



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**“IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS DEL NIVEL DE
ILUMINACIÓN DE AULAS, TALLERES Y
LABORATORIOS DE LA FACULTAD DE MECÁNICA –
ESPOCH BAJO NORMAS VIGENTES”**

CHIMBORAZO CHIMBORAZO JOSÉ LUIS

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO INDUSTRIAL

RIOBAMBA – ECUADOR

2015

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS

2014-04-16

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

JOSÉ LUIS CHIMBORAZO CHIMBORAZO

Titulada:

**“IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS DEL NIVEL DE ILUMINACIÓN DE
AULAS, TALLERES Y LABORATORIOS DE LA FACULTAD DE MECÁNICA
– ESPOCH BAJO NORMAS VIGENTES”**

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO INDUSTRIAL

Ing. Mg. Marco Santillán Gallegos
DECANO DE LA FACULTAD DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Mg. Carlos Álvarez Pacheco
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Mg. Marcelo Jácome Valdez
ASESOR DE TESIS

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: JOSÉ LUIS CHIMBORZO CHIMBORAZO

TÍTULO DE LA TESIS: “IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS DEL NIVEL DE ILUMINACIÓN DE AULAS, TALLERES Y LABORATORIOS DE LA FACULTAD DE MECÁNICA – ESPOCH BAJO NORMAS VIGENTES”

Fecha de Examinación: 2015 – 06 – 22

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Carlos Santillán Mariño PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Mg. Carlos Álvarez Pacheco DIRECTOR DE TESIS			
Ing. Mg. Marcelo Jácome Valdez ASESOR			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. Carlos Santillán Mariño
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

DERECHOS DE AUTORÍA

El trabajo de grado que presento, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teórico-científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad del autor. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

José Luis Chimborazo Chimborazo

DEDICATORIA

Dedico, este trabajo principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional. A mi madre, por ser el pilar más importante y por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional sin importar nuestras diferencias de opinión, finalmente a mis profesores que supieron guiarme, enseñarme y ampliar mis conocimientos día tras día durante todo el lapso de la carrera.

José Luis Chimborazo Chimborazo

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por protegerme durante todo mi camino y darme fuerzas para superar obstáculos y dificultades a lo largo de toda mi vida.

A mi madre, que con su demostración de una madre ejemplar me ha enseñado a no desfallecer ni rendirme ante nada y siempre perseverar a través de sus sabios consejos.

Gracias a todas las personas que ayudaron directa e indirectamente en la realización de este proyecto.

José Luis Chimborazo Chimborazo

CONTENIDO

Pág.

1.	INTRODUCCIÓN	
1.1	Antecedentes	1
1.2	Justificación.....	1
1.3	Objetivos	2
1.3.1	<i>Objetivo general</i>	2
1.3.2	<i>Objetivos específicos</i>	2
2.	MARCO TEÓRICO	
2.1	Concepto básico de iluminación.....	3
2.1.1	<i>Definiciones</i>	3
2.2	Factores y efectos que determinan el riesgo de alteraciones de agudeza visual	4
2.3	Criterios de diseño del alumbrado en centros académico	6
2.3.1	<i>Espacios con actividad visual elevada</i>	6
2.3.2	<i>Espacios con actividad visual normal</i>	7
2.3.2.1	<i>Aulas</i>	7
2.3.2.2	<i>Iluminación de salas de lectura y auditorios</i>	7
2.4	Sistema de iluminación y tipo de lámparas recomendadas para la iluminación de interiores	8
2.4.1	<i>Sistemas de iluminación</i>	8
2.4.2	<i>Tipos de alumbrado</i>	9
2.4.2.1	<i>Alumbrado general</i>	10
2.4.2.2	<i>Alumbrado localizado</i>	10
2.4.2.3	<i>Alumbrado general localizado</i>	10
2.4.3	Tipos de lámparas recomendados.	11
2.4.3.1	<i>Bombillas incandescentes convencionales</i>	12
2.4.3.2	<i>Lámparas halógenas</i>	13
2.4.3.3	<i>Tubos fluorescentes</i>	13
2.4.3.4	<i>Lámparas de bajo consumo</i>	14
2.4.3.5	<i>Lámparas de vapor de sodio</i>	14
2.5	Términos metrológicos relativos al equipo de medición del nivel de iluminación.....	16
2.5.1	<i>Rango de medida</i>	17
2.5.2	<i>Resolución de un dispositivo visualizador</i>	17
2.5.3	<i>Error de medida</i>	18
2.5.4	<i>Precisión</i>	18
2.5.5	<i>Incertidumbre</i>	18
2.6	Marco legal correspondiente a la iluminación de interiores.....	18
2.6.1	<i>Normativa Nacional Ecuatoriana</i>	19
2.6.2	<i>Europea UNE-EN 12464 - 1</i>	21
2.7	Metodología para el cálculo de iluminación de interiores.....	22
2.7.1	<i>Cuando se utilice iluminación artificial</i>	22
2.7.2	<i>Ubicación de los puntos de medición</i>	22
2.7.3	<i>Uniformidad</i>	24
3.	ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DEL NIVEL DE ILUMINACIÓN EN LOS TALLERES, LABORATORIOS Y AULAS DE LA FACULTAD DE MECÁNICA - ESPOCH	
3.1	Breve reseña histórica de la Facultad de Mecánica de la ESPOCH.....	26
3.2	Descripción y funcionamiento del equipo de medición para iluminación.....	27
3.2.1	<i>Descripción técnicas del equipo marca Extech HD450</i>	27

3.2.3	<i>Descripción de la pantalla</i>	28
3.2.4	<i>Funcionamiento del equipo</i>	29
3.3	Análisis de la situación actual del nivel de iluminación de los laboratorios, talleres y aulas de la Facultad de Mecánica.	34
3.3.1	<i>Protocolo de medición de iluminación de los laboratorios de la Facultad de Mecánica</i>	36
3.3.2	<i>Registro de medición del nivel de iluminación de los laboratorios, talleres y aulas de la Facultad de Mecánica</i>	38
3.3.3	<i>Análisis técnico del nivel de iluminación de los laboratorios, talleres y aulas de la Facultad de Mecánica</i>	39
3.3.4	<i>Resumen e interpretación de la matriz técnica del nivel de iluminación de los laboratorios, talleres y aulas de la Facultad de Mecánica</i>	41
4.	PROPUESTA DE ESTANDARIZACIÓN DEL NIVEL DE ILUMINACIÓN EN AULAS, TALLERES Y LABORATORIOS DE LA FACULTAD DE MECÁNICA – ESPOCH	
4.1	Introducción	43
4.2	Factibilidad de la propuesta para el plan de mejoras	43
4.2.1	<i>Estandarización del nivel de iluminación de los laboratorio, talleres y aulas de la Facultad de Mecánica</i>	44
4.2.1.2	<i>Elaboración del plan de mejoras en función al mantenimiento para las aulas, talleres y laboratorios de la Facultad de Mecánica.</i>	49
4.3	Implementación del software DIALUX EVO, para una mejora continua en la distribución de las luminarias y el nivel de iluminación óptimo.	58
4.3.1	<i>Aplicaciones del software DIALUX para el diseño de iluminación</i>	58
4.3.2	<i>Diseño de iluminación de interiores</i>	59
4.3.3	<i>Resultados de los cálculos de Iluminación</i>	69
4.3.3.1	<i>Características de las luminarias utilizadas en el edificio de la Escuela de Ing. Industrial.</i>	70
4.3.3.2	<i>Análisis del laboratorio de Neumática</i>	71
4.3.3.3	<i>Análisis del auditorio de la Escuela de Ingeniería Industrial</i>	73
4.3.3.4	<i>Análisis del laboratorio de Cómputo I de la Escuela de Ing. Industrial</i>	76
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
5.1	Conclusiones	79
5.2	Recomendaciones.....	80

BIBLIOGRAFÍA
ANEXOS

LISTA DE TABLAS

		Pág.
1	Tipos de lámparas recomendadas para interiores	12
2	Rango de medida	17
3	Resolución del luxómetro	17
4	Niveles de iluminación mínima para trabajos específicos y similares	19
5	Relación entre el índice de área y el número de zona de medición	23
6	Uniformidad y relación entre iluminancias de área circundantes al área de tarea.....	24
7	Especificaciones de escala	33
8	Protocolo del nivel de iluminación del lab. de Termodinámica aplicada,	37
9	Registro de medición del nivel de iluminación de los laboratorios de la Facultad de Mecánica	38
10	Matriz de evaluación técnico del nivel de iluminación	40
11	Resumen de la matriz técnica	41
12	Valores de reflexión.....	46
13	Poder reflectante de algunos colores y materiales	46
14	Parámetros recomendados para la selección de lámparas.....	47
15	Descripción de las luminarias adecuadas para el área de actividad.....	48
16	Resumen de plano útil del laboratorio de Neumática (m).....	72
17	Resumen de cálculo del laboratorio de Neumática	72
18	Resumen de plano útil del Auditorio (m)	74
19	Resumen de cálculo del Auditorio.....	74
20	Resumen de plano útil laboratorio de Cómputo I (m)	77
21	Resumen de calculo laboratorio de Cómputo I.....	77

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
1	Tipo de deslumbramiento 4
2	Factores que afecta la agudeza visual 5
3	Características según el tipo de iluminación..... 9
4	Alumbrado general 10
5	Alumbrado localizado..... 10
6	Alumbrado general localizado 11
7	Bombilla incandescente convencional 13
8	Lámparas halógenas 13
9	Tubo fluorescente 14
10	Lámparas de bajo consumo..... 14
11	Lámparas de bajo presión de sodio 15
12	Lámparas de alta presión de sodio 15
13	Etiqueta energética en lámparas 16
14	Luxómetro HD 450 28
15	Descripción de pantalla..... 28
16	Plano general de la Facultad de Mecánica 34
17	Cuadro de Diálogos 59
18	Importación del plano 60
19	Geometría del local 60
20	Geometría del local 61
21	Construcción del área circundante 62
22	Diseño de las áreas del edificio..... 62
23	Ubicación de puertas y ventanas..... 63
24	Ubicación muebles y objetos 64
25	Contextura de las áreas del edificio 64
26	Especificaciones de cada área..... 65
27	Selección del fabricante de luminarias 66
28	Selección de luminarias 66
29	Selección de luminarias 67
30	Carga de luminarias 68
31	Creación de escenas de luz 68
32	Calculo de iluminación 69
33	Escuela de Ingeniería Industrial..... 70
34	Detalle de las luminarias..... 70
35	Vista tres dimensiones del laboratorio de Neumática 71
36	Curvas Isolux del laboratorio de Neumática 71
37	Colores Falsos 72
38	Valores medidos del laboratorio de Neumática 73
39	Vista tres dimensiones del Auditorio..... 73
40	Curvas Isolux del Auditorio..... 74
41	Colores falsos del Auditorio 75
42	Vista tres dimensiones laboratorio de Cómputo I..... 76
43	Curvas Isolux laboratorio de Cómputo I..... 76
44	Colores Falsos laboratorio de Cómputo I..... 77
45	Valores medidos laboratorio de Cómputo I..... 78

SIMBOLOGÍA

T	Diámetro	mm
Lx	Luminosidad	Lumen/m ²
IC	Índice de área	x
h	Altura	m
l	Largo	m
a	Ancho	m
E media	Nivel media del nivel de iluminación	Lx
U	Uniformidad	%
Refl	Poder reflectante	%
K	Temperatura de color	⁰ K
Min	Nivel mínimo de iluminación	Lx
Max	Nivel máximo de iluminación	Lx

LISTA DE ANEXOS

- A** Tablas del nivel de iluminación adecuada según la Normativa UNE – EN 12464-1.
- B** Certificado de calibración del luxómetro Extech HD450.
- C** Protocolo de medición de iluminación de las aulas, talleres y laboratorios de la Facultad de Mecánica.
- D** Registro de medición del nivel de iluminación de las aulas, talleres y laboratorios de la Facultad de Mecánica.
- E** Resumen e interpretación de la matriz técnica del nivel de iluminación de las aulas, talleres y laboratorios de la Facultad de Mecánica.

RESUMEN

El presente proyecto de investigación contiene información real y confiable que tiene como objeto analizar el nivel óptimo de iluminación de la situación actual de aulas, talleres y laboratorios de la Facultad de Mecánica - ESPOCH, cabe recalcar que el análisis de la misma se hizo bajo los parámetros estandarizados por la normas UNE-EN 12464-1 (Iluminación de los lugares de trabajo).

Para realizar el análisis del nivel de iluminación, se optó por adquirir un luxómetro de marca Extech modelo HD450, el mismo que fue utilizado para la evaluación, el método que se aplicó fue tomado de la norma mexicana NOM-025-STPS-2008 (método de las cuadrículas) y programada en Excel 2013, diseñando tablas programadas para que los resultados de la evaluación se visualice de mejor manera, más rápido y dinámico.

La estandarización del nivel de iluminación es una de las propuestas primordiales, para el mejoramiento del confort visual, evitando riesgos para la salud como: trastornos oculares, dolor e inflamación en los párpados, fatiga visual, cefalalgia, efectos anímicos. Para mantener dentro de los parámetros de las normas vigentes, se genera el procedimiento de mantenimiento frecuente de las luminarias, ventanas, persianas y/o cortinas generando de esta manera los procesos, instructivos, registros.

Otro de los objetivos es la implementación del software DIALUX con el propósito de hacer mejoras continuas a futuro ya sea en las nuevas construcciones o en las remodelaciones de las áreas de actividad académicas de la Facultad de Mecánica.

ABSTRACT

This research project has real and reliable information which aim is to analyze the optimal level of illumination of the current state of classrooms, workshops and laboratories of the Faculty of Mechanical at ESPOCH, it should be emphasized that the analysis of it was made under the parameters by the standard UNE – EN 12464-1 (lighting of the workplace).

For the analysis of the light level, it was decided to purchase a light meter Extech brand model HD450, the same used for the evaluation, the method was applied and taken from the Mexican standard NOM-025-STPS-2008 (method of the grids) and programmed in Excel 2013 for designing the evaluation results are displayed better, faster and dynamic tables.

Standardizing the lighting level is one of the key proposals to improve the visual comfort, avoiding health risks such as: eye disorders, pain or swelling of the eyelids, eye strain, headaches, and mood effects. To keep within the parameters of existing rules, the procedure for frequent maintenance of the lights, windows, blinds and / or curtains thus generating processes instructions and records are generated.

Another objective is the implementation of DIALUX software in order to make continuous improvements in the future either in new construction or remodeling of the areas of academic activity of the Faculty of Mechanics.

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

El 2 de diciembre de 1980, la Facultad de Mecánica amplía su oferta educativa con la creación de la Escuela de Tecnología Mecánica. Posteriormente luego de un estudio en base a la necesidad actual, se crea el 22 de junio de 1999 por resolución N.- 211HCP del Concejo Politécnico la Escuela de Ingeniería Industrial.

La Facultad de Mecánica de la ESPOCH tiene gran trascendencia y reconocimiento por formar profesionales, con gran espíritu de superación, responsabilidad y cumplimiento en sus diferentes tareas y obligaciones, asignadas en el ámbito educativo e investigativo.

Consiente de su responsabilidad en el desarrollo socio – económico de la región y el país, la Escuela de Ingeniería Industrial, decide reformar el diseño curricular de la malla de acuerdo a las normas internacionales y requerimientos específicos del entorno, integrando nuevos laboratorios con el fin de desarrollar competencias en los estudiantes como el análisis e investigación.

1.2 Justificación

En el entorno nacional actual, las instituciones académicas de tercer nivel se encuentran en un constante proceso de evaluación y acreditación con el fin de mejorar el sistema educativo en el país, por ende la calidad de los profesionales y la producción nacional.

Debido a estas razones se ve la necesidad de implementar un equipo que permita medir el nivel de iluminación y a su vez un software para el mejoramiento del mismo, ya que la Escuela de Ingeniería Industrial de la Facultad de Mecánica no cuenta con laboratorios de medición de Seguridad Industrial que ayude a los estudiantes a poner en práctica los conocimientos teóricos adquiridos en las diferentes asignaturas, además debido a los avances tecnológicos que hoy en día forman parte de cada una de las organizaciones, empresas, industrias, etc. Es de suma importancia generar nuevas alternativas de

aprendizaje con el fin de lograr un intelectual y óptimo desarrollo del conocimiento en el estudiante para el servicio tanto de la empresa como del país.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general. Identificar los riesgos del nivel de iluminación de aulas, talleres y laboratorios de la Facultad de Mecánica – ESPOCH.

1.3.2 Objetivos específicos.

Analizar el nivel óptimo de iluminación de la situación actual de aulas, talleres y laboratorios de la Facultad de Mecánica en función a normas vigentes.

Proponer la estandarización del nivel de iluminación en aulas, talleres y laboratorios de la Facultad de Mecánica.

Implementar el software DIALUX para la mejora continua en la distribución del alumbrado y el nivel correcto de iluminación.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Concepto básico de iluminación

El diseño de iluminación permite proporcionar luz en cantidades adecuadas a fin de facilitar la ejecución de las actividades con el alto rendimiento visual.

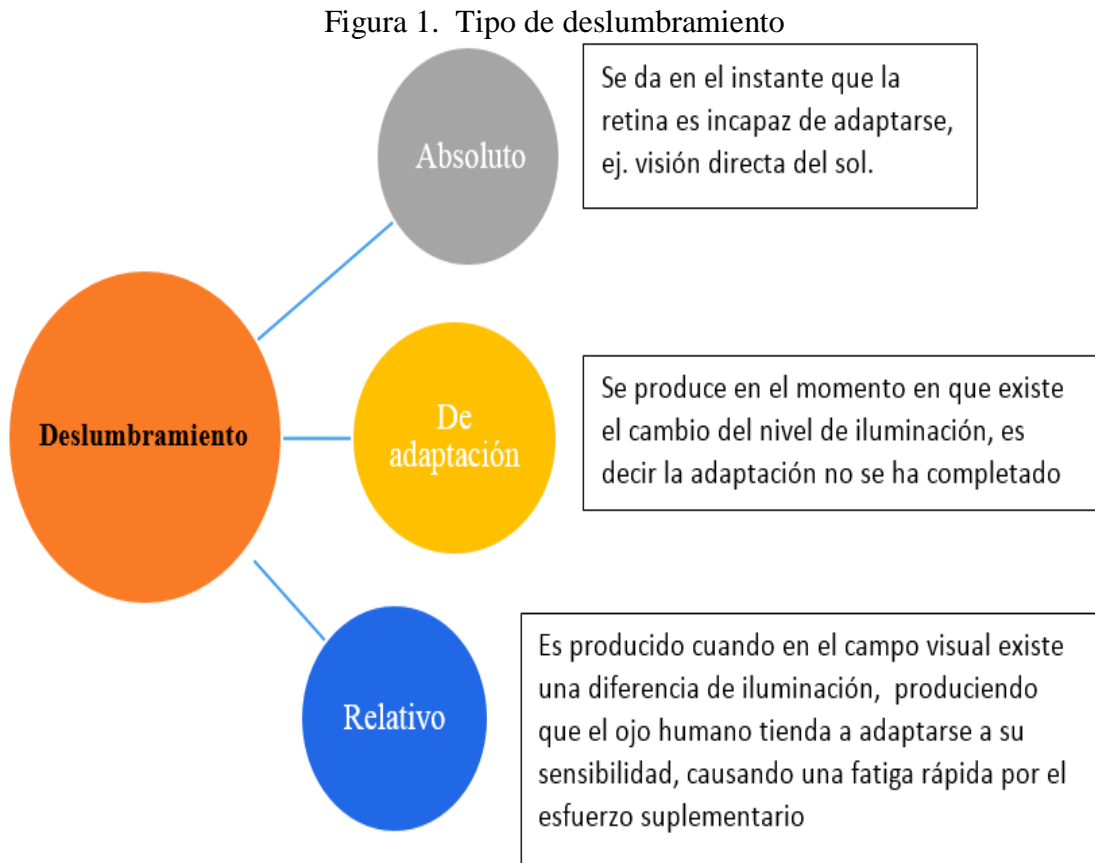
Teniendo en cuenta esta nueva perspectiva, se puede mencionar que un sistema de iluminación eficaz es aquel que, además de satisfacer las necesidades visuales, crea también ambientes saludables, seguros y confortables.

2.1.1 *Definiciones*

- **Iluminancia o nivel de iluminación:** Es la cantidad de flujo luminoso incidente en una plano de trabajo, su unidad de medida se expresa en luxes. (INSHT, 2010)
- **Sistema de iluminación:** Es el conjunto de luminarias de una superficie o plano de trabajo, que con su correcta distribución proporcionara un nivel de iluminación adecuada según el tipo de actividades que se realice.
- **El flujo luminoso o intensidad luminosa:** El primero muestra la potencia luminosa propia de una fuente y la segunda muestra la forma en que se distribuye en el plano la luz expuesta por las fuentes. (NTP211, 1989)
- **Luminaria o luminario:** Mecanismo de iluminación que distribuye y controla la luz expuesta por una lámpara o lámparas, teniendo accesorios que permite proteger, operar y pueda ser conectado al circuito de utilización eléctrica
- **Luxómetro:** Es un instrumento que mide el nivel de iluminación real del ambiente laboral, por lo común su sistema de media es en luxes o bujías-pie (Confederación general del trabajo, 2012)
- **Reflexión:** Es la luz proyectada a una superficie y reflejada con el mismo ángulo con el que fue incidida.

- **Deslumbramiento:** Se produce cuando el alto nivel de luminancia de un objeto se refleja a un área del plano y este es mayor que la de su entorno, ejemplo el reflejo del sol directamente a una sola área del plano.

Los tipos más comunes de deslumbramientos son:



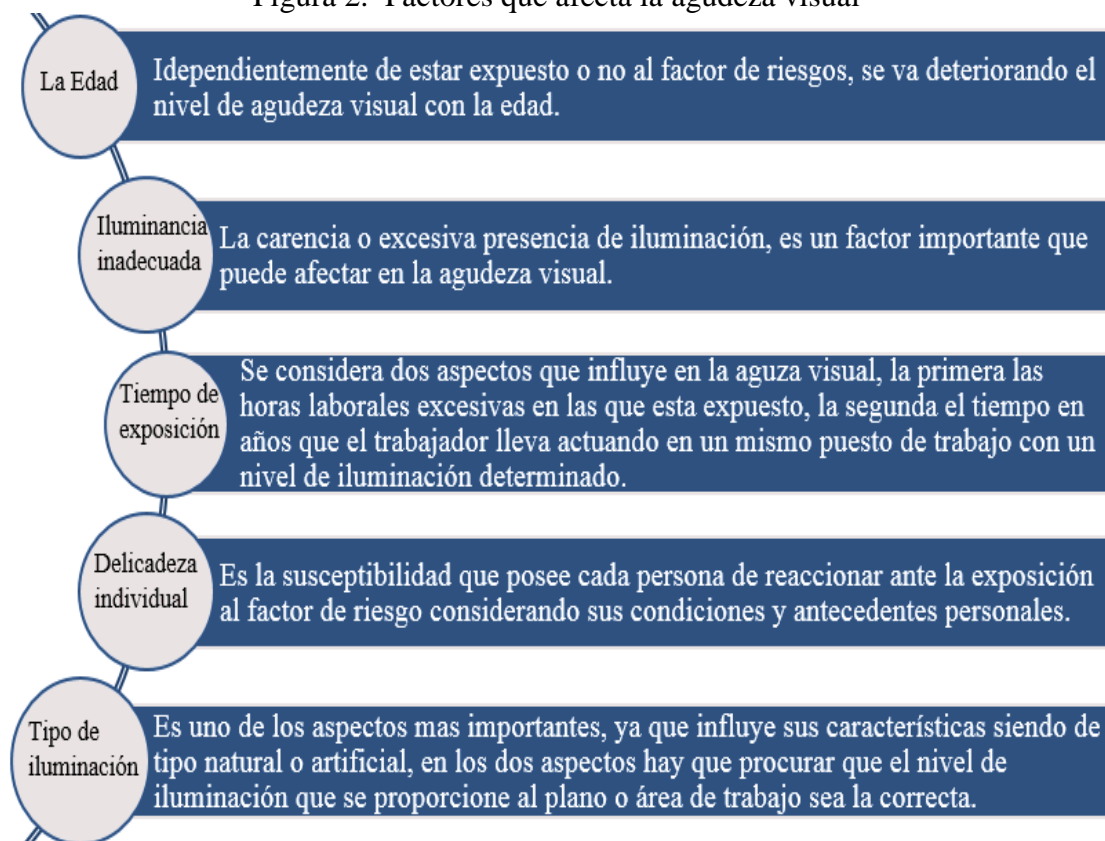
Fuente: Autor

2.2 Factores y efectos que determinan el riesgo de alteraciones de agudeza visual

La mala iluminación puede causar varios problemas a nuestra salud como fatiga ocular, cansancio, dolor de cabeza, estrés y probablemente a no tener una buena visión lumínica accidentes laborales, tomando en cuenta la ergonomía si no existe una buena distribución de luminarias para evitar sombras se tiende a adquirir posturas inadecuadas.

