

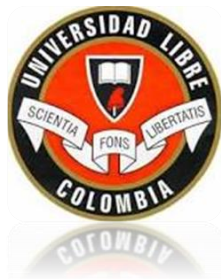
Encabezado: ILUMINACION EN PUESTOS DE ESTUDIO

Niveles de Iluminación en Puestos de Estudio - Biblioteca Sede Candelaria

John Freddy Beltrán Vera y Nidia Esperanza Rodríguez Borda

Universidad Libre

Agosto de 2019



Notas de Autor

John Freddy Beltrán Vera y Nidia Esperanza Rodríguez Borda, Facultad de Ingeniería

Posgrado, Universidad Libre

Este proyecto ha sido financiado por los autores

La correspondencia relacionada con este proyecto debe ser dirigida a ...

Universidad Libre, carrera 70 # 53-40

Contacto: [John.beltran@unilibre.edu.co](mailto:John.beltran@unilibre.edu.co) y [nidia.rodriguez@unilibre.edu.co](mailto:nidia.rodriguez@unilibre.edu.co)

Bogotá, Colombia. Agosto 201

Encabezado: ILUMINACION EN PUESTOS DE ESTUDIO

### Tabla Contenido

Introducción .....	1
Pregunta de Investigación .....	2
Situación Problemática.....	2
Justificación.....	3
Delimitación y Alcance del Problema.....	5
Hipótesis.....	9
Objetivo General .....	9
Objetivos Específicos.....	9
Marco Teórico.....	10
El Espectro Electromagnético.....	11
Reflexión.....	2
Transmisión.....	3
Absorción:.....	3
Eficiencia de la Iluminación.....	3
Sistemas de Iluminación Natural .....	3
Luz Natural en las Edificaciones: .....	3
Sistemas de Iluminación Artificial.....	5
Tipos de Lámparas .....	6

Encabezado: ILUMINACION EN PUESTOS DE ESTUDIO

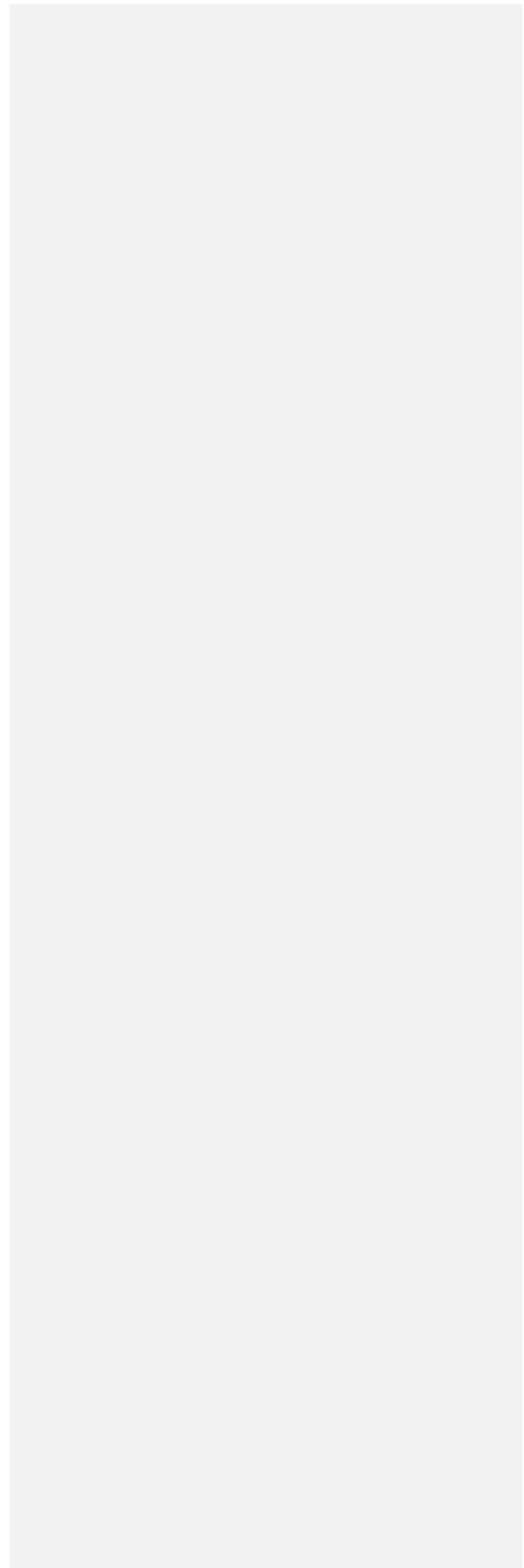
Incandescentes: .....	6
Fluorescentes:.....	6
Lámparas de Descarga: .....	7
Halógenas: .....	7
Lámpara de Luz de Mezcla: .....	7
Lámparas con Halogenuros Metálicos: .....	8
Lámparas LED: .....	8
Deslumbramiento .....	9
Distribución de Luz:.....	9
Alumbrado de espacios interiores para trabajo o estudio.....	9
Factores de Riesgo por Iluminación no Adecuada en Puestos de Estudio o Trabajo .....	12
Los propósitos de la Ergonomía Visual son:.....	13
Software Sketch Up.....	13
Plugins:.....	15
Render: .....	15
Marco Legal .....	16
Ley 9 24/01/1979 .....	16
Decreto 1072 26/05/2015 .....	16
Resolución 2400 22/05/1979.....	16

Encabezado: ILUMINACION EN PUESTOS DE ESTUDIO

Decreto 614 14/03/1984.....	17
Decreto 1477 05/08/2014.....	17
Resolución 180540 30/03/2010.....	17
Metodología .....	18
Planos Edificio Universidad Libre Sede Centro .....	21
Registro gráfico del modelo 3D en Sketchup Web biblioteca Gerardo Molina sede La Candelaria .....	23
Registro fotográfico Biblioteca Gerardo Molina Sede Candelaria .....	25
Mediciones con Luxómetro.....	28
Ubicación de los puestos de estudio de la Biblioteca Universidad Libre –Gerardo Molina- sede La Candelaria-Bogotá .....	30
ESTUDIO DE ILUMINACIÓN .....	33
Presentación de Datos / Herramienta Minitab.....	49
Estadísticas.....	58
Gráfica de Caja Por Jornada:.....	59
Histogramas: .....	61
Encuesta de Percepción.....	65
Conclusiones .....	68
Recomendaciones.....	69
Bibliografía .....	71

Encabezado: ILUMINACION EN PUESTOS DE ESTUDIO

Jurisprudencia .....	73
Normas .....	74
Organismos .....	74



Encabezado: ILUMINACION EN PUESTOS DE ESTUDIO

**Lista de Tablas**

Tabla 1 Niveles de iluminación en lux Retilap .....	12
Tabla 2 Esquema de Actividades .....	18
Tabla 3 Descripción Elementos de Iluminación .....	20
Tabla 4 Características Luxómetro HD 450.....	29
Tabla 5 Toma de datos en Lux hora de la mañana 9:30 a.m.....	36
Tabla 6 Datos Puesto 17 y 19.....	39
Tabla 7 Datos Puestos 4,24,27,28,29,30,31,35,37 .....	40
Tabla 8 Toma de datos en Lux hora tarde 3:00 p.m.....	41
Tabla 9 Puestos de estudio 9/17/19 - Hora de la Tarde 3:00 p.m. ....	44
Tabla 10 Puestos de estudio 3/4/24/27/28/29/30/31/35/36/37- Hora de la Tarde 3:00 p.m. ...	45
Tabla 11 Toma de datos en Lux hora noche 7:30 p.m. ....	45
Tabla 12 Puestos de estudio 3/4/24/27/28/29/30/31/32/33/34/35/36/37.....	48
Tabla 13. Encuesta de percepción aplicada.....	66

**Lista de Ilustraciones**

Ilustración 1: Ubicación geográfica Universidad Libre Cede Candelaria **¡Error! Marcador no definido.**

Ilustración 2 Espectro electromagnético. .... 2

Ilustración 3 Propiedades ópticas de los cuerpos. .... 2

Ilustración 4 Ejemplos de reflexión. .... 3

Ilustración 5 Software Sketchup web..... 14

*Ilustración 6* Biblioteca Gerardo Molina/programa sketchup. .... 15

*Ilustración 7* Modelo 3D Estructura Interior Biblioteca Gerardo Molina ..... 23

*Ilustración 8* Modelo 3D Puestos de Estudio Biblioteca Gerardo Molina Universidad Libre 23

*Ilustración 9* Modelo 3D puestos de estudio Biblioteca Gerardo Molina Universidad Libre. 24

*Ilustración 10* Modelo 3D puestos de estudio y estantería. .... 24

*Ilustración 11.* Modelo 3D Puestos de Estudio Ventanal Biblioteca Gerardo Molina. .... 25

*Ilustración 12.* Luxómetro HD450..... 28

*Ilustración 13.* Mapa Iluminación - Datos Hora 9 a.m. .... 38

*Ilustración 14.* Mapa de iluminación- Hora de la Tarde 3:00 p.m..... 43

*Ilustración 15* Mapa de iluminación- Hora de la noche 7:30 p.m. rangos..... 47

**Lista de Figuras**

*Figura 1.* Diagrama de Ishikawa..... 18

*Figura 2.* Puestos de Estudio Biblioteca Gerardo Molina. .... 30

*Figura 3.* Planos de la iluminación artificial Biblioteca Universidad Libre –Gerardo Molina-  
sede La Candelaria-Bogotá. .... 31

*Figura 4* Planos de Iluminación Natural Biblioteca Universidad Libre –Gerardo Molina ..... 32

*Figura 5.* Modelo Toma de Niveles por Mesa..... 33

*Figura 6.* Niveles de Iluminación Estándares RETILAP..... 34

*Figura 7.* Ubicación de iluminarias, ventanas y mesas. .... 35

*Figura 8.* Formula de uniformidad RETILAP. .... 35

*Figura 9.* Gráfica de control de la mañana 9:30 a.m. .... 49

*Figura 10.* Gráfica de control de la mañana 9:30 p.m. .... 50

*Figura 11.* Gráfica de Control de la Mañana / Tarjeta de Informe. .... 51

*Figura 12.* Informe de resumen horas de la tarde 3:00. p.m. .... 51

*Figura 13.* Gráfica de Estabilidad muestra de las 3:00 p.m..... 52

*Figura 14.* Gráfica de control de la tarde/ ..... 53

*Figura 15.* Gráfica de Control 7:30 p.m. .... 53

*Figura 16.* Gráfica de control de la noche 7:30 p.m. .... 54

*Figura 17.* Tarjeta de Informe de la Noche..... 55

*Figura 18.* Datos Consolidados (todas las muestras)..... 56

*Figura 19.* Informe de Estabilidad /Datos Consolidados..... 57

*Figura 20.* Datos Consolidados /Tarjeta de informe..... 57



Encabezado: ILUMINACION EN PUESTOS DE ESTUDIO

<i>Figura 21.</i> Gráfico de Caja y Bigote. Nivel de Iluminación todas las Muestras. ....	58
<i>Figura 22.</i> Gráfica de Caja - Nivel de Iluminación Mañana, Tarde y Noche.....	59
<i>Figura 23.</i> Comparación Datos.....	59
<i>Figura 24.</i> Gráfica de Caja Nivel - Iluminación.....	60
<i>Figura 25.</i> Histograma Niveles de Iluminación.....	61
<i>Figura 26.</i> Histograma Niveles Mañana.....	62
<i>Figura 27.</i> Histograma Niveles de la Tarde.....	63
<i>Figura 28.</i> Informe.....	63
<i>Figura 29.</i> Histograma noche.....	64
<i>Figura 30.</i> Diagnostico Pareto.....	64
<i>Figura 31.</i> Diagnostico Pareto.....	65
<i>Figura 32.</i> Áreas de estudio biblioteca Gerardo Molina/ Diagnóstico.....	67

Encabezado: ILUMINACION EN PUESTOS DE ESTUDIO

**Lista Registro Fotográfico**

Registro Fotográfico 1: Planos Primer Piso .....	21
Registro Fotográfico 2: Plano de distribución estructural - biblioteca Universidad Libre Sede Centro .....	22
Registro Fotográfico 3 Distribución luminarias y espacios de estudio.....	25
Registro Fotográfico 4 Distribución Luminarias .....	26
Registro Fotográfico 5 Puestos de Estudio / Luminarias.....	26
Registro Fotográfico 6 Distribución Luminarias. ....	27
Registro Fotográfico 7 Espacio Interior. ....	27

Encabezado: ILUMINACION EN PUESTOS DE ESTUDIO

## **Introducción**

Una buena iluminación permite desarrollar las actividades de una forma segura, continua y eficiente, la adecuada iluminación según RETILAP: “Es aquella que, además de satisfacer necesidades visuales, crea ambientes saludables, seguros y confortables”. (Ministerio de Minas y Energía, 2010) al realizar las actividades en instalaciones con niveles de iluminación inadecuado, no solo se afecta el trabajo, sino la salud de la persona, Chavarra (2003) en su boletín - Iluminación en el puesto de trabajo- nos indica: “Con los pertinentes perjuicios que esto representa para la salud de las personas: problemas en los ojos como sequedad, picor o escozor; dolor de cabeza, cansancio, irritabilidad, mal humor, entre otros problemas.” (Chavarría, 2003, p.6)

Los problemas de iluminación de la biblioteca Gerardo Molina Sede Candelaria, se evidencian a simple vista; en la inconformidad de los usuarios, tanto estudiantes como funcionarios, por lo cual, nos gustaría aportar para mejorar el sistema de iluminación de la biblioteca, realizando un estudio de iluminación, donde se evidencie de forma técnica, con datos reales y herramientas estadísticas, las condiciones de iluminación de la biblioteca, basado en este estudio se pretende identificar y evaluar el estado de luminosidad de los puestos de estudio, con el objetivo de ofrecer un diagnóstico de las condiciones de luminosidad; además de proponer acciones de mejora para los puestos de estudio en la biblioteca, en función del tipo de actividad que se realiza.

Se innovará con un trabajo de mapeo y diseño en 3D empleando la herramienta Google KetchUp, con el objetivo de entender con mayor claridad la iluminación actual de la biblioteca Gerardo Molina, Sede Candelaria, Universidad Libre.

### **Pregunta de Investigación**

¿Cómo identificar los niveles de iluminación de los puestos de estudio de la biblioteca Gerardo Molina, sede La Candelaria, según lo dispuesto por RETILAP, (Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público)?

### **Situación Problemática**

Las dificultades de iluminación se basan en la utilización y ubicación de las bombillas fluorescentes que no son las indicadas para la actividad que se desarrolla en la biblioteca, en función del servicio que presta a la academia a través del estudio y la investigación; también se evidencia una falta de mantenimiento y limpieza de las fuentes de iluminación, las cuales generan perturbaciones visuales, afectando el confort y como si fuera poco la ubicación de la biblioteca en las instalaciones de la Universidad Libre, no son las más adecuadas debido a la localización en el primer piso de la edificación tipo sótano, dificultando la entrada de luz natural.

### **Justificación**

La biblioteca de la Universidad Libre, Candelaria, cuenta con dificultades en su sistema de iluminación, esta falencia se evidencia a plena vista, donde la uniformidad de la luz no es igual en todos los espacios, se localizan puestos de estudio donde la luz es de baja intensidad, se puede decir que incumple con las condiciones para la actividad que se desarrolla.

La importancia de tener las condiciones adecuadas para el servicio de la biblioteca, no solo se refiere al servicio, debe estar ligado a su infraestructura, para ofrecer las garantías adecuadas para la actividad que se desarrolla en la biblioteca; además de considerar la acreditación de la universidad en sus servicios y programas de calidad, sería importante que los estándares de iluminación del Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado -RETILAP- se aplicaran para garantizar un sistema de iluminación adecuada en la biblioteca.

El aporte que se realizará en función de una mejor iluminación en la biblioteca, es un estudio de iluminación, donde se evidencia de forma técnica, con datos reales y herramientas estadísticas las condiciones de iluminación de la biblioteca, basado en éste estudio se pretende identificar y evaluar el estado de luminosidad de los puestos de estudio, con el objetivo de ofrecer un diagnóstico de las condiciones de luminosidad; además de proponer acciones de mejora para los puestos de estudio en la biblioteca, en función del tipo de actividad que se realiza.

La dirección de la biblioteca podrá tomar éste estudio de iluminación como partida para futuras mejoras en el sistema de iluminación, determinando factores que brinden seguridad y confort a los usuarios y partes interesadas; principios de ergonomía y recursos que faciliten el

desarrollo adecuado de las actividades en la biblioteca, al contar con una adecuada iluminación se asegura una mayor productividad, eficiencia y eficacia y lo más importante aporta al cuidado de la salud visual de los usuarios.

### **Delimitación y Alcance del Problema**

En el proceso del desarrollo de este proyecto de investigación, se consultaron diversas fuentes bibliográficas, ya sean artículos, libros, trabajos de grado, normativas, resoluciones, decretos que nos permitieron obtener una base sólida para el desarrollo de la investigación, las fuentes primarias que tenemos y con las cuales tomamos como guía fueron “Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado – RETILAP establecida bajo la resolución 180540 de 2010 expedido por el Ministerio de Minas y Energía y la Guía Técnica Colombiana GTC 8 Principios de Ergonomía visual. Iluminación para ambientes de trabajo en espacios cerrados”.

Población a la que va dirigido este proyecto: Inicialmente tenemos a 12 colaboradores de planta en la biblioteca, entre ellos se encuentra; el director, secretaria y auxiliares, además de tener una fluida consulta por parte de los estudiantes, investigadores y partes interesadas; el promedio de consulta de la biblioteca aproximadamente es de 500 personas en las jornadas diurna, tarde y noche. Los responsables de la investigación son dos estudiantes de la “Especialización en Gerencia de Calidad de productos y servicios” de la Universidad Libre, que desean aportar un estudio de iluminación, donde se evidencia de forma técnica, con datos reales y herramientas estadísticas las condiciones de iluminación de la biblioteca, con el objetivo de plantear mejoras en beneficio de la comunidad unilibrista.

