



**UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI  
UNIDAD DE POSGRADOS**

**TESIS EN OPCIÓN AL GRADO ACADÉMICO DE  
MAGISTER EN GESTION ENERGETICA**

**TITULO:**

**“EVALUACIÓN ENERGÉTICA DEL SISTEMA DE ILUMINACION DE INTERIORES DEL BLOQUE B DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI, 2013. DISEÑO DE UN SISTEMA EFICIENTE DE ALUMBRADO PARA INTERIORES BASADO EN TECNOLOGÍAS LED.”**

Autor: Ing. Alex Santiago Cevallos Carvajal

Tutor: Ing. MSc. Gabriel Hernández Ramírez

LATACUNGA – ECUADOR

Diciembre- 2013



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**UNIDAD DE POSGRADOS**  
**Latacunga - Ecuador**

**APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DEL GRADO**

En calidad de Miembros del tribunal de Grado aprueban el presente Informe en consideración de posgrados de la Universidad Técnica de Cotopaxi; por cuanto, el maestrante: Cevallos Carvajal Alex Santiago, con el título de tesis: **“Evaluación Energética del Sistema de Iluminación de Interiores del Bloque B de la Universidad Técnica de Cotopaxi, 2013. Diseño de un Sistema Eficiente de Alumbrado para Interiores Basado en Tecnologías LED”**, ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Defensa de Tesis.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga noviembre 2013

Para constancia firman:

.....

NOMBRES Y APELLIDOS

PRESIDENTE

.....

NOMBRES Y APELLIDOS

MIEMBRO

.....

NOMBRES Y APELLIDOS

PROFESIONAL EXTERNO

.....

NOMBRES Y APELLIDOS

OPOSITOR

## **AVAL DEL DIRECTOR DE TESIS**

Latacunga, noviembre del 2013

En mi calidad de Director de Tesis presentada por el Ing. Cevallos Carvajal Alex Santiago, Egresado de la Maestría en Gestión de Energías, previa a la obtención del mencionado grado académico, cuyo título es **“Evaluación Energética del Sistema de Iluminación de Interiores del Bloque B de la Universidad Técnica de Cotopaxi, 2013. Diseño de un Sistema Eficiente de Alumbrado para Interiores Basado en Tecnologías LED”**.

Considero que dicho trabajo reúne trabajo requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del tribunal examinador.

Atentamente,

Msc. Gabriel Hernández Ramírez

**DIRECTOR DE TESIS**

## **AUTORIA**

Yo, Alex Santiago Cevallos Carvajal, portador del número cédula 0502530447, declaro que la presente Tesis de Grado, es fruto de mi esfuerzo, responsabilidad y disciplina, logrando que los objetivos propuestos se culminen con éxito.

Atentamente,

Alex Santiago Cevallos Carvajal

C.I. 0502530447

## AGRADECIMIENTO

Al finalizar un trabajo tan arduo y lleno de dificultades como el desarrollo de una tesis de Maestría, agradezco primeramente a Dios por darme la oportunidad de culminar con un peldaño más en mi vida, a mis padres Carlos y Antonieta por el apoyo de día a día para superarme profesionalmente y por compartir conmigo momentos felices y tristes.

A mis hermanos Marcela y Gustavo por haberme dado fuerza, valor, consejos que me han ayudado a afrontar los retos que se me han presentado a lo largo de mi vida.

Quiero agradecer a mi tutor, Gabriel Hernández Ramírez, amigo desde que se empezó este reto, por haberme facilitado siempre los medios suficientes para llevar a cabo todas las actividades propuestas durante el desarrollo de esta tesis.

A mis cuñados Fausto y Ana María por su apoyo incondicional en el transcurso de mi carrera universitaria, y por demostrarme que siempre podré contar con ellos.

A mi novia Jessica Alexandra Cortés, sin duda alguna por haberme demostrado su infinito amor, corrigiendo mis faltas y celebrando mis triunfos. Dándome su apoyo incondicional para terminar con este trabajo.

Santiago

## **DEDICATORIA**

Este trabajo previo a la obtención al título de Máster en Gestión de Energías, está dedicado a mis sobrinos Daniela, Esteban, Mishell y Luiggi. Para futuros caminos por recorrer y demostrarles que con esfuerzo y dedicación todo es posible.

También a mis padres Carlos y Antonieta, a mis hermanos Marcela y Gustavo, a mis cuñados Fausto y Ana María y a toda mi familia por permitirme haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional, porque creyeron en mí y me apoyaron para salir adelante, dándome ejemplos dignos de superación y entrega, porque gracias a ellos, hoy puedo ver alcanzada mi meta, ya que siempre estuvieron impulsándome en los momentos más difíciles de mi carrera, y por el orgullo que sienten por mí. Va por ustedes, por lo que valen, porque admiro su fortaleza y por lo que han hecho de mí.

Dedicado a mi primo Mauricio Auz, por estar ahí siempre y compartir momentos alegres y tristes de mi vida.

Santiago

## **CERTIFICACIÓN DE CREDITOS QUE AVALAN LA TESIS**

**UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI**  
**UNIDAD DE POSGRADOS**

**TITULO: “EVALUACIÓN ENERGÉTICA DEL SISTEMA DE ILUMINACION DE INTERIORES DEL BLOQUE B DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI, 2013. DISEÑO DE UN SISTEMA EFICIENTE DE ALUMBRADO PARA INTERIORES BASADO EN TECNOLOGÍAS LED.”**

**Autor:** Ing. Cevallos Carvajal, Alex Santiago

**RESUMEN**

Se presentan los resultados de la evaluación energética del sistema de iluminación de interiores de la universidad Técnica de Cotopaxi, Bloque B 2013 con lámparas fluorescentes de mercurio. Las mediciones de intensidad luminosa, flujo luminoso, los cálculos uniformidad y rendimiento luminoso en los diferentes puntos de luz arrojaron como resultado insuficiencias en el confort visual, bajos niveles de iluminación según las normas INEN y excesivos consumos energéticos por encendido innecesario de las luminarias. Se realizó un análisis de prefactibilidad para la sustitución del sistema de alumbrado actual en interiores por uno más eficiente. El análisis de los costos revela la existencia de pérdidas económicas por concepto de consumo excesivo de energía y disminución de la vida útil de las luminarias tradicionales. Se propone el diseño de un sistema más eficiente de alumbrado para interiores basado en tecnologías LEDs tubos fluorescentes T8 de 58 W fáciles de instalar, que no requieren mantenimiento, con un control inteligente de encendido y apagado que minimiza los tiempos de uso innecesarios, elevado flujo y uniformidad luminosos, mayor confort visual y eficacia en el alumbrado de interiores con ahorros de energía en 70-80 % en comparación con el sistema actual.



**UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI**

**UNIDAD DE POSGRADOS**

Topic: "ENERGY RATING SYSTEM LIGHTING INSIDE BLOCK B OF THE TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI, 2013. EFFICIENT DESIGN SYSTEM BASED INDOOR LIGHTING LED TECHNOLOGY. "

**Author: Ing. Alex Santiago Cevallos Carvajal**

**ABSTRACT**

We present the results of the energy evaluation inside lighting system at the Technical University of Cotopaxi, Block B 2013. With mercury fluorescent lamps. Measurements of light intensity, luminous flux, calculations and light output uniformity in the different points of light thrown shortfalls resulting visual comfort, low light levels as INEN standards and excessive energy consumption per start unnecessary luminaires. We conducted a feasibility analysis for replacing the current lighting system with a more efficient interior. The cost analysis reveals economic losses for an excessive energy consumption and decrease the useful life of traditional luminaires. We propose the design of a more efficient system for inside lighting based on LED technology based T8 fluorescent tubes of 58 W and 13 W easy to install, it does not require maintenance, with an intelligent control that minimizes on-off times use unnecessary high luminous flux and uniformity, visual comfort and effectiveness indoor lighting energy savings of 70-80% in comparison with the current system.

## ÍNDICE

PORTADA.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DEL GRADO.....	II
AVAL DEL DIRECTOR DE TESIS.....	III
AUTORIA.....	IV
AGRADECIMIENTO.....	V
DEDICATORIA.....	VI
CERTIFICACIÓN DE CREDITOS QUE AVALAN LA TESIS.....	VII
RESUMEN.....	VIII
ÍNDICE.....	XI
INTRODUCCION.....	1
CAPITULO I: EL PROBLEMA.....	3
1.1 EL PROBLEMA.....	3
1.2 FORMULACION DEL PROBLEMA.....	8
1.3 JUSTIFICACION Y SIGNIFICACION.....	8
1.4 HIPÓTESIS.....	9
1.5 OBJETIVOS.....	9
1.5.1OBJETIVO GENERAL.....	9
1.5.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	9
1.6 ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN.....	10
1.7 CONCLUSIONES DEL CAPITULO.....	10
CAPITULO II: MARCO TEORICO.....	11
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	11
2.2 CATEGORIAS FUNDAMENTALES.....	13
2.3 OBJETO DE LA INVESTIGACIÓN.....	13

2.4 FUNDAMENTO TEORICO .....	14
2.4.1 ILUMINACIÓN INTERIORES .....	14
2.4.2 LÁMPARAS LED PARA ILUMINACIÓN INTERIOR.....	15
2.4.3 LAMPARAS GENERALIDADES.....	18
2.4.4 LÁMPARAS FLUORESCENTES TUBULARES.....	21
2.4.5 COLORES .....	23
2.4.6 APLICACIONES .....	24
2.4.7 CLASIFICACIÓN .....	26
2.4.8 DIMENSIONES.....	26
2.5 SISTEMA DE TELEGESTIÓN PARA ALUMBRADO DE EXTERIORES E INTERIORES. ....	28
2.6 METODOLOGÍA PARA EL CÁLCULO DE ILUMINACIÓN.....	30
2.6.1 MÉTODOS DE ALUMBRADO .....	30
2.6.2 NIVELES DE ILUMINACIÓN RECOMENDADOS .....	31
2.7 METODO DE CÁLCULO .....	33
2.7.1 MÉTODO DE LOS LÚMENES.....	33
2.7.2 MÉTODO DEL PUNTO POR PUNTO .....	34
2.7.3 CÁLCULO DE LA COMPONENTE DIRECTA EN UN PUNTO.....	35
2.8 GLOSARIO DE TERMINOS.....	39
2.9 MARCO LEGAL.....	40
2.10 CONCLUSIÓN DEL CAPITULO .....	42
CAPITULO III METODOLOGIA .....	43
3.1.DISEÑO DE LA INVESTIGACION .....	43
3.2 MODALIDADES DE INVESTIGACIÓN .....	43
3.2.1 DE CAMPO .....	43
3.2.2 BIBLIOGRÁFICA DOCUMENTAL.....	44

3.2.3 DE INTERVENCIÓN SOCIAL .....	44
3.3 MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN .....	45
3.3.1 EXPLORATORIO .....	45
3.3.2 DESCRIPTIVO.....	45
3.3.3 OBSERVACIÓN .....	45
3.3.4 SIMULACIÓN.....	45
3.4 POBLACIÓN Y MUESTRA.....	46
3.5 DELIMITACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO .....	47
3.6 OPERACIONALIZACION DE LAS VARIABLES.....	48
3.7.1 ENCUESTAS.....	50
3.7.2 MEDICIONES .....	50
3.7.3 ENTREVISTA.....	52
3.7.4 VALIDEZ Y CONFIABILIDAD .....	52
3.7.5 PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN .....	53
3.8 SIMULACION DE ILUMINACIÓN .....	53
3.9 EQUIPOS UTILIZADOS .....	62
3.10 MEDICIONES DE NIVELES MEDIOS DE ILUMINACIÓN (LUX). ....	64
3.10.1 DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO DE MEDICIÓN.....	64
3.11 CONCLUSIONES DEL CAPITULO.....	65
CAPITULO IV: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS .....	66
4.1 ENCUESTA.....	66
4.2 RESULTADO DE LA EVALUACIÓN DE LA ILUMINACIÓN ACTUAL EN LA UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI BLOQUE B.....	71
4.3 ANALISIS ENERGETICO ACTUAL DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN .....	80
4.3.1 PROBLEMAS QUE AFECTAN LA EFICIENCIA DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN.....	81

4.4 CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO.....	81
CAPITULO V: PROPUESTA .....	83
5.1 TÍTULO DE LA PROPUESTA.....	83
5.2 JUSTIFICACIÓN DE LA PROPUESTA.....	83
5.3 OBJETIVO DE LA PROPUESTA .....	84
5.4 ESTRUCTURA DE LA PROPUESTA .....	84
5.5 DESARROLLO DE LA PROPUESTA.....	84
5.5.1 SISTEMAS DE CONTROL AUTÓNOMOS.....	85
5.5.1.1 DISPOSITIVOS DE CONTROL.....	85
5.5.1.2 CONTROL AUTOMÁTICO.....	85
5.5.1.3 CONTROL DE ILUMINACIÓN. ....	86
5.6 SISTEMAS DE CONTROL DE GESTIÓN EN GRUPOS DE RED .....	89
5.7 ESTRATEGIAS PARA AHORRAR ENERGÍA .....	90
5.8 TECNOLOGIA LED .....	91
5.9 DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO EN LA INSTALACIONES DE LA UTC	92
5.10 VALORACION ENERGÉTICA .....	94
5.11 COSTO DEL SOFTWARE , TELEGESTION Y LUMINARIAS .....	102
5.12 VALORACIÓN DE LA PROPUESTA.....	102
5.13 CONCLUSIONES DEL CAPITULO.....	103
5.14 CONCLUSIONES GENERALES.....	104
5.15 RECOMENDACIONES .....	105
BIBLIOGRAFÍA .....	106