Es necesario conocer varios factores que puede causar problemas a nuestra salud provocando daños permanentes.

Figura 2. Factores que afecta la agudeza visual



Fuente: Autor

Los efectos de la mala iluminación tienden a producir daños a la salud de las personas, tales como:

- **Trastornos oculares:** Dolor e inflamación en los párpados, fatiga visual, pesadez, lagrimeo, enrojecimiento, irritación, visión alterada. (RODRÍGUEZ, 2014)
- **Cefalalgias:** Dolores de cabeza. Ocasionalmente, el médico tratante debe revisarlos para detectar si es la iluminación la que los causa. (RODRÍGUEZ, 2014)
- **Fatiga:** Falta de energía, agotamiento. Cuando es causada por la iluminación, una persona que se levanta con energías, las pierde fácilmente. Si la persona está agotada por estrés o falta de sueño, la fatiga se extiende por todo el día. El médico debe revisar otros factores adicionales a la luz. (RODRÍGUEZ, 2014)
- **Efectos anímicos:** Falta de concentración y de productividad, baja atención y desánimo. (RODRÍGUEZ, 2014)

2.3 Criterios de diseño del alumbrado en centros académico

Para estudiar el diseño de las luminarias y evaluar el nivel de iluminación de las áreas de actividad académicas en la Facultad de Mecánica – ESPOCH, se toma en cuenta la existencia diferentes tareas por la que se requiere de un tratamiento especial.

Debido a que la jornada de labores académicas se produce más en las horas de la mañana y parte de la tarde, la luz natural estará presente por la cual será un factor importante.

2.3.1 *Espacios con actividad visual elevada.* Las aulas de enseñanza práctica tales como laboratorios de computo, talleres y los diferentes laboratorios, deben ser iluminados de forma distinta a las aulas de enseñanza teórica, sin dejar a un lado la uniformidad de las áreas este es uno de los factores que debe de cumplir con la finalidad de dar un mejor confort visual, como también de un confort laboral siendo actos para las personas que elaboran en los diferentes espacios de actividad académica.

Tomando en cuenta ya lo expuesto se toma algunas consideraciones para las siguientes actividades:

- **Laboratorios:** Es aconsejable la utilización de la luz artificial, se debe considerar la posibilidad de conseguir una zona oscura, para la realización de experimentos ópticos y proyecciones de diapositivas o similares. (véase en el Anexo A)
- **Talleres:** En las áreas destinadas a talleres, además de las consideraciones referidas para las aulas de enseñanza práctica, debemos tener presente la existencia de elementos en rotación (talleres mecánicos con la presencia de tornos u otras máquinas giratorias) por la posibilidad de que se produzca el efecto estroboscópico, para este tipo de actividades es aconsejable aprovechar la luz natural, el nivel de iluminación adecuada para este tipo de área. (véase en el Anexo A)
- **Bibliotecas.** Incluyen un área de lectura donde se requiere un nivel de iluminación uniforme, adecuada para la lectura estos parámetros se detallan en las tablas (véase en el Anexo A) (Instituto para la diversificación y ahorro de la Energía, 2001)

2.3.2 *Espacios con actividad visual normal.* En este ítem se tomara en cuenta primordialmente la iluminación de aulas, de igual forma por la similitud se habla sobre las salas de profesores y oficinas administrativas.

2.3.2.1 *Aulas.* La iluminación de las aulas depende de la tarea que se realiza en ellas, y comprende desde la toma de notas, hasta la realización de exámenes, utilización de calculadoras etc.

Las luminarias de un aula pueden ser colocadas en varias posiciones; sin embargo se debe tener especial cuidado en la orientación de las mismas, de acuerdo a los siguientes factores:

- Posición y orientación de los pupitres y mesas de trabajo.
- Situación y proximidad de las ventanas.
- Altura de los techos.
- Características fotométricas de las luminarias.
- Flexibilidad del espacio para otras funciones.
- Situación del tablero o pizarra. (Instituto para la diversificación y ahorro de la Energía, 2001)

Dependiendo la actividad que se realice en cada área el nivel de iluminación será diferente detallando así en las tablas. (Véase en el Anexo A)

2.3.2.2 *Iluminación de salas de lectura y auditorios.* En las salas de lectura y auditorios normalmente no hay luz diurna y sólo existe la artificial. En estos locales se debe tener en cuenta los siguientes requisitos:

- Niveles de iluminación requeridos para lectura y escritura.
- Se debe tener especial cuidado en prevenir el deslumbramiento.
- Se debe disponer de un equipo especial de regulación de flujo luminoso para la proyección de películas y diapositivas.
- Se debe instalar un alumbrado localizado sobre la pizarra de la pared con una iluminancia vertical.

- Se debe contar con un panel de control que permita encender y apagar los distintos grupos de luminarias, manejar el equipo de regulación de alumbrado y eventualmente controlar el sistema automático de proyección.
- En estos recintos se debe contar con instalación de un alumbrado de emergencia y de señalización de las salidas. (Instituto para la diversificación y ahorro de la Energía, 2001)

Para este tipo de áreas con unas actividades diferentes a las anteriores de igual forma el nivel de iluminación adecuada o requerida para que cumpla con lo establecido en normas vigentes se detalla en las tablas. (Véase en el Anexo A)

2.4 Sistema de iluminación y tipo de lámparas recomendadas para la iluminación de interiores.

2.4.1 *Sistemas de iluminación.* El flujo generado por una lámpara al encenderse puede llegar a los objetos a iluminar de forma directa o indirecta [por reflexión en paredes y techo], esto es lo que determina los diferentes sistemas de iluminación.

Los sistemas de iluminación se clasifican según la distribución del flujo luminoso por encima o por debajo de la horizontal identificando la cantidad del flujo proyectada directamente a la superficie iluminada, los cuales deben estar en forma proporcional para satisfacer una adecuada operatividad visual a realizarse en determinado ambiente constructivo entre estas tenemos:

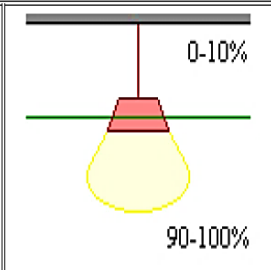
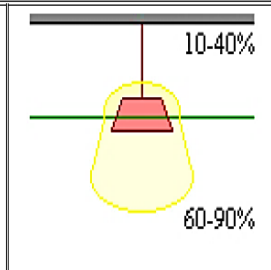
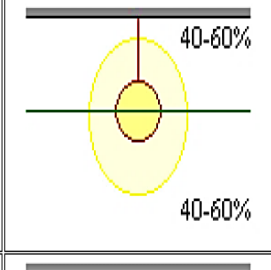
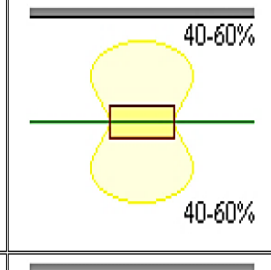
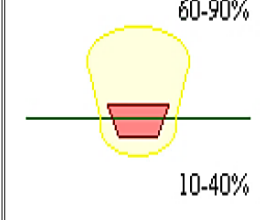
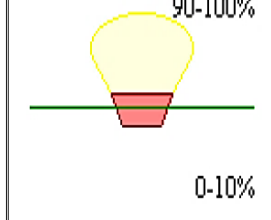
- **Iluminación directa:** La fuente luminosa está dirigida directamente hacia el área a iluminarse.
- **Iluminación semi-directa:** La proyección del flujo luminoso se dirige directamente a la superficie que se trata de iluminar, una pequeña parte llega después de reflejar en las paredes techos y mobiliario.
- **Iluminación indirecta:** La fuente luminosa es dirigida a una pared, techo o a un mobiliario la cual o las cuales reflejan al flujo luminoso a la zona a iluminarse.
- **Iluminación semi-indirecta:** Es aquella en la cual el manantial emite flujos luminosos, unos inciden en el techo o en otro tipo de superficie que los refleja hacia

la zona de trabajo, otras traspasan directamente superficies opacas y se distribuyen en todas las direcciones y uniformemente en la zona de trabajo.

- **Iluminación difusa:** La fuente luminosa emite rayos, los cual la mitad se dirige directamente hacia abajo y la otra mitad se dirige hacia él, la otra parte a de iluminar después de reflejarse varias veces por techos y paredes. (TIRAVANTI, 2013)

La tabla hace referencia al tipo de iluminación según la característica óptica de la lámpara:

Figura 3. Características según el tipo de iluminación

Directa		Semi directa	
General difusa		Directa-indirecta	
Semi indirecta		Indirecta	

Fuente: <http://www.enersuit.com.mx/lamparas-y-luminarias/>

2.4.2 Tipos de alumbrado. El alumbrado se caracteriza por la concentración de luz necesaria para efectuar una tarea determinada, dependiendo la actividad la luz se reparte en las zonas que necesiten ser iluminadas.

Los sistemas de alumbrado apropiado dependiendo de las necesidades de las diferentes áreas de actividad que se realizan en un centro de educación superior.

2.4.2.1 Alumbrado general. La iluminación es dirigida uniformemente por todo el plano hacer iluminado, tomando en cuenta que se debe tener una buena distribución de las luminarias, logrando así obtener similitud del nivel lumínico en todo los puntos dentro de las áreas. Este tipo de alumbrado es el más común se utiliza en cualquier entorno de trabajo.

Figura 4. Alumbrado general



Fuente: <http://recursos.citcea.upc.edu/llum/interior/iluint1.html>

2.4.2.2 Alumbrado localizado. Este tipo de alumbrado es dirigido a zonas específicas o tareas de distintas actividades de un puesto de trabajo se puede adoptar con el alumbrado general, un ejemplo típico sería a trabajos de alta precisión o que manipulan objetos muy pequeños, por lo común este tipo de alumbrado se requerirá un nivel de iluminación que supere a 1000 lux.

Figura 5. Alumbrado localizado

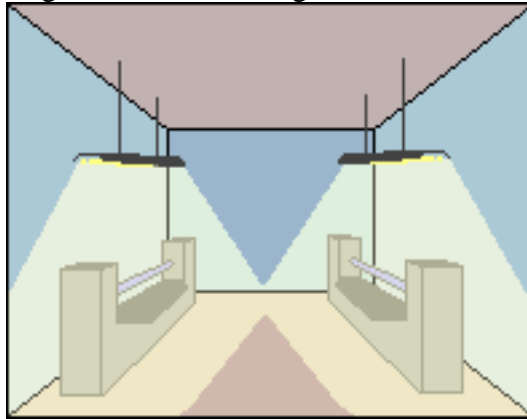


Fuente: <http://recursos.citcea.upc.edu/llum/interior/iluint1.html>

2.4.2.3 Alumbrado general localizado. Es la combinación del alumbrado general y el localizado, es decir la luz está directamente dirigida a todo el puesto de trabajo o áreas de

actividad laboral, evitando que existan deslumbramientos, las luminarias deben ser uniforme y deben de tener diferentes características que las utilizadas para alumbrado general.

Figura 6. Alumbrado general localizado



Fuente: <http://recursos.citcea.upc.edu/llum/interior/iluint1.html>

2.4.3 Tipos de lámparas recomendados. El más conveniente o apto para los diferentes tipos de actividades dentro de los centros académico se basa en considerar parámetros técnicos, el consumo eléctrico y estética dependiendo de los requerimientos del diseño. Por ejemplo si el área necesita un diseño que busque la armonía y el buen confort laboral se tomara en cuenta la estética y el estilo arquitectónico.

Si por otra parte lo predominantes es el buen nivel de iluminación general o localizada se tomara como referencia los parámetros técnicos y de consumo energético con el fin de que cumpla con las especificaciones establecidas en la normativa vigente.

En el mercado existe un sin número de fabricantes de luminarias para lo cual se puede escoger las luminarias deseadas que cumplan con las especificaciones requeridas, tomar en cuenta las características de las lámparas ubicadas en las etiquetas del fabricante. Para escoger la adecuada se debe de tomar en cuenta los siguientes aspectos.

- a) La forma y distribución de la luz.
- b) El rendimiento del conjunto lámpara-luminaria.
- c) El deslumbramiento que pueda provocar en los usuarios.
- d) La fácil instalación y mantenimiento.
- e) La estética. (Matriculados Electricos, 2012)

Tabla 1. Tipos de lámparas recomendadas para interiores

Tipos de lámparas y preferencias de uso		
Tipo		Uso
Lámparas Incandescentes	Convencionales	Ocasional cuando se necesite un haz potente y concentrado. Limitar su uso (son las más ineficientes) y sustituir por lámparas halógenas.
	Halógenos	Fuente de luz puntual, cuando se necesite un haz potente y concentrado. Iluminación localizada o decorativa.
Lámparas de descarga	Con vapores de mercurio	<i>Fluorescentes:</i> Iluminación prolongada general.
		<i>De bajo consumo:</i> Iluminación prolongada general, localizada o decorativa.
	Con vapor de sodio	Para alumbrado de exteriores o para uso decorativo.

Fuente: <http://www.sistemamid.com/download.php?a=4457>

Se detalla a continuación las características de las diferentes luminarias con el fin de escoger la mejor opción para los diferentes tipos de actividad.

2.4.3.1 Bombillas incandescentes convencionales. Tienen un consumo eléctrico muy alto, económicamente son las más baratas pero de bajo ineficiencia energética, su vida útil es de 1000 horas por término medios, no se recomienda su uso.

Por su elevado consumo energético y la mala iluminación que causa este tipo, serán a futuro sustituidas por lámparas más eficientes.

Figura 7. Bombilla incandescente convencional



Fuente: http://www.solmad.es/?page_id=947

2.4.3.2 Lámparas halógenas. Genera un nivel de iluminación mejor que las convencionales, su vida útil es superior a las demás y el consumo energético es menor que las anteriores casi igual a las lámparas fluorescentes, recomendables para ser utilizadas en cualquier tipo de actividad.

Figura 8. Lámparas halógenas



Fuente: <http://www.hogar.mapfre.es/bricolaje/electricidad/1189/tipos-de-lamparas-halogenas-sus-ventajas-y-desventajas>

2.4.3.3 Tubos fluorescentes. Este tipo de lámparas son recomendables para espacios que necesitan muchas horas de encendido, su duración en horas son mucho más elevadas que las incandescentes, bajo consumo energético ahorrando hasta un 80%, pero sin perder su potencia lumínica, su utilización se puede hacer en cualquier tipo de plano menos a un altura de 4 metros .

Los balastos eléctricos son circuitos electrónicos que permiten el encendido, utilizados en este tipo de lámparas ayudarán a disminuir el consumo eléctrico ahorrando así hasta un 30% de energía, además le dará más duración de la vida útil del tubo.

Figura 9. Tubo fluorescente



Fuente: <http://www.es.dreamstime.com/imagen-de-archivo-tubos-fluorescentes-image21693381>.

2.4.3.4 Lámparas de bajo consumo. Recomendadas para actividades que necesitan muchas horas de encendido, se puede utilizar como alumbrado general, consumen menos energía, y producen la misma intensidad de luz que las incandescentes, lo que significa que tiene una considerable ahorro energético, su costo económico es muy bajo.

Figura 10. Lámparas de bajo consumo



Fuente: <http://www.mx.tuhistory.com/zona-de-tecnologia/decada-del-30/lampara-de-bajo-consumo.html>

2.4.3.5 Lámparas de vapor de sodio. Este tipo de lámparas tienen un mayor vida útil comparadas a las anteriores, su consumo energético es parecido pero con la diferencia que éstas generan más lúmenes por vatios eso quiere decir que generan más luz.

- **Lámpara de vapor de sodio a baja presión.** Este tipo de lámparas son adecuadas para el alumbrado público, aunque en ocasiones pueden ser utilizadas como decorativas, su vida útil media es de 15000 horas, en el mercado son las que mayores lúmenes por vatios generan. La desventaja es que la reproducción de los colores es muy baja.

Figura 11. Lámparas de bajo presión de sodio



Fuente: <http://iluminaconeficiencia.wordpress.com/vapor-de-sodio/>

- **Lámpara de vapor de sodio a alta presión.** Este tipo de lámparas es utilizado tanto en iluminación de exteriores, ejemplo alumbrados públicos, también en iluminación de interiores como son los talleres industriales, automotriz con una altura superior o igual a 4 metros, en cuanto la reproducción de colores es mejor de la lámpara de vapor de sodio de baja presión, su vida útil es más alta llegando hasta las 20000 horas, su desventaja es que disminuye su eficiencia energética. (FARRÁS, 2000)

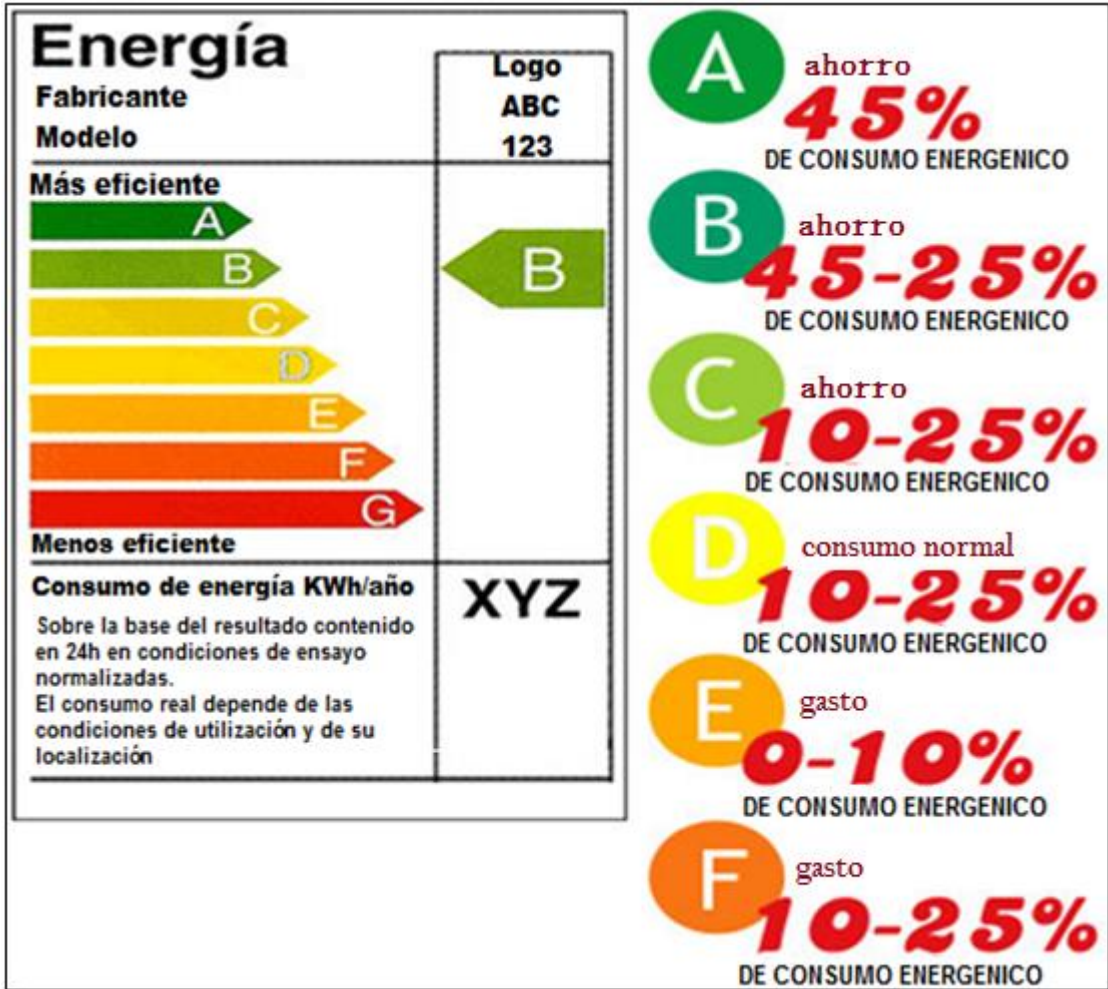
Figura 12. Lámparas de alta presión de sodio



Fuente: <http://www.directindustry.es/prod/aura-light-international/lamparas-sodio-alta-presion-14845-687163.html>

Las lámparas de uso doméstico están sujetas a la normativa de etiquetado energético desde 1999. Es recomendable al momento de adquirir las luminarias verificar en las características de las mismas el de mayor eficiencia energética.

Figura 13. Etiqueta energética en lámparas



Fuente: <http://ingenieroovidio.blogspot.com/>

2.5 Términos metrológicos relativos al equipo de medición del nivel de iluminación.

Según la norma NOM-025-STPS, (2008) literal A.3. Instrumentación. Se debe usar un luxómetro que cuente con:

- Detector para medir iluminación.
- Corrección cosenoidal.
- Corrección de color, detector con una desviación máxima de $\pm 5\%$ respecto a la respuesta espectral fotópica, y
- Exactitud de $\pm 5\%$ (considerando la incertidumbre por calibración). (Secretaría del Trabajo y Previsión Social, 2008)

Considerando los criterios anteriores descritos, los términos metrológicos relativos a un luxómetro y a las medidas que este facilita y que debemos conocer antes de escoger el equipo adecuado que permita obtener con mejor certeza el nivel de iluminación real de las áreas a medir en la facultad de mecánica – ESPOCH son los siguientes:

2.5.1 Rango de medida. Se denomina también escala o alcance e indica el valor máximo que puede leerse en el display de un equipo de medida con una configuración determinada de sus mandos. (Confederación general del trabajo, 2012)

Los rangos que presenta la siguiente tabla son las más usuales en todo tipo de industrias, por lo que es aconsejable que estén dentro de estos parámetros los equipos de medición.

Tabla 2. Rango de medida

Rango de medida	40 lux, 400 lux, 4 klux, 40 klux y 400 klux.
Resolución para cada rango	0.01 lux, 0.1 lux, 1 lux, 10 lux y 100 lux
Precisión	$\pm 3\%$ de la lectura $\pm 0.5\%$ del final de escala. $\pm 4\%$ de la lectura ± 10 dígitos para lecturas > 10000 lux

Fuente: Luxómetro modelo hd 450

2.5.2 Resolución de un dispositivo visualizador. La resolución del dispositivo de medición depende del rango en el que se mida.

El equipo de medición deberá tener una buena resolución ya que de eso dependerá que tenga una mejor precisión en el momento de la toma de datos un breve ejemplo se da en la siguiente tabla. (Confederación general del trabajo, 2012)

Tabla 3. Resolución del luxómetro

En el rango de 400 lux:	Resolución es de 0.1 lux	49.9, 50.0, o 50.1
En el rango de 40 000 lux	Resolución es de 1 lux	49 , 50 o 51

Fuente. Luxómetro modelo hd 450

2.5.3 Error de medida. Es la diferencia entre el valor medido de una magnitud y el verdadero valor de esa magnitud. El error de un equipo de medida concreto, en determinados puntos de cada uno de sus rangos o alcances, se obtiene calibrando dicho aparato en un laboratorio de calibración.

El fabricante del equipo de medida, garantiza que los errores máximos que presenta están dentro de unos límites, que se le asigna de una clase de precisión al equipo, estos errores de medida se pueden expresar en valor absoluto o en valor relativo (%). (Confederación general del trabajo, 2012)

2.5.4 Precisión. Este término se utiliza normalmente para indicar la proximidad del valor medido por el equipo al valor real de la magnitud que se está midiendo, de modo que cuando más preciso es un equipo menor es el error de la medida, es decir, menor es la diferencia entre el valor real o verdadero de la magnitud que estamos midiendo y la medida que nos proporciona el equipo. En resumen, entre menor sea el valor a medir en relación al mayor rango o alcance mayor será el error que cometeremos. (Confederación general del trabajo, 2012)

2.5.5 Incertidumbre. Es un valor que se debe mostrar en el certificado de la calibración del luxómetro en las mismas “unidades” con que se refleja el error que este posee. Nos indica la calidad de la calibración que ha realizado el laboratorio de calibración, de modo que cuanto menor sea la incertidumbre de calibración mejor será esta.