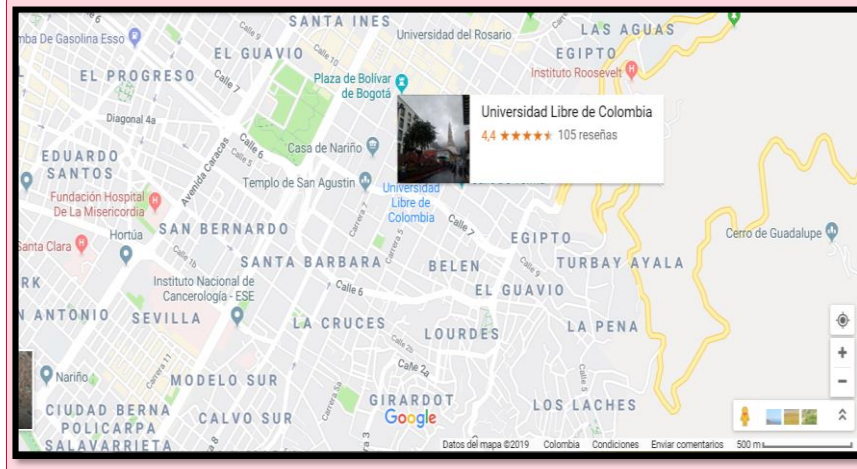
El alcance del proyecto y del estudio de iluminación es evidenciar las deficiencias que tiene la biblioteca en su sistema de iluminación y con ello dar pie para las acciones de mejora, este trabajo tiene el alcance y la justificación en su tipo de investigación, ya que es estadístico, permitiendo con datos reales y formulas estadísticas valorar las condiciones de iluminación de la



biblioteca. El beneficio de este proyecto de investigación abarcará gran número de usuarios y partes interesadas que consultan la biblioteca y las futuras generaciones de estudiantes y comunidad académica.

Este estudio de iluminación tendrá su desarrollo en las instalaciones de la biblioteca, ubicadas en la localidad número 17 de la ciudad de Bogotá, la Candelaria, en la dirección Calle 8ª N° 5-80, biblioteca especializada en el área de Derecho y Filosofía; la duración del estudio se proyecta a cuatro meses, los cuales se dividen en toma de datos, el proceso de los datos con herramientas estadísticas, análisis, comparación frente a lo normado y la generación de conclusiones y recomendaciones.

La determinación de los niveles de iluminación en los puestos de estudio de la biblioteca Gerardo Molina Sede Candelaria, seccional Bogotá de la Universidad Libre, tendrá su desarrollo en las instalaciones ubicadas en la localidad número 17 de la ciudad de Bogotá, en el sector conocido con el nombre de la Candelaria, en la zona centro oriente; la cual es reconocida ampliamente por su arquitectura, como interés patrimonial de Colombia. Se encuentra en la Calle 8ª N° 5-80.



*Ilustración 1:* Ubicación Geográfica Universidad Libre Cede Candelaria

Fuente. Google maps "<https://www.google.com/maps/?place/Universidad+Libre+de+Colombia/@4.5948103,-74.0777377,17z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x8e3f99a846c2d54d:0x6c081f5d6aaa971a!8m2!3d4.594805!4d-74.075549>

Esta biblioteca se especializa en el área de Derecho y Filosofía, ya que en este punto se encuentran dichas Facultades. En la actualidad cuenta con 12 colaboradores entre ellos el director, secretaria y auxiliares, además de tener una fluida consulta por parte de los estudiantes, investigadores y partes interesadas; el promedio de consulta de la biblioteca aproximadamente es de 500 personas en las jornadas diurna, tarde y noche.

Además de su ubicación geográfica, la biblioteca tiene un lugar definido en el edificio de la Universidad Libre sede La Candelaria; que se localiza en el primer piso del edificio; estas

**Comentado [SB1]:** Ajustar todas las imágenes a Normas Apa, que queden insertadas e identificadas. Por favor revisa el video porque no están insertadas , sino copiadas y no están nombradas automáticas con normas Apa, están sueltas.  
<https://www.youtube.com/watch?v=3b5ZWMUFj4M>  
<https://normasapa.com/insertion-de-tablas-y-figuras/comment-page-31/>

condiciones de ubicación geográfica de la biblioteca, dan cuenta de una iluminación natural insuficiente y una iluminación artificial inconsistente; la razón de ésta situación es un sistema de iluminación no apropiado y la utilización de bombillas de tubo fluorescente que no cubren las necesidades de los usuarios.

Además de no ser la iluminación idónea para la biblioteca, en función del estudio y la investigación; para tener claridad de las condiciones de iluminación de la biblioteca, es fundamental realizar un estudio de iluminación. Otra circunstancia es no poder modificar la arquitectura del edificio de la Universidad Libre sede La Candelaria, por ser patrimonio cultural, estas condiciones dificultan que la biblioteca tenga una iluminación mixta; natural y artificial ideal para el estudio o la investigación.

### **Hipótesis**

La falta de un adecuado sistema de iluminación y un programa de mantenimiento y limpieza de las luminarias, afectan de forma negativa la actividad que se desarrolla en la biblioteca, además de incumplir con los niveles de iluminación para sitios de estudio, según RETILAP.

### **Objetivo General**

Realizar un estudio de iluminación en la biblioteca Gerardo Molina, sede La Candelaria, para determinar los niveles de iluminación en los puestos de estudio y reconocer si la biblioteca cumple con los estándares de iluminación según “*Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado – RETILAP* y la Guía Técnica Colombiana GTC 8- *Principios de Ergonomía visual. Iluminación para ambientes de trabajo en espacios cerrados.*

### **Objetivos Específicos**

- Realizar mediciones de la luz utilizando el luxómetro de acuerdo con los requisitos legales y normativos para esta actividad económica.
- Modelar los niveles de iluminación de la biblioteca Gerardo Molina Sede Centro en diseño 3D con la herramienta google SketchUp.
- Analizar estadísticamente los resultados obtenidos y contrastarlos con lo especificado
  - en el Reglamento Técnico de Iluminación y alumbrado – RETILAP.
- Proponer opciones de mejora para el ambiente lumínico con base en las condiciones de estudio e investigación en la biblioteca -Gerardo Molina- sede La Candelaria.

### Marco Teórico

Para tener un hilo conductor en el desarrollo de la investigación debemos referirnos a conceptos y posiciones de autores que dan sustento al proyecto, a continuación, ahondaremos en un lenguaje técnico que merece claridad, además de reconocer primordialmente el “*Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado – RETILAP del 2010* expedido por el Ministerio de Minas y Energía y la Guía Técnica Colombiana GTC 8- *Principios de Ergonomía visual. Iluminación para ambientes de trabajo en espacios cerrados*”. además de cotejarlo con teorías de profesionales en el campo de la iluminación, confort visual y salud ocupacional. Aclaremos la terminología y el marco que rige la investigación.

“Uno de los factores determinantes para el desarrollo de las actividades del ser humano, es una apropiada iluminación; inmersa en gran manera en su bienestar, una adecuada iluminación según RETILAP: “es aquella que, además de satisfacer necesidades visuales y crear ambientes saludables, seguros y confortables, posibilita a los usuarios disfrutar de ambientes agradables, empleando los recursos tecnológicos más apropiados” (Ministerio de Minas y Energía, 2010), además Oñate (1999) en su artículo de iluminación artificial nos indica que: “el alumbrado artificial desempeña un papel de considerable importancia entre las instalaciones de un edificio.”

También puede generar posturas no adecuadas; riesgo ergonómico, provocando alteraciones en los músculos y articulaciones, y por supuesto afectando de forma negativa la salud y el desarrollo de la ocupación o trabajo, Según Falagán, M. et al. (2000) “Proponen que, para que una actividad laboral se pueda desarrollar correctamente, es necesario que se complementen la

visión y la iluminación, obteniendo al final que la ejecución del trabajo sea eficaz”. Una iluminación para el puesto de trabajo o de estudio, debe considerar diferentes factores que sean acorde con las actividades que se desarrollan, y en cumplimiento de la normatividad establecida a través del “Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público – RETILAP, la Guía Técnica Colombiana Electrotecnia - GTC 8 y NTC 6199/2016, numeral 7. 3. Con lo cual, se garantice un lugar que cumpla con los términos de iluminación y satisfaga las necesidades y expectativas de los usuarios y partes interesadas en lo que se refiere a espacios de estudio idóneos”.

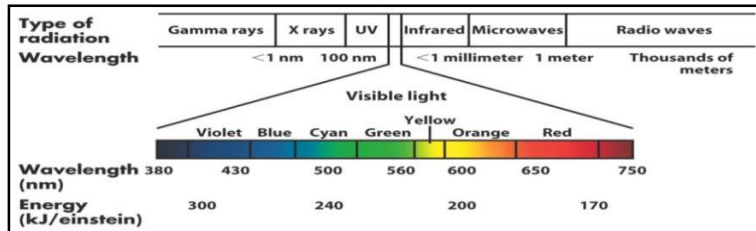
#### **El Espectro Electromagnético.**

Ordoñez (2012) lo define: “El espectro electromagnético es el conjunto de todas las frecuencias (número de ciclos de la onda por unidad de tiempo) posibles a las que se produce radiación electromagnética”.

Entre los aspectos electromagnéticos tenemos la radiación y ésta va ligada a la función o actividad que se realiza; en valores generales el límite más inferior es entre 300 y 400 lux y en su parte superior se establece entre 700 y 750 lux; estos niveles de iluminación, tienen intervalos en la longitud de la onda, se debe a la impresión que se genera en el ojo humano.

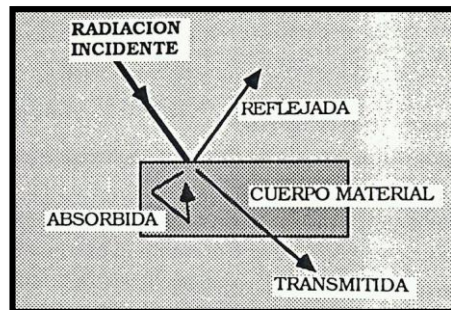
“El espectro electromagnético es el conjunto de todas las frecuencias (número de ciclos de la onda por unidad de tiempo) posibles a las que se produce radiación electromagnética.”

380-436 nm. Violeta	566-589 nm. Amarillo
436-495 nm. Azul	589-627 nm. Naranja
495-566 nm. Verde	627-780 nm. Roj



*Ilustración 1:* Espectro Electromagnético.  
Fuente: "Criterios de diseño en iluminación y color. Santa Fe, edUtecNe"

“Propiedades ópticas de los cuerpos: La radiación luminosa afecta un cuerpo sólido y encausa tres fenómenos esenciales:”



*Ilustración 2:* Propiedades Ópticas de los Cuerpos.  
Fuente: "Criterios de diseño en iluminación y color. Santa Fe, edUtecNe"

**Reflexión.** Se genera cuando se afecta una onda en una superficie.

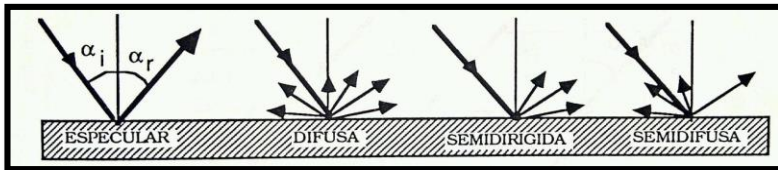


Ilustración 3: Ejemplos de reflexión.  
Fuente: "Criterios de diseño en iluminación y color. Santa Fe, edUTecNwe

**Transmisión.** Es la radiación que traspasa los cuerpos que son transparentes y la propaga. Cuando existe una diferencia en la densidad de transmisión se origina la refracción

**Absorción:** El aumento de la energía interna de un cuerpo, se deriva de la absorción de la energía radiante.

**Eficiencia de la Iluminación:** Se presentan dos fuentes de luz en los sistemas de iluminación de los espacios, la iluminación natural y la artificial, para que la iluminación se lo más eficiente se deben combinar; conllevando al uso eficiente y racional de energía; RETILAP especifica que:

“Un sistema de iluminación eficiente es aquel que, además de satisfacer necesidades visuales y crear ambientes saludables, seguros y confortables, posibilita a los usuarios disfrutar de ambientes agradables, empleando los recursos tecnológicos más apropiados y evaluando todos los costos que se incurren en la instalación, operación y mantenimiento del proyecto de iluminación se llegue al menor valor.” (Ministerio de Minas y Energía, 2010).

### Sistemas de Iluminación Natural

**Luz Natural en las Edificaciones:** “Es una estrategia pasiva de ahorro energético en la edificación: permite el aprovechamiento de los recursos ambientales exteriores para cubrir una necesidad energética básica, limitando el consumo energético de fuentes no renovables debido a la reducción en el alumbrado artificial.” (Nelia, 2011)



Al referirnos a un sistema de iluminación natural, estamos determinando que el espacio, lugar o sitio será iluminado con la luz natural, el cual como se intuye procede del sol, nuestra estrella madre. Las propiedades de esa iluminación ya sea la cantidad, distribución y calidad van de la mano de la distribución de las ventanas, en la ubicación de ellas, se centra el sistema de iluminación natural, contrastando además con los colores que se utilicen en los espacios para dar un carácter óptimo a la reflexión de la luz en el espacio.

La luz natural siempre ha ido de la mano con el diseño de las edificaciones y su arquitectura en la antigüedad cuando no existía la iluminación artificial, las edificaciones debían aprovechar al máximo la luz natural, Norbert Lechner (2008) lo indica en su artículo -Tectónica: monografías de arquitectura, tecnología y construcción. “Menciona que la iluminación natural ha sido parte integrante de la arquitectura hasta la aparición de la luz artificial, que provocó en cierta medida que fuera relegada como elemento del proyecto. Sin embargo, la riqueza que aporta la luz natural a la arquitectura, unida a la necesidad de racionalizar el gasto energético de los edificios, la ha situado de nuevo en un lugar preferente a la hora de concebir el proyecto arquitectónico.” (Lechner. 2009).

Un sistema de luz natural como lo indica Sarrá y Feduchi desemboca un Fenómeno en el humano.

“La iluminación produce sensaciones en el usuario respecto a un espacio y, este espacio es definido por la luz. La iluminación natural se basa en el efecto que logra la luz solar al recaer en los objetos y espacio. La orientación del edificio, el uso, distribución de las ventanas y los pozos de iluminación determinarán el ingreso de luz solar al espacio.” (Sarrá & Feduchi, 2005)

Cabe resaltar que la biblioteca de la Universidad Libre sede La Candelaria-Bogotá, tiene un deficiente sistema de iluminación natural, ya que el lugar donde se ubica, no fue diseñado para el funcionamiento de una biblioteca y sus ventanas no son las adecuadas para sus espacios y actividades que se desarrollan. Es importante contextualizar la ubicación geográfica de la universidad Libre sede La Candelaria-Bogotá, ya que se encuentra en el patrimonio histórico de la nación y por ende se deben respetar la arquitectura de las construcciones y el edificio de la universidad pertenece a este patrimonio; este punto dificulta una opción de rediseño de la infraestructura de la biblioteca para mejorar en el sistema de iluminación natural

#### **Sistemas de Iluminación Artificial.**

Siempre traerá beneficios la iluminación natural, ya sea en su eficiencia lumínica, como en el ahorro de recursos ya sean naturales, económicos y de infraestructura. Pero esta eficiencia se perturba cuando la intensidad de luz disminuye por causa de la rotación del sol o los obstáculos que no permiten que la luz del día llegue a todos los lugares, generando sombras que impiden tener una visión adecuada para el desarrollo de las actividades propias, estas condiciones permiten el desarrollo de un sistema de iluminación artificial, para tener más claridad me remito a Oñate (1999) en su artículo –Iluminación artificial- los elementos básicos de esta clase de Iluminación:

“En la técnica de la iluminación intervienen dos elementos básicos: la fuente productora de luz y el objeto a iluminar. Las magnitudes y unidades de medida fundamentales empleadas para valorar y comparar las cualidades y los efectos de las fuentes de luz son las siguientes: Flujo luminoso-Rendimiento luminoso- Cantidad de luz-Intensidad luminosa-Iluminancia-Luminancia.” (Oñate, 1999)

Este sistema de iluminación está compuesto en su mayoría por lámparas incandescentes, fluorescentes, halógenas, las cuales se rigen por fenómenos físico químicos, que transforman estas sustancias y estados en energía lumínica, generando múltiples tipos de iluminación.

Una particularidad de estas lámparas es que no necesitan balastro ya que el propio filamento actúa como estabilizador de la corriente. Esto las hace adecuadas para sustituir las lámparas incandescentes sin necesidad de modificar las instalaciones.

### **Tipos de Lámparas**

**Incandescentes:** Una de las cualidades de este tipo de lámpara es que consume mayor cantidad de energía eléctrica, además de radiar más calor, en cuanto a su función de iluminación denota los colores de una forma óptima y su color de luz es cálido que se esparce de forma uniforme. Las tonalidades de estas bombillas están conformadas por claro, esmerilado y de color, su encendido es instantáneo. Sanz en su trabajo de Iluminación en el Puesto de Trabajo. Criterios para su evaluación y acondicionamiento, nos indica:

“En estas lámparas la luz se produce en un filamento calentado hasta la incandescencia por el paso de una corriente eléctrica. Este filamento metálico, habitualmente de wolframio, se va deteriorando con el tiempo a causa de la evaporación producida por las elevadas temperaturas hasta llegar a romperse (fundido de la lámpara). Debido al mencionado efecto la vida media de estas lámparas queda limitada a unas 1000 horas.” (Sanz, 2011)

**Fluorescentes:** Su luz en particular es blanca y fría, en cuanto a color no tiene una claridad como la incandescente; el consumo de energía eléctrica es bajo, pero con la desventaja de que

tarda en encenderse y en desarrollar su máxima emisión de luz. “En todas las lámparas CFL existen siempre dos filamentos de tungsteno o wolframio -W- alojados en los extremos libres del tubo con el propósito de calentar los gases inertes, como el neón -Ne-, el Kriptón -Kr- o el argón -Ar-, que se encuentran alojados en su interior.” (Camino, 2011)

Es recomendable que este tipo de lámpara funciones con balasto electrónico, este aumenta la eficiencia en ahorro de energía, además de evitar el molesto parpadeo.