\_Toc374910788

## INDICE DE FIGURAS

FIGURA N°1: LUMINARIA LED.....	12
FIGURA N°2: LUMINARIA FLUORESCENTE T8 LA UTC .....	14
FIGURA N°3: DIODO LED.....	16
FIGURA N°4: CUADRO AHORRO DE ENERGÍA.....	16
FIGURA N°5: TIPOS DE ILUMINACIÓN DE INTERIORES .....	17
FIGURA N°6: EVOLUCIÓN DE LAS LÁMPARAS .....	19
FIGURA N°7: LAMPARAS INCANDESCENTES. ....	20
FIGURA N°8: LAMPARAS FLUORESCENTES.....	20
FIGURA N° 9: ELEMENTOS DE LA LÁMPARA FLUORESCENTE TUBULAR.....	22
FIGURA N°10: ESTRUCTURA DEL FLUORESCENTE.....	22
FIGURA N°11: COLORES Y TEMPERATURAS .....	24
FIGURA N°12: APLICACIÓN DE COLORES FRÍOS .....	25
FIGURA N°13: APLICACIÓN DE COLORES INTERMEDIOS .....	25
CUADRO N°14: APLICACIÓN DE COLORES CÁLIDOS .....	26
FIGURA N°15: RENDIMIENTO Y MANTENIMIENTO.....	27
FIGURA N°16: INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA .....	27
FIGURA N°17: SISTEMA DE TELE GESTIÓN, SISTEMA INTELIGENTE..	29
FIGURA N°18: ALUMBRADO GENERAL, ALUMBRADO GENERAL LOCALIZADO Y ALUMBRADO LOCALIZADO .....	30
FIGURA N°19: EJEMPLOS DE DISTRIBUCIÓN DE LUMINARIAS EN ALUMBRADO GENERAL .....	30
FIGURA N°20: ALUMBRADO GENERAL LOCALIZADO .....	31
FIGURA N°21: CALCULO DEL VALOR MEDIO DE ILUMINACIÓN .....	33
FIGURA N°22: SEPARACIÓN ENTRE LUMINARIAS .....	34

FIGURA N°23: MÉTODO PUNTO POR PUNTO.....	34
FIGURA N°24: FUENTES DE LUZ PUNTUAL.....	35
FIGURA N°25: FUENTES DE LUZ LINEAL .....	37
FIGURA N°26: FUENTES DE ILUMINACION HORIZONTAL .....	38
FIGURA N°27: EDIFICIO DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI .....	43
FIGURA N°28: TOMA DE DATOS CON LUXÓMETRO EN LA UTC.....	44
FIGURA N°29: PANTALLA DE BIENVENIDA DEL SISTEMA DIALUX....	54
FIGURA N°30: INGRESO DE INFORMACIÓN PARA EL USO DE DIALUX .....	55
FIGURA N°31: SIMULACIÓN LUMINARIAS 58W MERCURIO T8.....	55
.....	56
FIGURA N°32: SIMULACIÓN LUMINARIAS 58W MERCURIO T8.....	56
FIGURA N°33: SIMULACIÓN DE LUMINARIAS EXISTENTES 58W FLUORESCENTE T8.....	56
FIGURA N°34: SIMULACIÓN DE LUMINARIAS EXISTENTES 58W FLUORESCENTE T8.....	57
FIGURA N°35: SIMULACIÓN DE LUMINARIAS EXISTENTES 58W DE MERCURIO T8 .....	58
FIGURA N°36: SIMULACIÓN DE LUMINARIAS PROPUESTA LED T8 13W .....	59
FIGURA N°37: SIMULACIÓN DE LUMINARIAS PROPUESTA LED T8 13W .....	59
FIGURA N°38: SIMULACIÓN DE LUMINARIAS PROPUESTA LED T8 13W .....	60
FIGURA N°39: SIMULACIÓN DE LUMINARIAS PROPUESTA LED T8 13W .....	60

FIGURA N°40: SIMULACIÓN DE LUMINARIAS PROPUESTA LED T8 13W .....	61
FIGURA N°41: LUXÓMETRO AEMC SERIE 810 .....	62
FIGURA N°42: GPS – TRIMBLE .....	62
FIGURA N°43: LOCALES CON DOS O MÁS FILAS DE LUMINARIAS.....	64
FIGURA N44°: IMPLEMENTAR UN SISTEMA INTELIGENTE DE ILUMINACIÓN.....	67
FIGURA N°45: EVALUACION DEL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DESMEDIDO EN EL HORARIO DE 17H30 – 23H00.....	68
FIGURA N°46: CONOCIMIENTO OTROS SISTEMAS DE ILUMINACION	69
FIGURA N°47: CONOCIMIENTO SOBRE AHORRO DE ENERGÍA CON LUMINARIAS LED.....	70
FIGURA N°48: CONOCIMIENTO SOBRE IMPACTO AMBIENTAL CON LUMINARIAS LED.....	71
FIGURA N°49: LUMINARIA FLUORESCENTE T8 DEL BLOQUE B UTC..	72
FIGURA N°50: MEDICIONES DE LUMINARIAS LEDS .....	75
FIGURA N°51: CONSUMO ENERGÍA CONTROL.....	80
FIGURA N° 52 TOPOLOGÍA EN ESTRELLA .....	90

## **INDICE DE CUADROS**

CUADRO NO 1: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LEDS .....	18
CUADRO N°2: DIMENSIONES DE FLUORESCENTES .....	26
CUADRO N°3: ILUMINACIÓN RECOMENDADA SEGÚN LA ACTIVIDAD Y EL TIPO .....	32
CUADRO N°4. VEEI MÁXIMO PARA ZONAS DE NO REPRESENTACION .....	40
CUADRO N°5 . VEEI MÁXIMO PARA ZONAS DE REPRESENTACION....	41