Una incertidumbre de calibración muy grande en relación con la “precisión” del equipo de medida nos puede llevar a rechazar la validez de la calibración efectuada, lo deseable es que la incertidumbre sea al menos entre 4 y 5 veces menor que la “precisión” en el punto de medida calibrado. (Confederación general del trabajo, 2012)

2.6 Marco legal correspondiente a la iluminación de interiores.

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

la seguridad y salud de los trabajadores dependientes de las condiciones de visibilidad, las exigencias visuales de las tareas desarrolladas.

Puesto que la normativa Nacional Decreto 2393 no es muy amplia ante los niveles de iluminación exigente en las áreas de trabajo, utilizaremos como guía, parte de la norma Europea UNE – EN 12464-1 Iluminación de Interiores. A continuación detallaremos cada una de las normativas para estipular los artículos o incisos que utilizaremos en el estudio del nivel de riesgo de iluminación de los laboratorios, talleres y aulas de la Facultad de Mecánica - ESPOCH.

2.6.1 Normativa Nacional Ecuatoriana. La legislación nacional vigente en nuestro país es el Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores expedido mediante decreto ejecutivo N°2393 por el Ing. León Febres Cordero en noviembre de 1986 el cual contiene los siguientes artículos sobre la Iluminación:

Art. 56. Iluminación, niveles mínimos.

1. Todos los lugares de trabajo y tránsito deberán estar dotados de suficiente iluminación natural o artificial, para que el trabajador pueda efectuar sus labores con seguridad y sin daño para los ojos. Los niveles mínimos de iluminación se calcularán en base a la siguiente tabla:

Tabla 4. (Continua) Niveles de iluminación mínima para trabajos específicos y similares

Iluminación mínima	Actividades
20 luxes	Pasillos, patios y lugares de paso
50 luxes	Operaciones en las que la distinción no sea esencial como: manejo de materias, desechos de mercancías, embalaje, servicios higiénicos
100 luxes	Cuando sea necesario una ligera distinción de detalles como: fabricación de productos de hierro y acero, taller de textiles y de industria manufacturera, sala de máquinas y calderos, ascensores.

200 luxes	Si es esencial una distinción moderada de detalles, tales como: talleres de metal mecánica, costura, industria de conserva, imprentas.
300 luxes	Siempre que sea esencial la distinción media de detalles, tales como: trabajos de montaje, pintura a pistola, tipografía, contabilidad, taquigrafía.
500 luxes	Trabajos en que sea indispensable una fina distinción de detalles, bajo condiciones de contraste, tales como: corrección de pruebas, fresado y torneado, dibujo.
1000 luxes	Trabajos en que exijan una distinción extremadamente fina o bajo condiciones de contraste difíciles, tales como: trabajos con colores o artículos, inspección delicada, montaje de precisión electrónicos, relojería.

Fuente: <http://www.prosigma.com.ec/pdf/nlegal/Decreto-Ejecutivo2393.pdf>

2. Los valores especificados se refieren a los respectivos planos de operación de las máquinas o herramientas, y habida cuenta de que los factores de deslumbramiento y uniformidad resulten aceptables.
3. Se realizará una limpieza periódica y la renovación, en caso necesario, de las superficies iluminantes para asegurar su constante transparencia.

Art. 57. Iluminación artificial.

1. **Norma general.** En las zonas de trabajo que por su naturaleza carezcan de iluminación natural, sea ésta insuficiente, o se proyecten sombras que dificulten las operaciones, se empleará la iluminación artificial adecuada, que deberá ofrecer garantías de seguridad, no viciar la atmósfera del local ni presentar peligro de incendio o explosión.

Se deberán señalar y especificar las áreas que de conformidad con las disposiciones del presente reglamento y de otras normas que tengan relación con la energía eléctrica, puedan constituir peligro.

2. **Iluminación localizada.** Cuando la índole del trabajo exija la iluminación intensa de un lugar determinado, se combinará la iluminación general con otro local, adaptada a la labor que se ejecute, de tal modo que evite deslumbramientos; en este caso, la iluminación general más débil será como mínimo de 1/3 de la iluminación localizada, medidas ambas en lux.
3. **Uniformidad de la iluminación general.** La relación entre los valores mínimos y máximos de iluminación general, medida en lux, no será inferior a 0,7 para asegurar la uniformidad de iluminación de los locales

Para evitar deslumbramientos se adoptarán las siguientes medidas:

- a) No se emplearán lámparas desnudas a menos de 5 metros del suelo, exceptuando aquellas que en el proceso de fabricación se les haya incorporado protección antideslumbrante.
 - b) Para alumbrado localizado, se utilizarán reflectores o pantallas difusoras que oculten completamente el punto de luz al ojo del trabajador.
 - c) En los puestos de trabajo que requieran iluminación como un foco dirigido, se evitará que el ángulo formado por el rayo luminoso con la horizontal del ojo del trabajador sea inferior a 30 grados. El valor ideal se fija en 45 grados.
 - d) Los reflejos e imágenes de las fuentes luminosas en las superficies brillantes se evitarán mediante el uso de pinturas mates, pantallas u otros medios adecuados.
4. **Fuentes oscilantes.** Se prohíbe el empleo de fuentes de luz que produzcan oscilaciones en la emisión de flujo luminoso, con excepción de las luces de advertencia. (Decreto Ejecutivo 2393, 1986)

2.6.2 *Europea UNE-EN 12464 – 1.* Esta norma europea ha sido aprobada por CEN (Comité Europeo de Normalización) el 2002 – 10 – 16. Los miembros de CEN están sometidos al Reglamento interior de CEN/CENELEC (Comité Europeo de Normalización Electrotécnica) que define las condiciones dentro de las cuales debe adoptarse, sin modificación, la norma europea como norma nacional en los países europeos.

Específica los requisitos para el manejo adecuado del sistema de iluminación de los lugares de trabajo en interiores y sus áreas asociadas en términos de cantidad y calidad de iluminación. Los parámetros de los niveles de iluminación adecuados dependiendo la actividad que se realice en cada área o plano de trabajo que la normativa europea nos facilita se detallaran en las tablas (véase en el Anexo A).

2.7 Metodología para el cálculo de iluminación de interiores.

De acuerdo con la norma oficial Mexicana NOM-025-STPS, (2008). Apéndice A (evaluación de los niveles de iluminación).

2.7.1 *Cuando se utilice iluminación artificial.* Tomar en cuenta varios criterios antes de realizar las mediciones.

- a) Encender las lámparas con antelación, permitiendo que el flujo de luz se estabilice; si se utilizan lámparas de descarga, incluyendo lámparas fluorescentes, se debe esperar un periodo de 20 minutos antes de iniciar las lecturas. Cuando las lámparas fluorescentes se encuentren montadas en luminarias cerradas, el periodo de estabilización puede ser mayor; (Secretaría del Trabajo y Previsión Social, 2008)
- b) En instalaciones nuevas con lámparas de descarga o fluorescentes, se debe esperar un periodo de 100 horas de operación antes de realizar la medición y los sistemas de ventilación deben operar normalmente, debido a que la iluminación de las lámparas de descarga y fluorescentes presentan fluctuaciones por los cambios de temperatura. (Secretaría del Trabajo y Previsión Social, 2008)

2.7.2 *Ubicación de los puntos de medición.* Los puntos de medición deben seleccionarse en función de las necesidades y características de cada centro de trabajo, de tal manera que describan el entorno ambiental de la iluminación de una forma confiable, considerando: el proceso de producción, la clasificación de las áreas y puestos de trabajo, la ubicación de las luminarias respecto a los planos de trabajo.

Considerando los criterios anteriormente tomados de la normativa Mexicana NOM-025-STPS, (2008), las áreas de trabajo se deben dividir en zonas del mismo tamaño, para eso utilizaremos la siguiente tabla que detallaremos a continuación:

- En la columna A (número mínimo de zonas a evaluar) y realizar la medición en el lugar donde haya mayor concentración de trabajadores o en el centro geométrico de cada una de estas zonas; en caso de que los puntos de medición coincidan con los puntos focales de las luminarias, se debe considerar el número de zonas de evaluación de acuerdo a lo establecido
- En la columna B (número mínimo de zonas a considerar por la limitación). En caso de coincidir nuevamente el centro geométrico de cada zona de evaluación con la ubicación del punto focal de la luminaria, se debe mantener el número de zonas previamente definido. (Secretaría del Trabajo y Previsión Social, 2008)

Tabla 5. Relación entre el índice de área y el número de zona de medición

Índice de área.	A) Número mínimo de zonas a evaluar.	B) Número de zonas a considerar por la limitación.
$IC < 1$	4	6
$1 \leq IC < 2$	9	12
$2 \leq IC < 3$	16	20
$3 \leq IC$	25	30

Fuente: Normativa Oficial Mexicana NOM-025-STPS-2008

Para establecer el número de zonas a evaluar o el valor del índice del área, se realiza con el método punto a punto (cuadrículas) tomada de la guía práctica (La iluminación en el ambiente laboral) que está dado por la ecuación siguiente:

$$IC = \frac{l * a}{h * (l + a)} \quad (1)$$

Dónde:

IC: Índice de área.

l: Largo (m)

a: Ancho (m)

h: Altura de luminaria respecto al plano de trabajo (m).

La relación mencionada se expresa de la siguiente forma:

- Número mínimo de puntos de medición = $(x + 2)^2$ (2)

Donde x es el valor del índice de local redondeado al entero superior, excepto para todos los valores del índice de local iguales o menores que 1 en este caso el valor de x es igual a 4, a partir de la ecuación se obtiene el número mínimo de puntos de medición.

Una vez obtenido el número de puntos a medir, utilizando métodos estadísticos calcularemos la media de todas las lecturas tomadas con la siguiente fórmula:

$$E \text{ Media} = \frac{\Sigma \text{ valores medidos}}{\text{Cantidad de puntos medidos}} \text{ (lux)} \quad (3)$$

Después de obtener la iluminación media, se verificara el resultado si cumple con la normativa, igual como en el anterior método utilizaremos las tablas de la norma europea UNE-EN 12464-1 Iluminación de Interiores, pudiendo seleccionar la opción más relevante a las áreas, tareas de interiores, ya que la normativa vigente en el Ecuador como es el Decreto 2393, en Art. 56 se habla sobre el nivel de iluminación mínima para trabajos, son muy específicos.

2.7.3 Uniformidad. Una vez obtenida la iluminación media, se divide por la iluminación nominal de cada una de las áreas analizadas, para luego verifica el resultado según la uniformidad de iluminación que lo determina la norma europea UNE-EN 12464-1, el análisis de los laboratorios, talleres y aulas se pueden observar en la tabla 10 “Matriz de evaluación técnico del nivel de iluminación”.

Tabla 6. Uniformidad y relación entre iluminancias de área circundantes al área de tarea

Iluminancia de tarea (lux)	Iluminancia de área circundantes inmediatas (lux)
≥ 750	500
500	300
300	200
≤ 200	E _{tarea}
Uniformidad: ≥ 0.7	Uniformidad: ≥ 0.5

Fuente: Normativa Europea UNE-EN 12464-1

¿Cómo verificamos la uniformidad en la tabla?

- Ya una vez obtenido el valor medido y el valor real de la tabla de la normativa ya expuesto, realizamos la siguiente relación que permite analizar la uniformidad que exista en el área a medir.

$$U = \frac{E_{media}}{E_{minima (tablas.)}} \quad (4)$$

- Según la norma europea UNE-EN 12464-1 si los valores son mayores o iguales que 0.7 % nos indica que el área iluminada es uniforme si la uniformidad está por debajo del 0,65% son considerados como malos. (Comité técnico AEN/CTN, 2003)

CAPÍTULO III

3. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DEL NIVEL DE ILUMINACIÓN EN LOS TALLERES, LABORATORIOS Y AULAS DE LA FACULTAD DE MECÁNICA – ESPOCH

3.1 Breve reseña histórica de la Facultad de Mecánica de la ESPOCH

El 3 de abril de 1973 surge la Escuela de Producción Metal Mecánica en el Instituto Superior Tecnológico de Chimborazo, Institución establecida el 2 de mayo de 1972. Con el Cambio de nombre de la Institución a Escuela Superior Politécnica de Chimborazo en 1974, la Escuela se renueva en 1980 y pasa a ser la Facultad de Ingeniería Mecánica.

Con la creación de las Escuelas de Tecnología en Mecánica y Mantenimiento, se forma la Facultad de Mecánica con tres Escuelas, mismas que han desarrollado sus actividades académicas y administrativas en forma coordinada:

- Escuela de Ingeniería Mecánica.
- Escuela de Tecnología Mecánica.
- Escuela de Tecnología en Mantenimiento Industrial.

Ante la necesidad de cumplir con la responsabilidad social de cubrir necesidades de profesionales en áreas afines a la mecánica, se realizó una reestructuración de la Facultad en lo referente al área académica, se crea las siguientes Escuelas:

- Ingeniería Mecánica
- Ingeniería Industrial
- Ingeniería de Mantenimiento
- Ingeniería Automotriz

La nueva reestructuración académica permitió cubrir la demanda de profesionales, efectos de enfrentar con éxito las exigencias que impone el acelerado desarrollo social, económico e industrial.

3.2 Descripción y funcionamiento del equipo de medición para iluminación.

Antes de proceder al análisis del nivel de iluminación actual de las áreas de actividad académicas, se debe de conocer las características y funcionamiento del luxómetro

Para la mejor elección del instrumento de medición del nivel de iluminación, se tomó como referencia en los parámetros descritos en el capítulo anterior y a partir de ella, se analizó entre varias proformas de los distintos fabricantes o distribuidores de equipos de medición de seguridad industrial.

En el mercado existe un sin número de fabricantes de instrumentos para la medición del nivel de iluminación. La cooperación de proporcionar la información detallada con las características de los instrumentos disponibles por los mismos, se consiguió hacer una clasificación de los equipos que más se asemejan a nuestras necesidades y a los parámetros que debe poseer.

Ya una vez analizado las características y evaluado las peticiones que requieren los fabricantes para su compra se llegó a determinar que el luxómetro más idóneo es el que se presenta a continuación.

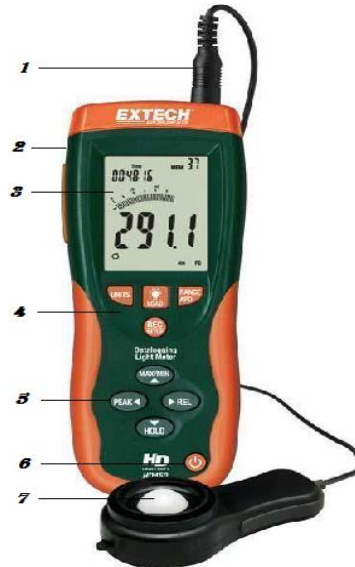
- Luxómetro digital.
- Modelo: HD450.
- Marca: Extech.

3.2.1 Descripción técnica del equipo marca Extech HD450.

- Rango Fc, 40, 400, 4000, 40.00kFc.
- Rango lux: 400, 4000, 40k, 400kLux.
- Exactitud: $\pm 5\%$ rdg.
- Resolución: 0.01Fc/0.1Lux.
- Registro de datos: 16,000 lecturas continuas; 99 lecturas seleccionadas.
- Salida a PC: USB.
- Dimensiones: 6.7 x 3.1 x 1.6" (170 x 80 x 40mm).
- Peso: 13.7oz (390g). (Extech Instruments, 2010)

3.2.2 Descripción del entorno del equipo. Se describe los elementos del equipo con el fin de tener un mejor panorama.

Figura 14. Luxómetro HD 450

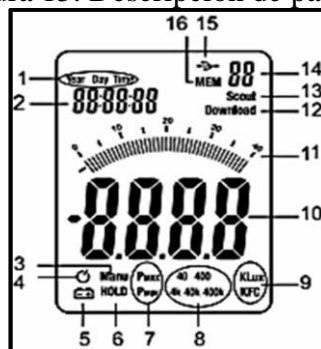


Fuente: Manual del Luxómetro HD 450

1. Enchufe del cable sensor.
2. Conexión USB para PC (bajo la tapa plegadiza).
3. Pantalla LCD.
4. Juego de botones con función alta.
5. Juego de botones con función baja.
6. Botón de encendido y apagado.
7. Sensor de luz. (Extech Instruments, 2010)

3.2.3 Descripción de la pantalla. De igual forma se describe los elementos que mostrara la pantalla visual del equipo.

Figura 15. Descripción de pantalla



Fuente: Manual del Luxómetro HD 450


1. Modos de configuración de reloj.
2. Pantalla de reloj.
3. Icono de modo relativo.
4. Icono de apagado automático (APO).
5. Icono de batería débil.
6. Icono de retención de picos.
7. Modos de retención de picos.
8. Indicadores de escala.
9. Unidad de medida.
10. Pantalla digital.
11. Grafica de barras pantalla.
12. Icono descargar datos a PC.
13. Conexión serial de PC activa.
14. Número de dirección de memoria.
15. Icono de conexión USB a PC.
16. Icono de memoria. (Extech Instruments, 2010)

3.2.4 *Funcionamiento del equipo.* El manual del Luxómetro modelo Extech HD450 indica varias formas de funcionamiento del equipo, como a continuación describimos.

Tensión del medidor

1. Presione el botón POWER de encendido para encender o apagar el medidor.
2. Si el medidor no enciende al presionar el botón de encendido o si en la LCD se ve el icono de batería débil, reemplace la batería

Apagado automático (APO)

1. El medidor está equipado con la función de apagado automático (APO) que apaga el medidor después de 20 minutos de inactividad. El icono () parece mientras que APO está activado.
2. Para desactivar la función APO, presione y suelte simultáneamente los botones RANGE/APO y REC/SETUP. Presione y suelte de nuevo para reactivar la función APO.

Unidad de medida

Presione el botón UNITS (unidades) para cambiar la unidad de medida de Lux a Fc o viceversa.

Selección de escala

Presione botón RANGE (escala) para seleccionar la escala de medición. Hay cuatro opciones (escala) para cada unidad de medida. Los iconos de escala aparecerán para identificar la escala seleccionada.

Toma de medida

1. Quite la tapa protectora del sensor para exponer el domo blanco sensible.
2. Coloque el sensor en posición horizontal bajo la fuente de luz que desea medir.
3. Lea el nivel de luz en la pantalla LCD (numérica o con gráfica de barras).
4. El medidor indicará OL cuando la medida esté fuera de la escala especificada del medidor o si el medidor está ajustado en la escala equivocada. Para cambiar y encontrar la mejor escala para la aplicación presione el botón RANGE.
5. Reemplace la tapa protectora del sensor cuando el medidor no esté en uso.

Retención de datos

Para congelar la lectura en la pantalla LCD, presione la tecla HOLD. En la Pantalla LCD aparecerá MENU HOLD. Presione HOLD momentáneamente para regresar a operación normal.

Retención de picos

La función de retención de picos permite al medidor capturar destellos de luz de corta duración. El medidor puede capturar picos hasta de 10 ms.

1. Presione el botón PEAK para activar la función de retención de picos. En la pantalla aparecen “Manu” y “Pmax”. Presione el botón PEAK de nuevo y aparecerá “Manu” y “Pmin”. Use ‘Pmax’ para capturar picos positivos. Use

'Pmin' para capturar picos negativos.

2. Cuando se captura un pico, el valor y tiempo asociados permanecen en la pantalla hasta registrar un pico nuevo. La gráfica de barras permanece activa indicando el nivel de luz actual.
3. Para salir del modo de retención de picos y regresar a modo de operación normal, presione el botón PEAK por tercera vez.

Memoria Máxima (MÁX) y Mínima (MIN)

La función MAX-MIN permite al medidor guardar las lecturas más altas (MAX) y más baja (MIN).

1. Presione el botón MAX-MIN para activar esta función. EN la parte superior de la pantalla aparecerá MANU y MAX y el medidor sólo indicará la lectura más alta encontrada.
2. Presione el botón MAX-MIN de nuevo. En la parte superior de la pantalla aparecerá MANU y MIN y el medidor sólo indicará la lectura más baja encontrada.
3. Cuando se captura MAX o MIN, el valor y tiempo asociados permanece activa indicando el nivel de luz actual.
4. Para salir de este modo y regresar a modo de operación normal, presione el botón MAX-MIN por tercera vez.

Modo relativo

La función “modo relativo” permite al usuario guardar un valor de referencia en el medidor. Todas las lecturas indicadas serán relativas a la lectura guardada.

1. Tome la medición y cuando el valor de referencia deseado esté en pantalla, presione el botón REL.
2. En la LCD aparece “Manu”.

3. Todas las lecturas subsiguientes serán compensadas por una cantidad igual al nivel de referencia. Por ejemplo, si el nivel de referencia es 100 lux, todas las lecturas subsiguientes serán iguales a la lectura actual menos 100 lux.
4. Para salir del modo relativo, presione el botón REL.

Retroiluminación LCD

El medidor está equipado con retroiluminación para iluminar la pantalla LCD.

1. Presione el botón retroiluminación para activar.
2. Presione el botón retroiluminación de nuevo para apagar. Tenga en cuenta que la retroiluminación se apagará automáticamente después de un periodo breve con el fin de ahorrar energía de la batería.
3. La función de retroiluminación usa energía adicional de la batería, Para conservar energía, use la retroiluminación.

Memoria de 99 puntos.

Puede guardar a mano hasta 99 lecturas para ver más tarde en la LCD del medidor. Estos datos se pueden transferir a una PC con el programa de software suministrado, donde se puede registrar y analizar los cambios frecuentes de luz en los diferentes espacios tomados de las áreas.

1. Con el medidor encendido, presione el botón REC momentáneamente para guardar una lectura.
2. Aparece el icono en pantalla con el número de dirección de memoria (01-99).
3. Si la memoria para 99 lecturas está llena, no aparecerán el icono MEN ni la ubicación en memoria.
4. Para ver las lecturas guardadas, presione y sostenga el botón LOAD hasta ver en pantalla el icono MEN y el número de dirección de memoria.
5. Use los botones de flecha arriba y abajo para ver las lecturas guardadas.
6. Para borrar los datos, presione y sostenga simultáneamente los botones REC/SETUP y LOAD hasta ver “CL” en el campo de ubicación de memoria en la LCD.

Registro de datos de 16 000 puntos

El HD450 puede registrar automáticamente hasta 16 000 lecturas en su memoria interna. Para ver los datos, las lecturas deben ser transferidas a una PC a través del software suministrado.