**Lámparas de Descarga:** “Las lámparas de descarga constituyen una forma alternativa de producir luz de una manera más eficiente y económica que las lámparas incandescentes. Por eso, su uso está tan extendido hoy en día. La luz emitida se consigue por excitación de un gas sometido a descargas eléctricas entre dos electrodos. Según el gas contenido en la lámpara y la presión a la que esté sometido tendremos diferentes tipos de lámparas, cada una de ellas con sus propias características luminosas.” (Garrido & Trujillo, 2016)

**Halógenas:** “De las anteriores bombillas es la que más se asemeja a la luz del día, ya que su luz es blanca y focalizada, permitiendo además apreciar los colores con más realismo, su consumo de energía es similar a la incandescente; esta bombilla emite más cantidad de luz, pero también emane más cantidad de calor.” (Camino, 2011)

**Lámpara de Luz de Mezcla:** “Las lámparas de luz de mezcla son una combinación de una lámpara de mercurio a alta presión con una lámpara incandescente. El resultado de esta mezcla es la superposición, al espectro del mercurio, del espectro continuo característico de la lámpara incandescente y las radiaciones rojas provenientes de la” “fosforescencia. Su eficacia se sitúa entre 20 y 60 lm/W y es el resultado de la combinación de la eficacia de una lámpara incandescente con la de una lámpara de descarga. Estas lámparas ofrecen una buena

reproducción del color con un rendimiento en color de 60 y una temperatura de color de 3600 K.” (Garrido & Trujillo, 2016)

“La duración viene limitada por el tiempo de vida del filamento que es la principal causa de fallo. Respecto a la depreciación del flujo hay que considerar dos causas.”

**Lámparas con Halógenos Metálicos:** “Si añadimos en el tubo de descarga yoduros metálicos (sodio, talio, indio...) se consigue mejorar considerablemente la capacidad de reproducir el color de la lámpara de vapor de mercurio. Cada una de estas sustancias aporta nuevas líneas al espectro. Los resultados de estas aportaciones son una temperatura de color de 3000 a 6000 K dependiendo de los yoduros añadidos y un rendimiento del color de entre 65 y 85. La eficiencia de estas lámparas ronda entre los 60 y 96 lm/W y su vida media es de unas 10000 horas. Tienen un periodo de encendido de unos diez minutos, que es el tiempo necesario hasta que se estabiliza la descarga. Para su funcionamiento es necesario un dispositivo especial de encendido, puesto que las tensiones de arranque son muy elevadas (1500-5000 V). Las excelentes prestaciones cromáticas la hacen adecuada entre otras para la iluminación de instalaciones deportivas, para retransmisiones de TV, estudios de cine, proyectores, etc.” (Garrido & Trujillo, 2016)

**Lámparas LED:** “Son lámparas de estado sólido de diodos emisores de luz. Debido a que la luz capaz de emitir un LED no es muy intensa, estas las lámparas están compuestas por agrupaciones de LED, en mayor o menor número, según la intensidad luminosa deseada. Hay varias tecnologías de fabricación, como, diodos convencionales” LED, OLED -organic light-emitting diodes-, PLED -polymer Leds-, etc. Los LED emiten luz en una banda de longitudes de onda muy estrecha (fuertemente coloreada). El color es característico de la banda prohibida de

energía de un material semiconductor usado para fabricar el LED. Hay dos métodos para emitir luz blanca: combinar LED de luz roja, verde y azul, o bien usar alguna sustancia fosforescente". (Camino, 2011)

**Deslumbramiento:** Este fenómeno se presenta en el momento en que el campo visual es interrumpido por un objeto con un nivel muy superior de intensidad de la luz al del conjunto en que se encuentra; este fenómeno solo permite percibir el objeto que tiene un mayor nivel de luz y está particularidad no permitirá distinguir con confort visual el conjunto de objetos. (Sanz, 2011)

Requisitos específicos de iluminación Interior

**Distribución de Luz:** La utilización de varias bombillas en espacios amplios es lo recomendado, pero esto no indica que la luz llegue a todas las direcciones y con la misma intensidad, siempre se encontraran lugares con una intensidad de luz diferente unos más oscuros y otros más iluminados.

Lo anterior nos refiere a dos aspectos en el momento de pensar en un sistema de iluminación artificial en un recinto amplio que son: los niveles de iluminación correctos y un estado de iluminación uniforme en cada lugar. La ubicación de las bombillas debe generar un ambiente uniforme y sin perturbaciones de luz, generando un ambiente adecuado visual.

### **Alumbrado de espacios interiores para trabajo o estudio**

En el momento de diseñar un sistema de iluminación para un sitio destinado para el estudio o trabajo se deben considerar dos aspectos muy determinantes:

-Alcanzar inmejorables condiciones de visión en el plano o lugar de estudio o trabajo y generar un espacio adecuado visualmente que altere de forma positiva el rendimiento y el bienestar de los usuarios o partes interesadas.

En el momento de ejecutar el proyecto de iluminación se define el nivel de iluminación para el lugar, dependiendo de sus actividades, y además diseñando un plan de mantenimiento preventivo y programado para garantizar un medio ambiente visual óptimo para el estudio o trabajo; este mantenimiento el cual se direcciona a las fuentes de luz, así como las iluminarias, limpieza cambio de lámparas y sistema de iluminación. Cabe resaltar que con el transcurso del tiempo se va deteriorando la calidad y la cantidad del sistema de iluminación inicial, este fenómeno se deriva del deterioro de las iluminarias, que genera la pérdida de flujo de la propia fuente de luz, además de la acumulación de la suciedad en las lámparas y bombillas, la suciedad en las paredes, el techo y los suelos. Esta es la razón por la cual el mantenimiento va de la mano para garantizar y prolongar el sistema de iluminación; en este diseño el plan de iluminación debe especificar los ciclos de mantenimiento y limpieza, que garantiza un nivel de iluminación apropiado. (Ministerio de minas y energía 2010).

**Alumbrado para sitios de estudio** Para áreas de estudio u oficinas las iluminarias se ubican en el techo de forma lineal recta; esta distribución, sin tener presente las dimensiones del lugar, está obligada a cumplir con los requerimientos del nivel de iluminación, uniformidad, ahorro de energía.

El sistema de iluminación en lugares de estudio u oficinas se diseña de manera esquemática, ya que el fin de actividades que realiza un estudiante, investigador o colaborador demanda de un ambiente visual de trabajo “limitado y bien definido -leer, escribir, dibujar, utilización de equipos de cómputo, etc.- Según el RETILAP el plano horizontal de trabajo tiene una altura entre 0,75 y 0,85 m por encima del nivel del piso. La altura de techos está entre 2,8 y 3 m”

Los requerimientos de visualización para el alumbrado de espacios de estudio u 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 las expectativas y cumplir los requisitos de los espacios de estudio u oficinas se podrá:

- Instalar luminarias empotradas en el techo, se recomienda lámparas fluorescentes.
- El deslumbramiento se podrá controlar en las luminarias instalando rejillas, difusores, cubiertas prismáticas o demás elementos que llenen las especificaciones con los valores de UGRL indicados en el RETILAP.
- En los puestos de trabajo de estudio u oficinas se tendrá la posibilidad de usar alumbrado localizado adicional para conseguir un mayor ahorro de energía; se puede instalar las iluminarias sobre los puestos de trabajo (sitios fijos) y en zonas circundantes.
- El diseño de las instalaciones tendrá el objetivo de ofrecer la iluminación adecuada al puesto de trabajo, en las zonas de circulación y descanso serán menores estos niveles de iluminación que son conformes a los valores de uniformidad y deslumbramiento. (Ministerio de minas y energía, 2010)



Tabla 1

Niveles de iluminación en lux Retilap

<i>RESOLUCIÓN No.180540 de Marzo 30 2010</i>				
<b>Colegios y centros educativos.</b>				
Salones de clase				
Iluminación general	19	300	500	750
Tableros	19	300	500	750
Elaboración de planos	16	500	750	1000
Salas de conferencias				
Iluminación general	22	300	500	750
Tableros	19	500	750	1000
Bancos de demostración	19	500	750	1000
Laboratorios	19	300	500	750
Salas de arte	19	300	500	750
Talleres	19	300	500	750
Salas de asamblea	22	150	200	300

Tabla 410.1 índice UGR máximo y niveles de iluminación exigibles para diferentes áreas y actividades

Fuente para UGR, Norma UNE EN 12464-1 de 2003.

**Nota.** Para lugares no contemplados en la citada tabla se deberán aplicar valores establecidos en la norma referenciada o la norma IESNA, para los mismos propósitos. En el evento que el espacio a iluminar no esté dentro de los comprendidos en la tabla o las normas referenciadas, el diseñador, con criterio profesional, podrá escoger de la tabla el que más se asimile a las condiciones del lugar y dejará evidencia del hecho.

Fuente. "Resolución. 180540 de 2010 del Ministerio De Minas y Energía RETILAP. Disponible en internet:

[http://camacol.co/sites/default/files/secciones\\_internas/RETILAP\\_Resolucion\\_180540\\_del\\_30\\_de\\_marzo\\_de\\_2010\\_0.pdf](http://camacol.co/sites/default/files/secciones_internas/RETILAP_Resolucion_180540_del_30_de_marzo_de_2010_0.pdf)

### **Factores de Riesgo por Iluminación no Adecuada en Puestos de Estudio o Trabajo**

Unas buenas condiciones en factores de luz nos permiten desarrollar actividades de nuestro diario vivir de forma correcta, distinguir el color de las cosas, percibir con claridad las formas; incrementando de manera activa la producción y la seguridad, ya que brinda confort y bienestar

al usuario o trabajador y no solo con los factores de luz, sino también con el control de la temperatura, la ventilación, control de plagas, mitigando las causas de los accidentes. (Ministerio del Trabajo y Seguridad Social, 1979)

**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.

**Software Sketch Up**

SketchUp es un Software web gratuito que modela en 3D edificaciones, paisajismo, mobiliarios, personas, en fin, es una herramienta que principalmente realiza diseños en 3D de forma fácil. Este programa posee un tutorial en video que permite manejar la herramienta de diseño y modelaje en 3D paso a paso. Está diseñado para estudiantes o profesionales de diseño gráfico, arquitectura, diseño de interiores o ingenieros que quieran ir más allá de sus límites; También viene incluido una galería de objetos prediseñados que son muy utilices a la hora de diseñar.

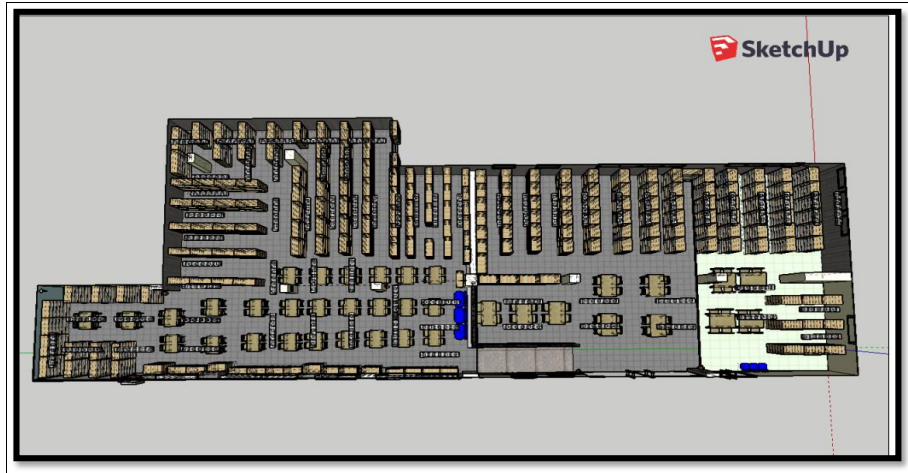


Ilustración 4 Software Sketchup Web

Fuente. <http://www.bepusimage.com/blog/que-es-sketchup-definicion/>

Sus ventajas pueden ir desde lo gratuito del Software, además que es un programa que utiliza la nube (programa en línea), fácil de utilizar, el computador donde quiera modelar no necesita de un gran espacio de RAM, pues se maneja desde la web.

**Comentado [SB2]:** Marco teórico



*Ilustración 5* Biblioteca Gerardo Molina/programa sketchup.

Fuente: Elaboración propia del autor.

Sketchup de Trimble se ha posicionado entre los programas más populares en los últimos tiempos, algunos de sus componentes más importantes son:

**Plugins:** Sketchup tiene gran variedad de estos aplicativos los cuales ayudan en el ejercicio del dibujo automatizado, trae componentes como techos, piezas en acero, personas y objetos, etc.

**Render:** “Se ocupa de la geometría pero existen programas para hacer una representación fotorealista, los más populares son Vray, Kerkythea, Twilight Render.”

## **Marco Legal**

“El marco legal proporciona lineamientos constitucionales, presidenciales, ministeriales, etc. A los cuales deben acogerse todas las organizaciones privadas y públicas que tengan a su cargo empleados. A continuación, se establece la normativa colombiana que aplica para condiciones de iluminación.”

### **Ley 9 24/01/1979**

“Por la cual se dictan medidas sanitarias Salud Ocupacional Título III – De los agentes físicos Ley marco de salud ocupacional en Colombia, para preservar y conservar la salud de los individuos en sus ocupaciones. Define que todos los lugares de trabajo deberá haber suficiente iluminación para prevenir efectos nocivos a la salud de los empleados garantizando óptimas condiciones de seguridad y visibilidad”. (Ley 9, 1979)

### **Decreto 1072 26/05/2015**

Ministerio del Trabajo “Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario el Sector Trabajo”

### **“Capítulo 6: Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (Decreto 1443/2014)**

Artículo 2.2.4.6.8. Obligaciones de los empleadores Desarrollar programas y actividades tendientes a la gestión y prevención de enfermedades laborales o accidentes de trabajo en los empleados.” (Ley 789, 2002)

### **Resolución 2400 22/05/1979**

Ministerio del Trabajo y Seguridad Social

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

“Condiciones de Iluminación: Capítulo III. Establece la obligatoriedad para los empleadores de garantizar ambientes de trabajo confortables respecto a iluminación de acuerdo a la clase de labor que se realice según la modalidad de la industria.” (Ministerio del Trabajo y Seguridad Social, 1979)

**Decreto 614 14/03/1984**

Presidente de la Republica “Por el cual se determinan las bases para la organización y administración de Salud Ocupacional en el país”

“Artículo 30 literal c). Contenido de los programas de salud ocupacional – Subprograma de Higiene y Seguridad Industrial. Establece que las empresas deben desarrollar estudios ambientales para identificar y evaluar agentes y factores de riesgo del trabajo que pueden afectar a los empleados de una organización”. (Ministerio del Trabajo y Seguridad Social, 1984)

**Decreto 1477 05/08/2014**

Ministerio del Trabajo “Por la cual se expide la tabla de enfermedades laborales”

“Condiciones del medio ambiente de trabajo: deficiencia de aspectos físicos: iluminación, como coadyuvantes o agravantes en la manifestación de enfermedades laborales”. (Ministerio del Trabajo y Seguridad Social, 2014)

**Resolución 180540 30/03/2010**

Ministerio de Minas y Energía; “Por el cual se modifica el Reglamento Técnico de Iluminación y alumbrado Público – RETILAP”

“Se establecen los requisitos de eficacia mínima y vida útil de las fuentes lumínicas y se dictan otras disposiciones. Sección 210 Generalidades del Diseño de Iluminación: Capítulo 4 - Diseños y cálculos de iluminación interior.” (Ministerio de Minas y Energía, 2010).

### Metodología

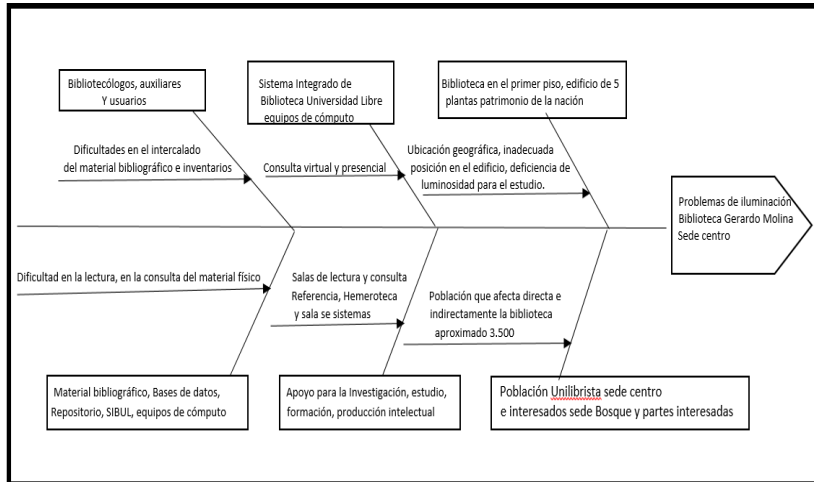


Figura 1. Diagrama de Ishikawa.

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se muestra en la tabla No.2, el flujo de trabajo planeado para el logro de los objetivos; dentro del esquema se muestra de forma clara la metodología aplicada en el trabajo de investigación entrelazada con los objetivos propuestos.

Tabla 1  
Esquema de Actividades

OBJETIVOS ESPECIFICOS	Realizar mediciones de la luz utilizando el luxómetro de acuerdo con los requisitos legales y normativos para esta actividad económica.	Modelar los niveles de iluminación de la biblioteca Gerardo Molina Sede Centro en diseño 3D con la herramienta: google Sketch Up.	Proponer opciones de mejora para el ambiente lumínico con base en las condiciones de estudio e investigación en la biblioteca Gerardo Molina sede Centro.
METODOLOGÍA			

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Observación constante de la biblioteca.</li> <li>- Verificación certificado de calibración del luxómetro.</li> <li>- Toma de medidas con luxómetro.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mediante fórmula establecida.</li> <li>- Comparación del estado según el Retilap y normatividad.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Guía Técnica Colombiana GTC 45. NTC ISO 9001 Sistema de Gestión de Calidad. Retie, Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas.</li> </ul>
ACTIVIDADES	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Identificación de los puestos de estudio y estantería de la biblioteca Gerardo Molina sede centro.</li> <li>- Cálculo de los puntos a medir.</li> <li>- Realizar mediciones de iluminación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Estado actual de la iluminación promedio y uniformidad.</li> <li>- Realización del diseño en 3D de la biblioteca Gerardo Molina sede centro con la herramienta de modelación arquitectónica google Sketch Up.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Clasificación de los factores de riesgo físico por iluminación.</li> <li>- Valoración de los factores de riesgo según su afectación en los estudiantes y funcionarios.</li> <li>- Análisis de los resultados y planteamiento.</li> </ul>
RESULTADOS	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Panorama general de la situación actual de iluminación de la biblioteca Gerardo Molina sede centro.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Estado de iluminación por puesto de estudio e investigación de la biblioteca Gerardo Molina sede centro.</li> <li>- Modelo en 3D con la herramienta de modelación arquitectónica google Sketch Up.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Riesgos físicos por iluminación de la biblioteca Gerardo Molina sede centro.</li> <li>- Recomendaciones de mejoramiento de la biblioteca Gerardo Molina sede centro con el fin de disminuir el riesgo físico por iluminación.</li> </ul>

Fuente Propia.