CUADRO NO.6: VARIABLE INDEPENDIENTE: .....	48
CUADRO N°7: VARIABLE DEPENDIENTE:.....	50
CUADRO N°8 CARACTERÍSTICA DEL LUXÓMETRO .....	51
CUADRO N°9 ESPECIFICACIONES DEL LUXOMETRO.....	52
CUADRO N°10: TABULACIÓN PREGUNTA I.....	66
CUADRO N°11: TABULACIÓN DE LA PREGUNTA 2 .....	67
CUADRO N°12: TABULACIÓN DE LA PREGUNTA 3 .....	68
.....	69
CUADRO N°13: TABULACIÓN DE LA PREGUNTA 4 .....	69
CUADRO N°14: TABULACIÓN DE LA PREGUNTA 5 .....	70
CUADRO N°15: RESULTADOS LUMINARIA FLUORESCENTE 58W T ....	74
CUADRO N°16: RESULTADOS LUMINARIA LED 13W T8 .....	76
CUADRO N°17: RESULTADOS LUMINARIA LED 13W T8 .....	77
CUADRO N°18: COMPARACION POR LUMINARIA.....	78
CUADRO N°19: COMPARACIÓN ENTRE FLUORESCENTES Y LEDS .....	79
CUADRO N°20: LUMINARIA ACTUAL/ FLUORECENTES .....	94
CUADRO N°21: LUMINARIA LED.....	95
CUADRO N°22: BENEFICIOS DE LAS LUMINARIAS LEDS .....	97
CUADRO N°23: INVERSION INICIAL LED .....	98
CUADRO N° 24: VALORACIÓN ECONÓMICA GLOBAL DE LA PROPUESTA DE ILUMINACIÓN CON LUMINARIAS LED .....	99
CUADRO N°25: VALORACIÓN ENERGÉTICA PISO 1, BLOQUE B UTC	100
CUADRO N°26: VALORACIÓN ENERGÉTICA PISO 2, BLOQUE B UTC	100
CUADRO N° 27: VALORACIÓN ENERGÉTICA PISO 3, BLOQUE B UTC .....	101
CUADRO N°28: VALORACIÓN ENERGÉTICA PISO 4, BLOQUE B UTC	101

CUADRO N°29: COSTO SOFTWARE, TELEGESTION Y LUMINARIAS.. 102

## INDICE FÓRMULAS

FORMULA N°1: CONSUMO ENERGÉTICO .....	18
FORMULA N°2: ENERGÍA .....	35
FORMULA N°3: COMPONENTES DE LA ILUMINACIA .....	36
FORMULA N°4: COMPONENTES DE LA ILUMINACIA .....	36
FORMULA N°5: COMPONENTES DE LA ILUMINACIA .....	36
FORMULA N°6: COMPONENTES DE LA ILUMINACIA .....	36
FORMULA N°7: COMPONENTES DE LA ILUMINACIA .....	37
FORMULA N°8: COMPONENTES DE LA ILUMINACIA .....	37
FORMULA N°9: INTENSIDAD .....	37
FORMULA N°10: ILUMINACIÓN DE UNA ZONA POR CADA 100 LUX...	41
FORMULA N° 11: CALCULO DE LA MUESTRA.....	46
FÓRMULA N° 12: ILUMINACIÓN MEDIA DEL AULA.....	64

## INTRODUCCION

La presente investigación tiene por objeto evaluar el sistema de iluminación de interiores del Bloque B de la Universidad Técnica de Cotopaxi, el cual en la actualidad utiliza luminarias fluorescentes de 58W; se plantea el diseño de un sistema eficiente de alumbrado para interiores basado en tecnología Led (Light Emitting Diode)<sup>1</sup>; mismas que poseen alta eficiencia lumínica, significan un ahorro de energía y además reducen el impacto ambiental negativo.

En cuanto a la estructura de la tesis, se encuentra de la siguiente manera:

En el Capítulo I, se estudia el problema de investigación, se formaliza la contextualización a los niveles macro, meso y micro; se establece el objeto y campo de investigación; la justificación y se exponen los objetivos.

En el Capítulo II, se presenta el marco teórico, antecedentes investigativos en los que figuran resoluciones y definiciones del problema planteado en esta investigación; la contextualización, fundamentos teóricos con sus respectivas orientaciones, que corresponden con los principios de iluminación que ya existen y las nuevas alternativas.

En el Capítulo III, se muestra la metodología para realizar la investigación, el enfoque metodológico, la modalidad, los tipos de investigación y se presenta el análisis de las encuestas y entrevistas realizadas a población o universo.

En el Capítulo IV, se muestra el análisis de la información obtenida por los instrumentos que se utilizaron para la recolección, a través de tablas y gráficos estadísticos elaborados con dicha información.

---

<sup>1</sup> ARRIETA W., CAMPOS E. (2012)

En el Capítulo V, se presenta un diseño de sistema de iluminación alternativo para los interiores del Bloque B de la UTC, también llamado propuesta, el cual soluciona el problema planteado.

## **CAPITULO I: EL PROBLEMA**

El presente capítulo estudia el problema de investigación, se formaliza la contextualización a los niveles macro, meso y micro; se establece el objeto y campo de investigación; la justificación y se exponen los objetivos.

### **1.1 EL PROBLEMA**

La experiencia en muchos países es que existe un gran crecimiento de la demanda energética, que impone enormes presiones de costos a las compañías de servicios de energía para realizar inversiones adicionales en instalaciones de generación, transmisión y distribución de la energía, así como también considerables presiones ambientales. Adicionalmente, ante el rápido crecimiento de la demanda de energía, diversas organizaciones están implementando programas dirigidos a aumentar la eficiencia en el uso energético y buscando alternativas, limitando así el crecimiento en la demanda.

Mientras que en los países desarrollados el índice de intensidad energética, ó índice para la medición del consumo de energía, comienza a disminuir, en la mayoría de los países en vías de desarrollo sigue en aumento. Los países en desarrollo (principalmente EE.UU. Japón y algunos de Europa) a partir del año 1973 tomaron una serie de medidas en relación al ahorro energético, unas como medidas normativas obligatorias y otras medidas menos obligatorias.

La energía, al igual que otro recurso, puede gerenciarse. Entendiéndose por gerencia un concepto más amplio que el simple ahorro de energía, ya que involucra el uso correcto de la energía y permite su planificación.