1. Configuración de la hora tasa de muestreo. La tasa de muestreo predeterminada es de 1 segundo
2. Para empezar a grabar, presione y sostenga el botón REC hasta que el icono MEN comience a centellear. Los datos se guardan a la tasa de muestreo mientras que el icono MEN centellea.
3. Para detener el registro. Presione y sostenga el botón REC hasta que desaparezca el icono MEN.
4. Si la memoria está llena, aparece “OL” como número de memoria.
5. Para borrar la memoria, con el medidor apagado, presione y sostenga el botón REC y seguidamente presione el botón de encendido “DEL” aparecerá en la pantalla. Suelte el botón REC cuando MEN aparezca en la pantalla, indica memoria borrada. (Extech Instruments, 2010)

Especificación

Tabla 7. Especificaciones de escala

Unidades	Escalas	Resolución	Precisión
Lux	400	0.1	± (5% lectura + 10 dígitos)
	4000	1	
	40000	0.01k	±(10% lectura + 10 dígitos)
	400 k	0.1k	
Bujía pie	40	0.01	± (5% lectura + 10 dígitos)
	400	0.1	
	4000	1	± (10% lectura + 10 dígitos)
	40k	0.01k	

Fuente: Manual del Luxómetro HD 450

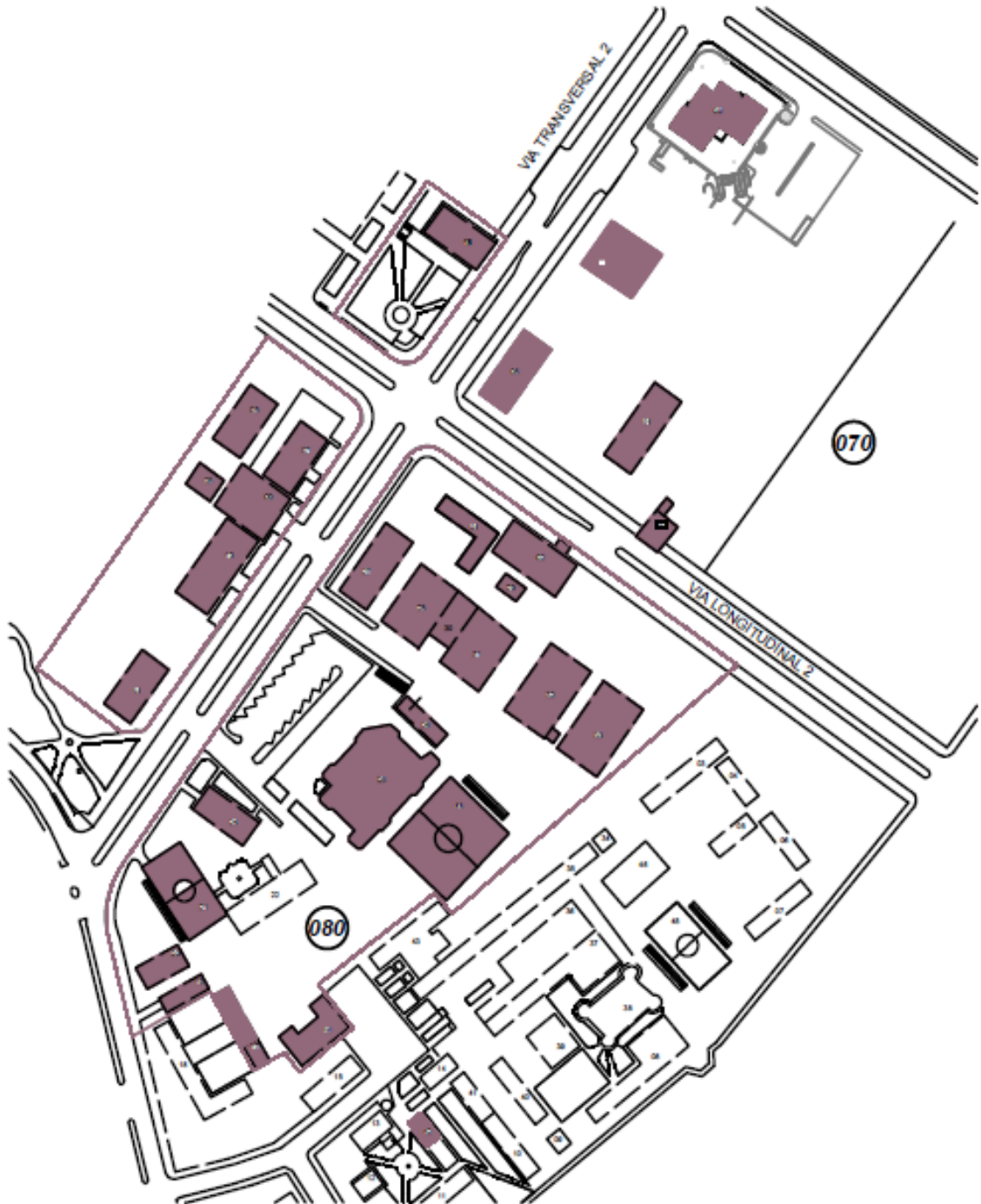
Certificado de calibración

El luxómetro debe contar con el certificado de calibración de acuerdo a lo establecido en las leyes sobre Metrología y Normalización, (véase en el Anexo B)

3.3 Análisis de la situación actual del nivel de iluminación de los laboratorios, talleres y aulas de la Facultad de Mecánica.

A continuación se muestra un plano general de la Facultad de Mecánica, que se detalla cada una de las áreas que serán analizadas con el fin de tener un mejor panorama, que facilite la toma de datos de cada plano de trabajo.

Figura 16. Plano general de la Facultad de Mecánica



Fuente: Departamento de desarrollo físico. Planos prediales de la Facultad de Mecánica.

La Facultad de Mecánica está constituida por cuatro escuelas las cuales son:

- Escuela de Ingeniería Mecánica.
- Escuela de Ingeniería Industrial.
- Escuela de Ingeniería Automotriz.
- Escuela de Ingeniería de Mantenimiento.

La Facultad cuenta con áreas para las actividades académicas de los estudiantes de las diferentes Escuelas de Ingeniería que mencionamos anteriormente las mismas que serán evaluadas. Estas áreas de actividades se detallan a continuación.

Laboratorios

- Laboratorio de Termodinámica Aplicada, Transferencia, Refrigeración.
- Laboratorio de Materiales.
- Laboratorio de Ensaños no Destructivos
- Laboratorio de Tratamientos Térmicos.
- Laboratorio de Automatización de Proceso.
- Laboratorio de Neumática.
- Laboratorio de Fluidos.
- Laboratorio Turbomáquinaria.
- Laboratorio Electrotecnia.
- Laboratorio Máquinas Eléctricas y Control Industrial.
- Laboratorio Electrotecnia y Máquinas Eléctricas.
- Laboratorio de Resistencia de Materiales.
- Laboratorio de Aerodinámica, Aire Acondicionado y Refrigeración.

Talleres

- Taller de Máquinas y Herramientas.
- Taller de Soldadura.
- Taller de Fundición.
- Taller de CIDICOM.
- Taller de Motor de Combustión Interna.

Aulas

- Aulas del modular 1 de la Escuela de Ingeniería Mecánica.
- Aulas del modular 1 y 2 de la Escuela de Ingeniería Industrial.
- Aulas del modular 1 y 2 de la Escuela de Ingeniería Automotriz.
- Aulas del modular 1 y 2 de la Escuela de Ingeniería Mantenimiento.

3.3.1 *Protocolo de medición de iluminación de los laboratorios, talleres y aulas de la Facultad de Mecánica.* Un nivel de iluminación adecuada, no solo depende del tipo de lámparas o de una buena distribución para que exista un ambiente confortable para la comodidad de los estudiantes y docentes, a más de estos factores se toma en cuenta otros con la misma importancia, como es el aprovechar de la iluminación natural (estado de ventanas, persianas, tragaluz, etc.).




Otros de los factores es el frecuente mantenimiento que se debe de realizan a este sistema, con el fin de mantener una estabilidad de la iluminancia, este tipo de mantenimiento debe ser por lo mínimo dos veces al año.

Para conseguir un buen nivel de confort visual se debe conseguir un equilibrio entre la cantidad y la estabilidad de la luz, de tal manera que se consiga una ausencia de reflejos y de parpadeo, uniformidad en la iluminación y ausencia de contractes excesivos, según datos ofrecidos por Havells Sylvania. (RODRÍGUEZ, 2014)

Antes de proceder a tomar las mediciones del nivel de iluminación, se promueve a crear un registro, la que permitirá anotar las condiciones físicas actuales en las que se encuentran los laboratorios, talleres y aulas de la Facultad de Mecánica.

A continuación se muestra uno ejemplo de los registros tomados en cada área ya mencionada, por la extensa cantidad de documentación no es posible detallar en el presente trabajo de investigación, el total de información, los demás registros se enlaza en los registros. (Véase en el Anexo C)


Tabla 8. Protocolo del nivel de iluminación del laboratorio de Termodinámica aplicada, Transferencia y Refrigeración.

 <p style="text-align: center;"> ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE MECANICA ESCUELA DE INGENIERIA INDUSTRIAL </p>		Código: EII-PI-001 (01)
		Fecha de elaboración: 13/Enero/2015
		Fecha de aprobación: 20/Enero/2015
Elaborado por: Chimborazo Ch. José Luis	Aprobado por: Ing. Carlos Álvarez Pacheco	
Revisado por: Ing. Marcelo Jácome Valdez		Observación:
Localización: Laboratorio de Termodinámica aplicada, Transferencia y Refrigeración.		
Datos de la Medición		
Marca, modelo y número de serie del instrumento utilizado: Luxómetro Extech, modelo HD450, serie Z324774		
Fecha de calibración del instrumento utilizado en la medición: Noviembre 2014 N/C 120782		
Metodología utilizada en la medición: Norma oficial mexicana NOM-025-STPS-2008 (Método de la cuadrícula), junto con la normativa Europea UNE –EN 12464-1		
Condiciones físicas del área. N. de Iluminarias: ...8... En uso: ...8..... Tipo de iluminaria: Lámpara LED de 2,5w - 12v Estado del sistema de iluminación artificial. Bueno: <input checked="" type="checkbox"/> Regular: <input type="checkbox"/> Malo: <input type="checkbox"/> Sistema de iluminación natural. Ventanas/Persianas: <input checked="" type="checkbox"/> Tragaluz: <input type="checkbox"/> Estado del sistema de iluminación natural. Bueno: <input checked="" type="checkbox"/> Regular: <input type="checkbox"/> Malo: <input type="checkbox"/> Frecuencia que realizan el mantenimiento de iluminación. Siempre: <input type="checkbox"/> Casi siempre: <input type="checkbox"/> Regular: <input checked="" type="checkbox"/> Nunca: <input type="checkbox"/>		
Documento que se adjuntara a la medición		
Croquis o Fotografía del establecimiento:		
		

Fuente: Autor

3.3.2 Registro de medición del nivel de iluminación de los laboratorios, talleres y aulas de la Facultad de Mecánica. Se realizó la toma de datos y se registró en las diferentes tablas, los valores serán utilizados para la evaluación del nivel de iluminación, para ejemplo presentaremos el registro de medición del nivel de iluminación de los laboratorios, los registros de los datos tomados de los talleres y aulas se especifican en las tablas de registro de las lecturas tomadas. (Véase en el Anexo D)

Tabla 9. Registro de medición del nivel de iluminación de los laboratorios de la Facultad de Mecánica

 Escuela Superior Politécnica de Chimborazo Facultad de mecánica Escuela de Ingeniería industrial		Código:											
		EII - TM - 001(1)											
		Fecha de elaboración: 21/02/2015											
		Fecha de aprobación: 25/01/2015											
Elaborado por: José Luis Chimborazo Ch.								Aprobado por: Ing. Carlos Álvarez					
Revisado por: Ing. Marcelo Jácome Valdez								Observación:					
Localización: ESPOCH - Facultad de Mecánica													
Proceso: Registro de medición del nivel de iluminación de los laboratorios de la Facultad de Mecánica.													
ÁREA HACER ANALIZADO													
SERIE TOMADAS	Lab. de Termodinámica	Lab. de Materiales	Lab. de Ensayos no Destructivos	Lab. Tratamientos Térmicos	Lab. de automatización de Procesos	Lab. de Neumática	Lab. de Fluidos	Lab. Turbo Maquinaria	Lab. de Máquinas y Control Industrial	Lab. Electrotecnia y Maquinas Eléctricas	Lab. de Resistencia de Materiales	Lab. de Aerodinámica, Aire Acondicionado	
	1	1945	65,3	111	114,4	548	254	251	271,2	145,3	135,5	224	195
	2	1004	104	115	325	639	334	302	247,6	152,5	133,7	232	224
	3	661	109	127	479	870	324	286	240,3	189	121,5	265	232
	4	415	120	133	288	968	309	256	277	187,4	186,6	281	265
	5	402	133	175	122,9	998	347	371	220,6	195,3	202,8	231	281
	6	1093	89,7	114	426	694	284	316	232,5	183	145,1	319	231
	7	805	92,4	109	354	695	344	367	214	186,4	160	243	319
	8	809	132	168	484	669	363	326	285	182,9	137,9	259	243
	9	851	41,6	130	325	768	398	378	335,5	186,7	129,1	282	259
	10	563	166		456	404	320	370		191,2	113,2		282
	11	1417	165		223	387	386	356		195,4	162		374
	12	840	170		168,9	559	397	312		193,6	147,7		252
	13	537	124		122,2	490	392	397		197,8	112,1		377
	14	550	123		440	450	397	399		195,3	214,4		480
	15	486	127		278	391	335	379		189,5	140,6		466
	16	1098	235		337	392	497	306		188,4	209,2		322
	17												
TOTAL	13476	1998	1182	4943	9922	5682	5373	2324	2960	2451,4	2336	4802	

Fuente: Autor

3.3.3 *Análisis técnico del nivel de iluminación de los laboratorios, talleres y aulas de la Facultad de Mecánica.* Para el desarrollo del estudio del nivel de iluminación actual de los laboratorios, talleres y aulas, se utilizó el método de punto a punto (cuadrilla) de la norma oficial Mexicana NOM-025-STPS (2008), que divide las áreas en partes iguales y así obtener las coordenadas exactas para ubicar el equipo de medición de los niveles de iluminación, en el capítulo anterior se detalla con exactitud el proceso de este método, luego de saber la cantidad de mediciones para cada área se realiza las mediciones con el luxómetro Extech HD450 y se registra los datos tomados en la Tabla 9. Registro de medición del nivel de iluminación de los laboratorios de la Facultad de Mecánica.

Para el análisis del deslumbramiento de las áreas ya mencionadas se toma como estándar lo establecido en la norma UNE-EN 12464-1, el método por el que es analizado se describe detalladamente en el capítulo anterior y se compara el resultado en la Tabla 10 el cumplimiento de la Uniformidad de cada área.

De la misma forma para analizar si satisface el nivel de iluminación adecuada en cada una de las áreas, se realiza la comparación con los registros estandarizados de la norma UNE-EN 12464-1. La misma que especifica el nivel de iluminación de cada área, por la cual hemos adoptado, ya que en nuestro país no existe una normativa específica para el estudio del sistema de iluminación de interiores.

Utilizando los recursos que la tecnología que hoy por hoy nos brinda se crear una matriz de evaluación de la intensidad luminosa en Excel 2013 del paquete de Office, se programó los métodos ya mencionadas en una hoja de cálculo con el fin de darle una mejor visión, facilidad y rapidez de interpretación de un análisis del nivel de iluminación de interiores de las áreas de actividad en estudio.


En la Tabla 10 se muestra el análisis del nivel de iluminación de los laboratorios talleres y aulas, cabe recalcar que por la similitud del espacio físico y condiciones de las aulas, se tomaron lecturas de la intensidad luminosa a un porcentaje minucioso de estas áreas académicas de la Escuela de la Facultad de Mecánica.

Tabla 10. Matriz de Evaluación Técnico del Nivel de Iluminación

--

3.3.4 Resumen e interpretación de la matriz técnica del nivel de iluminación de los laboratorios, talleres y aulas de la Facultad de Mecánica.

Tabla 11. Resumen de la Matriz técnica

 ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERIA INDUSTRIAL				Código: EII - RO - 001 (1)	
Elaborado por: José Luis Chimborazo Chimborazo				Revisado por: Ing. Marcelo Jácome V.	
Aprobado por: Ing. Carlos Álvarez P.				Observación:	
Localización: ESPOCH - Facultad de Mecánica Proceso: Resumen de la tabla de evaluación del nivel de iluminación de los laboratorios de la Facultad de Mecánica					
PLANO DE TRABAJO	DESCRIPCION DEL AULA DE EVALUACIÓN	E MEDIA	VALOR REAL (UNE 12464,1)	UNIFORMIDAD (%) U >= 0,7 %	NIVEL DE ILUMINACIÓN ÓPTIMO (%)
LABORATORIOS DE LA FACULTAD DE MECANICA	Lab. de Termodinámica Aplicada, Transferencia,	842	500	Si Cumple	168%
	Lab. de Materiales	124	500	No Cumple	25%
	Lab. de Ensaños no Destructivos	131	500	No Cumple	26%
	Lab. de Tratamientos Térmicos	308	500	No Cumple	62%
	Lab. de Automatización de Proceso	620	500	Si Cumple	124%
	Lab. de Neumática	355	500	Si Cumple	71%
	Lab. de Fluidos	335	500	Si Cumple	67%
	Lab. Turbo Maquinaria	258	500	No Cumple	52%
	Lab. Electrotecnia	360	500	Si Cumple	72%
	Lab. Maquinas Eléctricas y Control Industrial	185	500	No Cumple	37%
	Lab. Electrotecnia y Maquinas Eléctricas	153	500	No Cumple	31%
	Lab. de Resistencia de Materiales	259	500	No Cumple	52%
	Lab. de Aereodinamica, Aire Acondicionado y Ref	300	500	No Cumple	60%

Fuente: Autor

A partir de los datos reflejados de tabla anterior, se determinan que de los trece laboratorios de la Facultad de Mecánicas analizadas existen dos laboratorios que cumplen el nivel de iluminación recomendados en la Norma UNE-EN 12464-1, siendo estas las mejores condiciones en que los laboratorios de: Termodinámica aplicada, Transferencia, Refrigeración y Automatización de proceso, cumplen con una buena iluminación mixta. El porcentaje de 168 % de efectividad del nivel de iluminación en el laboratorio de termodinámica Aplicada muestra que existe un deslumbramiento excesivo causado por la luz natural. Las mediciones se realizaron bajo los siguientes parámetros: Se tomaron las mediciones en horario de clases habitual, con ventanas despejadas y con ventanas cubiertas de igual forma con las lámparas encendidas. Mientras que los once laboratorios restantes no cumplen con los parámetros del nivel de iluminación adecuado, debido a que existe varios factores como: Falta de mantenimiento a ventanas, luminarias, tragaluz, lámparas fundidas o averiadas, luminarias inadecuadas para el tipo de actividad de cada área en este caso de los distintos laboratorios, los parámetros actuales en que se encuentran cada laboratorio se resumen en las tablas de protocolo de medición de iluminación (Véase en el Anexo C)

En relación al cumplimiento del factor de Uniformidad se puede visualizar que las áreas de los laboratorios de: Termodinámica aplicada, Transferencia, Refrigeración, Automatización de Procesos, Neumática, Fluidos, Electrotecnia, cumplen con lo establecido debido a que presentan porcentajes recomendados en la Norma UNE-EN 12464-1 mientras que las demás áreas presentan una inadecuada distribución de iluminación o carecen de luminarias, o a su vez el sistema de distribución actual no ha considerado el parámetro de uniformidad de la iluminación en cada una de las áreas.

Los riesgos más frecuentes causados por la falta de iluminación es el de adoptar posturas inadecuadas; el contraste de brillos, los deslumbramientos y la falta de uniformidad afectan a la agudeza visual es decir, la capacidad de distinguir con precisión los detalles de los objetos del campo visual, causando dolores de cabeza, estrés, cambio de ánimo emocional, pérdida progresiva de la capacidad visual. Se ha presentado el resumen y análisis del nivel de iluminación solo de los laboratorios de la Facultad de Mecánica como ejemplo, Las tablas de resumen y el análisis de los talleres y aulas se presentan en el (véase en el Anexo E)

CAPÍTULO IV

4. PROPUESTA DE ESTANDARIZACIÓN DEL NIVEL DE ILUMINACIÓN EN AULAS, TALLERES Y LABORATORIOS DE LA FACULTAD DE MECÁNICA – ESPOCH

4.1 Introducción

Dado la importancia que tiene la iluminación en cualquier ámbito laboral, una buena iluminación permite un confort visual e impide que existan riesgos que puedan causar en las personas que laboran en la Facultad de Mecánica, como una disminución del rendimiento, cansancio ocular, estrés, adoptar malas posturas. Siendo esta la mayor razón se consideró el análisis del nivel de iluminación de las áreas de actividad de la Facultad de Mecánica.

Se considera realizar el mejoramiento del sistema de iluminación a futuro, en las nuevas construcciones o mejoramientos de las áreas de actividad existentes. La tecnología hoy en día nos permite realizar varias actividades en función de la mejora continua, utilizaremos un sistema computarizado para el estudio y análisis de iluminación, como bien se conoce DIALUX, es un software que desarrolla el análisis de iluminación, distribución de iluminarias y tipo de iluminarias para lo cual cuenta con considerables fabricantes de luminarias, considerando todos estos aspectos en el diseño y construcción se evitara gastos innecesarios, llegando a estandarizar bajo los parámetros de la normativa UNE-EN 12464-1.

4.2 Factibilidad de la propuesta para el plan de mejoras

La factibilidad de esta propuesta es estandarizar el sistema de luminarias con el fin de mejorar el nivel de iluminación y cumplir con los parámetros establecidos en las normas vigentes dentro del país (Decreto 2393). Pongo a conocimiento que esta norma no cuenta con un estudio del nivel de iluminación, más bien solo nos presenta parámetros generales, por este motivo se adopta la normativa europea UNE EN – 12464-1.

Para mantener la estandarización, se realizará el mantenimiento del sistema lumínico, y de ventanas, persianas y/o cortinas. Por tal razón se crea como modelo los procesos, instructivos y registro, con el fin de quien realice el mantenimiento tenga conocimientos de las actividades, evitando así riesgos pertinentes.

Este proyecto de investigación, contribuirá con los estudiantes y docentes en el proceso académico, les brindara una guía en cuanto se refiere a como se realiza un análisis del nivel de iluminación. Utilizando los recursos que la tecnología nos brinda, se expone el funcionamiento y manejo del equipo de medición Luxómetro HD 450 y como manejo del software DIALUX que serán herramientas esenciales para el buen uso en el desarrollo del aprendizaje que tendrá lugar el laboratorio de Seguridad e Higiene industrial.

4.2.1 *Estandarización del nivel de iluminación de los laboratorios, talleres y aulas de la Facultad de Mecánica.* Las definiciones descritas a continuación son tomadas de la publicación denominada “Guía Técnica de Eficiencia energética en Iluminación. Centros docentes”, publicado por el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) y el Comité Español de Iluminación (CEI).

Ergonomía del puesto de trabajo.

Desde el punto de vista ergonómico, la instalación alumbrado debe satisfacer una serie de aspectos que hagan de la actividad a desarrollar una tarea cómoda y creando confort laboral, es decir.

- No debe crear problemas de adaptación visual.
- Debe proveer la agudeza visual adecuada.
- No debe obstruir la tarea visual y debe permitir pos- televisores, etc., las luminarias a utilizar serán las más cómodas.
- Debe limitar la producción de ruido.
- Debe eliminar el efecto estroboscópico.
- Debe generar al recinto iluminado poca carga térmica.

Sistemas de alumbrado

Los sistemas de alumbrado que se pueden utilizar en un centro docente son:

- *Alumbrado general.* Se denomina así al alumbrado de un espacio en el que no se tienen en cuenta las necesidades particulares de ciertos puntos determinados.
- *Alumbrado localizado.*- Es el utilizado para una tarea específica, adicional al alumbrado general y controlado independientemente.
- *Alumbrado general + localizado.* Es el alumbrado resultante de añadir el alumbrado localizado al alumbrado general.
- *Alumbrado directo.* Es el obtenido por medio de luminarias con una distribución fotométrica tal que del 90% al 100% del flujo luminoso emitido alcanza directamente al plano de trabajo, suponiendo que dicho plano sea ilimitado.
- *Alumbrado indirecto.* Es el obtenido por medio de luminarias con una distribución fotométrica tal que no más del 10% del flujo emitido alcanza directamente (Instituto para la diversificación y ahorro de la Energía, 2001)

4.2.1.1 Selección de las luminarias eficientes para las diferentes áreas de actividad académicas. Seleccionar la más apropiada depende de muchos factores como son la eficacia de la lámpara, el flujo luminoso, la vida media, el equipo necesario, y aspectos medio ambientales, entre otros.

Factores de reflexión recomendados

El equilibrio de los valores de reflexión de cada una de las superficies que componen el área de trabajo, así como la de todos aquellos elementos del mismo, deben tener una armonización que aporte al observador el confort visual demandado para el desarrollo de la tarea habitual.

Los datos de la tabla 12 muestran estándares de los valores de reflexión de varias superficies, los porcentajes cambian por la diferencia de colores de paredes, techos, suelos etc.

Tabla 12. Valores de reflexión

Superficie	Valores de Reflexión
Techos	0,70 - 0,80
Paredes	0,50 - 0,70
Divisiones	0,50 - 0,70
Pizarra oscura	0,05 - 0,20
Pizarra clara	0,50 - 0,70
Suelos	0,15 - 0,20
Mobiliario y equipo	0,20 - 0,40
Cortinas y/ persianas	0,50 - 0,70

Fuente: IDAE. Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación

Para su estandarización de los valores de reflexión se propone colores y materiales que se pueden utilizar en los laboratorios, talleres y aulas, con el fin de mejorar el sistema de iluminación.