**Comentado [SB3]:** Aplicar la configuración que ya hiciste para Notas Tabla. Solo es que ya la selecciones y como este automático toma la configuración.



Como uno de los aspectos iniciales, se realiza un inventario de los elementos de iluminación presentes en la biblioteca Gerardo Molina. Ver tabla 3.

Tabla 2

Descripción Elementos de Iluminación

Ítem	Descripción	Cantidad	Altura/cm
<i>Lámpara</i>			
1	Fluorescentes de 54 W	70	NA
2	Bombillo por luminaria de 30 W	2	NA
3	Mesa de trabajo (punto fijo)	37	73.3
4	Estanterías	57	190
5	Altura promedio del puesto de trabajo	37	73.3

Fuente propia

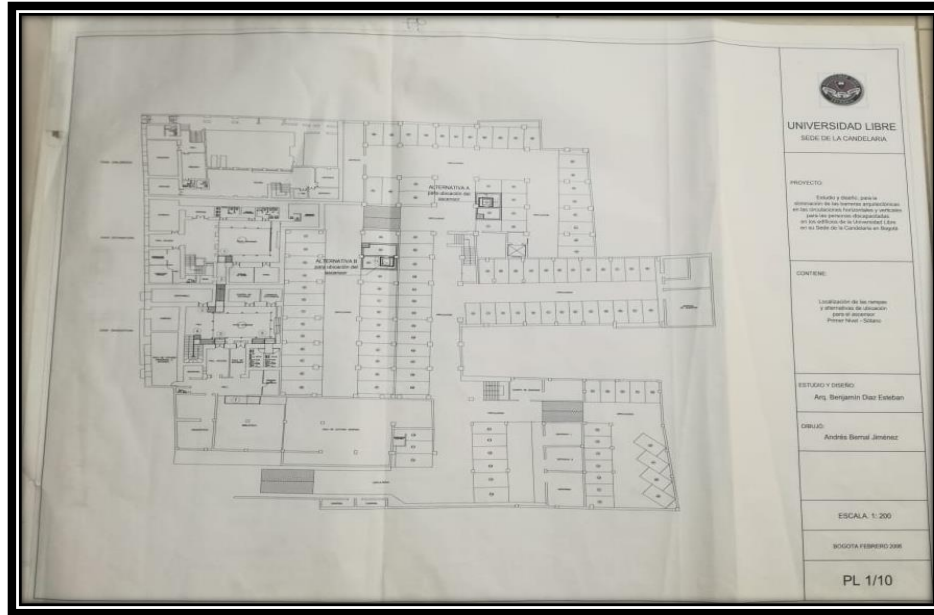
**Comentado [SB4]:** Revisa los nombres de las tablas  
El primero Tabla 3 va sin cursiva. ok

**Comentado [SB5]:** El segundo  
La descripción va en cursiva y solo la primera palabra va en mayúscula el comienzo el resto todo en minúscula.

*Descripción elementos de iluminación*

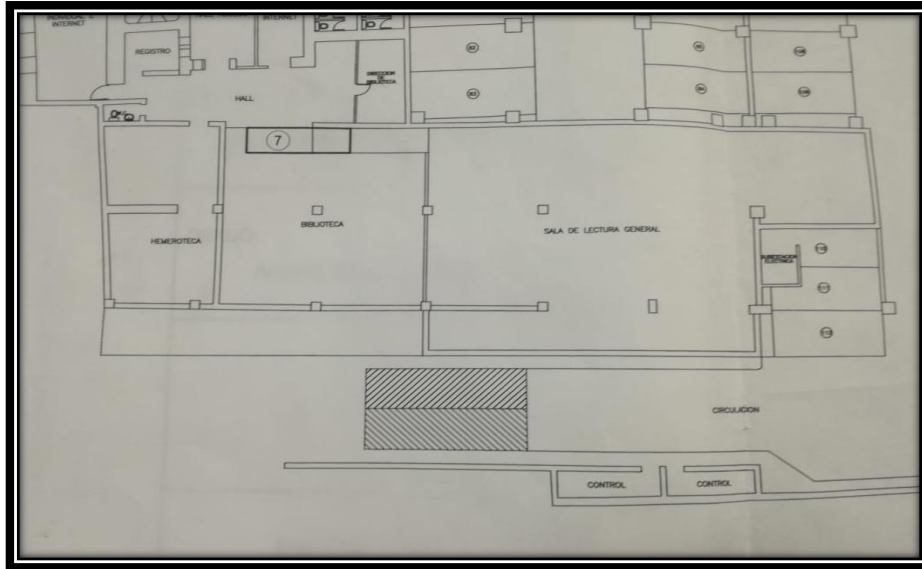
**Comentado [SB6]:** Aplicar la configuración que ya hiciste para Notas Tabla. Solo es que ya la selecciones y como este automático toma la configuración.

### Planos Edificio Universidad Libre Sede Centro



*Registro Fotográfico 1: Planos Primer Piso.*

Fuente: Universidad Libre, Servicios Generales



*Registro Fotográfico 2:* Plano de Distribución Estructural - Biblioteca Universidad Libre Sede Centro.

Fuente: Universidad Libre, Servicios Generales

**Registro gráfico del modelo 3D en Sketchup Web biblioteca Gerardo Molina sede La Candelaria**



*Ilustración 6* Modelo 3D Estructura Interior Biblioteca Gerardo Molina  
Fuente: Elaboración Propia



*Ilustración 7* Modelo 3D Puestos de Estudio Biblioteca Gerardo Molina Universidad Libre  
Fuente: Elaboración Propia



*Ilustración 8* Modelo 3D Puestos de Estudio Biblioteca Gerardo Molina Universidad Libre.  
Fuente: Elaboración Propia



*Ilustración 9* Modelo 3D puestos de estudio y estantería.  
Fuente: Elaboración propia



*Ilustración 10.* Modelo 3D Puestos de Estudio Ventanal Biblioteca Gerardo Molina.  
Fuente: Elaboración propia

### **Registro fotográfico Biblioteca Gerardo Molina Sede Candelaria**

En una jornada habitual en horas de la mañana (10:00 a.m.) se registra el siguiente ambiente de iluminación en el área de estudio.



*Registro Fotográfico 3* Distribución luminarias y espacios de estudio  
Fuente Elaboración propia



*Registro Fotográfico 4 Distribución Luminarias*  
Fuente Elaboración propia



*Registro Fotográfico 5 Puestos de Estudio / Luminarias*  
Fuente Elaboración propia



*Registro Fotográfico 6* Distribución Luminarias.  
Fuente: Elaboración Propia



*Registro Fotográfico 7* Espacio Interior.  
Fuente: Elaboración Propia.



### Mediciones con Luxómetro

Se empleó para el estudio como instrumento de medida, Luxómetro de referencia Extech HD 450, el cual mide iluminancia en lux y bujías pie (Fc)- con la descripción y características que se muestran en la ilustración No.12.



Ilustración 11. Luxómetro HD450.

Fuente: <https://docplayer.es/13942204-Manual-del-usuario-luxometro-digital-registrador-para-servicio-pesado-con-interfase-para-pc-modelo-hd450.html>

Tabla 3  
Características Luxómetro HD 450



**Luxómetro Extech HD 450**

Características	Descripción
<ul style="list-style-type: none"> <li>Gran rango de medición de hasta</li> </ul>	40.000 Fc o 400.000 Lux.
<ul style="list-style-type: none"> <li>Pantalla retro iluminada</li> </ul>	Se pueden ver todos los datos aunque se trabaje en espacios oscuros.
<ul style="list-style-type: none"> <li>Adicional a su pantalla frontal LCD tiene también un lector de barras analógicas.</li> </ul>	Se puede ver la lectura de dos formas diferentes.
<ul style="list-style-type: none"> <li>Guarda hasta 16.000 lecturas.</li> </ul>	Diferentes modos de lectura (relativa y pico).
<ul style="list-style-type: none"> <li>Dispone de puerto USB</li> </ul>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Carcasa muy resistente</li> </ul>	Contra golpes y abolladuras.
<ul style="list-style-type: none"> <li>Cable de 1 m flexible</li> </ul>	Permite mayor libertad de movimiento.

Fuente: <https://www.luxometro.net/extech-hd450/>

Ubicación de los puestos de estudio de la Biblioteca Universidad Libre –Gerardo Molina- sede La Candelaria-Bogotá.

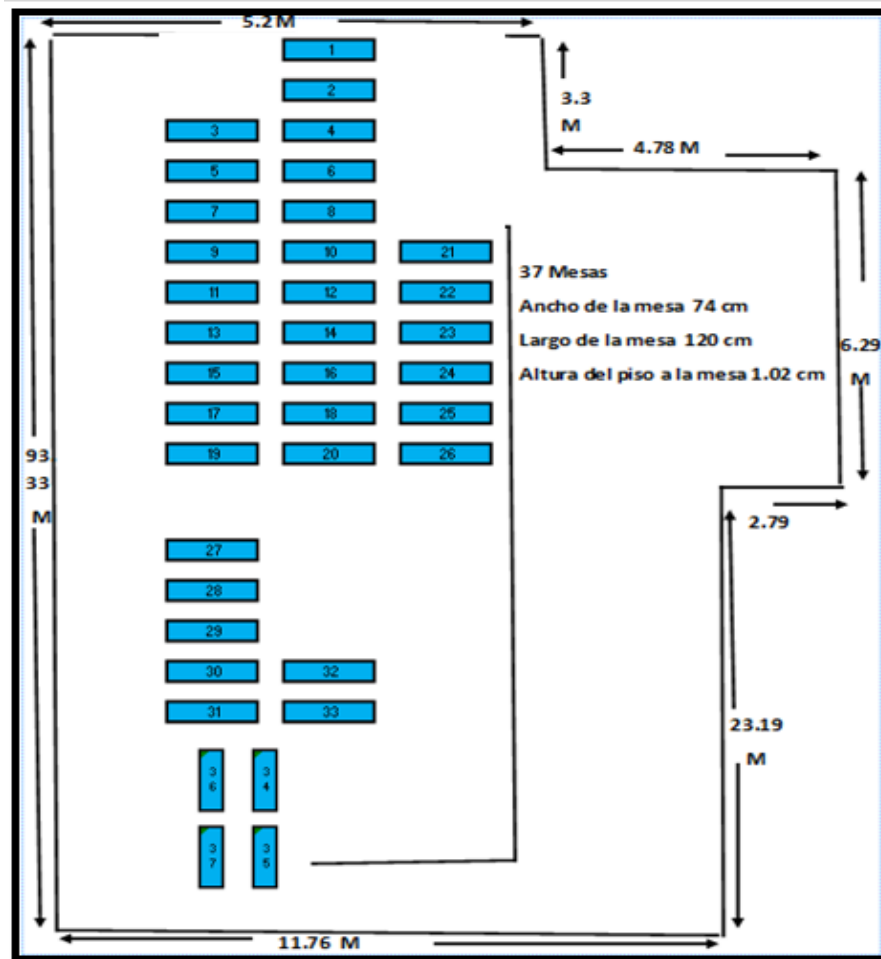


Figura 2. Puestos de Estudio Biblioteca Gerardo Molina.  
 Fuente: Elaboración Propia

Área del estudio de iluminación-Diagnóstico.

Ubicación de las iluminarias de la Biblioteca Universidad Libre –Gerardo Molina- sede La Candelaria-Bogotá

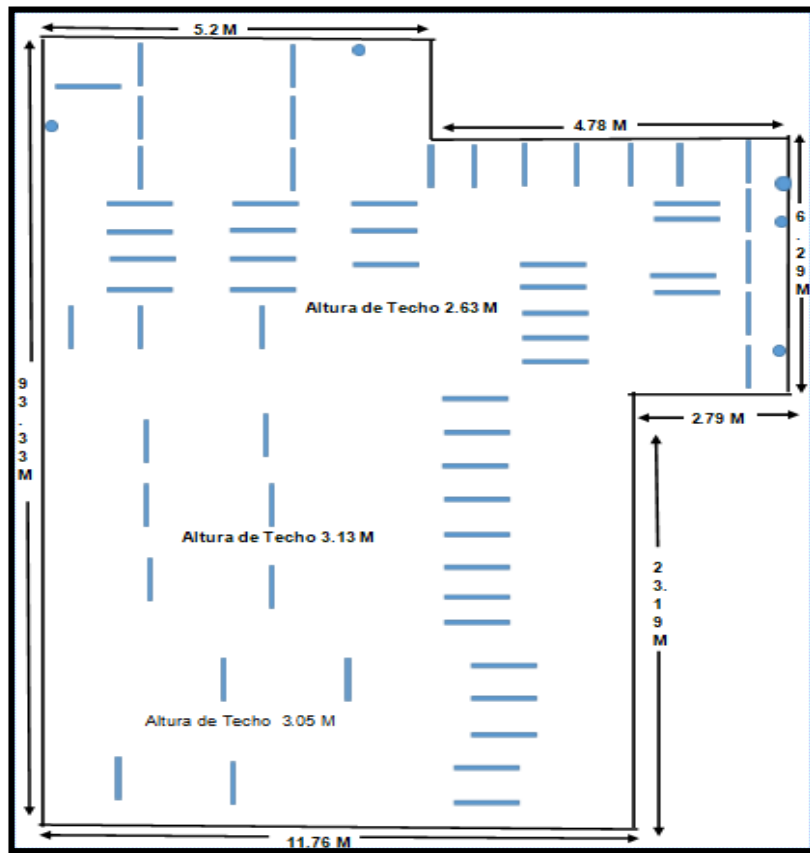


Figura 3. Planos de la iluminación artificial Biblioteca Universidad Libre –Gerardo Molina– sede La Candelaria-Bogotá.  
Fuente: Elaboración propia.

- = En la gráfica representa lámparas fluorescentes 54 w
- = Representa las bombillas 30 W
- Altura de los techos oscila entre 2.63 M parte más baja
- 3.13 M parte más alta

Ubicación de las ventanas de la Biblioteca Universidad Libre –Gerardo Molina- sede La Candelaria-Bogotá.

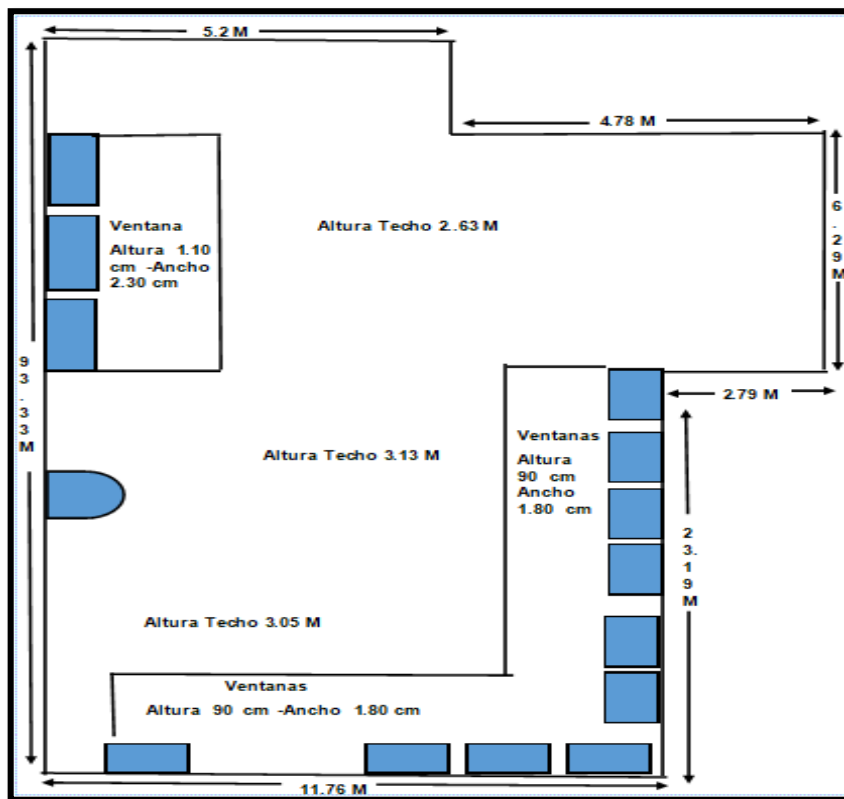
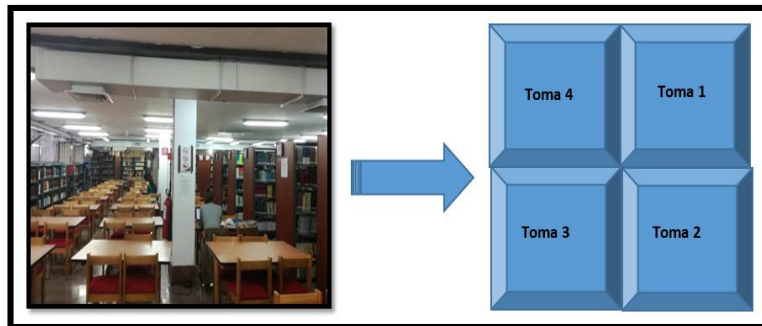


Figura 4 Planos de Iluminación Natural Biblioteca Universidad Libre –Gerardo Molina  
Fuente: Elaboración Propia

## ESTUDIO DE ILUMINACIÓN

Procedimiento: Al realizar el estudio de la intensidad luminosa, se tuvo en cuenta tres momentos del día para su registro (Mañana, Tarde y Noche) por ser los horarios habituales en la prestación del servicio de la Biblioteca Gerardo Molina; para lo cual se empleó como herramienta de medida el luxómetro de referencia Extech HD 450, para su aplicación se tuvo en cuenta las recomendaciones de uso, realizando la toma de medidas punto a punto, (es decir a las 37 mesas de estudio), en cada mesa de estudio se ubicaron cuatro puntos de medición, ya que en la práctica se ubican diariamente cuatro usuarios por mesa.