El concepto de iluminación es el valor intrínseco de todo proyecto arquitectónico. La luz da vida a la obra y es, en cierta medida, el pincel al alcance del arquitecto. Estas ideas, que parecerían mera retórica, son una realidad que influye en el confort que se puede construir a partir de un adecuado manejo de la

iluminación, y en el que uno de los retos principales ha sido igualar la calidad de la luz artificial con la natural, teniendo en cuenta el efecto invernadero; fenómeno natural que evita que una parte del calor del sol deje la atmósfera produciendo justo el mismo efecto que en un invernadero. Gases como el vapor de agua, el dióxido de carbono y el metano, permiten a las radiaciones infrarrojas, emitidas por el sol, quedar atrapadas en la atmósfera y evitan que no escapen al espacio manteniendo la temperatura media del planeta. Es un mecanismo de autorregulación de la temperatura propio de la tierra y que ha permitido que la vida se desarrolle tal y como es hoy en día.<sup>2</sup>

Según la ONU, durante las tres últimas décadas las emisiones de gases de efecto invernadero aumentaron a una media anual de 1,6%, evidenciado en un incremento sobre el suministro de energía y transporte. En España el 80% de la energía que utiliza proviene de combustibles fósiles, y casi toda es importada. Es claro que se debe convertir en una prioridad a las políticas encaminadas a gestionar nuestros recursos energéticos y la búsqueda y aplicación de energías alternativas para reducir las emisiones de gases contaminantes: de otro modo, y de seguir con esta tendencia, los cambios sobre el clima serán irreversibles y las consecuencias sobre la vida del planeta irreparables.

Pero las consideraciones estéticas no han sido el único ni el principal motivo de las transformaciones en este campo. Lo son también las exigencias de calidad de los productos y materiales, y una apremiante necesidad de elevar la eficiencia en el uso de la energía eléctrica, un recurso natural no renovable, escaso, caro de producir y fuente de contaminación y deterioro ambiental.

Se debe tener en cuenta que la forma de obtención de la energía eléctrica es la que contamina por medio de las centrales termoeléctricas que producen energía eléctrica a partir de la energía liberada en forma de calor, normalmente por la combustión de combustibles fósiles como petróleo, gas natural o carbón; centrales

---

<sup>2</sup>HERNANDEZ E. (2001)  
<http://bloc.mabosch.info/wcontent/uploads/2012/09/1.5.1%20EFECTO%20INVERNADERO.pdf>

nucleares y también por la transmisión de flujo eléctrico que genera campos de energía electromagnética que causa interferencia y radiación leve.<sup>3</sup>

**Lo barato sale caro.** "En el campo de las edificaciones, la iluminación se instala casi al final de la obra, cuando los recursos del presupuesto están a punto de tocar fondo. Éste es un factor que ocasiona que, al momento de escoger el equipo y materiales, el criterio del precio prevalezca sobre el de calidad". Resolver de esa manera la instalación del sistema de iluminación sólo confirma, con el paso del tiempo, que lo barato sale caro. Ante la escasez de presupuesto, el constructor supera su problema inmediato y opta por productos de regular calidad y mediana eficiencia, aunque con el uso del inmueble se compruebe que la parte más cara de este servicio no es su costo de instalación, sino el consumo que genere.

**Las nuevas tendencias.** En los últimos años varios países están promoviendo medidas a favor del ahorro energético a base de sustituir las tradicionales bombillas incandescentes. El primer país que anunció que prohibirá este tipo de lámparas fue Australia. Se sustituyeron las bombillas incandescentes por las de bajo consumo, ya que en el 2010 se prohibió su uso en todo el país. Pero no es el primer país que toma medidas similares. En el 2010 en Ecuador que mantiene una posición de vanguardia en América Latina en el área de la iluminación, pues a pesar de que las nuevas tecnologías llegan con cierto retraso de países avanzados, es ejemplo en el desarrollo de programas para promover la iluminación eficiente, con la Revolución Energética promovida por el presidente de república, un programa muy exitosos en materia de sustitución de bombillas incandescentes por lámparas fluorescentes compactas, en el sector residencial, se han tomado como modelo en naciones de Centro y Sudamérica. En Venezuela, entre los proyectos incluidos dentro de la Misión Revolución Energética, se encuentra la sustitución de bombillas incandescentes por lo que llaman “bombillos ahorradores”.

---

<sup>3</sup> APPA (2010)

En la aplicación de tecnología de punta en edificios nuevos, Ecuador está dando los primeros pasos; sin embargo, mantiene un rezago considerable en instalaciones viejas que se deben atacar a la brevedad. "En Estados Unidos, quizá por el tamaño de las empresas o de su mercado mucho más grande que el europeo, lo que se ha buscado es generar una eficiencia extraordinaria, con productos técnicamente muy buenos, pero a costa de sacrificar la función estética, que es un aspecto que normalmente no se cuida en ese país. "El concepto europeo procura otra combinación: hacer una luminaria no sólo funcionalmente adecuada sino estéticamente atractiva, eficiente. Desde el momento en que hay ingeniería detrás de ella. En consecuencia, el valor adicional de la tendencia europea es considerar este equipo como un elemento arquitectónico que cumpla una función estética, aún a plena luz del día."

Debido al avance de la tecnología, en el Ecuador se presenta la necesidad de desarrollar edificios bajo el concepto de 'edificios inteligentes', es decir, edificios en donde exista realmente una verdadera integración de las distintas tecnologías disponibles, para prestar así una amplia gama de servicios y ventajas. El concepto de 'edificio inteligente es novedoso tanto en el edificio de la Universidad Técnica de Cotopaxi en el Bloque B, como en el mundo entero, y ha empezado a desarrollarse mundialmente de una forma bastante dinámica, e inclusive recientemente se ha notado cierto interés en su estandarización.

Desde siempre, y con mayor razón en la actualidad, lo ideal es que todo diseño arquitectónico favorezca el máximo aprovechamiento de la luz natural y adicione sistemas de iluminación eficientes, lo cual en buena medida depende del presupuesto disponible.

Un edificio inteligente es aquel que proporciona a su ocupante (usuarios y administradores) un ambiente de trabajo productivo y costo eficiente a través de la óptima interrelación de 4 elementos básicos. Estructura, sistema, servicios y

administración de recursos, que por lo tanto debe ofrecer como mínimo a sus usuarios.<sup>4</sup>

Actualmente, la Universidad Técnica de Cotopaxi, Bloque B cuenta con tres edificios con diferentes carreras profesionales que incluyen aulas, talleres y laboratorios que utilizan 364.306.50 Kw por hora por año dando un costo anual de consumo solo en luminarias de \$20.036,86. (Capítulo 5.Cuadro N°20)

Uno de los principales problemas es que las luminarias internas se dejan encendidas en horas en las que no es necesario su uso, por el cual se dan los altos consumos de energía eléctrica como se puede observar posteriormente en el Capítulo 4. Figura N° 54.

La crisis energética es un problema que a todos nos afecta, un ejemplo de esto es el aumento de sus costos de la energía eléctrica.