Tabla 13. Poder reflectante de algunos colores y materiales

Color	Reflexión %	Material	Reflexión %
Blanco	70 - 75	Revoque claro	35 - 55
Crema claro	70 - 80	Revoque oscuro	20 - 30
Amarillo claro	50 - 70	Hormigón claro	30 - 50
Verde claro	45 - 70	Hormigón oscuro	15 - 25
Gris claro	45 - 70	Ladrillo claro	30 - 40
Celeste claro	50 - 70	Ladrillo oscuro	15 - 25
Rosa claro	45 - 70	Mármol blanco	60 - 70
Marrón claro	30 - 50	Granito	15 - 25
Negro	4 - 6	Madera clara	30 - 50
Gris oscuro	10 - 20	Madera oscura	10 - 25
Amarillo oscuro	40 - 50	Vidrio Plateado	80 - 90
Verde oscuro	10 - 20	Aluminio mate	55 - 60
Azul oscuro	10 - 20	Aluminio Pulido	80 - 90
Rojo oscuro	10 - 20	Acero pulido	55 - 65

Fuente: Laszlo Carlos. Manual de Luminotecnia para interiores

Factores para la selección de iluminarias

Existe hoy en día un amplio espectro de tipos de luminarias disponibles que aplican criterios de calidad adecuados al diseño, instalación y mantenimiento de todos aquellos elementos que intervienen en la obtención de una buena iluminación, todo esto garantizando la máxima eficiencia energética y por tanto, los mínimos costes de

explotación, sin dejar a un lado la estética, que también será fundamental para establecer un buen confort laboral.

La tabla 14 muestra los parámetros de los tipos de lámparas más frecuentes en la industria, y los factores que influyen para la selección de las luminarias adecuadas, que pueden ser utilizadas en las diferentes áreas académicas.

1. Seleccionar aquella lámpara que cumplan los parámetros, tono de luz o temperatura de color (K) e índice de reproducción cromática (Ra),
2. De aquellos tipos de lámparas que cumplan la condición anterior, seleccionar la de mayor eficiencia energética, es decir, la que tenga un valor mayor del parámetro lúmenes por vatio.
3. Seleccionar la lámpara con mayor vida media, medida en horas.

Tabla 14. Parámetros recomendados para la selección de lámparas

Tipos de Lámparas	Rango de potencias	Tono de luz	Ra	Lm/W	Vida media (h)	Aplicación
Incandescentes halógenas de baja tensión	5 - 100	Cálido	100	10-25	2000 - 3500	Localidad Decorativa
Fluorescencia lineal de 26mm	18 - 58	Cálido Neutro Frío	70 - 98	65 - 96	8000 - 16000	General
Fluorescencia lineal de 16mm	14 - 80	Cálido Neutro Frío	85	80 - 105	12000 - 16000	General
Fluorescencia compacta	5-55	Cálido Neutro Frío	85 - 98	60 - 85	8000 - 12000	General Localizada Decorativa
Vapor de Mercurio	50 - 1000	Cálido Neutro	50 - 60	30 - 60	12000 - 16000	General
Halogenuro metálicos	35 - 3500	Cálido Neutro Frío	65 - 85	70 - 91	6000 - 10000	General Localizada
Sodio Alta Presión	30 - 1000	Cálido	20 - 80	50 - 150	10000 - 250000	General

Fuente: IDAE. Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación.

Como una propuesta de estandarización, basándonos a lo descrito anteriormente y a las descripciones de las diversas luminarias de los fabricantes, se expone la tabla 14 los parámetros y la descripción de las luminarias adecuadas para las diferentes áreas de actividad académica de la Facultad de Mecánica – ESPOCH.

Tabla 15. Descripción de las luminarias adecuadas para el área de actividad.

TIPO DE ACTIVIDAD	Nivel de iluminación UNE-EN 12464-1 (lx)	Sistema de alumbrado	Tipo de luminarias	Potencia (W)	Intensidad luminosa de la lámpara (lumen/m ²)	Temperatura de color (K)	Vida útil (horas)	Accesorios
Aulas de enseñanza:								
Aulas de tutoría	300	General Localizado	Fluorescente T8 -T5	32 -54	1200-3200	6500 - 4100	20000-25000	Balasto electrico Reflector de aluminio
Pizarra	500							
Aula de prácticas de informática:								
General	300	General Localizado	Fluorescente T8 -T5	32 -54	1200-3200	6500 - 4100	20000-25000	Balasto electrico Reflector de aluminio
Pizarra	500							
Aula de dibujo:								
General	750	General Localizado	Fluorescente T8 -T5	32 -54	1200-3200	6500 - 4100	20000-25000	Balasto electrico Reflector de aluminio
Pizarra	500							
Aula de prácticas y laboratorios:								
General	500	Directo	Fluorescente T8 -T5	32 -54	1200-3200	6500 - 4100	20000-25000	Balasto electrico Reflector de aluminio
Laboratorio de electrónica, ensayos	750							
Talleres:								
Soldadura	300	General	Luminarias HID(Anta intensidad de descarga)	150 o 250	3200-3400	5000 - 8000	15000- 20000	Carcasa de aluminio Balastro electrico
Fundición	500	General						
Mecanización basta y media tolerancias $\geq 0,1$	300	General						
Mecanización de precisión; pulido tolerancias $< 0,1$ mm	500	Directo						
Automotriz	500	General Localizado						
Biblioteca:								
Estantería	200	Localizado	Fluorescente T8 -T5	32 -54	1200-3200	6500 - 4100	20000-25000	Balasto electrico Reflector de aluminio
Área de lectura	500	General						
Puestos de servicio al público	500	General						
Áreas académicas								
Salón de Actos	200	General	Fluorescente T8 -T5	32 -54	1200-3200	6500 - 4100	20000-25000	Balasto electrico Reflector de aluminio
Escenario	700	General						
Sala de profesores	300	General						
Oficina administrativas	500	General						
Halls de entrada	200	General						
Área de circulación, pasillos	100	General						
Escaleras	150	General						

Fuente: Autor

4.2.1.2 *Elaboración del plan de mejoras en función al mantenimiento para los laboratorios, talleres y aulas de la Facultad de Mecánica.* Según a la NORMA OFICIAL MEXICANA NOM 025-STPS, el mantenimiento de las luminarias se deberá tomar en cuenta lo siguiente:

- a) La limpieza de las luminarias;
- b) La ventilación de las luminarias;
- c) El reemplazo de las luminarias cuando dejen de funcionar, o después de transcurrido el número predeterminado de horas de funcionamiento establecido por el fabricante;
- d) Los elementos que eviten el deslumbramiento directo y por reflexión, así como el efecto estroboscópico, y
- e) Los elementos de pre encendido o de calentamiento.

Basado a lo anteriormente se plantea los procedimientos para realizar el mantenimiento de luminarias, ventanas y persianas y/o cortinas, el objetivo del mantenimiento es garantizar un mayor confort visual, eliminando factores que puede afectar a la salud cuyo riesgos son trastornos oculares, cefalalgias, fatiga, efectos anímicos y con el tiempo perdida de la visión, por esta razón no es simplemente elegir correctamente el sistema de lámpara, si no mantener en un buen estado.

Igualmente nos permite ahorrar en el gasto energético, que hoy por hoy, es necesario tener en cuenta, no solo por la crisis económica, más bien por la importancia del medio ambiente ya que si se tiene una buena iluminación habrá menos gasto energético, las lámparas tendrán más años de vida útil y se reciclara un porcentaje menor cada año.

La guía de mantenimientos, tendrá tres partes fundamentales la primera: el proceso, que será una breve descripción de las actividades; la segunda: será el instructivo el cual se detallara específicamente cada actividad y contara con los riesgos existentes en cada una de ellos; la tercera, el registro permitirá anotar el estado actual y los cambios que se efectuaran en las áreas.

	FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL	Código: PEC EII - LL - 001(1)
	LIMPIEZA Y CAMBIO DE LUMINARIAS	Nº de revisión: 01
Fecha de emisión: Noviembre 2015		Pág. 1 de 2
Elaborado por: José L. Chimborazo		Revisado por: Ing. Carlos Álvarez

Objetivo

Garantizar el correcto funcionamiento de luminarias de las aulas, talleres y laboratorios de la Facultad de Mecánica – ESPOCH.

Alcance

Mantener las instalaciones de las áreas de actividad en condiciones adecuadas, con un nivel de iluminación óptimo para un mejor confort visual.

Responsables

Jefe de mantenimiento. Organizar y planificar las actividades relacionadas con el mantenimiento de luminarias y a su vez coordinar los recursos para las actividades.

Grupo de trabajo. Responsables de la ejecución de las actividades indicadas en este procedimiento.

Términos

Potencia. Es la cantidad de energía entregada o absorbida por un elemento en un tiempo determinado (W).

Flujo luminoso. Es la potencia luminosa propia de una fuente, (Lumen).

Eficiencia energética. Es la cantidad de energía útil que se puede obtener de un sistema en concreto (lumen/W).

	FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL	Código: PEC EII - LL - 001(1)
	LIMPIEZA O CAMBIO DE LUMINARIAS	Nº de revisión: 001
Fecha de emisión: Noviembre 2015		Pág. 2 de 2
Elaborado por: José L. Chimborazo		Revisado por: Ing. Carlos Álvarez

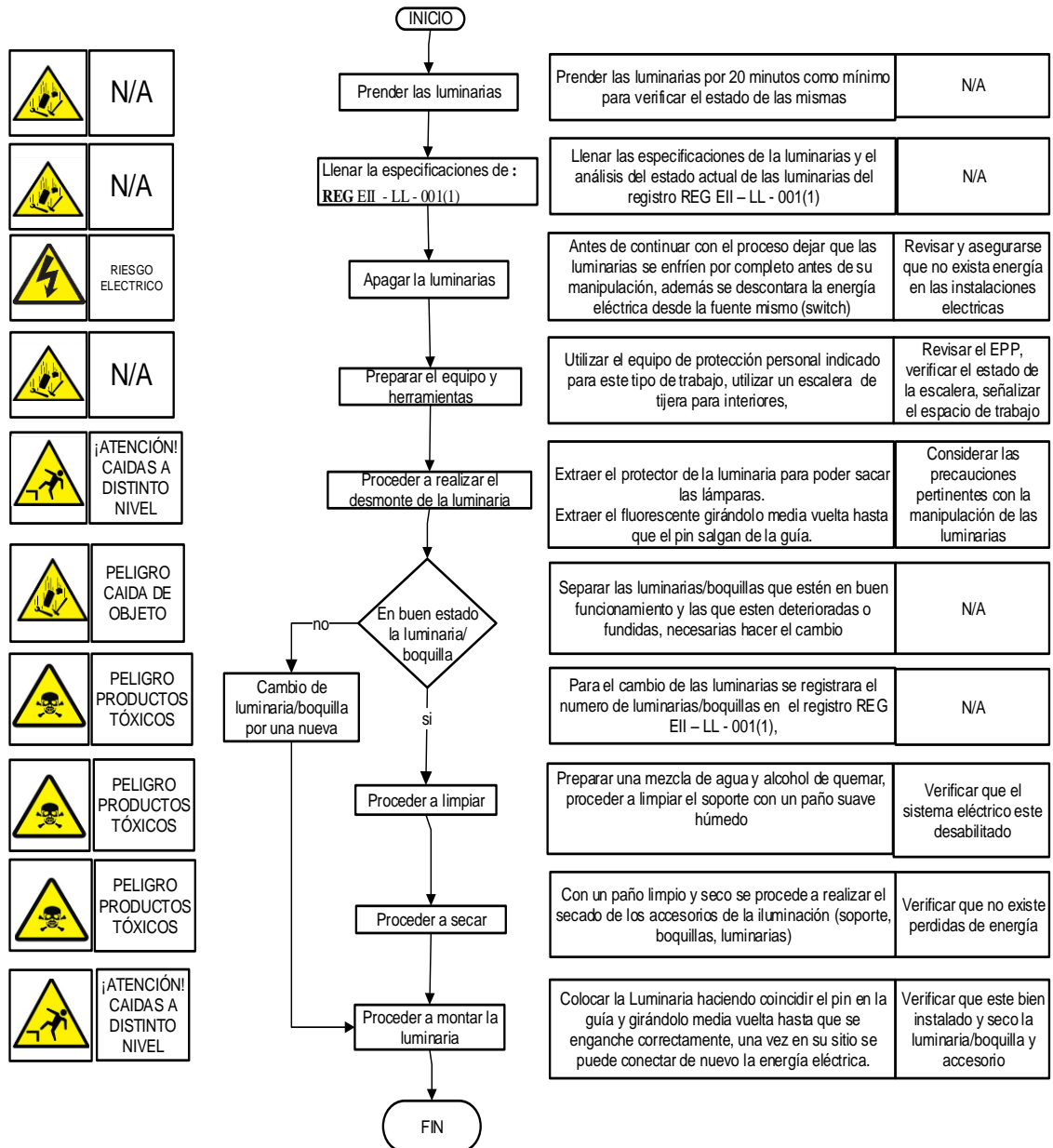
Procedimiento


- Inspeccionar el lugar de trabajo y verificar las condiciones del área de trabajo.
- Utilizar el Equipo de Protección Personal (EPP) adecuado dependiendo el trabajo que se vaya a realizar.
- Señalizar el lugar de trabajo.
- Desconectar la energía eléctrica principal (Smith).
- En caso de estar prendido la luminaria esperar que se enfríe la lámpara que se va a limpiar evitando así quemaduras o que estalle al manipularla por la elevada temperatura.
- Desinstalar y desmontar las luminarias
- Proceder a realizar la limpieza de las iluminarias y accesorios.
- Proceder a realizar el secado,
- Instalamos las luminarias y accesorios nuevamente
- Verificamos que todo esté en orden que no existan cables pelados o desconectados, y que la lámpara este bien sujeta.

Medidas preventivas:

- Verificar el estado de los equipos de protección personal y herramientas que estén en buen estado antes de ser manipulados.
- Realización del control de todas las luminarias que requieren de cambio para ahorro de energía.
- La lámpara nueva debe cumplir con las especificaciones de (color, potencia, luminosidad).
- Tomar cuidado en la manipulación de las lámparas fluorescentes averiadas.

 FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL	LIMPIEZA Y CAMBIO DE LUMINARIAS	CÓDIGO: ITR LCL 001 (01)			
		Fecha de Elaboración: 18-Abril-2015			
		Fecha de Aprobación: 20-Mayo-2015			
Elaborado por: José L. Chimborazo Ch.	Revisado por: Ing. Marcelo Jácome	Aprobado por: Ing. Carlos Álvarez			
OBJETIVO: Garantizar el correcto funcionamiento de luminarias y tubos fluorescentes de los Laboratorios talleres y aulas de la Facultad de Mecánica – ESPOCH		ALCANCE: Mantener las instalaciones de las áreas de actividad en condiciones adecuadas, con un nivel de iluminación óptimo para un mejor confort visual			
CONDICIONES GENERALES					
EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL		RECOMENDACIONES ANTES DE INICIAR LA OPERACIÓN: En caso de que el EPP estén en mal estado o no sea el indicado, se deberá posponer el trabajo e informar al superior inmediato. La gestión Ambiental, en base al Orden, limpieza, y manejo de residuos, debe ser aplicada en todo momento.			
 USO OBLIGATORIO DE CASCO DE SEGURIDAD	 USO OBLIGATORIO DE TRAJE DE SEGURIDAD		 USO OBLIGATORIO DE MASCARILLA	 USO OBLIGATORIO DE PROTECCIÓN OCULAR	 USO OBLIGATORIO DE GUANTES AISLANTES
RIESGOS ASOCIADOS A CADA PASO / FORMA DE PREVENIR	PASOS	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	CONSIDERACIÓN		



	FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL		Código: REG EII - LL - 001(1)
	LIMPIEZA Y CAMBIO DE LUMINARIAS		Nº de revisión: 001
Fecha de emisión: ABRIL 2015			Pág. 1 de 1
Elaborado por:		Revisado por:	
Área analizada:			
Fecha de análisis:		Nº de luminarias:	
Especificaciones de las luminarias			
Código:		Marca:	
Potencia:		Flujo Luminoso:	
Análisis del estado de las luminarias			
Estado del sistema eléctrico:	Bueno: <input type="checkbox"/> Regular: <input type="checkbox"/> Malo: <input type="checkbox"/>		
Nº luminarias fundidas:			
Nº de boquillas sin luminarias:			
Nº de boquillas dañadas:			
Nº Luminarias con parpadeos continuos:			
Nº de luminarias manchadas:			
Registro de la iluminación nueva y/o limpia			
Nº de luminarias cambiadas:			
Nº de luminarias instaladas:			
Nº de boquillas instaladas/cambiadas:			
Acciones Requeridas	Responsable	Fecha de cumplimiento	Descripción

	FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL	Código: PEC EII - LVP - 001(1)
	LIMPIEZA DE VENTANAS Y PERSIANAS Y/O CORTINAS	Nº de revisión: 001
Fecha de emisión: Noviembre 2015		Pág. 1 de 2
Elaborado por: José L. Chimborazo		Revisado por: Ing. Carlos Álvarez

Objetivo

Realizar el mantenimiento de ventanas y persianas/cortinas de los laboratorios talleres y aulas de la Facultad de Mecánica – ESPOCH con la finalidad de garantizar una buena iluminación natural y evitar que existan deslumbramientos.

Alcance

Mantener un ambiente adecuado fuera de molestias de deslumbramiento mejorando así el confort visual al tener una iluminación natural adecuada.

Responsables


Jefe de mantenimiento. Organizar y planificar las actividades relacionadas con el mantenimiento de ventanas y persianas/cortinas y a su vez coordinar los recursos para las actividades.

Términos

Persianas. Las mayorías de persianas son de material PVC o aluminio son utilizados para graduar el paso de luz.

Cortinas. Normalmente son de tela, que cubren las ventanas por el interior. Su función es la de impedir total o parcialmente el paso de la luz y la visibilidad desde el exterior.

Vidrio. Es un material de gran dureza pero que, a la vez, resulta muy frágil. Es inorgánico, carece de estructura cristalina y suele permitir el paso de la luz.

	FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL	Código: PEC EII - LVP- 001(1)
	LIMPIEZA DE VENTANAS Y PERSIANAS Y/O CORTINAS	Nº de revisión: 001
Fecha de emisión: Noviembre 2015		Pág. 2 de 2
Elaborado por: José L. Chimborazo		Revisado por: Ing. Carlos Álvarez

Procedimiento

- Retirar previamente la suciedad de marcos y demás elementos con una brocha.
- En caso de persianas de PVC lavar con una esponja, agua y detergente.
- En caso de cortinas de telas lavar con agua y detergente.
- Retirar las persianas/cortinas antes de proceder a limpiar los vidrios
- Señalizar el lugar de trabajo.
- Utilizar el equipo de protección personal guantes, mandil, mascarilla, gafas
- Prepara en una botella con atomizador, agua y vinagre blanco.
- Proceder a lavar los vidrios con un paño de microfibra y la mezcla anterior.
- Realizar el enjuagar con agua limpia y un paño limpio.
- Proceder al secado utilizando papel periódico arrugado para no dañar el vidrio.
- Chequear que los rieles y rodaduras de las ventanas estén siempre libres de polvo, agua y basura.

Puntos a tener en cuenta:

- Verificar el estado de los equipos y herramientas que estén en buen estado antes de ser manipulados.
- Verificar el equipo de protección personal que estén en buen estado.
- Verificar si los vidrios están estáticamente adheridos.
- Verificar si los vidrios de las ventanas están trizadas.
- Manipular la limpieza con las precauciones necesarias sin apoyarse en los vidrios, recuerde que es un material sumamente delicado.

 FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL	LIMPIEZA DE VENTANAS Y PERSIANAS Y/O CORTINAS	CÓDIGO: ITR EII- LVP-001(01)
		Fecha de Elaboración: 06-Abril-2015
		Fecha de Aprobación: 18-Mayo-2015

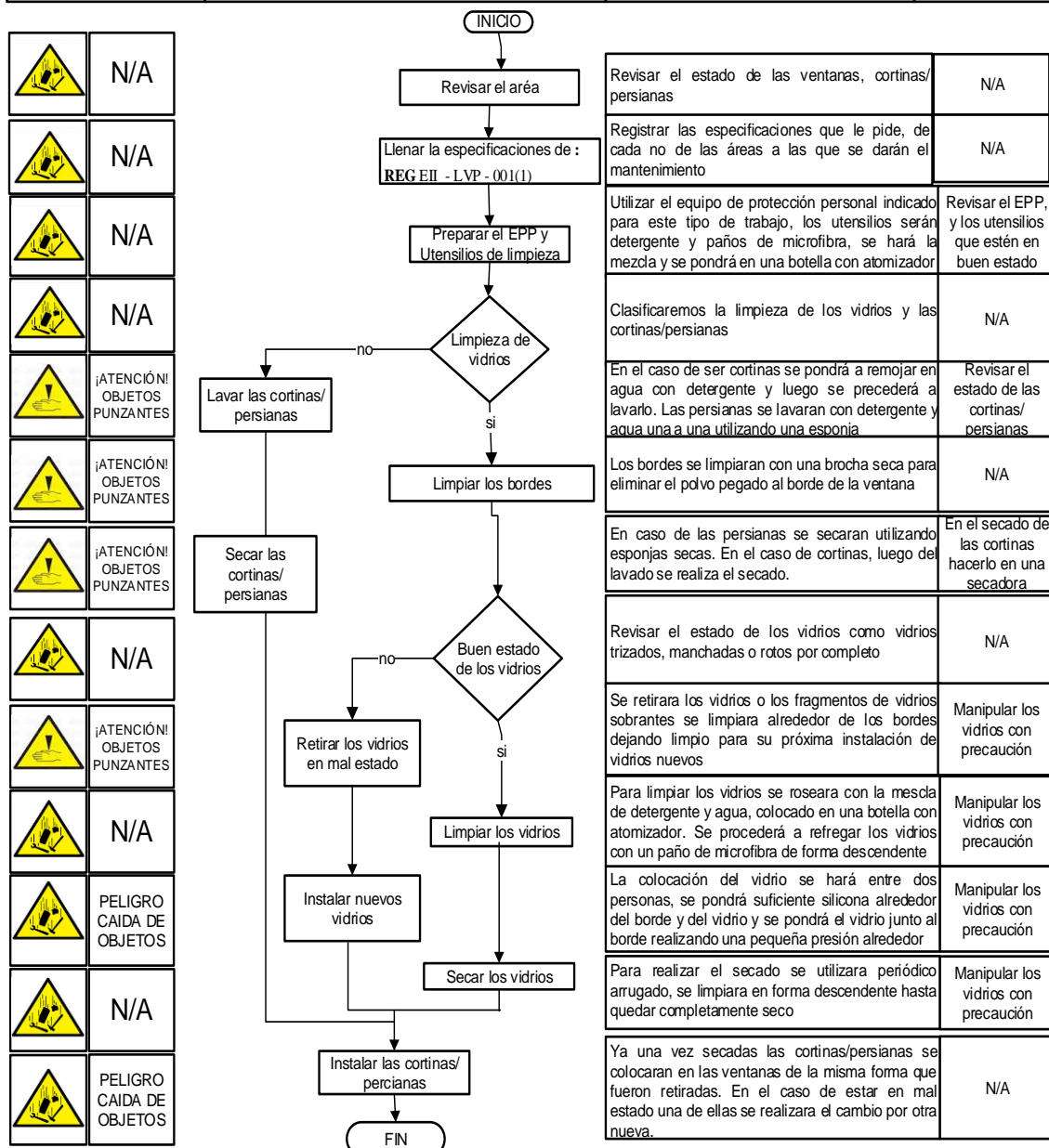
Elaborado por: José L. Chimborazo	Revisado por: Ing. Marcelo Jácome	Aprobado por: Ing. Carlos Álvarez
--	--	--


OBJETIVO: Garantizar el correcto funcionamiento de luminarias y tubos fluorescentes de los Laboratorios talleres y aulas de la Facultad de Mecánica – ESPOCH

ALCANCE: Mantener un ambiente adecuado fuera de molestias de deslumbramiento mejorando así el confort visual al tener una iluminación natural adecuada.