De la siguiente manera: Es importante este aspecto ya que las ubicaciones de las mesas se encuentran influenciadas por el entorno (ventanas, proximidad de columnas estructurales, bombillas y estanterías).



*Figura 5.* Modelo Toma de Niveles por Mesa.  
Fuente: Elaboración propia.

Para el estudio se tomaron los valores indicados en RETILAP, que se consideran óptimos para el área de estudio que nos ocupa, los cuales se encuentran en la “tabla 410.1 Índice UGR máximo y niveles de iluminación exigibles para diferentes áreas y actividades” donde se indican los siguientes:

Mínimo = 300 lux
Medio = 500 lux
Máximo = 750 lux

*Figura 6.* Niveles de Iluminación Estándares RETILAP

Fuente: “Resolución. 180540 de 2010 del Ministerio De Minas y Energía RETILAP. Disponible en internet: [http://camacol.co/sites/default/files/secciones\\_internas/RETILAP\\_Resolucion\\_180540\\_del\\_30\\_de\\_marzo\\_de\\_2010\\_0.pdf](http://camacol.co/sites/default/files/secciones_internas/RETILAP_Resolucion_180540_del_30_de_marzo_de_2010_0.pdf).”

El proceso de medición de los niveles de iluminación, se realizó bajo las condiciones normales en el desarrollo de las actividades y servicios que presta la biblioteca; para lograr datos confiables. Luego se procedió a registrar los valores indicados por el luxómetro en las tablas asignadas para los tres momentos del día: Mañana, Tarde y Noche. Donde se evidencia la variación lumínica presente en los puestos de estudio, para luego ser analizada frente a los valores que se registran en el reglamento técnico de iluminación y alumbrado público RETILAP. Como se verá a continuación.

Además de los aspectos anteriores, se debe tener en cuenta en el análisis de los datos la presencia de ventanas, lámparas, estantería y ubicación de los puestos de estudio. Para lo cual, nos apoyamos en la representación gráfica de dichos elementos.

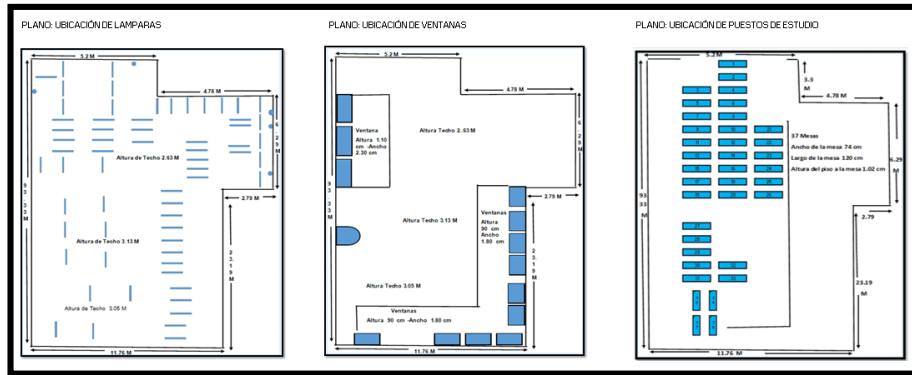


Figura 7. Ubicación de iluminarias, ventanas y mesas.  
Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se procede con el registro de los niveles de iluminación hallados en los puestos de estudio durante los tres momentos de estudio (Mañana, Tarde y Noche), teniendo en cuenta la formula presentada en la figura No.8.

$$Uniformidad = \frac{E_{min}}{E_{prom}}$$

Donde,  
 $E_{min}$ , es el valor mínimo de iluminancia medido.  
 $E_{prom}$ , es el valor promedio de iluminancia obtenido en las mediciones.

Figura 8. Formula de uniformidad RETILAP.  
Fuente. “Resolución. 180540 de 2010 del Ministerio De Minas y Energía RETILAP. Disponible en internet: [http://camacol.co/sites/default/files/secciones\\_internas/RETILAP\\_Resolucion\\_180540\\_del\\_30\\_de\\_marzo\\_de\\_2010\\_0.pdf](http://camacol.co/sites/default/files/secciones_internas/RETILAP_Resolucion_180540_del_30_de_marzo_de_2010_0.pdf).”

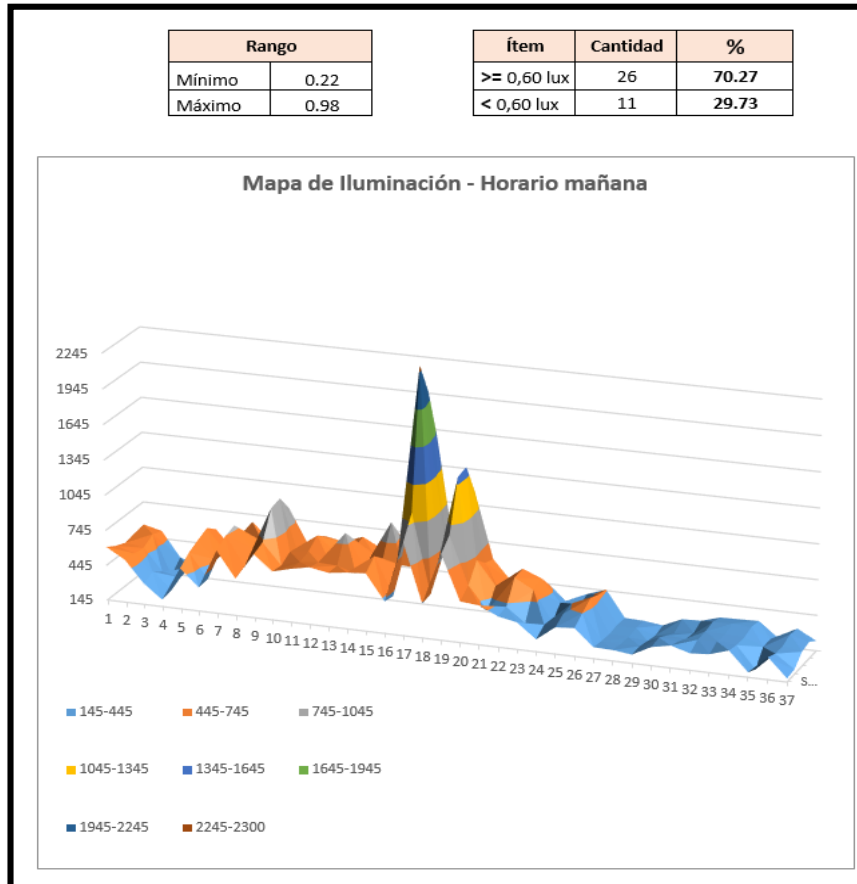


Tabla 4  
Toma de Datos en Lux Hora de la Mañana 9:30 a.m.

TABLA DE DATOS EN LUX (Hora de la mañana 9:30 a.m.)						
Mesa De Estudio	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Promedio	Factor de Uniformidad
1	601	549	514	534	549.50	0.90
2	508	503	489	544	511.00	0.97
3	326	364	303	207	300.00	0.35
4	204	221	269	289	245.75	0.98
5	492	566	612	653	580.75	0.85
6	348	356	461	472	409.25	0.79
7	680	745	773	529	681.75	0.73
8	461	497	591	594	535.75	0.92
9	686	726	956	980	837.00	0.59
10	559	548	602	497	551.50	0.90
11	600	597	626	698	630.25	0.79
12	632	611	597	569	602.25	0.82
13	603	602	818	630	663.25	0.75
14	624	557	538	605	581.00	0.85
15	636	720	640	885	720.25	0.69
16	418	399	599	523	484.75	0.98
17	934	1126	2296	2021	1594.25	0.31
18	436	455	687	663	560.25	0.88
19	874	973	1400	1425	1168.00	0.42
20	493	566	718	632	602.25	0.82
21	478	370	517	335	425.00	0.83
22	405	423	607	619	513.50	0.96
23	373	302	520	556	437.75	0.87
24	249	309	263	368	297.25	0.33
25	370	422	443	357	398.00	0.76
26	383	448	508	475	453.50	0.91
27	241	228	221	236	231.50	0.86
28	237	220	216	230	225.75	0.81
29	218	224	202	183	206.75	0.60
30	301	316	269	226	278.00	0.22
31	333	302	259	244	284.50	0.26
32	287	337	342	359	331.25	0.50
33	299	341	337	364	335.25	0.52

<b>34</b>	350	330	326	354	340.00	0.58
<b>35</b>	187	145	270	272	218.50	0.73
<b>36</b>	333	297	295	330	313.75	0.42
<b>37</b>	175	185	268	287	228.75	0.83
<b>Máximo</b>	<b>2296</b>	<b>Mínimo</b>	<b>145</b>	<b>Promedio General</b>	<b>495.34</b>	
	<b>Rango</b>			<b>Ítem</b>	<b>Cantidad</b>	<b>%</b>
	Mínimo	0.22		>= 0,60 lux	26	<b>70.27</b>
	Máximo	0.98		< 0,60 lux	11	<b>29.73</b>

Datos obtenidos en puestos de biblioteca (Fuente: Elaboración propia)



*Ilustración 12.* Mapa Iluminación - Datos Hora 9 a.m.  
Fuente: Elaboración Propia.

Una vez realizado el análisis de los datos obtenidos en la mañana, se encontraron las siguientes novedades:

Se presenta un valor superior al máximo establecido en RETILAP en los puestos de estudio 17 y 19 (ver tabla adjunta). Lo cual indica que por la ubicación de éstos puestos en el plano de la biblioteca, se ve altamente afectada por la proximidad de la ventana, generando mayores cargas visuales a las recomendadas. Por lo cual se debe tomar medidas correctivas, como la instalación de persianas, cortinas o cualquier otro elemento que permita controlar la variación de luz natural, que por efectos climáticos es variada al presentarse días soleados, nublados o lluviosos. Con lo cual se permita bloquear el paso directo de la luz a éstos puestos.

Tabla 5  
Datos Puesto 17 y 19

TABLA DE DATOS EN LUX (Hora de la mañana)					
Puesto	Toma	Toma	Toma	Toma	Promedio
	1	2	3	4	
17	934	1126	2296	2021	1594.25
19	874	973	1400	1425	1168.00

Fuente: Elaboración propia

De igual manera se encontraron puestos con un menor nivel de iluminación al estipulado en RETILAP. Estos puestos se encuentran ubicados junto a elementos como columnas estructurales del edificio y/o estanterías de libros, los cuales generan sombras que afectan directamente la luminosidad sobre los puestos evaluados.

Tabla 6  
 Datos Puestos 4,24,27,28,29,30,31,35,37

TABLA DE DATOS EN LUX (Hora de la mañana)					
Puesto	Toma	Toma	Toma	Toma	Promedio
	1	2	3	4	
4	204	221	269	289	245.75
24	249	309	263	368	297.25
27	241	228	221	236	231.50
28	237	220	216	230	225.75
29	218	224	202	183	206.75
30	301	316	269	226	278.00
31	333	302	259	244	284.50
35	187	145	270	272	218.50
37	175	185	268	287	228.75

Fuente: Elaboración propia

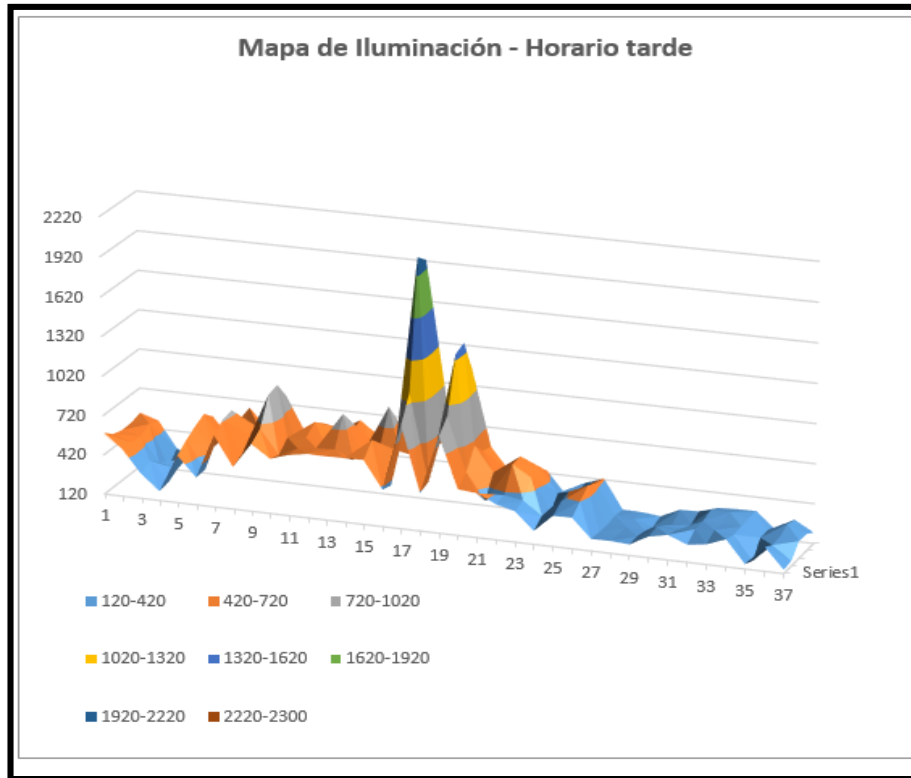
Por lo anterior, se plantea la gran necesidad de acondicionar tanto el tipo de lámpara empleada en estos puestos como la posición física de ellos, de tal manera que se cumpla con los niveles de luminosidad indicados para la actividad que se realiza (min.300, media de 500 y máx. 750). Ya que los valores encontrados generan alteraciones en la capacidad visual de los usuarios, provocando fatiga y bajo rendimiento. Además de no propiciar el logro del objetivo del servicio prestado.

Tabla 7  
Toma de Datos en Lux Hora Tarde 3:00 p.m.

TABLA DE DATOS EN LUX (Hora de la tarde 3:00 p.m.)						
Mesa De Estudio	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Promedio	Factor de Uniformidad
1	589	526	503	505	530.75	0.89
2	481	476	472	514	485.75	0.97
3	310	352	289	195	286.50	0.35
4	191	206	252	274	230.75	0.95
5	480	543	596	638	564.25	0.84
6	329	334	454	460	394.25	0.80
7	664	732	751	509	664.00	0.71
8	441	479	570	575	516.25	0.91
9	632	694	900	921	786.75	0.60
10	536	512	589	470	526.75	0.90
11	581	579	606	670	609.00	0.78
12	605	594	574	557	582.50	0.81
13	603	602	818	630	663.25	0.71
14	606	539	514	585	561.00	0.84
15	608	706	621	851	696.50	0.68
16	401	376	583	508	467.00	0.99
17	902	1096	2054	1984	1509.00	0.69
18	409	436	651	648	536.00	0.88
19	852	949	1362	1395	1139.50	0.41
20	469	542	692	596	574.75	0.82
21	455	346	503	309	403.25	0.83
22	389	403	581	587	490.00	0.96
23	352	379	497	522	437.50	0.92
24	221	279	246	341	271.75	0.26
25	351	402	423	345	380.25	0.76
26	354	423	487	451	428.75	0.90
27	211	206	203	219	209.75	0.75
28	212	202	204	210	207.00	0.72
29	203	208	193	167	192.75	0.55
30	279	296	253	204	258.00	0.17
31	308	287	236	218	262.25	0.20
32	251	312	317	342	305.50	0.45
33	271	323	310	347	312.75	0.49

<b>34</b>	325	304	309	319	314.25	0.50
<b>35</b>	157	123	242	246	192.00	0.54
<b>36</b>	301	259	264	306	282.50	0.33
<b>37</b>	148	159	251	247	201.25	0.65
<b>Máximo</b>	<b>2054</b>	<b>Mínimo</b>	<b>123</b>	<b>Promedio General</b>	<b>472.27</b>	
	<b>Rango</b>			<b>Ítem</b>	<b>Cantidad</b>	<b>%</b>
	Mínimo	0.17		>= 0,60 lux	26	<b>70.27</b>
	Máximo	0.99		< 0,60 lux	11	<b>29.73</b>

Datos obtenidos en puestos de biblioteca (Fuente: Elaboración propia)



*Ilustración 13.* Mapa de Iluminación- Hora de la Tarde 3:00 p.m.  
Fuente: Elaboración propia.

Una vez realizado el análisis de los datos obtenidos en la Tarde, se encontraron las siguientes novedades:

Se presentan valores superiores a los establecidos en RETILAP en los puestos de estudio No. 9, 17 y 19 (ver tabla adjunta). Lo cual indica, que la ubicación de éstos puestos en el plano de la biblioteca, se ve altamente afectada por la proximidad de las ventanas, al presentarse variación de la luz natural que ingresa durante el transcurso del día y específicamente a la hora de la toma



de datos (3 p.m.). Además, si se observa cuidadosamente se encontrará en el plano de ubicación de las luminarias, algunas lámparas, ubicadas sobre éstos puestos de estudio, por lo cual se explica la razón de los altos niveles encontrados, al presentarse tanto luz natural como luz artificial, sobre dichos puestos. Con lo cual se puede presentar deslumbramiento.

Tabla 8  
Puestos de Estudio 9/17/19 - Hora de la Tarde 3:00 p.m.