Es por esto que desde un tiempo a esta parte ha surgido un gran interés por buscar alternativas que permitan reducir costos, y para esto pueden existir dos caminos, el primero es usar de forma eficiente y consciente la energía, a través de dispositivos eléctricos y electrónicos, aplicando medidas de ahorro como apagar las luces que no se están utilizando, práctica que no se da por la falta de cultura de los usuarios. El segundo camino es utilizar algún tipo de energía alternativa disponible de forma natural (solar, eólica, mareomotriz, geotérmica, etc.) y que pueda ser aprovechada para convertirla en energía eléctrica; que por la ubicación del campus politécnico no es factible.

Pues bien, el problema que aquí se plantea esta dado por el elevado consumo de energía eléctrica que se produce con las lámparas fluorescentes actuales y su mal aprovechamiento en el bloque B, de la Universidad Técnica Cotopaxi en las horas

---

<sup>4</sup> SYSTIMAX SOLUTIONS. COMMSCOP (2007)

[http://www.anixtersoluciones.com/documentos/pdf/2008\\_IBIS\\_ES.pdf](http://www.anixtersoluciones.com/documentos/pdf/2008_IBIS_ES.pdf).

de la tarde y noche, lo que hace necesario buscar y analizar una forma alternativa técnicamente factible y económicamente viable que permita reducir el consumo y los costos por este concepto.

## **1.2 FORMULACION DEL PROBLEMA**

El sistema actual de iluminación del Bloque B de la Universidad Técnica del Cotopaxi utiliza tubos fluorescentes de 58W, lo que causa mayor consumo energético comparado con el que habría con los tubos LED de 13W, además de pérdidas económicas por concepto de consumo innecesario de energía, baja eficiencia lumínica que incide directamente en el confort de educandos y educadores. (Capítulo 5)

## **1.3 JUSTIFICACION Y SIGNIFICACION**

La iluminación con LEDs, es la nueva forma de iluminar con la máxima eficiencia energética conocida en la actualidad, llegando a ser un 50% más eficiente que los tubos fluorescentes. Los tubos LED están sustituyendo rápidamente a los tubos fluorescentes convencionales en la mayoría de aplicaciones gracias a su mejor eficiencia energética<sup>5</sup>

El rendimiento energético de los LED han superado a todas las fuentes tradicionales de iluminación de interiores. Este tubo encaja directamente en las pantallas de fluorescentes estándar ofreciendo una luz LED blanca de alta calidad comparable a la luz fluorescente tradicional, y aportando los beneficios implícitos de la tecnología LED: Larga vida, bajo consumo y alta eficiencia energética, libre de mercurio y contaminantes evitando las necesidades actuales de reciclaje de fluorescentes, luz sin molestos destellos ni zumbidos, encendido instantáneo y temperatura de trabajo fría. Además las instalaciones con estos tubos están libres de mantenimiento. Se plantea que el tubo de LEDS ahorra hasta un 75% de energía eléctrica comparado con los fluorescentes tradicionales y está

---

<sup>5</sup> IWASAKI (2003).

especialmente recomendado en aquellas aplicaciones donde la luz tiene que permanecer encendida permanentemente o durante largos periodos de tiempo como en pasillos, ascensores, escaleras, almacenes o en lugares remotos, asegurando un funcionamiento sin fallo.

## **1.4 HIPÓTESIS**

Al evaluar el sistema de iluminación de interiores actual en el Bloque B de la Universidad Técnica de Cotopaxi y especificar sus falencias, entonces será posible plantear un diseño de un sistema de iluminación eficiente y efectivo, proponiendo nuevas tecnologías de iluminación inteligente.

## **1.5 OBJETIVOS**

### **1.5.1 OBJETIVO GENERAL**

- Medir los niveles de iluminación de las áreas internas de la Universidad Técnica de Cotopaxi bloque B y compáralos con las normas Ecuatorianas<sup>6</sup>. (Capítulo II. Marco Teórico - Marco Legal)

### **1.5.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Analizar la situación energética del sistema de iluminación actual de interiores del campus universitario de Universidad Técnica de Cotopaxi del bloque B.
- Realizar un proyecto para sustituir el sistema de iluminación actual por un sistema basado en tecnología LED que permita mejorar el confort visual y la flexibilidad de la iluminación y ahorrar energía, manteniendo los niveles

---

<sup>6</sup> INEN 2009. INEN  
<https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.2506.2009.pdf>

requeridos por las normas del Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN).

## **1.6 ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN**

La realización del presente estudio y su aplicación es factible por:

1.- El ahorro económico que se observó es significativo (Capítulo 4. Cuadro N°20).

2.- La disponibilidad tecnológica que se propone existe en el mercado eléctrico, y garantiza un eficiente sistema de iluminación de interiores.

## **1.7 CONCLUSIONES DEL CAPITULO**

Se estableció el problema de la presente investigación, se presenta la justificación, hipótesis y objetivos.

## **CAPITULO II: MARCO TEORICO**

En el presente capítulo contiene los antecedentes y diferentes teorías que abordan el problema y características de este estudio, contiene conceptos que se ponen en relación para dar cuenta de la forma en la que se aborda el problema y los objetivos de la investigación.

### **2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN**

En 1926, Edmund Germer, Friedrich Meyer y Hans Spanner propusieron incrementar la presión del gas dentro del tubo y recubrirlo internamente con un polvo fluorescente que absorbiera la radiación ultravioleta emitida por un gas en estado de plasma, y la convirtiera en una luz blanca más uniforme. La idea fue patentada al año siguiente y posteriormente la patente fue adquirida por la empresa estadounidense General Electric y bajo la dirección de George E. Inman la hizo disponible para el uso comercial en 1938.<sup>4</sup> Los conocidos tubos rectos y de encendido por precalentamiento se mostraron por primera vez al público en la Feria Mundial de New York en el año 1939. Desde entonces, los principios de funcionamiento se han mantenido inalterables, salvo las tecnologías de manufactura y materias primas usadas, lo que ha redundado en la disminución de precios y ha contribuido a popularizar estas lámparas en todo el mundo.

El Parlamento Europeo aprobó una Directiva que obligó a los Veintisiete Países Miembros a asumir el denominado "triple objetivo veinte" para 2020: reducción de las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) en un 20%; aumento de la eficiencia energética en un 20%; y que la energía en la Unión Europea (UE) provenga en un 20% de energías renovables. Este plan activo de ahorro de energía se ha implantado en la Unión Europea, en el sector de la vivienda y de los servicios, compuesto en su mayoría por edificios, (los cuales absorben más del 40% del consumo final de energía en la Comunidad), se encuentra en fase de expansión; la razón no es otra más que la tendencia de que se aumentará el consumo de energía y, por lo tanto, las emisiones de dióxido de carbono.