CONDICIONES GENERALES

EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL						RECOMENDACIONES ANTES DE INICIAR LA OPERACIÓN:
 USO OBLIGATORIO DE CASCO DE SEGURIDAD	 USO OBLIGATORIO DE TRAJE DE SEGURIDAD	 USO OBLIGATORIO DE MASCARILLA	 USO OBLIGATORIO DE PROTECCIÓN OCULAR	 USO OBLIGATORIO DE GUANTES AISLANTES	 USO OBLIGATORIO DE BOTAS AISLANTES	
RIESGOS ASOCIADOS A CADA PASO / FORMA DE PREVENIR	PASOS	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	CONSIDERACIÓN			



	FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL		Código: REG EII - LVP - 001(1)
	LIMPIEZA DE VENTANAS Y PERSIANAS Y/O CORTINAS		Nº de revisión: 001
Fecha de emisión: ABRIL 2015			Pág. 1 de 1
Elaborado por:		Revisado por	
Área analizada:			
Fecha de análisis:		Nº de ventanas:	
Análisis del estado de las ventanas, persianas y/o cortinas			
Estado de los vidrios de las ventanas:		Bueno: <input type="checkbox"/> Regular: <input type="checkbox"/> Malo: <input type="checkbox"/>	
Nº de ventanas:			
Nº de cortinas de tela:			
Nº de persianas:			
Cambios dados en el área.			
Nº de vidrios de ventanas instaladas:			
Nº de persianas nuevas/limpias instaladas:			
No de cortinas nuevas/limpias instaladas:			
Acciones Requeridas	Responsable	Fecha de cumplimiento	Descripción

4.3 Implementación del software DIALUX EVO, para una mejora continua en la distribución de las luminarias y el nivel de iluminación óptimo.

El DIALUX es un software libre que permite realizar diseños de instalaciones de iluminación tanto interiores como exteriores, el software permite hacer diseños tridimensionales con mayor facilidad, permite trabajar con formatos que son compatibles con otros software de diseño gráfico por ejemplo AUTOCAD, lo cual facilita el proceso en cuanto al diseño, además permite calcular los niveles de deslumbramiento o URG, grado de reflexión etc.

La manera que DIALUX realiza la ubicación de luminarias en espacio o áreas de actividad, es a través de catálogos interactivos permitidos por los fabricantes de las mismas, existe una diversidad de modelos y marcas, la cual solo basta con seleccionar el tipo de aplicación de la instalación, tales como comercial, industrial, residencial o decorativa cada uno de ellos tendrán las características luminotécnicas.

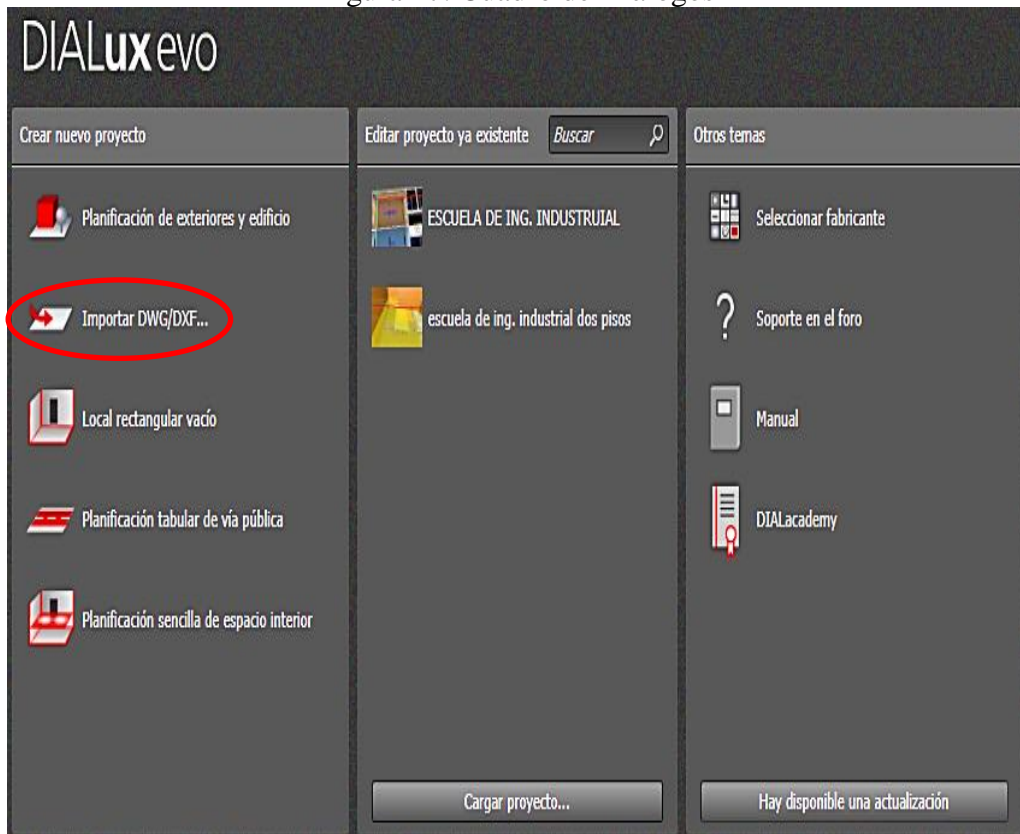
4.3.1 Aplicaciones del software DIALUX para el diseño de iluminación. El software DIALUX, es un programa libre que está al alcance de las personas que su deseo es crear diseños reales y analizar el nivel de iluminación es por esta razón que los fabricantes del programa lo han dividido en dos aplicaciones, iluminación de interiores e iluminación de exteriores

- **La aplicación para la iluminación de interiores:** Tiene como función diseñar el espacio interior de edificios, casas etc. para lo cual cuenta con herramientas y galerías de objetos que facilita su diseño y para el diseño de iluminación cuenta con una intensa lista de fabricantes de luminarias, que facilita una más realizar el cálculo del nivel de iluminación.
- **La aplicación para la iluminación de exteriores:** Tiene como función diseñar el espacio exterior de locales por ejemplo vías públicas, jardines, vías autopistas, calles, etc. para lo cual existe herramientas que dan facilidad para su diseño de la misma forma que la aplicación para interiores esta también cuenta con fabricantes que brindan un sin número de luminarias facilitando así el cálculo del nivel de iluminación.

4.3.2 *Diseño de iluminación de interiores.* La metodología aplicada en relación al diseño del sistema de distribución de iluminación de interiores en el programa DIALUX, se detallara paso a paso con el fin de que, quien lo lea tenga un panorama más claro de cómo diseñar el entorno o área hacer analizada.

1. Al activar del software DIALUX EVO se desprenderá una ventana la cual nos dará varias opciones, para realizar varios proyectos tanto como para el diseño de interiores y exteriores como para planificación de vías públicas, en nuestro caso realizaremos el diseño de interiores partiendo desde un plano creado en AUTOCAD en 2D para lo cual importaremos dando clic sobre la segunda opción **importar DWG/DXF**.

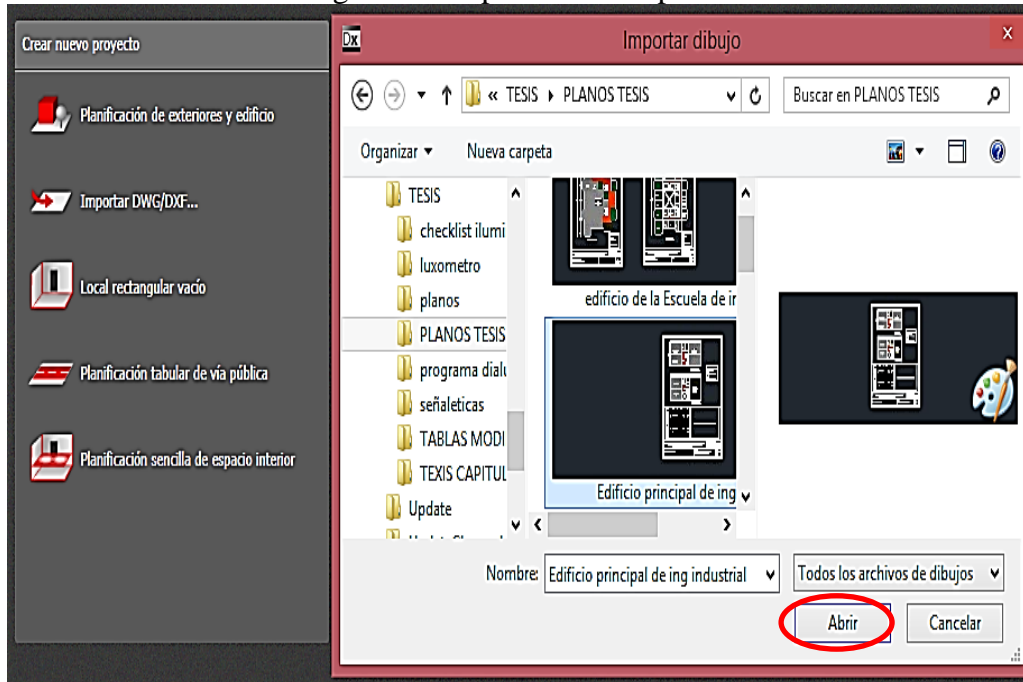
Figura 17. Cuadro de Diálogos



Fuente: Software DIALUX EVO

2. Luego de a ver dado clic en **Importar DWG/DXF**, aparecerá la siguiente ventana, se desprenderá una ventana que nos permitirá buscar el archivo en formato DWG o DXF creado en AUTOCAD en 2d y abrirlo en DIALUX EVO. Para abrir buscaremos el archivo y seleccionaremos, para luego dar clic en la opción **abrir**.

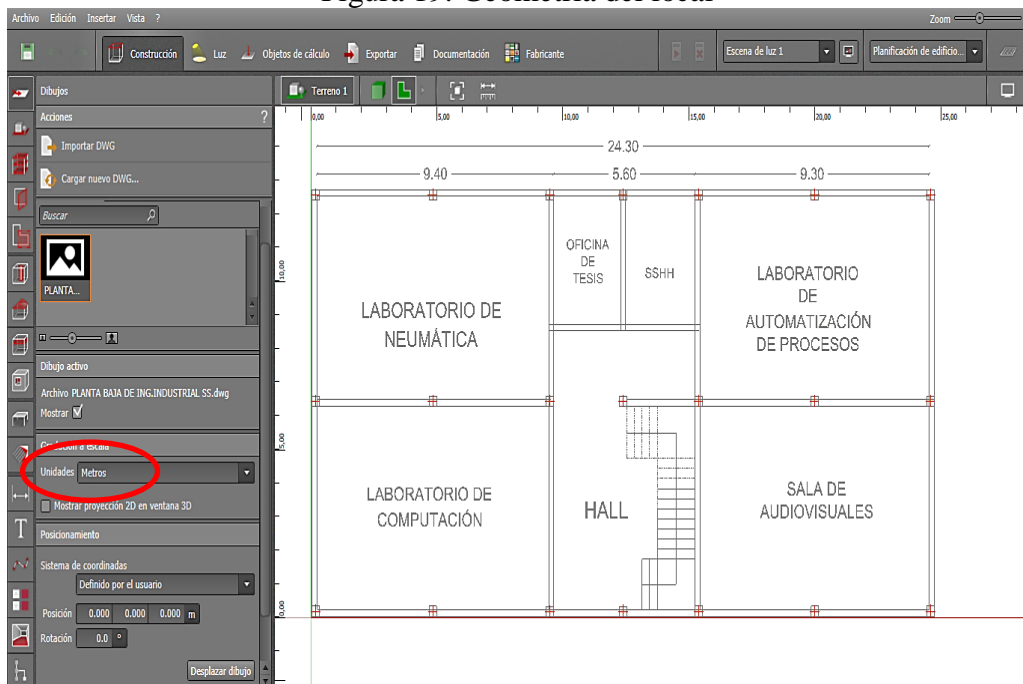
Figura 18. Importación del plano



Fuente. Software DIALUX EVO

- Al dar clic en la opción **abrir** en la figura anterior, se desprenderá el área de trabajo de DIALUX EVO, donde se mostrara insertado el archivo DWG que será la plantilla, antes de proceder con el diseño se cambiara el sistema de unidades en la que desearemos trabajar, en este caso lo dejaremos en metros.

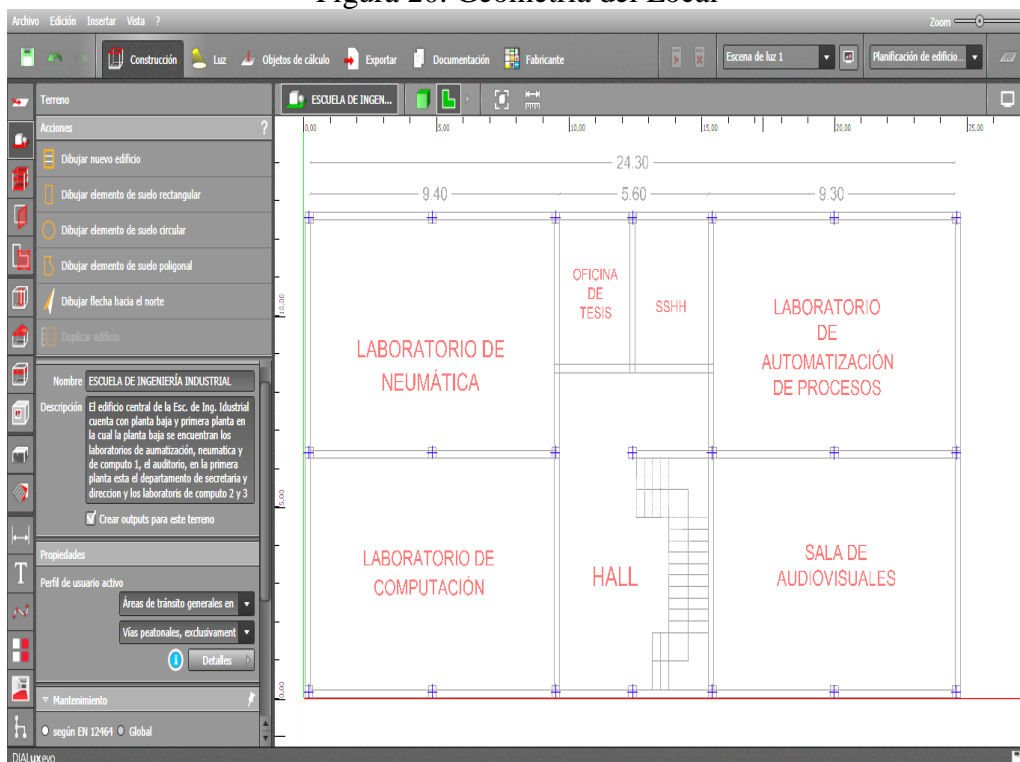
Figura 19. Geometría del local



Fuente. Software DIALUX EVO

4. En la barra de herramientas ubicada en la parte izquierda de la ventana de DIALUX EVO, nos ubicaremos en la opción **terreno** donde nos dará las opciones para la construcción de la geometría del local, como dibujar nuevo edificio, dibujar elemento de suelo rectangular son las que más utilizaremos para realizar la construcción. En propiedades cambiaremos los parámetros y llenaremos la información que nos solicita como el nombre del edificio en construcción, la descripción del edificio, las propiedades, el tipo de perfil del local, mantenimiento en este caso seleccionaremos la opción según UNE-EN 12464 -1.

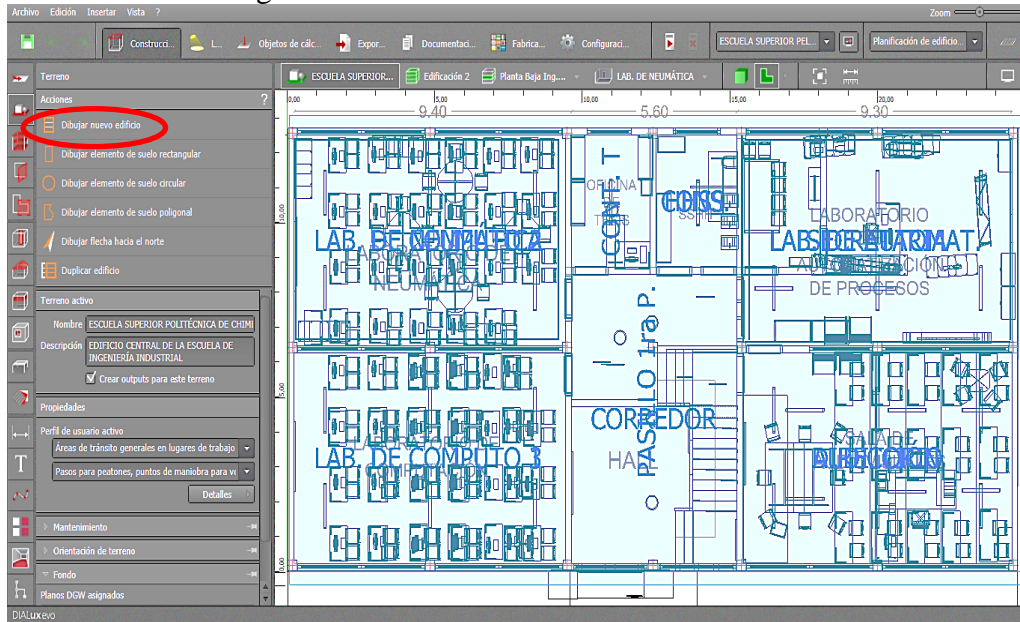
Figura 20. Geometría del Local



Fuente. Software DIALUX EVO

5. En primer instancia se construye el área circundante del edificio, para proceder a crear las divisiones del mismo, lo cual se dará clic en la herramienta **Dibujar nuevo edificio**, se despliega varias opciones como el número de pisos aquí pondremos dos pisos y la altura de cada pisos. Una vez llenada las especificaciones procedemos a seleccionar el contorno del edificio [clic izquierdo del mouse en las esquinas del contorno del edificio a construirse] en este caso del archivo DWG cargado a la ventana CAD del DIALUX EVO, para realizar este paso solo se dará clic en cada esquina del bosquejo como se muestra en la Figura 21.

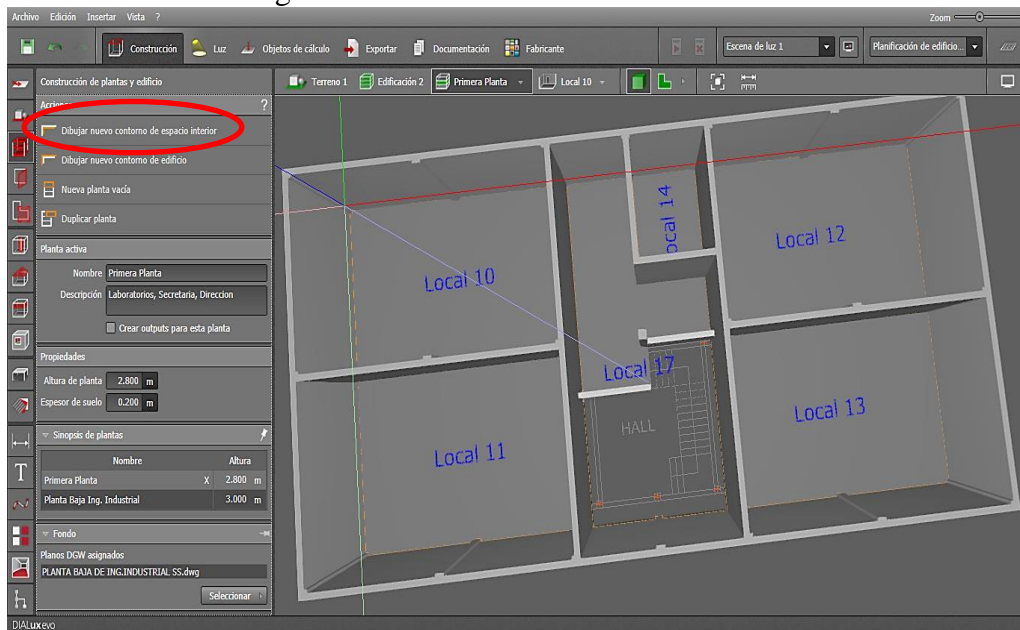
Figura 21. Construcción del área circundante



Fuente. Software DIALUX EVO

6. Ya trazado la geometría del local, se procede a construir las divisiones de la planta baja como de la primera planta, para realizar el trazado de las divisiones se selecciona la tercera herramienta **construcción de plantas y edificios**, se desprenderá varias opciones, para cual seleccionamos **dibujar nuevo contorno de espacio interior** y procedemos a seleccionar el los contornos de las áreas del edificio en construcción.

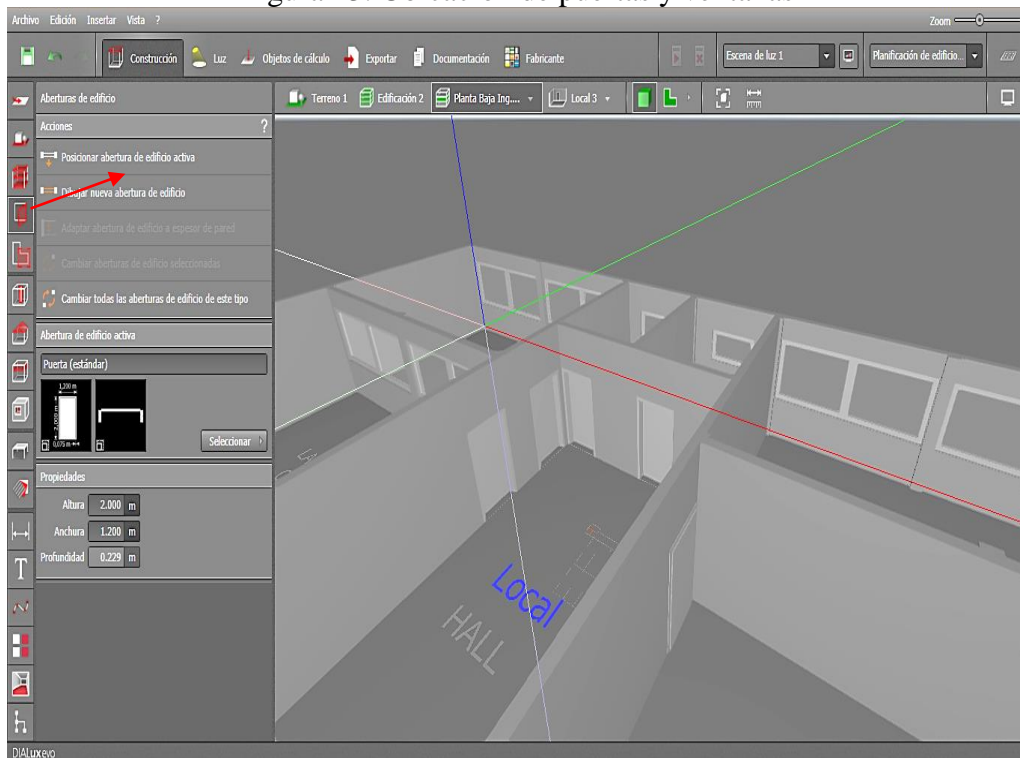
Figura 22. Diseño de las áreas del edificio



Fuente. Software DIALUX EVO

- Ya una vez realizado las divisiones de todas las áreas del edificio, se realiza las ubicaciones de puertas, ventanas. Para este proceso seleccionaremos la cuarta herramienta **abertura de edificio**, para elegir la puerta o ventana daremos clic en **seleccionar** se despejara una nueva ventana donde encontraremos varios modelos, seleccionaremos una de ellas y aparecerá en la ventana principal, sucesivamente escogeremos la opción **posicionar apertura de edificio activa** y ubicaremos las ventanas y puertas, en el parámetro **propiedades** cambiaremos las medidas indistintamente según las características de cada área de la Escuela de Ing. Industrial.

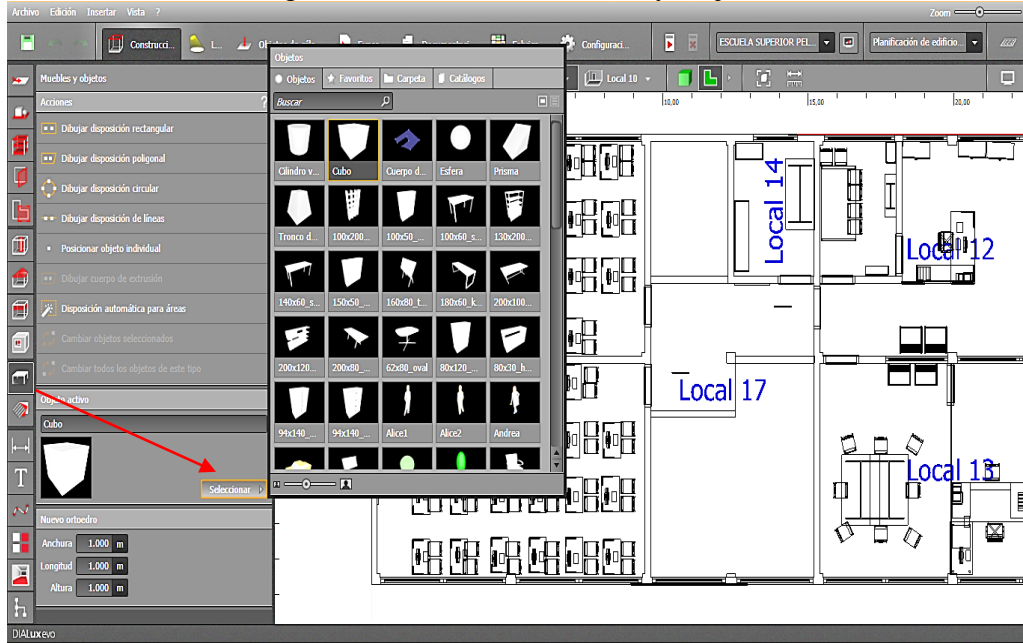
Figura 23. Ubicación de puertas y ventanas



Fuente. Software DIALUX EVO

- Luego de haber ubicado puertas y ventanas, ubicaremos los demás accesorios de cada área como es mesas, sillas, computadoras, etc. En este caso seleccionaremos la opción **muebles y objetos**, respectivamente daremos clic en **seleccionar** y se nos desprenderá una ventana que contendrán un catálogo de objetos que DIALUX EVO cuenta en su galería de objetos y accesorios, escogeremos los necesarios y ubicaremos en cada área, de igual forma aquí también se puede cambiar las medidas a cada objeto como crea conveniente.