TABLA DE DATOS EN LUX (Hora de la Tarde 3 p.m.)					
Puesto	Toma 1	Toma 2	Toma 3	Toma 4	Promedio
9	632	694	900	921	786.75
17	902	1096	2054	1984	1509.00
19	852	949	1362	1395	1139.50

Datos obtenidos en puestos de biblioteca (Fuente: Elaboración propia)

Así mismo, se encontraron puestos con un menor nivel de iluminación al estipulado, con lo cual se evidencia el no cumplimiento de los niveles establecidos por RETILAP y las demás incidencias en afectación a la salud, confort y seguridad de los usuarios que se ven afectados ante este hecho. Las razones que se detectan para estos bajos niveles coinciden con la ubicación de muebles y luminarias según lo establecido en el plano

Tabla 9  
Puestos de Estudio 3/4/24/27/28/29/30/31/35/36/37- Hora de la Tarde 3:00 p.m.

TABLA DE DATOS EN LUX (Hora de la Tarde 3:00 p.m.)					
Puesto	Toma 1	Toma 2	Toma 3	Toma 4	Promedio
3	310	352	289	195	286,50
4	191	206	252	274	230,75
24	221	279	246	341	271,75
27	211	206	203	219	209,75
28	212	202	204	210	207,00
29	203	208	193	167	192,75
30	279	296	253	204	258,00
31	308	287	236	218	262,25
35	157	123	242	246	192,00
36	301	259	264	306	282,50
37	148	159	251	247	201,25

Datos obtenidos en puestos de biblioteca (Fuente: Elaboración propia).

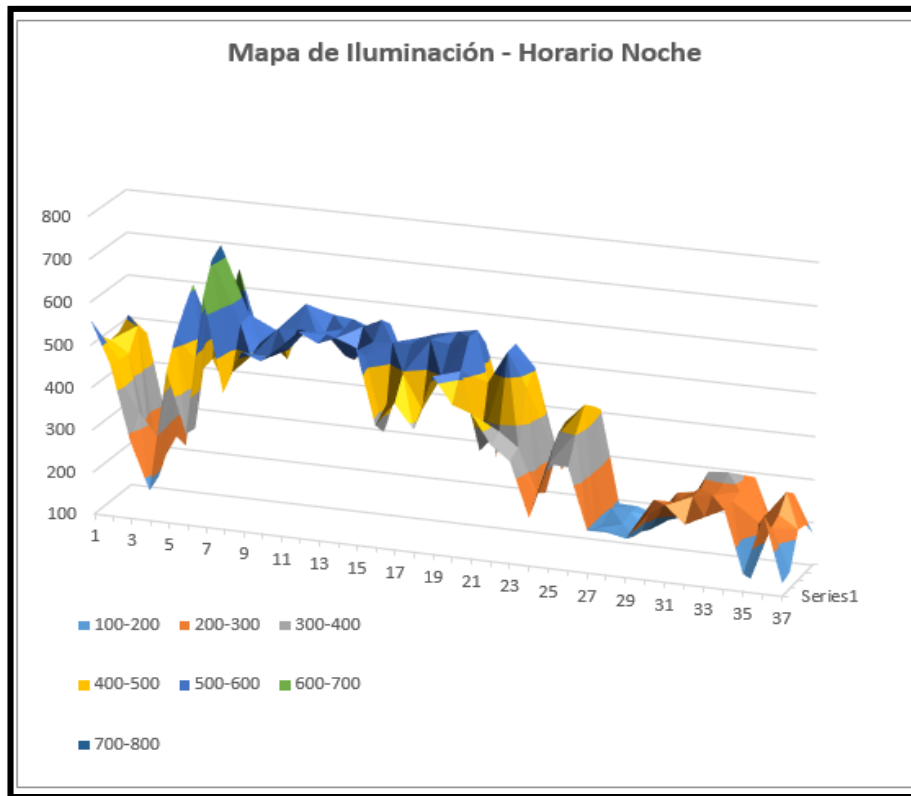
Tabla 10  
Toma de Datos en LUX Hora Noche 7:30 p.m.

TABLA DE DATOS EN LUX (Hora de la noche 7:30 p.m.)						
Mesa De Estudio	Medición 1	Medición 2	Medición 3	Medición 4	Promedio	Factor de Uniformidad
1	558	506	479	482	506.25	0.78
2	460	454	451	501	466.50	0.84
3	284	336	257	169	261.50	0.49
4	172	187	231	248	209.50	0.12
5	458	524	571	613	541.50	0.73
6	316	312	436	442	376.50	0.95
7	641	712	730	489	643.00	0.39
8	422	453	551	557	495.75	0.79
9	523	496	510	498	506.75	0.78
10	506	499	550	461	504.00	0.78
11	542	521	552	596	552.75	0.71
12	584	572	549	533	559.50	0.70
13	562	567	541	547	554.25	0.71

14	579	521	496	557	538.25	0.73
15	562	527	543	578	552.50	0.71
16	387	354	547	485	443.25	0.89
17	443	496	548	546	508.25	0.78
18	387	417	563	561	482.00	0.82
19	516	497	557	570	535.00	0.74
20	455	516	579	579	532.25	0.74
21	439	336	479	287	385.25	0.98
22	372	387	554	557	467.50	0.84
23	339	354	476	507	419.00	0.94
24	212	253	236	319	255.00	0.46
25	343	392	407	321	365.75	0.92
26	341	406	452	432	407.75	0.97
27	199	187	180	201	191.75	0.95
28	200	181	183	195	189.75	0.92
29	191	178	172	158	174.75	0.75
30	249	269	227	187	233.00	0.31
31	279	269	212	201	240.25	0.36
32	239	287	289	310	281.25	0.60
33	262	295	293	314	291.00	0.65
34	284	287	292	296	289.75	0.64
35	141	112	224	227	176.00	0.76
36	283	235	248	284	262.50	0.50
37	130	139	219	212	175.00	0.75
<b>Máximo</b>	<b>730</b>	<b>Mínimo</b>	<b>112</b>	<b>Promedio General</b>	<b>393.91</b>	

Rango		Ítem	Cantidad	%
Mínimo	0.12	$\geq 0,60$ lux	30	<b>81.08</b>
Máximo	0.98	$< 0,60$ lux	7	<b>18.92</b>

Datos obtenidos en puestos de biblioteca (Fuente: Elaboración propia).



*Ilustración 14:* Mapa de iluminación- Hora de la noche 7:30 p.m. rangos.  
Fuente: Elaboración propia.

Al realizar el análisis de los datos obtenidos en la Noche, se encontraron las siguientes novedades:

Se presenta un cumplimiento del 100% respecto al nivel superior permitido de iluminación, es decir, ninguno de los valores encontrados en la medición supera los 750 lux establecidos por RETILAP en los 37 puestos de estudio de la biblioteca.

Respecto al cumplimiento de los valores mínimos establecidos por RETILAP, en la “tabla 410.1 Índice UGR máximo y niveles de iluminación exigibles para diferentes áreas y actividades”, encontramos que 14 de los 37 puestos están por debajo del nivel mínimo exigido, es decir, el 37.8%, no cumple con este factor de medida.

Tabla 11  
Puestos de Estudio 3/4/24/27/28/29/30/31/32/33/34/35/36/37

TABLA DE DATOS EN LUX (Hora de la Noche 7:30 p.m.)					
Puesto	Toma 1	Toma 2	Toma 3	Toma 4	Promedio
3	284	336	257	169	261,50
4	172	187	231	248	209,50
24	212	253	236	319	255,00
27	199	187	180	201	191,75
28	200	181	183	195	189,75
29	191	178	172	158	174,75
30	249	269	227	187	233,00
31	279	269	212	201	240,25
32	239	287	289	310	281,25
33	262	295	293	314	291,00
34	284	287	292	296	289,75
35	141	112	224	227	176,00
36	283	235	248	284	262,50
37	130	139	219	212	175,00

Datos obtenidos en puestos de biblioteca (Fuente: Elaboración propia)

Lo anteriormente expuesto, permite intuir una deficiencia en la capacidad de las luminarias, lo cual incide directamente sobre los puestos relacionados, que se hace evidente en el horario de la noche. Esto puede presentarse por falta de mantenimiento y/o sustitución de lámparas que han disminuido la intensidad luminosa o se encuentran deterioradas.

### Presentación de Datos / Herramienta Minitab.

Se realiza la presentación de los datos obtenidos en la medición realizada a los puestos de estudio, de la Biblioteca Gerardo Molina, representados mediante gráficas generadas con el programa Minitab. En la figura No. con los datos obtenidos en los diferentes momentos del día. resumen horas de la mañana 9:30. a.m.

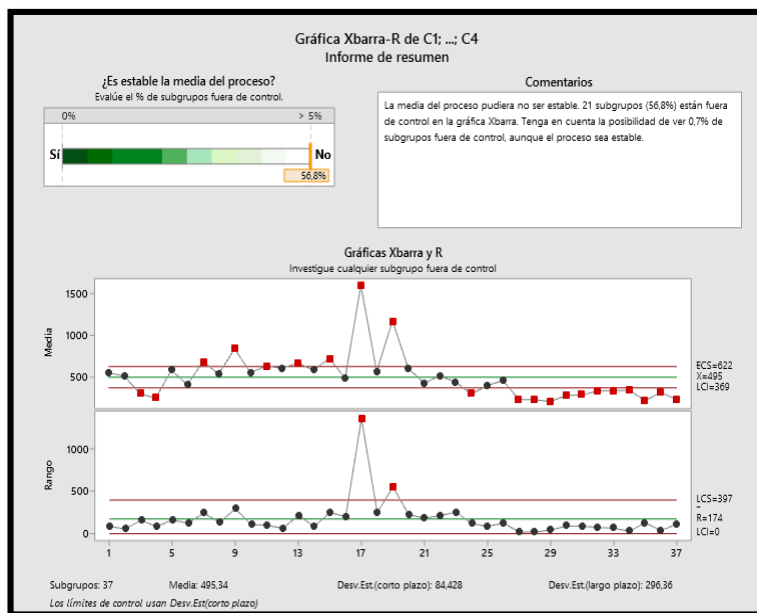


Figura 9. Gráfica de Control de la Mañana 9:30 a.m.

Fuente: Elaboración Propia.

De acuerdo con la gráfica encontramos que no hay uniformidad en los niveles de iluminación, lo cual se infiere por la presencia de luz natural y artificial en los puestos 17 y 19, que se

encuentran influenciados por la proximidad de ventanas. Generando mayores cargas visuales a las recomendadas, y por consiguiente no cumple con el nivel óptimo requerido.

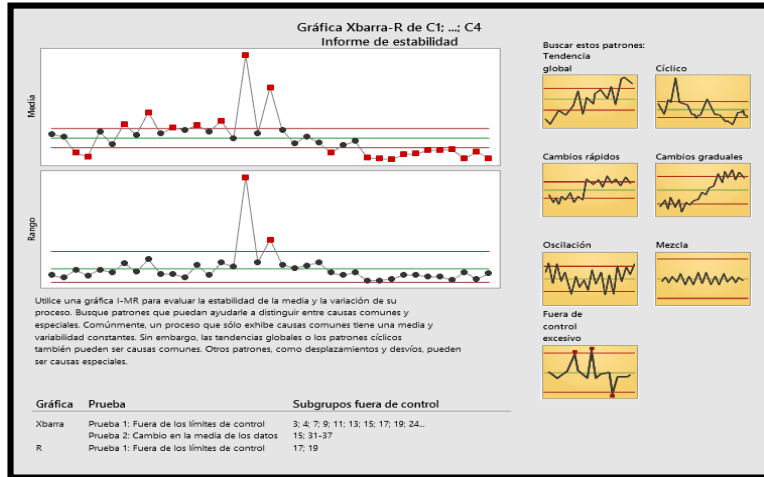


Figura 10. Gráfica de Control de la Mañana 9:30 p.m.  
Fuente: Elaboración Propia

La gráfica X-barra de los niveles encontrados en la mañana, indica que la media del proceso no es estable y su tendencia es cíclica, lo que se explica por la hora del día en que se tomó la muestra y el efecto que esto surte sobre los puestos que se exponen a la luz mixta (natural y artificial), siendo este factor determinante de la variación en el nivel de iluminación de dichos puestos. Que no se puede eliminar o ignorar, por el contrario, deben tomarse medidas correctivas al respecto.

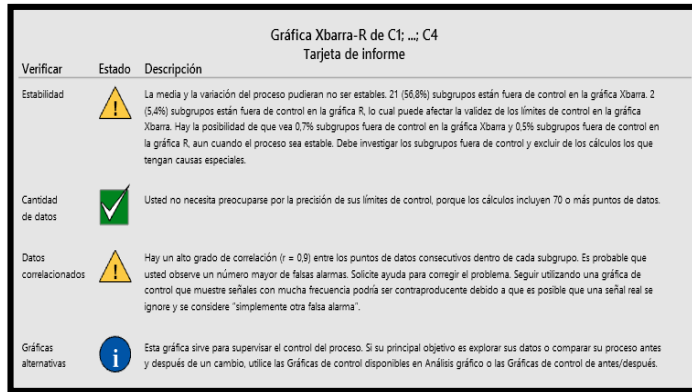


Figura 11. Gráfica de Control de la Mañana / Tarjeta de Informe.  
Fuente: Elaboración Propia

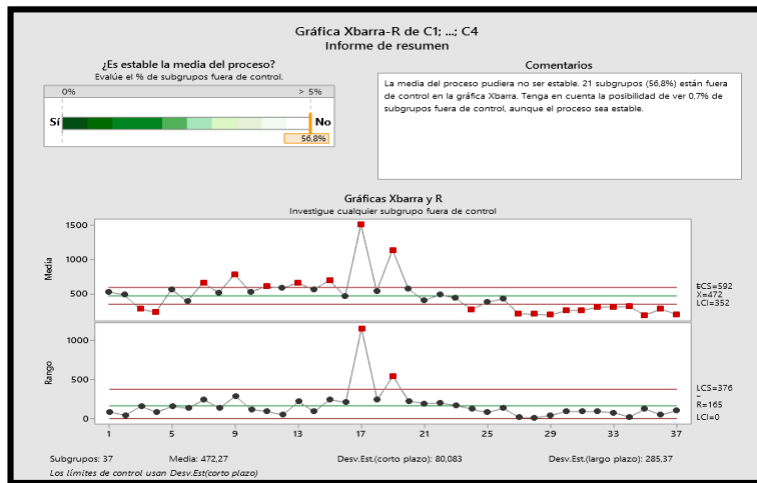


Figura 12. Informe de Resumen Horas de la Tarde 3:00. p.m.  
Fuente: Elaboración Propia



La gráfica de la tarde, indica que el proceso es estable, aunque presenta variación en los niveles máximos permitidos afectando la media del proceso, nuevamente se ubica en los puestos de estudio 17 y 19, con una variación muy alta frente al proceso. Que se evidencia en el rango.

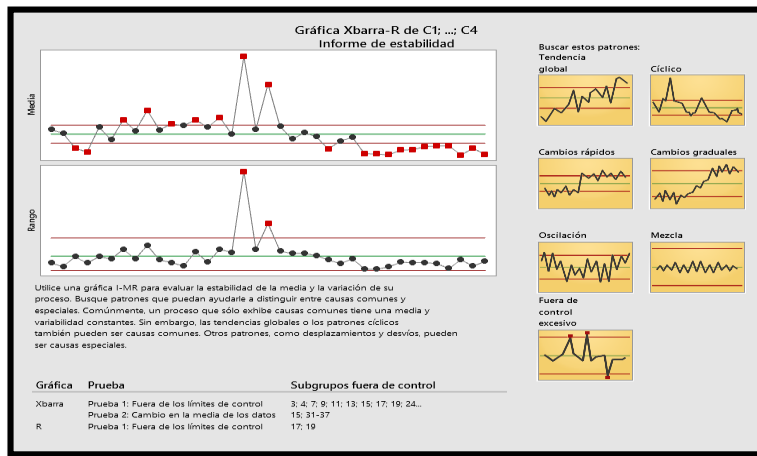


Figura 13. Gráfica de Estabilidad Muestra de las 3:00 p.m.

Fuente: Elaboración Propia

La tendencia de acuerdo con la gráfica de límites de control es cíclica, presenta puntos por encima del límite superior permitido (como se indicó anteriormente) al igual que fuera del límite inferior, lo cual implica la presencia de factores que influyen en la medición del nivel de iluminación sobre dichos puntos, como lo es la iluminación mixta que recibe ésta ubicación.

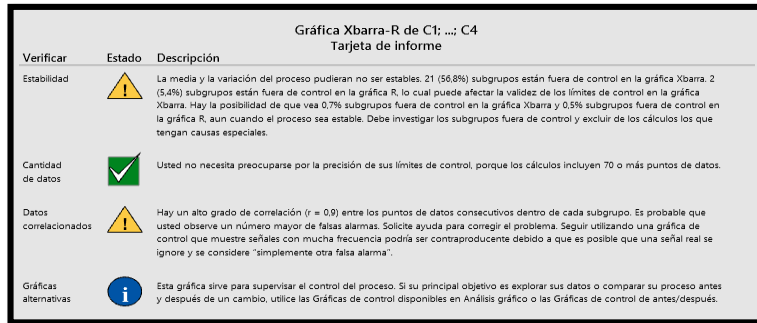


Figura 14. Gráfica de Control de la Tarde/  
Fuente: Elaboración Propia

En la figura No.15 Se Observa el Informe de Resumen de los Datos Tomados en Horas de la Noche 7:30. p.m.

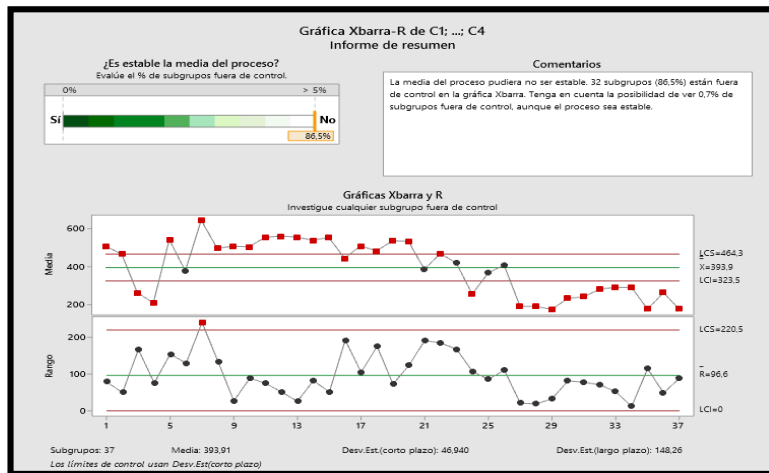


Figura 15. Gráfica de Control 7:30 p.m.  
Fuente: Elaboración Propia

En la gráfica se observa, que la media del proceso es inestable ya que presenta un incumplimiento de los niveles permitidos en un 86%, lo que se manifiesta en el proceso por la presencia de luminarias con un mantenimiento muy deficiente y la necesidad de reemplazar varias de ellas.