Los 160 millones de edificios de la Unión Europea representan el 40% del consumo de la energía primaria de Europa. Por tanto, el uso de energía en edificios representa el mayor consumo de combustibles fósiles y, por lo tanto, contribución a las emisiones de dióxido de carbono. Los usos y costumbres diarios habituales que se hacen en la vivienda puede conllevar a un ahorro considerable de energía si se cambian las actitudes y se es consciente del consumo real y del necesitado. En la mayoría de los casos basta con la elección de un electrodoméstico de bajo consumo, o de una racionalización del consumo de la calefacción, del aire acondicionado y de la iluminación.

Es importante seguir una serie de consejos básicos, como son: utilizar bombillas de bajo consumo en aquellas dependencias de la vivienda que tengan que permanecer mucho tiempo encendidas; siempre que sea posible aprovechar la iluminación natural; usar la luz solo cuando se necesite y no dejar luces encendidas en habitaciones que no se estén utilizando, si se va a tener una lámpara fluorescente apagada menos de 20 minutos, se recomienda mejor dejarla encendida.

Existen nuevas tecnologías de luminarias como los diodos emisores de luz (LED), así como diversas tecnologías de control de la iluminación: regulación de potencia, sensores de proximidad, combinación luz natural - luz artificial, doble iluminación e iluminación selectiva que producen ahorros considerables



FIGURA N°1: LUMINARIA LED

El objetivo debería ser acelerar la penetración de las tecnologías de iluminación eficiente en el mercado.

Con ello se logra obtener dos beneficios: mitigar el cambio climático por la no emisión de 15 millones de toneladas de CO<sub>2</sub> y postergar el agotamiento de recursos no renovables.

En España, la sección HE-3 del Código Técnico de la Edificación establece como exigencia básica que los edificios, tanto nuevos como los que se reformen, dispongan de instalaciones de iluminación adecuadas a las necesidades de sus usuarios y a la vez eficaces energéticamente. Para ello la eficiencia energética del sistema de iluminación no deberá superar un valor límite y deberá contar también con un sistema de control que permita ajustar el encendido a la ocupación real de la zona, así como un sistema de regulación que optimice el aprovechamiento de la luz natural

## **2.2 CATEGORIAS FUNDAMENTALES**

El presente estudio toma en cuenta el tipo de iluminación actual en el bloque B de la Universidad Técnica Cotopaxi y la posibilidad de un cambio de las mismas por nueva tecnología conocida como LED y sus beneficios, entonces enmarcado en el proyecto se definió como Variable Dependiente Eficiencia del sistema de iluminación de interiores y como Variable Independiente La efectividad del flujo luminoso emitido por una lámpara, las mismas que tendrán incidencia directa en la Universidad Técnica de Cotopaxi.

## **2.3 OBJETO DE LA INVESTIGACIÓN**

Lugar donde se realizó el estudio para este proyecto, Universidad Técnica de Cotopaxi, bloque B, y sus características son las que se detallan a continuación:

Provincia: Cotopaxi

Cantón: Latacunga

Ubicación: Av. Simón Rodríguez – Sector San Felipe

Área de influencia: edificación de 4 pisos

Número de espacios: 49

Número de usuarios por piso: 98.7 ~ 100

Número de luminarias instaladas: 895

Número de lámparas: 303

Tipo de luminaria: tubo T8 fluorescente mercurio

Potencia instalada: 58.63 KW



FIGURA N°2: LUMINARIA FLUORESCENTE T8 LA UTC

## 2.4 FUNDAMENTO TEORICO

### 2.4.1 ILUMINACIÓN INTERIORES<sup>7</sup>

La eficacia luminosa de las lámparas incandescentes es mucho más baja que la del resto de las lámparas (es decir, peor rendimiento energético), aunque un poco mayor en el caso de las halógenas. Sin embargo, su índice de reproducción cromática IRC es el más elevado (100), es decir, son las lámparas que mejor reproducen los colores.

---

<sup>7</sup> PHILIPS LIGHTING MÉXICO. (2010-2011)

De entre las lámparas de descarga, las fluorescentes son las de uso más extendido en alumbrado de interiores. Los más comunes son las T5, T8 y T12

Nomenclatura

T: para identificar que el foco fluorescente es de tipo “tubo”

8: Diámetro del tubo medido en fracciones de pulgada (8/8) 1” de diámetro

T5=5/8” T12= 12/8”

Duración: 20.000 horas del T12

La vida del T8 igual o excede a la del T12. (1981)

Usa menos energía

No producen zumbidos

No parpadeo

Las lámparas fluorescentes compactas estas sustituyendo con éxito a las lámparas incandescentes, pues pueden ir roscadas en el mismo portalámparas (E.27), al contrario que los tubos fluorescentes convencionales. Aunque en el cambio se pierde calidad de color (IRC pasa de 100 a 82), claramente se obtiene un considerable ahorro energético por la menor n lm/W y la vida útil es más prolongada.

Los fluorescentes rara vez son reciclados de forma adecuada y son muy tóxicos. Provocan contaminación de mercurio debido a los vapores que contienen. Tanto es así que ya está prevista una norma comunitaria que prohibirá su fabricación para dentro de unos pocos años.

#### **2.4.2 LÁMPARAS LED PARA ILUMINACIÓN INTERIOR<sup>8</sup>**

Revolucionario Sistema Fotométrico.- El primer sistema óptico dedicado (lente de enfoque rectangular). Las lámparas tienen un control razonable de la distribución de luz, patrón de spots rectangulares, y aseguran la uniformidad de su brillo en la superficie de las calles.

---

<sup>8</sup> VILARRASA J., GAGO W (2009)

Diseño único integrado de lámpara LED.- Los lentes desarrollan una protección en la iluminación, ya que evitan la duplicación de luces y reducen los costos de energía, también reducen el peso del producto y tienen un sistema de estructura simplificado.



FIGURA N°3: DIODO LED

Bajo consumo de energía.- Con las lámparas de LED de alta intensidad para la iluminación de interiores de 13W, 20W y 30W.

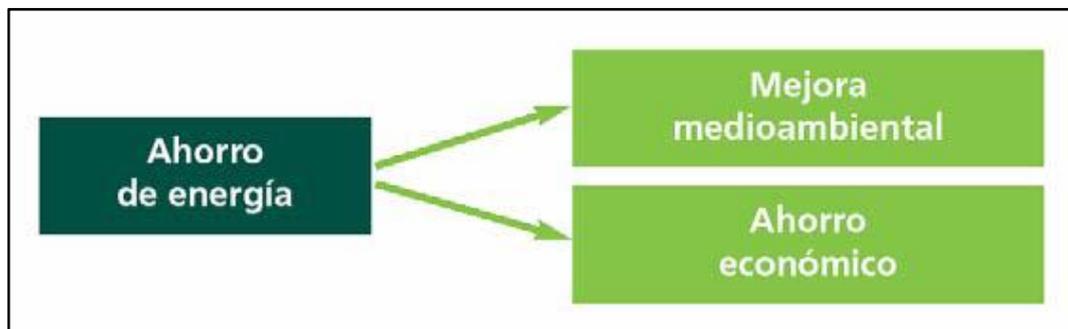


FIGURA N°4: CUADRO AHORRO DE ENERGÍA

Larga Vida hasta 50,000 horas

Utilizándolo por 10 horas diarias, podrían utilizarse hasta por más de 13 años, es 5 a 10 veces más vida que las lámparas tradicionales incandescentes y mercurio.