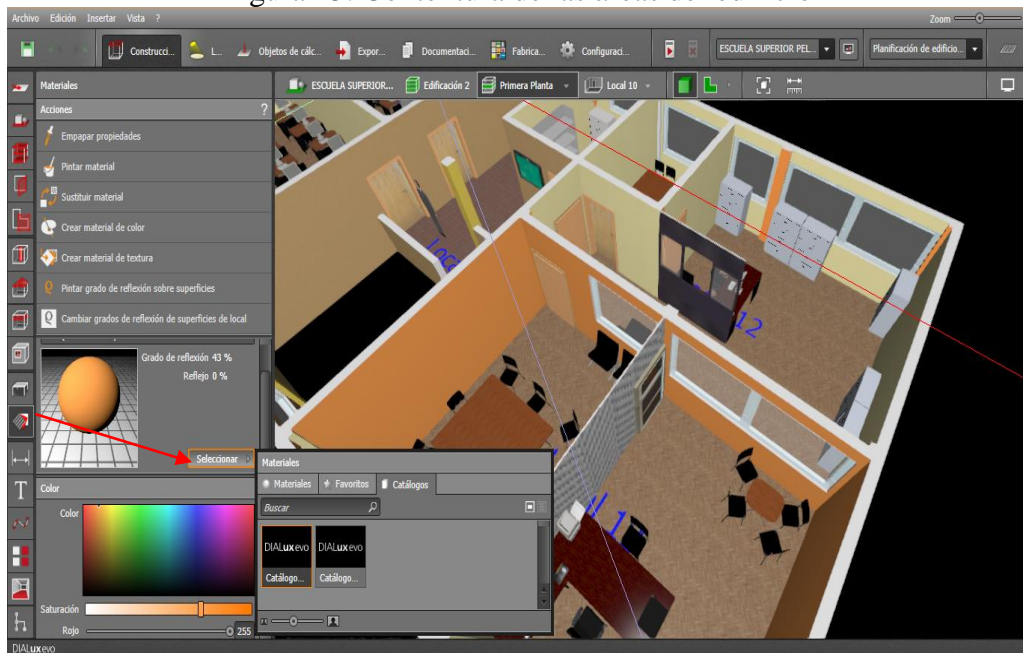
Figura 24. Ubicación Muebles y Objetos



Fuente. Software DIALUX EVO

9. Siguiendo con la definición de las características de las áreas, se procede a dar los colores de las paredes, techos, pisos, puertas, ventanas, etc. Para poner los colores seleccionamos la herramienta **materiales** luego daremos clic en **seleccionar** donde se desprende una ventana que muestra dos catálogos la primera muestra varias **texturas** y la segunda muestra varios **colores** que pueden ser modificados.

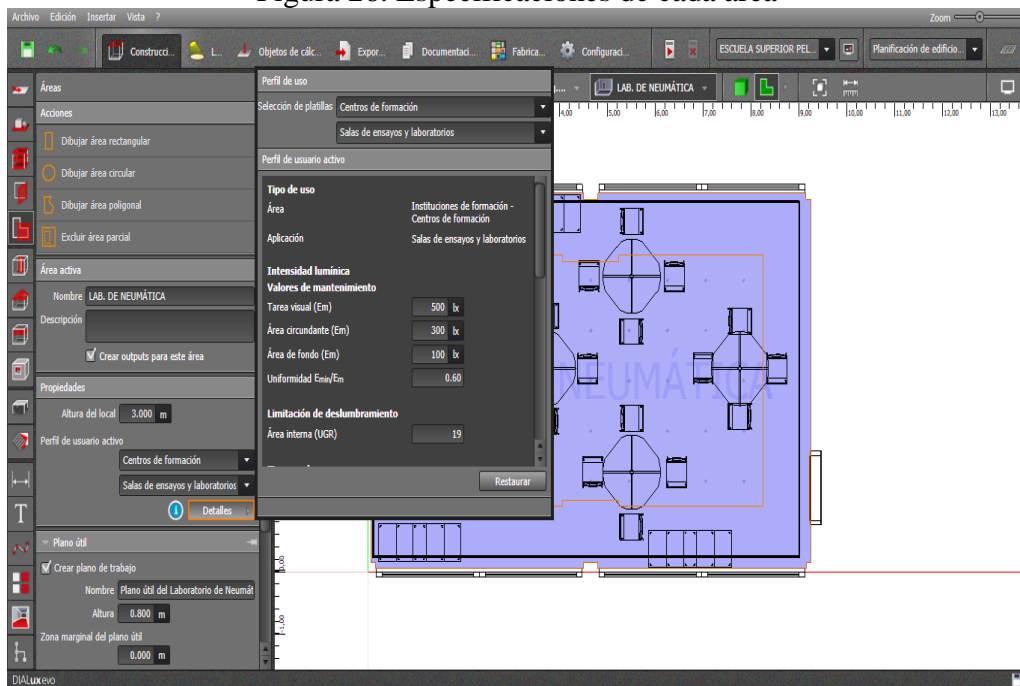
Figura 25. Contextura de las áreas del edificio



Fuente: Software DIALUX EVO

10. Antes de seleccionar la iluminaria se debe ubicar las características de cada área estas son el nombre, la descripción, el perfil del área aquí escogeremos el tipo del local en este caso será **centro de formación, aplicación sala de ensayos y laboratorios** que se asemeja más a las especificaciones del laboratorios de Neumática, así el analice el nivel de iluminación dependerá de las especificaciones de cada área. Para llevar a cabo, seleccionaremos la herramienta **Áreas**, se desprenda una ventana para ubicar las características luego de haber llenado si queremos ver los detalles y modificar daremos clic en detalles y aparecerá una nueva ventana con los detalles del mismo, para agregar las características de todo el oficio se deberá seleccionar indistintamente cada área.

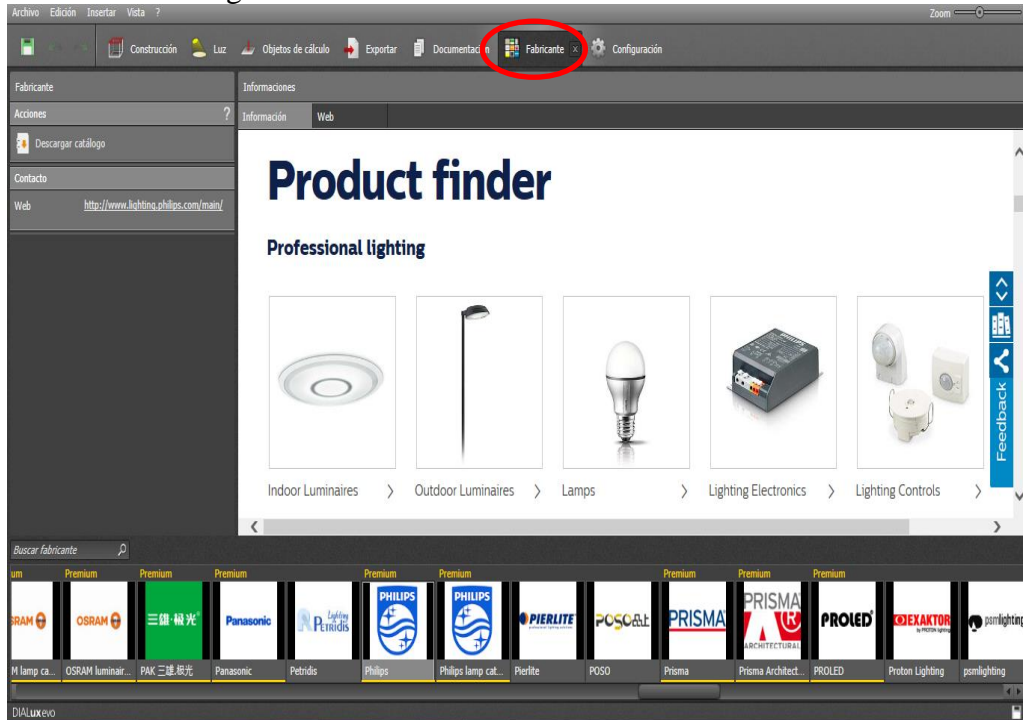
Figura 26. Especificaciones de cada área



Fuente: Software DIALUX EVO

11. Posteriormente; se procede a seleccionar la luminaria y por ende a cargarla al proyecto. La ventaja de DIALUX EVO, es un software que permite trabajar con varios fabricantes de iluminación, esto hace posible que podremos escoger una variedad de luminarias acatando el nivel de iluminación recomendada para cada área, según las especificaciones del mismo. Para cargar los catálogos de los fabricantes de iluminación, seleccionaremos la opción **Fabricantes**, se desprenderá una ventana donde cuenta con todos los fabricantes, a continuación se escoge uno de ellos, en este caso escogeremos SYVANIA y daremos clic en descargar catálogo.

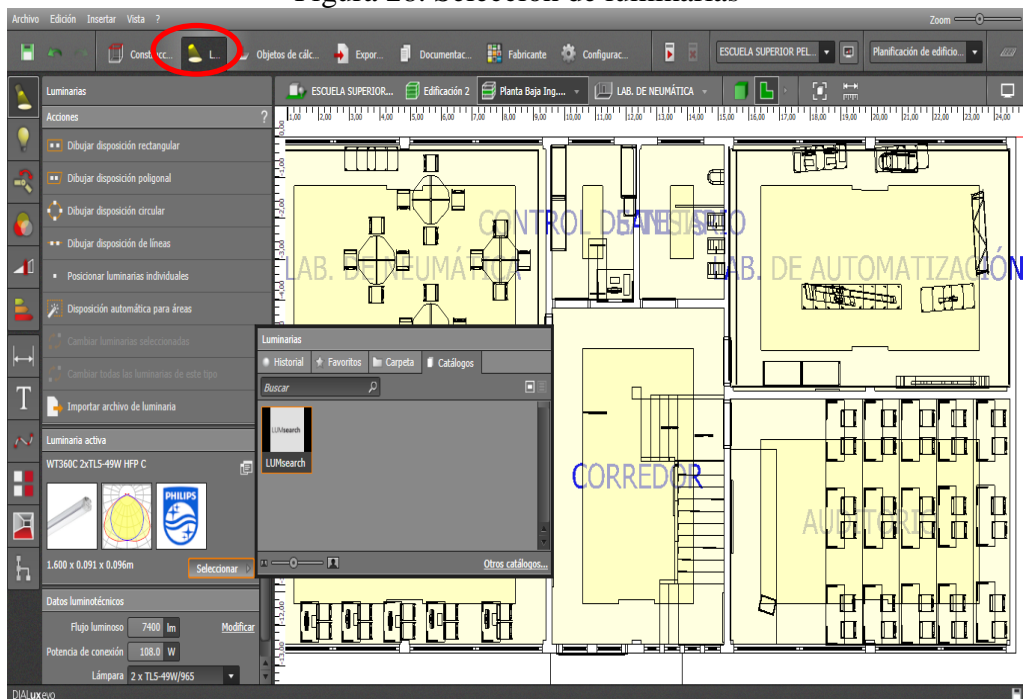
Figura 27. Selección del Fabricante de luminarias



Fuente. Software DIALUX

- Una vez cargado el catálogo se procede a escoger la luminaria dependiendo las especificaciones de las áreas. Para eso se seleccionara en la opción **LUZ** y posteriormente en **Seleccionar** y escogeremos el catálogo ya descargado.

Figura 28. Selección de luminarias



Fuente. Software DIALUX EVO

13. Para continuar con el proceso de selección de luminarias ya una vez que hemos dado clic en el catálogo, se desprenderá una nueva ventana donde especificaremos las características de las luminarias para los diferentes tipos de áreas del edificio de la Escuela de Ing. Industrial. Ya ubicado en la nueva ventana daremos varios clic en diferentes opciones, basándonos en este proyecto daremos la siguiente secuencia **Interior/De Superficie en Techo/Montaje en Superficie de Techo spot ancho**, se nos desplegará varias luminarias con sus características escogeremos una de ellas, de la misma forma daremos clic izquierdo en la figura de la lámpara.

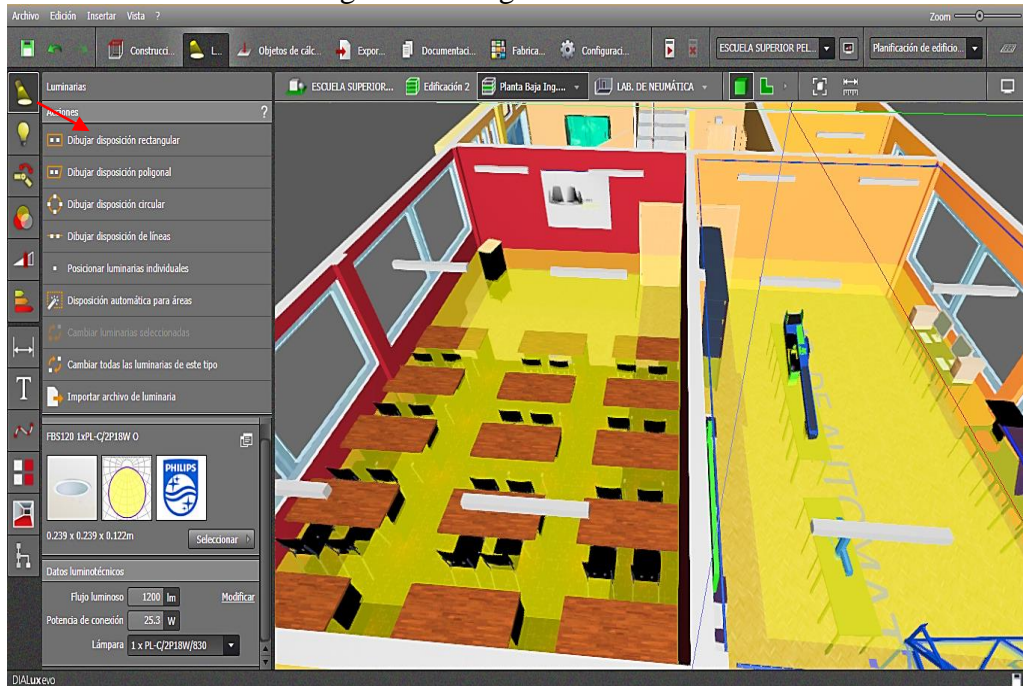
Figura 29. Selección de luminarias

Havells-Sylvania EQUILIBRO MPD 2x36W B2 PC 0058830 · Ceiling recessed · Compact fluorescent lamp		
Havells-Sylvania EQUILIBRO MPD 2x55W A2 0058834 · Ceiling recessed · Compact fluorescent lamp		
Havells-Sylvania EQUILIBRO 625x625 MPD 2x55W 1-10V A1 0058850 · Ceiling recessed · Compact fluorescent lamp		
Havells-Sylvania EQUILIBRO 625x625 MPD 2x36W B2 NC&PC 0058858 · Ceiling recessed · Compact fluorescent lamp		
Havells-Sylvania EQUILIBRO MPD 2x55W 1-10V A1		

Fuente. Software DIALUX EVO

14. Cuando se haya escogido las luminarias con las especificaciones que el proyecto lo requiere, se procederá a realizar la distribución dentro de cada área del edificio de la Escuela de Ingeniería Industrial. Para realizar la distribución de las luminarias, basándonos en este proyecto utilizaremos la opción **dibujar disposición rectangular**, esta opción permitirá que seleccionemos todo el contorno de las áreas indistintamente y la distribución sea uniforme en toda el área como se muestra en la figura 30. Si de otra forma solo se desea ubicar una luminaria se dará clic en **posicionar luminaria individual**, se recomienda probar cada una de las opciones para facilitar las instalaciones de las luminarias.

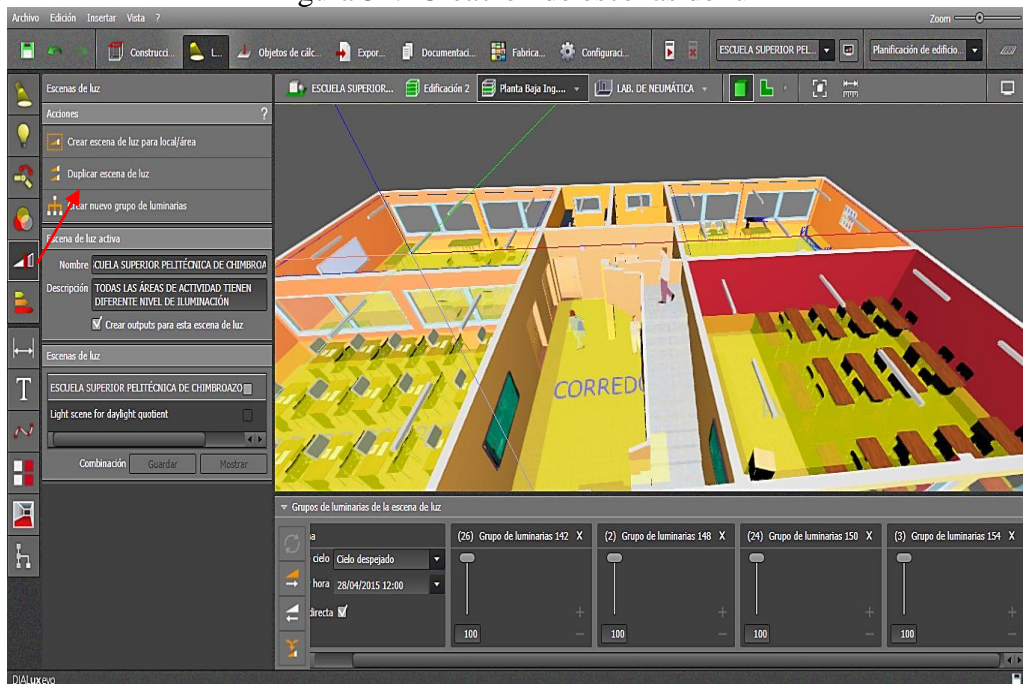
Figura 30. Carga de Luminarias



Fuente. Software DIALUX EVO

15. Después de haber colocado las luminarias en cada área, procederemos a crear las escenas de luz antes de realizar el cálculo. Iremos a la opción **escena de Luz** luego escogeremos la herramienta **crear escena de luz para local/área** e iremos creando en cada área.

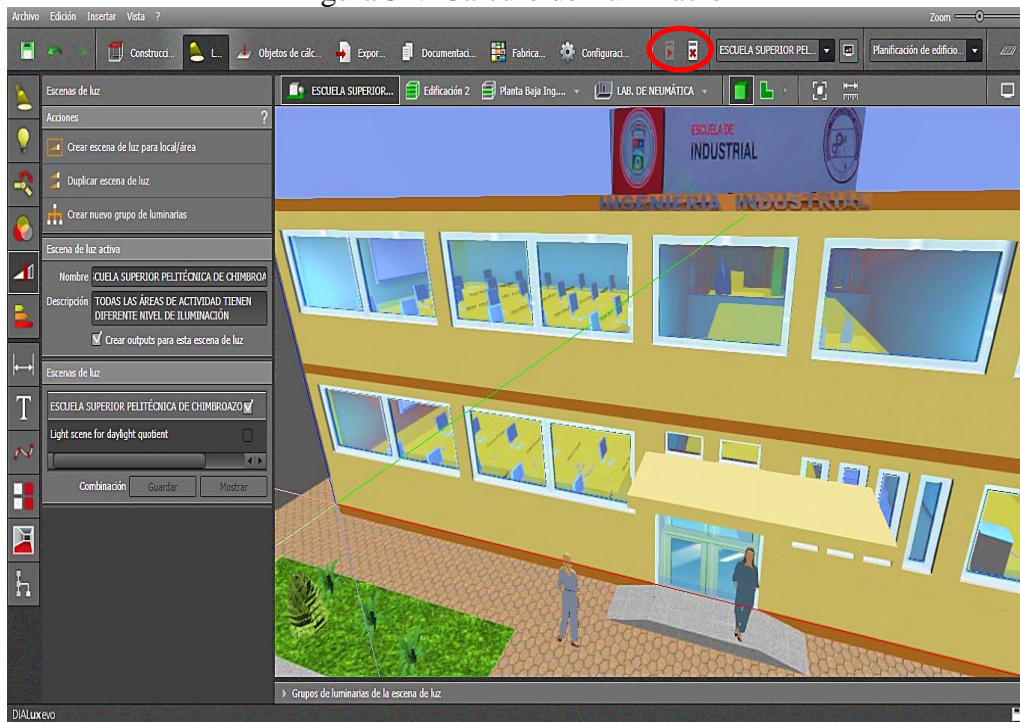
Figura 31. Creación de escenas de luz



Fuente: Software DIALUX EVO

16. Una vez realizado todos los parámetros para el análisis del nivel de iluminación procedemos a realizar el cálculo de iluminación. Para ello daremos clic en **Calculo** y esperamos por varios minutos a que análisis cada área del edificio de la Esc. de Ing. Industrial.

Figura 32. Calculo de iluminación



Fuente: Software DIALUX EVO

4.3.3 Resultados de los Cálculos de Iluminación. En el Software DIALUX EVO, se realizó el cálculo del nivel de iluminación del edificio de Ingeniería Industrial como ejemplo del manejo y funcionamiento del programa; utilizando las luminarias propuestas y colores de techo, paredes, pisos indicados, cumpliendo así con los estándares recomendados por las normativas vigentes en el país y sobre todo con la norma UNE-EN 12464-1 utilizada en el proyecto de investigación.

De la misma forma en que se desarrolló el análisis, utilizando los debidos parámetros que sugiere el proyecto de investigación se realizara para cada área de la Facultad de Mecánica, por la extensa documentación no se ha podido realizar el diseño y análisis de toda los laboratorios, talleres, y aulas.