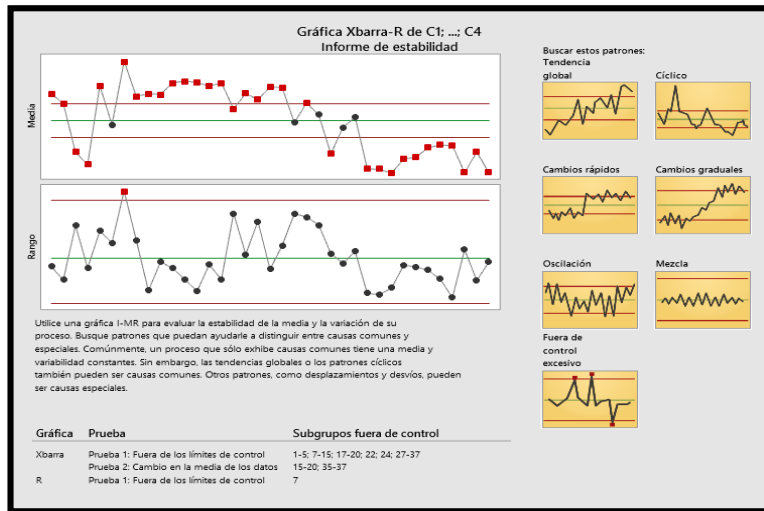






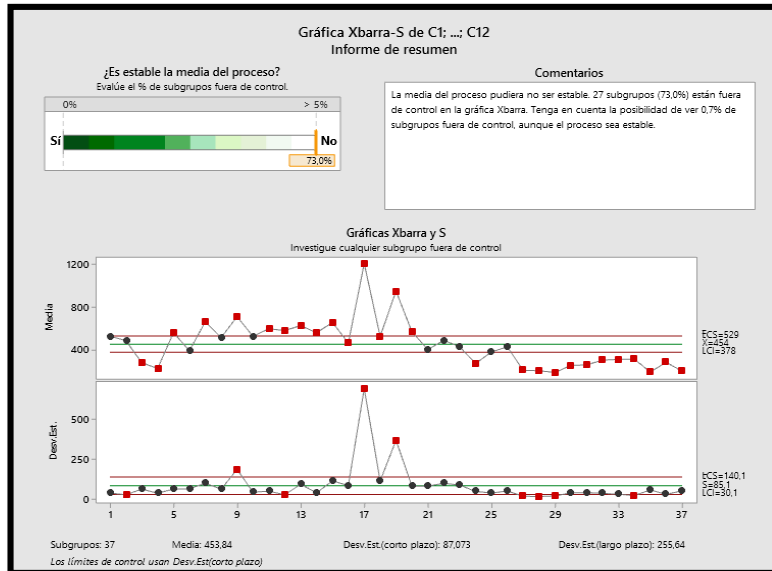
Figura 16. Gráfica de Control de la Noche 7:30 p.m.  
Fuente: Elaboración Propia

Gráfica Xbarra-R de C1; ...; C4 Tarjeta de informe		
Verificar	Estado	Descripción
Estabilidad		La media y la variación del proceso pudieran no ser estables. 32 subgrupo (86,5%) está fuera de control en la gráfica Xbarra. 1 subgrupo (2,7%) está fuera de control en la gráfica R, lo cual podría afectar la validez de los límites de control en la gráfica Xbarra. Hay la posibilidad de que vea 0,7% de subgrupos fuera de control en la gráfica Xbarra y 0,5% de subgrupos fuera de control en la gráfica R, aunque el proceso sea estable. Debe investigar los subgrupos fuera de control y omitir de los cálculos aquellos con causas especiales.
Cantidad de datos		Usted no necesita preocuparse por la precisión de sus límites de control, porque los cálculos incluyen 70 o más puntos de datos.
Datos correlacionados		Hay un alto grado de correlación ( $r = 0,9$ ) entre los puntos de datos consecutivos dentro de cada subgrupo. Es probable que usted observe un número mayor de falsas alarmas. Solicite ayuda para corregir el problema. Seguir utilizando una gráfica de control que muestre señales con mucha frecuencia podría ser contraproducente debido a que es posible que una señal real se ignore y se considere "simplemente otra falsa alarma".
Gráficas alternativas		Esta gráfica sirve para supervisar el control del proceso. Si su principal objetivo es explorar sus datos o comparar su proceso antes y después de un cambio, utilice las Gráficas de control disponibles en Análisis gráfico o las Gráficas de control de antes/después.

*Figura 17.* Tarjeta de Informe de la Noche.

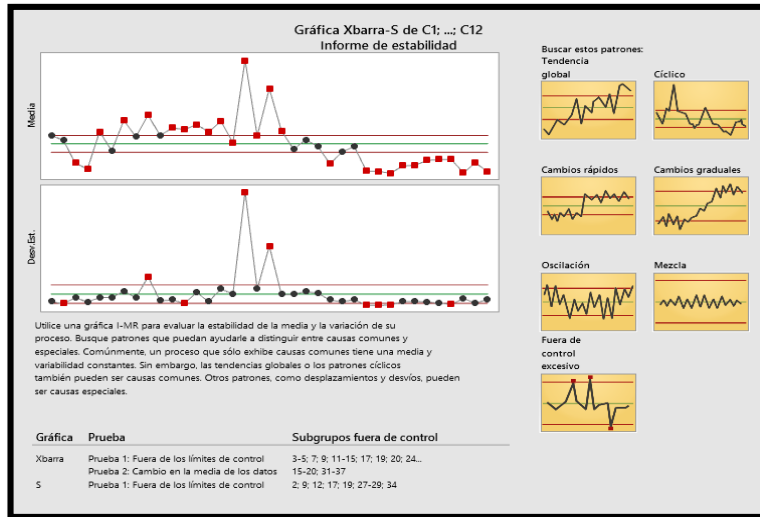
Fuente: Elaboración Propia.

Los datos reflejados en las medidas correspondientes al horario de la noche, permiten plantear acciones de corrección importantes y urgentes, ya que se está afectando en gran manera la salud visual, seguridad y el confort, de los usuarios. Al no cumplir en gran proporción con los niveles permitidos.

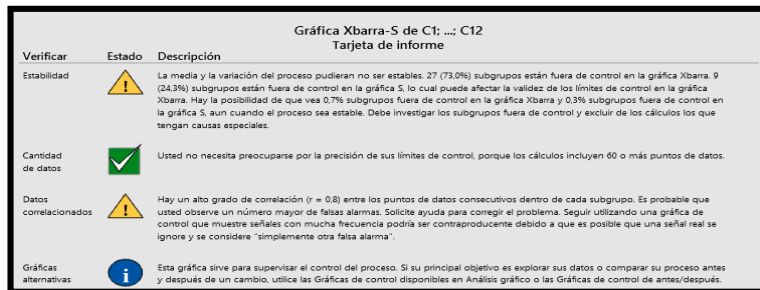


**Figura 18.** Datos Consolidados (Todas las Muestras).  
Fuente: Elaboración Propia.

En este gráfico se observa que, al reunir toda la información de los niveles de iluminancia de los puestos de estudio de la biblioteca Gerardo Molina tomados en tres momentos del día; se encontró que la media del proceso no es estable al presentar un 73%, donde los niveles se encuentran fuera de los límites de control tanto superiores como inferiores, con una tendencia cíclica. No cumple con los niveles de Uniformidad apropiados. Con lo anterior, se evidencia la urgente necesidad de establecer un plan de mantenimiento, de todo el entorno comprometido como: paredes, techos, luminarias, pisos. Para mejorar los niveles de luminancia, y si es el caso optar por reemplazar las luminarias (bombillos y tubos fluorescentes) para aumentar el flujo luminoso.



*Figura 19.* Informe de Estabilidad /Datos Consolidados.  
Fuente: Elaboración Propia.



*Figura 20.* Datos Consolidados /Tarjeta de Informe.  
Fuente: Elaboración Propia.

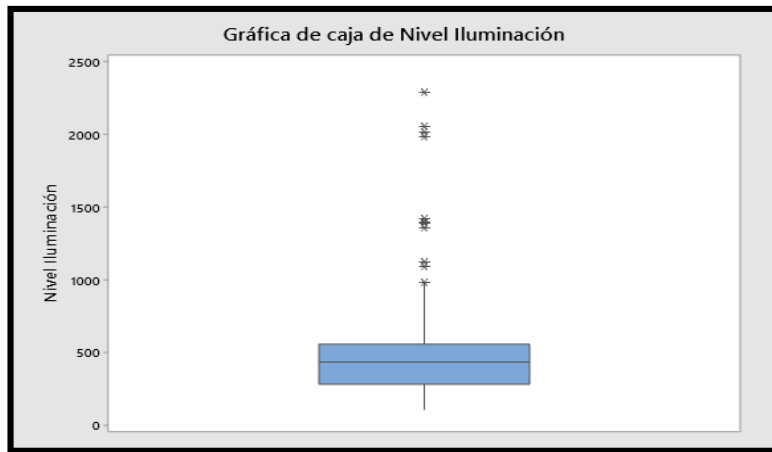


Figura 21. Gráfico de Caja y Bigote. Nivel de Iluminación Todas las Muestras.  
Fuente: Elaboración Propia.

### Estadísticas

De acuerdo con la gráfica de caja de todos los valores de iluminación, se encuentra que la mediana de los datos es de 437.5 lux, lo cual indica que en términos generales se cumple con los valores establecidos para la actividad desarrollada según la tabla RETILAP. Sin embargo, se encuentran niveles por debajo del permitido en  $Q1 = 284.75$  lux. Lo cual significa que los puestos de estudio ubicados con este nivel de iluminación requieren de mejoras para cumplir con lo normado.

### Gráfica de Caja Por Jornada:

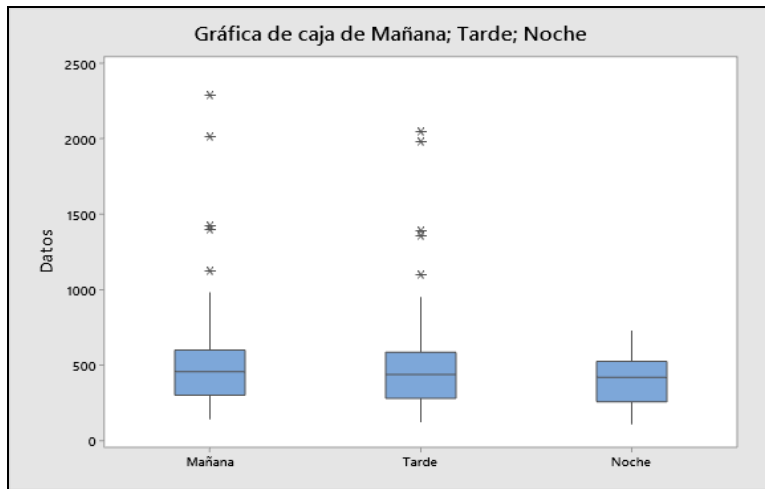


Figura 22. Gráfica de Caja - Nivel de Iluminación Mañana, Tarde y Noche.  
Fuente: Elaboración Propia.

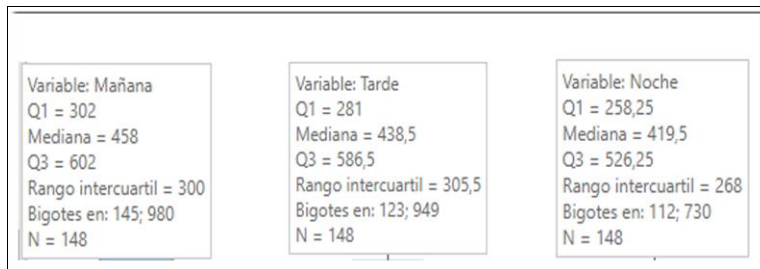


Figura 23. Comparación Datos.  
Fuente: Elaboración Propia.

De acuerdo con la gráfica de Caja, se evidencia el comportamiento de los datos de los niveles de iluminación en las tres jornadas evaluadas, donde se puede observar que los datos en la gráfica de la mañana al igual que la tarde son simétricos a diferencia de los datos de la noche que son asimétricos, es decir que presentan mayor variabilidad, siendo el grupo de datos que



indica que presenta una oportunidad de mejora frente a los otros dos grupos de datos. Así mismo se presentan puntos atípicos, en los niveles de iluminación de la mañana y la tarde, es decir que están ubicados por encima del límite superior lo que implica que se presentan circunstancias especiales que producen este fenómeno como lo es la presencia en esos niveles de factores como a presencia de luz mixta (natural y artificial) que produce esos mayores niveles.

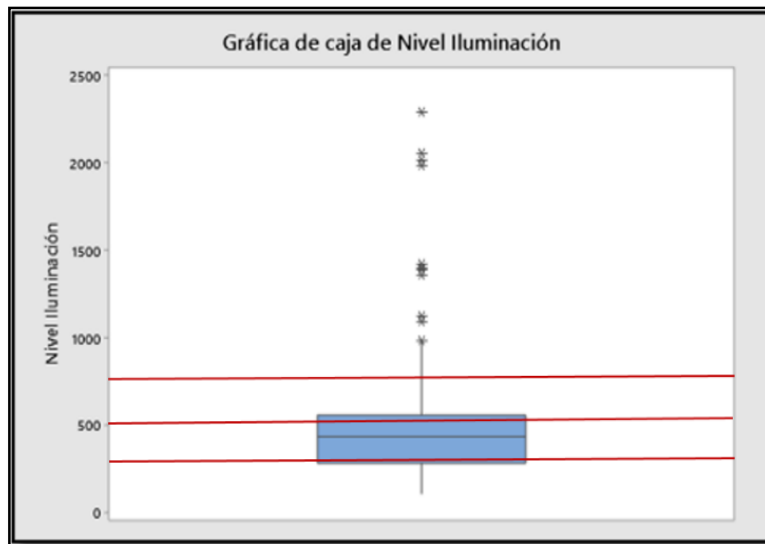


Figura 24. Gráfica de Caja Nivel - Iluminación.  
Fuente: Elaboración propia.

*Las líneas rojas representan los rangos permitidos por la RETILAP 300 Lux-500 Lux y 750 Lux, como se puede observar en la gráfica la uniformidad se encuentra muy por fuera de los límites permitidos*

## Histogramas:

### Histograma del Total de Datos

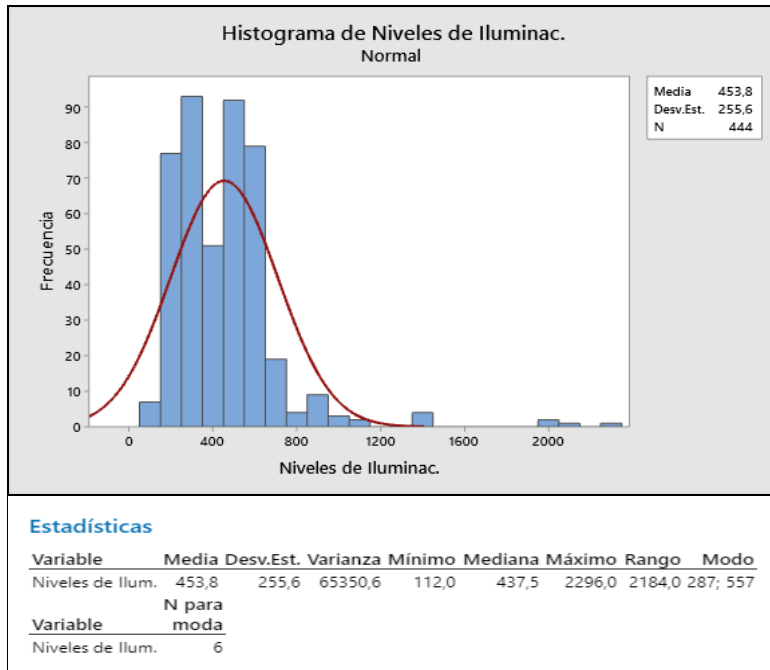


Figura 25. Histograma Niveles de Iluminación.

Fuente: Elaboración Propia.

En la gráfica se observa, que la mayor parte de los datos se encuentran dentro de los límites de control, lo cual significa que es estable, sin embargo, se presentan unos puntos extremos fuera de los límites que representan variabilidad en los factores de iluminación que generan valores por encima del óptimo establecido por RETILAP.

El fenómeno representado por los valores aislados por encima de los límites, refleja que hay condiciones especiales en dichos puestos que aumentan sus niveles como es el caso de los

puestos de estudio que presentan luz mixta, es decir que tienen luz natural y también luz artificial sobre ellos.

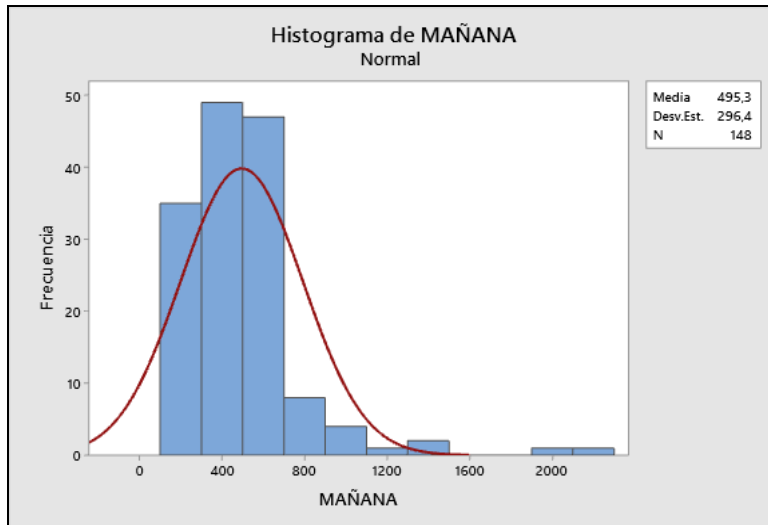


Figura 26. Histograma Niveles Mañana.  
Fuente: Elaboración Propia.