ESCUELA DE INGENIERIA INDUSTRIAL

El edificio central de la Escuela de Ing. Industrial cuenta con Laboratorios como Automatización, Neumática, Computo 1, 2 y 3, también cuenta con el área de Secretaría y Dirección

Figura 33. Escuela de Ing. Industrial



Fuente: Software DIALUX EVO

4.3.3.1 Características de las luminarias utilizadas en el Edificio de la Escuela de Ing. Industrial.

Figura 34. Detalle de las luminarias

Número de unidades	Luminaria (Emisión de luz)		
7	Havells-Sylvania 0046189 SYL-LOUVER DO 236 A2 Emisión de luz 1 Lámpara: 2x36W T8 Grado de eficacia de funcionamiento: 63.94% Flujo luminoso de lámparas: 6700 lm Flujo luminoso de las luminarias: 4284 lm Potencia: 72.0 W Rendimiento lumínico: 59.5 lm/W		
49	Havells-Sylvania 0057901 Sportsbay _449 RAP.840 Emisión de luz 1 Lámpara: 4x49W T5 3000K Grado de eficacia de funcionamiento: 71.42% Flujo luminoso de lámparas: 16660 lm Flujo luminoso de las luminarias: 11899 lm Potencia: 220.0 W Rendimiento lumínico: 54.1 lm/W		
2	Philips Lighting MPK630 1xCDM-T70W P-D315 Emisión de luz 1 Lámpara: 1xCDM-T70W/830 Grado de eficacia de funcionamiento: 80.32% Flujo luminoso de lámparas: 6600 lm Flujo luminoso de las luminarias: 5301 lm Potencia: 85.0 W Rendimiento lumínico: 62.4 lm/W		

Fuente: Software DIALUX EVO

4.3.3.2 Análisis del laboratorio de Neumática.

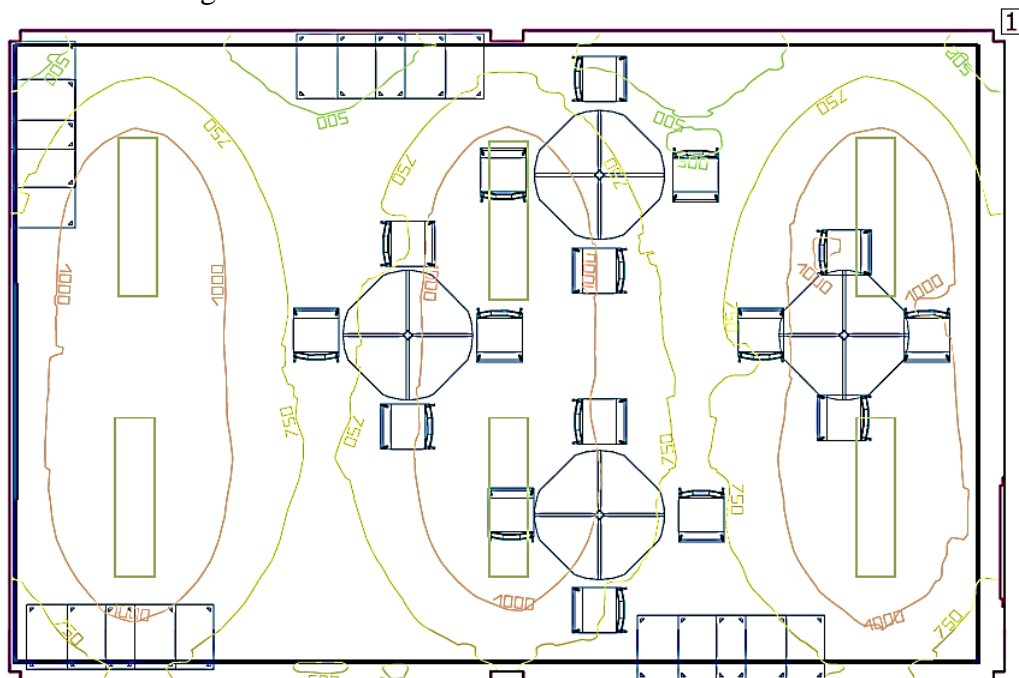
Figura 35. Vista tres dimensiones del laboratorio de Neumática



Fuente: Software DIALUX EVO

Intensidad Lumínica

Figura 36. Curvas Isolux del laboratorio de Neumática



Fuente: Software DIALUX EVO

Tabla 16. Resumen de plano útil del laboratorio de Neumática (m)

Altura del local: 3.000 m
Altura del plano útil: 0.800 m
Zona marginal: 0.000 m
Grado de reflexión:
Techo 84.4%
Paredes 41.8%
Suelo 18.5%
Factor de degradación: según EN12464.

Fuente: Software DIALUX EVO

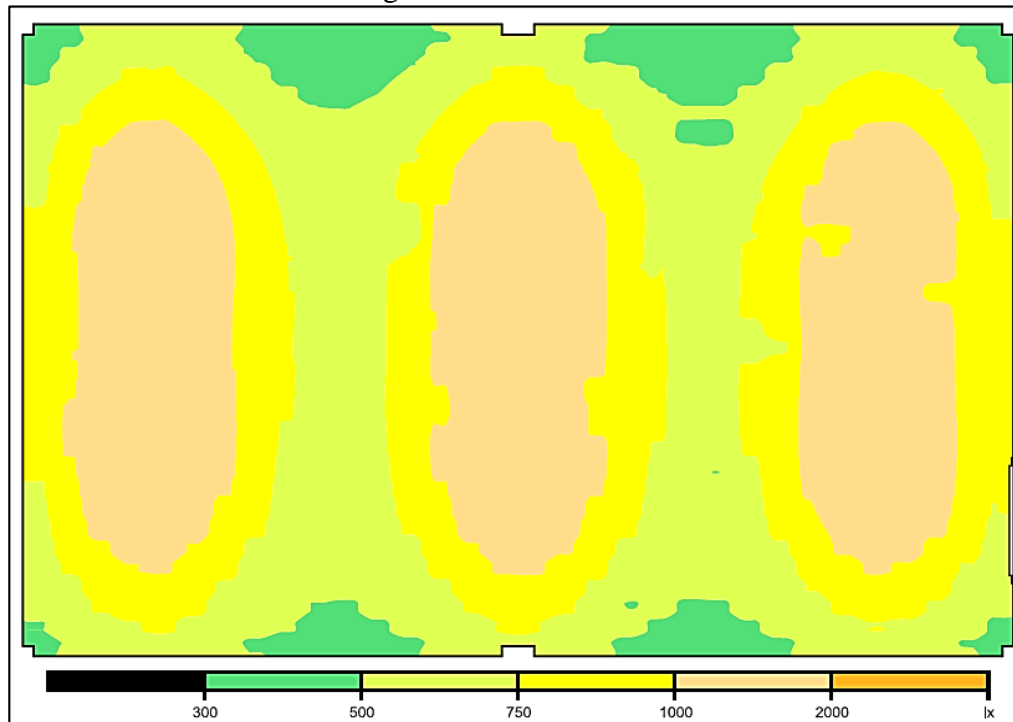
Tabla 17. Resumen de cálculo del laboratorio de Neumática

Superficie	laboratorio de Neumática
Resultado	Intensidad lumínica perpendicular
Nominal	(750) (lx)
Media	893 (lx)
Min	377 (lx)
Max	1000 (lx)
Uniformidad (Media/ nominal) =>0.7%	1.786

Fuente: Software DIALUX EVO

Colores falsos del plano útil del laboratorio de Neumática

Figura 37. Colores Falsos



Fuente: Software DIALUX EVO

Gráfico de valores del plano útil del laboratorio de Neumática

Figura 38. Valores medidos del Laboratorio De Neumática

439	692	609	433	424	572	707	483	404	493	667	611
588	916	809	560	530	771	966	663	509	652	907	805
677	1148	1001	655	627	935	1160	806	571	763	1129	991
761	1282	1115	711	641	1060	1311	866	654	855	1269	1099
782	1318	1149	750	676	1077	1361	857	683	885	1185	1164
779	1291	1125	757	742	1090	1207	899	696	883	1274	974
774	1283	1121	757	736	1060	1309	890	700	734	1260	1129
786	1316	1127	756	744	1039	1334	888	697	888	1257	1147
792	1361	1119	740	735	1098	1370	899	685	885	1317	1136
761	1303	1093	708	700	1038	1318	863	636	853	1257	1136
680	1128	948	638	627	903	1095	774	589	757	1086	989
597	917	783	562	554	767	933	624	518	645	898	811
482	701	642	477	464	604	733	539	438	531	701	643

Fuente: Software DIALUX EVO

4.3.3.3 Análisis del Auditorio de la Escuela de Ingeniería Industrial

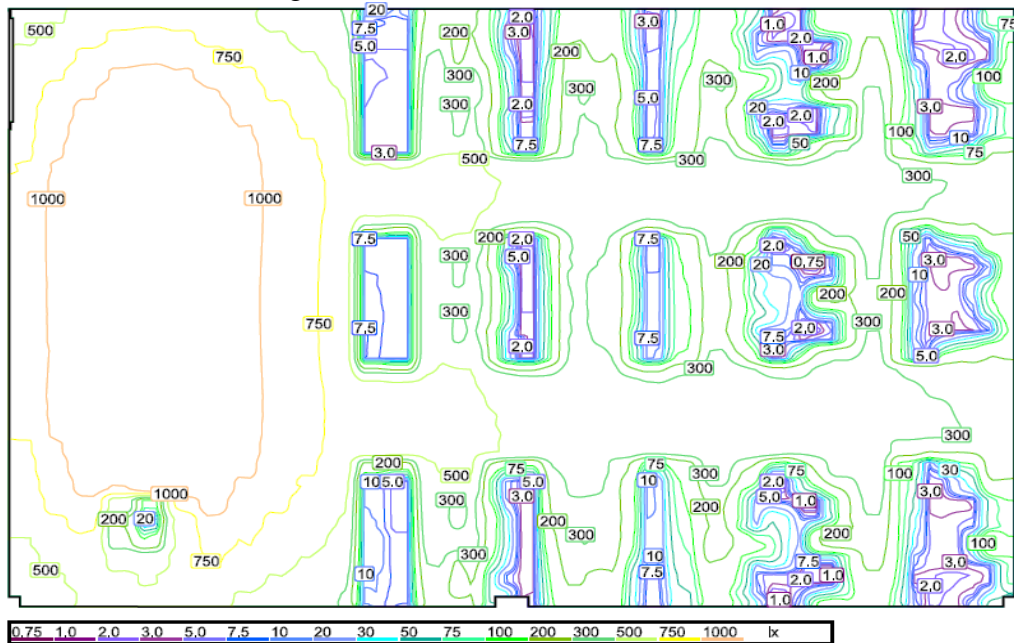
Figura 39. Vista tres dimensiones del Auditorio



Fuente: Software DIALUX EVO

Intensidad Lumínica

Figura 40. Curvas Isolux del Auditorio



Fuente: Software DIALUX EVO

Tabla 18. Resumen de plano útil del Auditorio (m)

Altura del local: 3.000 m,
Altura del plano útil: 0.800 m,
Zona marginal: 0.000 m
Grado de reflexión:
Techo 70.0%,
Paredes 9.1%,
Suelo 18.5%,
Factor de degradación: según EN12464

Fuente: Software DIALUX EVO

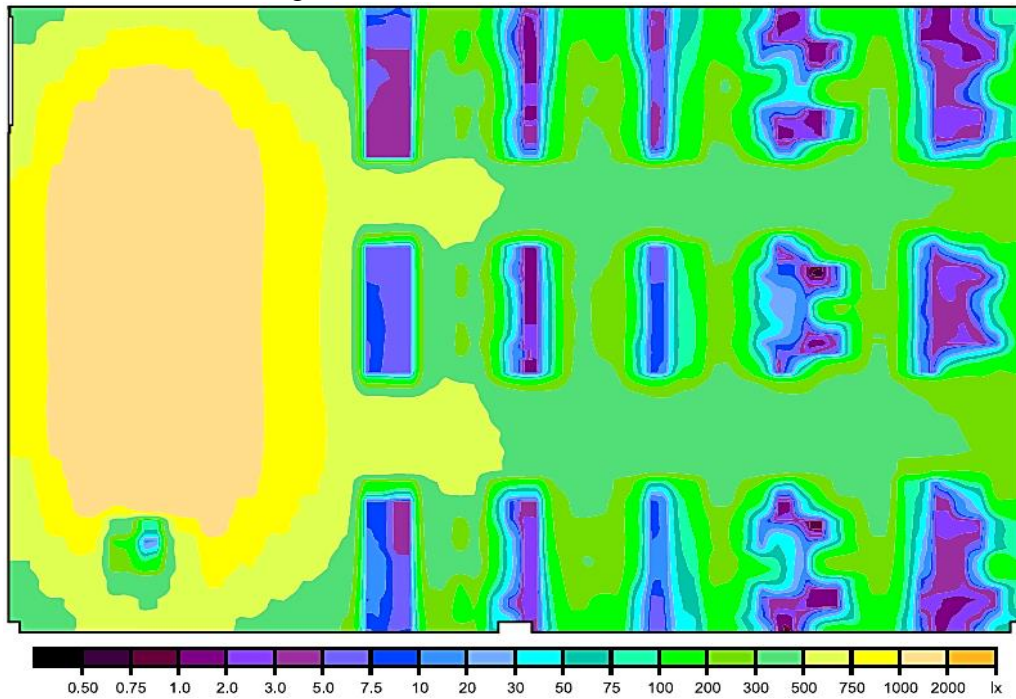
Tabla 19. Resumen de cálculo del Auditorio

Superficie	Plano útil del área de Auditoria
Resultado	Intensidad lumínica perpendicular
Nominal	(500)(lx)
Media	458 (lx)
Min	223 (lx)
Max	1616 (lx)
Uniformidad (Media/ nominal) =>0.7%	0.716

Fuente: Software DIALUX EVO

Colores falsos del Auditorio

Figura 41. Colores Falsos del Auditorio



Fuente: Software DIALUX EVO

Gráfico de valores del plano útil del Auditorio

Figura 41: Valores medidos del Auditorio

+599	+848	+644	+452	+5.5	+132	+203	+3.9	+80	+1.9	+39
+823	+1207	+881	+596	+3.5	+230	+253	+5.6	+178	+207	+78
+967	+1451	+1035	+717	+3.5	+230	+261	+5.0	+149	+25	+80
+1066	+1614	+1135	+792	+5.92	+514	+429	+3.97	+428	+376	+334
+1065	+1616	+1164	+768	+2.65	+368	+348	+2.30	+330	+309	+143
+1081	+1552	+1116	+761	+5.3	+223	+303	+7.0	+134	+4.4	+62
+1065	+1539	+1107	+754	+6.0	+241	+300	+8.9	+128	+36	+65
+1053	+1571	+1146	+753	+27	+253	+318	+47	+264	+281	+92
+1074	+1612	+1140	+790	+5.90	+501	+411	+3.71	+399	+360	+348
+1026	+1559	+1123	+777	+5.94	+517	+430	+3.44	+396	+356	+255
+837	+472	+968	+662	+3.8	+135	+298	+10	+100	+37	+68
+662	+129	+762	+529	+5.9	+185	+273	+11	+165	+207	+57
+483	+507	+559	+403	+6.5	+69	+196	+6.7	+76	+8.7	+23

Fuente: Software DIALUX EVO

4.3.3.4 Análisis del laboratorio de Computo I de la Escuela de Ingeniería Industrial

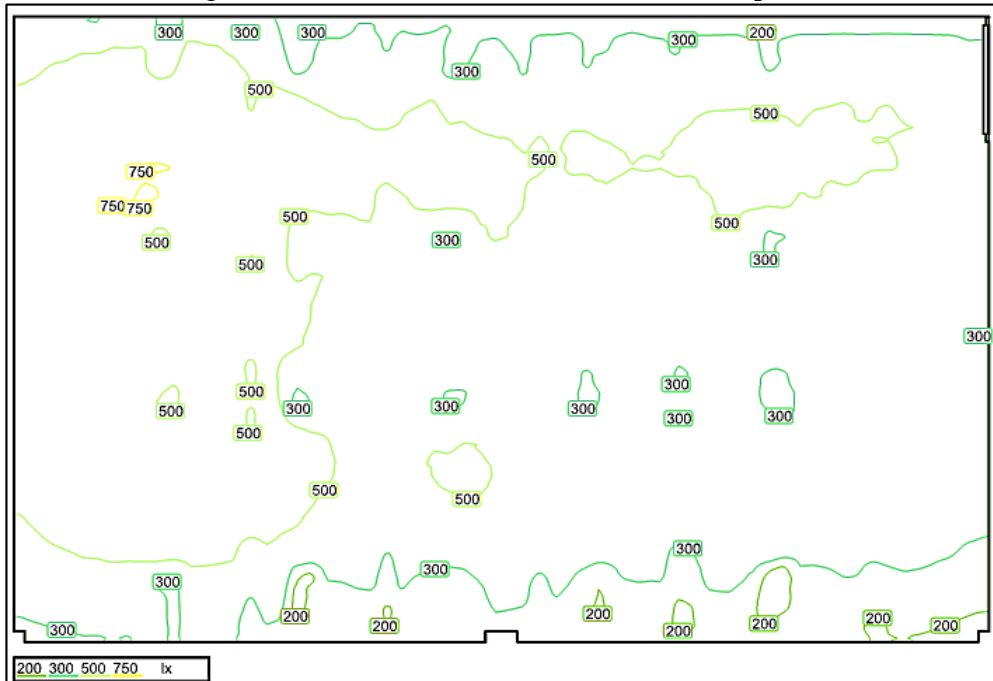
Figura 42. Vista tres dimensiones laboratorio de Computo I



Fuente: Software DIALUX EVO

Intensidad Lumínica

Figura 43. Curvas Isolux laboratorio de Computo I



Fuente: Software DIALUX EVO

Tabla 20. Resumen de plano útil lab. de Computo I (m)

Altura del local: 3.000 m
Altura del plano útil: 0.800 m
Zona marginal: 0.000 m
Grado de reflexión:
Techo 77.2%,
Paredes 41.3%,
Suelo 16.1%,
Factor de degradación: 0.80

Fuente: Software DIALUX EVO

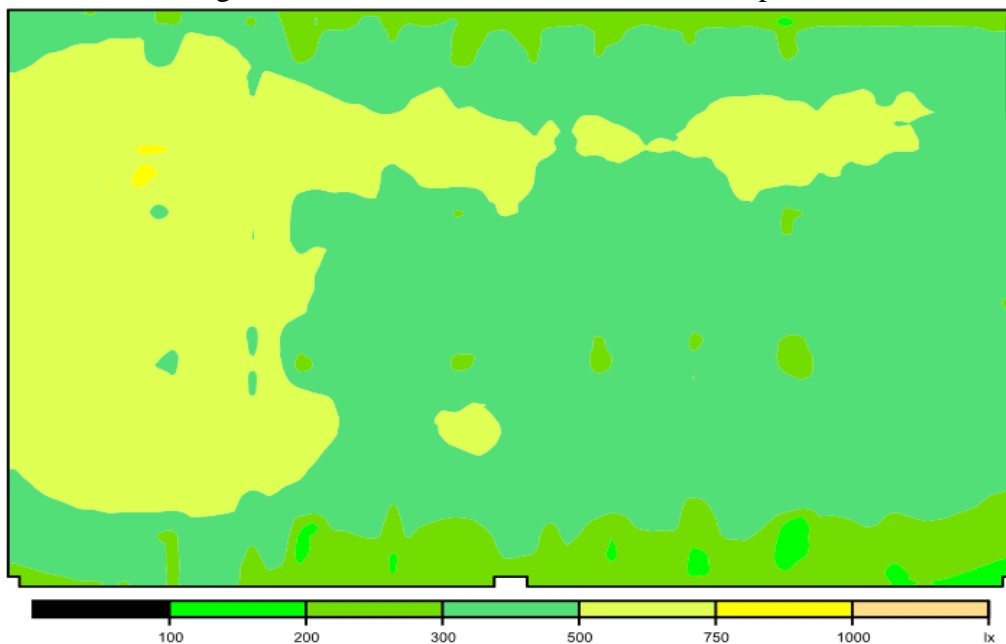
Tabla 21. Resumen de cálculo lab. de Computo I

Superficie	Lab. de Computo 1
Resultado	Intensidad lumínica perpendicular
Nominal	300 (lx)
Media	483 (lx)
Min	126 (lx)
Max	898 (lx)
Uniformidad (Media/ nominal) =>0.7%	1.61

Fuente: Software DIALUX EVO

Colores falsos de Computo I

Figura 44. Colores falsos laboratorio de Computo I



Fuente: Software DIALUX EVO

Gráfico de Valores del plano Útil de Computo I

Figura 45. Valores medidos laboratorio de Computo I

+409	+505	+453	+439	+278	+341	+283	+263	+286	+344	+368	+384	+425	+411
+532	+623	+654	+572	+495	+401	+457	+402	+455	+440	+484	+468	+481	+440
+602	+701	+726	+687	+564	+518	+529	+501	+512	+494	+532	+516	+511	+441
+627	+735	+743	+654	+569	+471	+526	+517	+484	+465	+533	+504	+467	+429
+619	+712	+549	+636	+349	+435	+311	+481	+365	+429	+481	+359	+423	+392
+587	+679	+693	+648	+511	+450	+469	+445	+406	+411	+434	+415	+392	+356
+573	+656	+674	+626	+492	+435	+456	+431	+387	+387	+404	+392	+373	+343
+580	+667	+518	+577	+373	+392	+354	+442	+273	+383	+419	+338	+368	+361
+580	+681	+664	+588	+498	+422	+471	+468	+416	+386	+440	+401	+384	+375
+569	+665	+683	+644	+530	+476	+505	+487	+446	+418	+455	+427	+427	+384
+502	+583	+606	+574	+467	+429	+468	+452	+417	+387	+419	+392	+385	+351
+406	+462	+367	+413	+204	+301	+258	+370	+279	+313	+335	+246	+281	+285
+302	+329	+286	+296	+255	+217	+267	+274	+224	+238	+245	+234	+212	+213

Fuente: SOFTWARE DIALUX EVO

CAPÍTULO V




5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Realizado el análisis del nivel actual de iluminación de los laboratorios, talleres y aulas de la Facultad de Mecánica – ESPOCH y verificado con los parámetros de establecidos en la norma UNE EN 12464-1, se determinó que el 45% cumple con el nivel óptimo de iluminación y el 70 % con la Uniformidad de intensidad luminosa.

De acuerdo al análisis y considerando variables específicas de los laboratorios, talleres y aulas, se establece las características que debe de poseer las luminarias como un estándar, para ser utilizadas en cada área que no cumpla con los parámetros de la norma vigente.

Tabla 22. Detalle de las características de luminarias estándares

Área	Descripción				
	Tipo de luminarias	Potencia (w)	Intensidad luminosa (lumen/m ²)	Vida útil (horas)	Imagen
Laboratorios	Fluorescente T8 -T5	32-54	1200-3200	20000 - 25000	
Talleres	Luminarias HID(Anta intensidad de descarga)	150- 250	3200-3400	15000- 20000	
Aulas	Fluorescente T8 -T5	32-54	1200-3200	1200-3200	

Fuente: Autor

Con del Software DIALUX EVO, se determinó las variables que influye para obtener el nivel correcto de iluminación: dimensiones, valor reflectaría de paredes, techo, suelo, tipo de luminaria, número de luminarias, distribución de las mismas y a su vez una simulación real de la evaluación del nivel de iluminación

5.2 Recomendaciones

Cambiar las luminarias en laboratorios, talleres y aulas que no cumplen con el nivel de iluminación adecuada para mejorar el confort visual y garantizar el mejor desarrollo de las actividades del personal que laboran en la Facultad de Mecánica – ESPOCH.

Para el cambio y mantenimiento de luminarias, considerar los parámetros estandarizados, junto con los procedimientos, registros e instructivos estipulados en el proyecto de investigación con el fin de mantener un nivel de iluminación adecuada.

Utilizar como herramienta de enseñanza el procedimiento del uso del software DIALUX EVO, detallado en el capítulo 4, y además emplear para diseño y análisis en las remodelaciones y nuevas construcciones de áreas destinadas para los laboratorios, talleres y aulas de la Facultad de Mecánica – ESPOCH.

BIBLIOGRAGÍA

- BOIX, Oriol. 2004.** Iluminación de Interiores. [En línea] Octubre de 2004. [Citado el: 20 de Septiembre de 2014.] <http://recursos.citcea.upc.edu/llum>.
- Comité técnico AEN/CTN. 2003.** Normativa UNE-EN_12464-1. ESPAÑA : AENOR, 2003, pág. 44.
- Confederación general del trabajo. 2012.** Guía para la realización de medidas de nivel de iluminación. Madrid- España : INSHT, 2012.
- Decreto Ejecutivo 2393. 1986.** Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente del trabajo. [aut. libro] Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social. Ecuador : s.n., 1986.
- Extech Instruments. 2010.** Manual de Usuario. Estados Unidos : Extech Instruments, 2010.
- FARRÁS, Juan. 2000.** Iluminación. [En línea] 2000. [Citado el: 02 de octubre de 2014.] www.sistemamid.com/download.php?a=4457.
- Instituto para la diversificación y ahorro de la Energía. 2001.** Guía técnica de eficiencia energética en Iluminación de centros docentes. Madrid : IDAE, 2001.
- Matriculados Electricos. 2012.** Iluminación. [En línea] 2012. <http://www.electricistas-matriculados.com/>.
- NTP211. 1989.** Iluminación de los centros de trabajo. España : s.n., 1989.
- RODRÍGUEZ, Patricia. 2014.** Efectos de la iluminacion inadecuada en la salud. [En línea] 2014. <http://elnacional.com.do/>.
- Secretaria del Trabajo y Previsión Social. 2008.** Condiciones de iluminación en los centros de trabajo. MEXICO : s.n., 2008, pág. 13.
- TIRAVANTI, Eduardo. 2013.** Eficiente Energetica. Iluminación industrial y/o comercial. [En línea] MARZO de 2013. www.stilar.net.