El comportamiento de los datos en el histograma presenta una desviación estándar de 296.4 y una media de los datos tomados de 495.3 lux lo cual indica un comportamiento estable con valores dispersos con niveles por encima de los máximos establecidos que como se ha establecido se presenta por los factores que influyen sobre el nivel de iluminación de los puestos de estudio que se detectaron como lo es la combinación de luz natural y artificial.

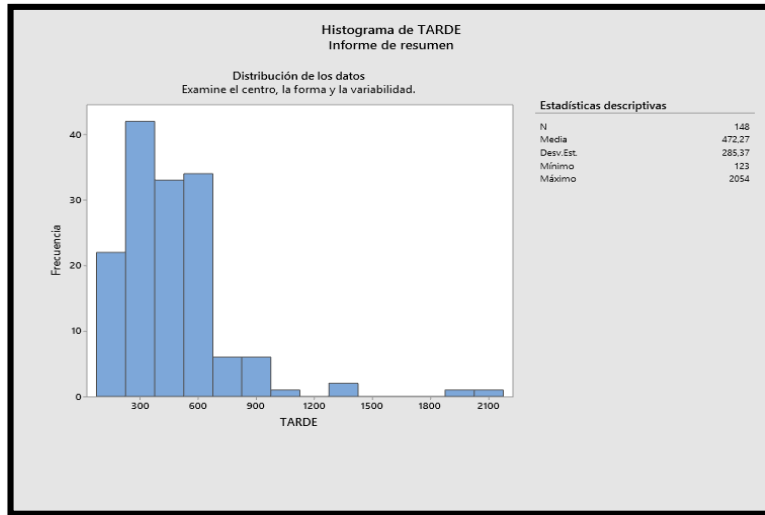


Figura 27. Histograma Niveles de la Tarde  
Fuente: Elaboración Propia.

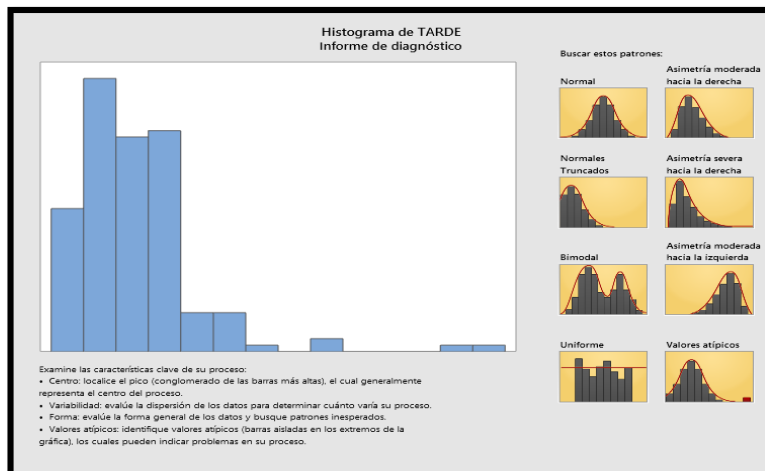


Figura 28. Informe.  
Fuente: Elaboración Propia.

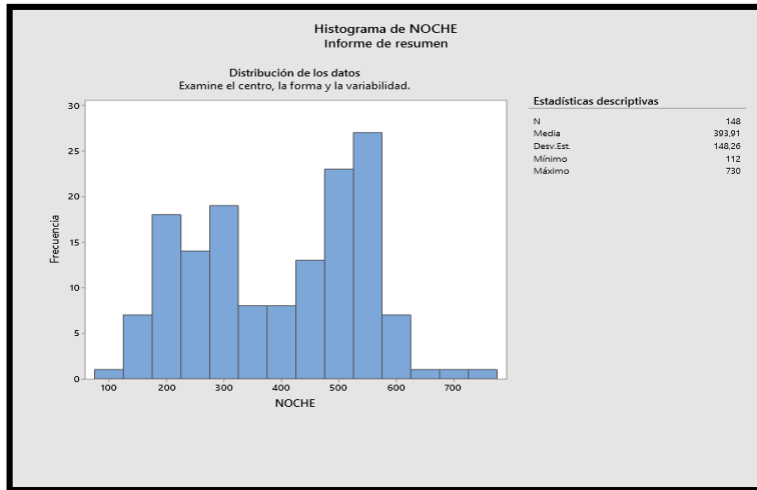


Figura 29. Histograma noche.  
Fuente: Elaboración propia.

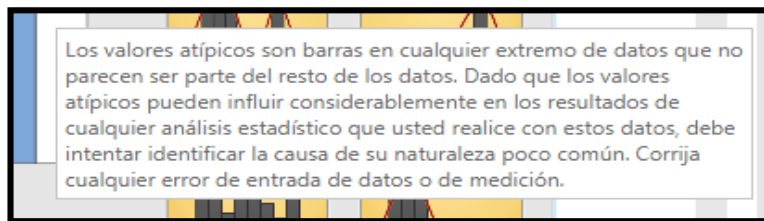
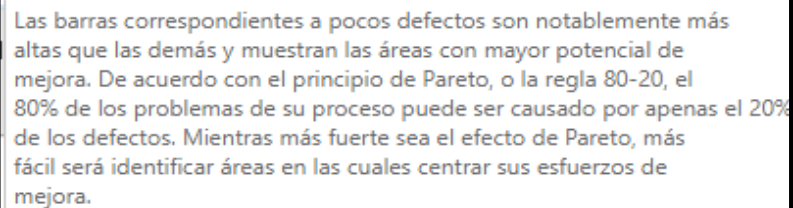


Figura 30. Diagnostico Pareto  
Fuente: Elaboración Propia.



Las barras correspondientes a pocos defectos son notablemente más altas que las demás y muestran las áreas con mayor potencial de mejora. De acuerdo con el principio de Pareto, o la regla 80-20, el 80% de los problemas de su proceso puede ser causado por apenas el 20% de los defectos. Mientras más fuerte sea el efecto de Pareto, más fácil será identificar áreas en las cuales centrar sus esfuerzos de mejora.

*Figura 31.* Diagnostico Pareto.

Fuente: Elaboración Propia.

### **Encuesta de Percepción**

Para establecer una visión general y lograr un diagnóstico más acertado, frente al estudio de los niveles de iluminación, se solicitó el punto de vista de los usuarios en cuanto al nivel de confort en los puestos de estudio de la biblioteca de la Universidad Libre -Gerardo Molina- sede La Candelaria, a través de la aplicación de una encuesta de percepción que se distribuyó en tres horarios diferentes: 9:30 a.m., 1:30 p.m. y 6:30 p.m.; en dicha encuesta se consideran aspectos generales del área de estudio y sus condiciones de iluminación.

Para la aplicación de la encuesta se tomó una muestra aleatoria del 12% entre los usuarios recibidos mensualmente en las instalaciones de la biblioteca, el cual es de alrededor de unas 500 personas (no hay un registro oficial).

Tabla 12.  
Encuesta de percepción aplicada.

Ítem	Condición	Cumple	No Cumple	Observaciones
1	Las paredes se encuentran en buen estado y pintadas con colores claros y mates.			
2	El suelo se encuentra en buen estado, libre de obstáculos y su brillo es tenue.			
3	El techo se encuentra en buen estado y está pintado con colores claros y mates.			
4	Existen persianas en las ventanas para el control de luz natural.			
5	Los puestos de estudio se encuentran ubicados paralelamente a las fuentes de luz natural.			
6	Existe uniformidad de iluminación en todos los puestos de estudio.			
7	Las instalaciones son adecuadas para el buen funcionamiento de la Biblioteca.			

Fuente: Garrido López, A. C., & Trujillo Bautista, Y. A. Estudio de iluminación de los puestos de trabajo administrativos de la comercializadora internacional Verde Azul SAS.



Figura 32. Áreas de estudio biblioteca Gerardo Molina/ Diagnóstico  
Fuente: Elaboración Propia.

De acuerdo con los resultados obtenidos al aplicar la encuesta de percepción, en los puestos de estudio de la biblioteca, se encontró un cumplimiento del 44% en los aspectos relacionados y un incumplimiento del 56%. Entre los aspectos que no se cumplen, se encuentran; No existen persianas en las ventanas para el control de luz natural, Los puestos de estudio se encuentran ubicados paralelamente a las fuentes de luz natural, Existe uniformidad de iluminación en todos los puestos de estudio, Las instalaciones son las adecuadas para una biblioteca.



### **Conclusiones**

Se pudo observar que la media del proceso no es estable al presentar un 73%, de los niveles por fuera de los límites de control tanto superiores como inferiores. Por lo tanto, la uniformidad de la iluminación de la biblioteca no cumple con los estándares.

Con el diseño a través de la proyección en 3D, se dispone de un panorama general de la distribución actual; que, sumado a las medidas obtenidas con luxómetro, permite plantear nuevos diseños de distribución de la iluminación ya que son la prueba de la deficiente iluminación en la biblioteca

Al realizar el análisis se encontró que los puestos de estudio 17 y 19, en las horas de la mañana y tarde se encuentran altamente influenciados por la proximidad a las ventanas, generando mayores cargas visuales a las recomendadas.

Se evidenció que en 14 puestos de estudio (puestos No.2, 3,4 y 27 al 37), los niveles de iluminación están por debajo del óptimo establecido, lo cual representa un 37.8% del total de los puestos de estudio. Los puestos mencionados se encuentran ubicados junto a elementos como columnas y estanterías de libros, generando sombra y afectando el nivel de luminosidad sobre los puestos evaluados.

### **Recomendaciones**

1. Realizar mediciones periódicas con luxómetro, por lo menos una vez al año, para tener datos precisos y vigilar el cumplimiento de los niveles exigidos por RETILAP (Tabla 4.10.4) para espacios de estudio y lectura; el cual debe estar en un mínimo de 300 Lux, nivel medio de 500 Lux y un máximo de 750 lux.
2. Ejecutará una redistribución del sistema de iluminación, donde se logre una iluminación general apropiada, teniendo en cuenta las relaciones de luminancia establecida en la Guía Técnica Colombiana – GTC8, en su numeral 5.3 a saber: a). la tarea y sus alrededores inmediatos, tales como las partes superiores de la silla y de la mesa (relación de luminancia), b). Techos, paredes y pisos (reflectancia). c). Luminarias y ventanas (límites de luminancia) y los requerimientos de la NTC 9166/ 2016 numeral 7.3. Los resultados encontrados y las recomendaciones proporcionaran una base para la mejora del sistema de iluminación artificial de la biblioteca
3. Elaborar un Plan de Mantenimiento donde se cumplan actividades periódicas cada 6 meses, donde se incluya: Reemplazo lámparas defectuosas y la limpieza general de superficies como paredes, techos, ventanas, muebles, libros, estantería, etc.
4. Reemplazar el sistema de iluminarias fluorescentes, por tecnología Led que garantice los niveles de iluminancia entre 300 y 750 lux según lo establece RETILAP, ya que el sistema Led representa un menor costo y mayor eficacia lumínica.
5. Emplear iluminación localizada en los puestos de estudio, como complemento a la iluminación general, vigilando el cumplimiento de los niveles establecidos para la actividad

según RETILAP, y la seguridad y el confort visual de los usuarios de acuerdo con la GTC 8

*Principios de Ergonomía visual y la NTC 9166/ 2016*

6. Usar interruptores o reguladores según la necesidad.
7. Instalar en las ventanas: persianas, cortinas u otro elemento que permita controlar los efectos como el deslumbramiento, presentado en días soleados.
8. Se recomienda cumplir estrictamente la normatividad colombiana en iluminación, para evitar posibles accidentes y generar confort. Lo cual se verá reflejado en el aumento de usuarios al sentirse satisfechos con el servicio.
9. Realizar el panorama de riesgos correspondiente en pro de la salud y seguridad de las partes relacionadas - NTC GTC 45.

### **Bibliografía**

- Caminos, J (2011). Criterios de Diseño en Iluminación y Color. Santa Fe, EdUTecNe
- Colmenares Rodríguez, R. (2011). Estudio y diseño del sistema de iluminación de un centro de uso geberak ( Master´s thesis)
- Garrido López, A. C., & Trujillo Bautista, Y. A. (2016). Estudio de iluminación de los puestos de trabajo administrativos de la comercializadora internacional Verde Azul SA
- Hebert, P. R., & Chaney, S. (2012). Using end-user surveys to enhance facilities design and management. *Facilities*, 30(11/12), 458-471.
- Herranz, I. R., & Carmona, R. R. (2010). Contaminación lumínica en la UCM (2010). Evolución de la iluminación en la UCM. Madrid, España: Departamento de Astrofísica y CC de la Atmósfera.
- Lechner, Norbert (2008). Tectónica: monografías de arquitectura, tecnología y construcción. (artículo científico). España.
- Nelia, F. (2011), Arquitectura bioclimática en un entorno sostenible. Madrid, España: Editorial Munilla-Leria.
- Molina, J. J. B., & Arévalo, C. E. M. (2013). Niveles de Iluminación y su Relación con los Posibles Efectos Visuales en los Empleados de una IPS de Bogotá. *Revista Movimiento Científico*, 7(1), 31-37.
- Oñate, V. 1999. *Informesdelaconstruccion.revistas.csic.es*. [En línea] 1999. [Citado el: 10 de 6 de 2019.]  
<http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es/index.php/informesdelaconstruccion/article/view/861/945>.

Ordóñez, J. L. (2012). Espectro electromagnético y espectro radioeléctrico. *Manual formativo de ACTA*, (62), 17-31.

Organismos de Normalización – INDOCAL. (s. f.). Recuperado 1 de noviembre de 2018, de <https://www.indocal.gob.do/areas-tecnicas/normalizacion/organismos-de-normalizacion/>

Pidre, J. C., & González, C. J. C. (2015). Equipos de medida en iluminación. In Seminario técnico sobre iluminación. 2015 Año Internacional de la luz.: Vigo. 29 y 30 de junio de 2015. Auditorio del Edificio Municipal del Arenal (Antiguo Edificio del Rectorado) (pp. 114-117). Asociación de Ingenieros Industriales de Galicia

Sanz, M. P. G. (2011). Iluminación en el Puesto de Trabajo. Criterios para su evaluación y acondicionamiento. *Línea*. Available: <http://www.insht.es/Ergonomia2/Contenidos/Promocionales/Iluminacion/ficheros/IluminacionPuestosTrabajoN.pdf> [Último acceso: octubre 2014].

Serra, R. & Coch, H. (2004). *Arquitectura y energía natural*. Barcelona: Edición UPC. [Versión electrónica]. Recuperado el 5 de mayo de 2019, de <https://books.google.com.pe/books?id=zIXwBRYmWsC&pg=PA93&dq=confort+termico&hl=es&sa=X&ei=R6FSVe6lFqy1sQTR2oHADA&ved=0CCEQ6AEwATgU#v=onepage&q=confort%20termico&f=false>

Vigo Gálvez, J. C. A. (2017). Uso de sistemas de iluminación natural que generen confort lumínico en espacios de estudio de una residencia universitaria para la universidad Anhembi Morumbi.

## **Jurisprudencia**

Congreso de Colombia. (27 de diciembre de 2002) Capítulo 6, (Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo). Ley 789.

Colombia. Ministerio del Trabajo y Seguridad Social. Resolución 2400 de 1979 (22 de mayo). [En línea].  
<[http://www.laseguridad.ws/consejo/consejo/html/bibliotecalegis/resolucion\\_2400.pdf](http://www.laseguridad.ws/consejo/consejo/html/bibliotecalegis/resolucion_2400.pdf)>.

Colombia. Ministerio del Trabajo y Seguridad Social. Decreto 610 de 1984 (14 de marzo). [En línea].  
<[http://copaso.upbbga.edu.co/legislacion/decreto\\_614%2084%20Organizacion%20y%20Administracion%20Salud%20Ocupacional.pdf](http://copaso.upbbga.edu.co/legislacion/decreto_614%2084%20Organizacion%20y%20Administracion%20Salud%20Ocupacional.pdf)>

Colombia. Ministerio del Trabajo y Seguridad Social. Decreto 1477 de 2014 (5 de agosto). [En línea].  
<[http://www.mintrabajo.gov.co/documents/20147/36482/decreto\\_1477\\_del\\_5\\_de\\_agosto\\_de\\_2014.pdf/b526be63-28ee-8a0d-9014-8b5d7b299500](http://www.mintrabajo.gov.co/documents/20147/36482/decreto_1477_del_5_de_agosto_de_2014.pdf/b526be63-28ee-8a0d-9014-8b5d7b299500)>

Colombia. Ministerio de Minas y Energía, Resolución 180540 de 2010 (30 de marzo). [En línea]. <  
[https://camacol.co/sites/default/files/secciones\\_internas/RETILAP\\_Resolucion\\_180540\\_del\\_30\\_de\\_marzo\\_de\\_2010\\_0.pdf](https://camacol.co/sites/default/files/secciones_internas/RETILAP_Resolucion_180540_del_30_de_marzo_de_2010_0.pdf)>

**Normas**

ISO, N. T. C. (2015). Sistemas de Gestión de calidad. *NTC ISO, 9001-2015*.

ISO, N. T. C. (2015). Términos y definiciones *NTC ISO, 9000-2015*.

N.T.C (2016) 6199. Planteamiento y diseño de ambientes para la educación inicial en el marco de la atención integral

Guía Técnica Colombiana GTC 45

Guía Técnica Colombiana GTC 8

**Organismos**

ISO-Organización Internacional de Normalización

OMS-Organización Mundial de la Salud

Ministerio de Salud

Ministerio de trabajo

El Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo

Organismos Nacionales E Internacionales en Materia de Bibliotecas

CEN (Comité Europeo de Normalización)

EAC (European Accreditation of Certification)

SQAM (Normas, Calidad, Acreditación y Metrología)

CIPM Comité Internacional de Pesas y Medidas

EASC Consejo Euro-Asiático de Normalización, Metrología y Certificación

ONN Organismos Nacionales de Normalización Internacionales, Regionales y Nacionales