Protegen el ambiente porque no contienen plomo, ni mercurio.

No generan rayos ultravioleta.

Combinación perfecta con la energía solar (Iluminación Solar es Opcional).- Una de las ventajas de la iluminación con tecnología a base de LEDs de bajo voltaje es que de acuerdo a los recursos locales, la electricidad y la energía solar pueden ser combinadas para así alcanzar un mejor costo y beneficio. Alta eficiencia de luminosidad. La eficiencia de la iluminación con LED en las condiciones existentes es  $\geq 80$  lm/w.

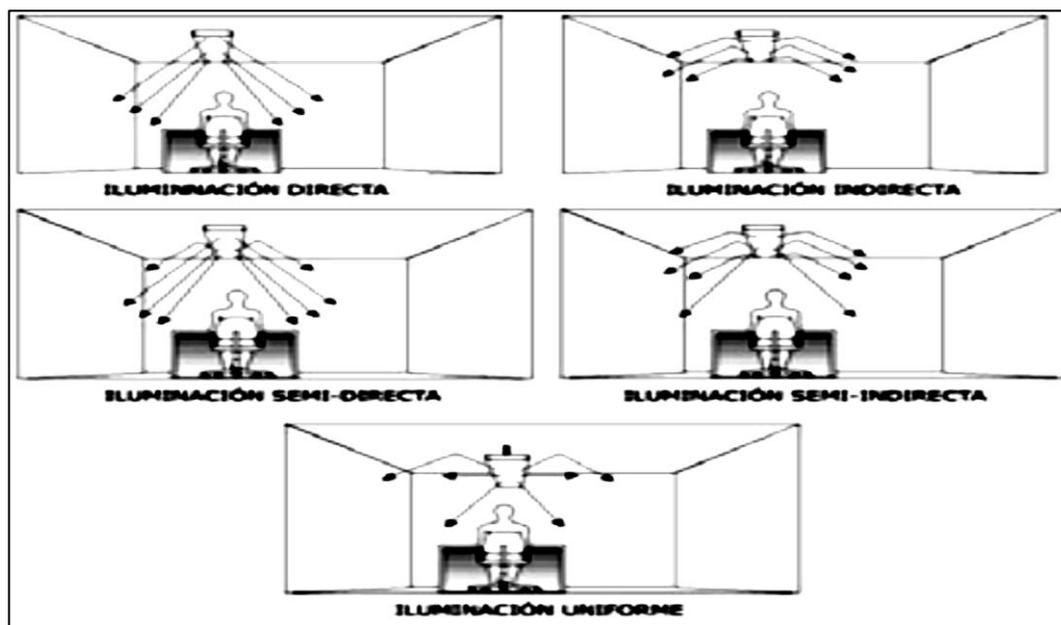


FIGURA N°5: TIPOS DE ILUMINACIÓN DE INTERIORES

Su ahorro económico en el consumo eléctrico respecto a la tecnología fluorescente es del 80%, lo cual la hace muy recomendable en lámparas que deban estar encendidas muchas horas. Su duración es mucho mayor. No sólo en horas de luz, sino en número de apagados y encendidos. La duración de los LEDs es de decenas de miles de horas, lo cual minimiza la repercusión del gasto inicial en comparación del gasto total ahorrado por el consumo. Municipios y empresas que han apostado por esta tecnología ya han conseguido importantes ahorros.<sup>9</sup>

---

<sup>9</sup> PHILIPS LIGHTING IBERICA (2008)

$$EE = \frac{W}{S} \text{ en w/m}^2$$

EE = consumo energético (w/m<sup>2</sup>)  
W = potencia instalada en vatios  
S = superficie iluminada en m<sup>2</sup>

#### FORMULA N°1: CONSUMO ENERGÉTICO

<b>Especificaciones técnicas</b>					
<b>Modelo</b>	<b>TUT88STS60</b>	<b>TUT815STS120</b>	<b>TUT820STS120</b>	<b>TUT820STS150</b>	<b>TUT825STS150</b>
<b>Potencia</b>	8W	15W	20W	20W	25W
<b>N° LEDS</b>	120 X 0,06w	238 x 0,06W	322 x 0,06W	322 x 0,06W	360 x 0,06W
<b>Tipo LED</b>	Tipo SMD				
<b>Lúmenes</b>	650 Lm	1300 Lm	1600 Lm	1600 Lm	2100 Lm
<b>Vida</b>	30.000 horas				
<b>Ángulo luz</b>	120°				
<b>Color CCT</b>	BC 3000-3499°K, BN 3500-4499°K, BF 4500-5499°K, BD 5500-6500°K				
<b>Tamaño</b>	26 x 605 mm	26 x 1210 mm	26 x 1210 mm	26 x 1510 mm	26 x 1510 mm
<b>Conexión</b>	G13				
<b>Voltaje</b>	230AC				

CUADRO NO 1: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LEDS

### 2.4.3 LAMPARAS GENERALIDADES<sup>10</sup>

A través de los tiempos las lámparas han seguido un desarrollo constante, teniendo como objetivo tres parámetros:

- Mejorar el rendimiento luminoso.
- Mejorar la reproducción cromática.
- Reducir su tamaño.

Este avance se ha producido en las siguientes etapas:

1879 - Lámpara incandescente con filamento de Carbono de Tomas Edison.

1910 - Lámpara con filamento de Tungsteno.

1930 - Lámpara de vapor de mercurio alta presión.

1932 - Lámpara de vapor de sodio baja presión.

<sup>10</sup> PHILIPS LIGHTING IBERICA (2008)

- 1937 - Lámpara fluorescente.
- 1938 - Lámpara de luz mezcla.
- 1960 - Lámpara incandescente halógena.
- 1964 - Lámpara de halogenuros metálicos.
- 1965 - Lámpara de vapor de sodio alta presión.
- 1972 - Lámpara fluorescente de alta eficacia.
- 1982 - Lámpara fluorescente compacta.
- 1986 - Lámpara compacta de halogenuros metálicos.

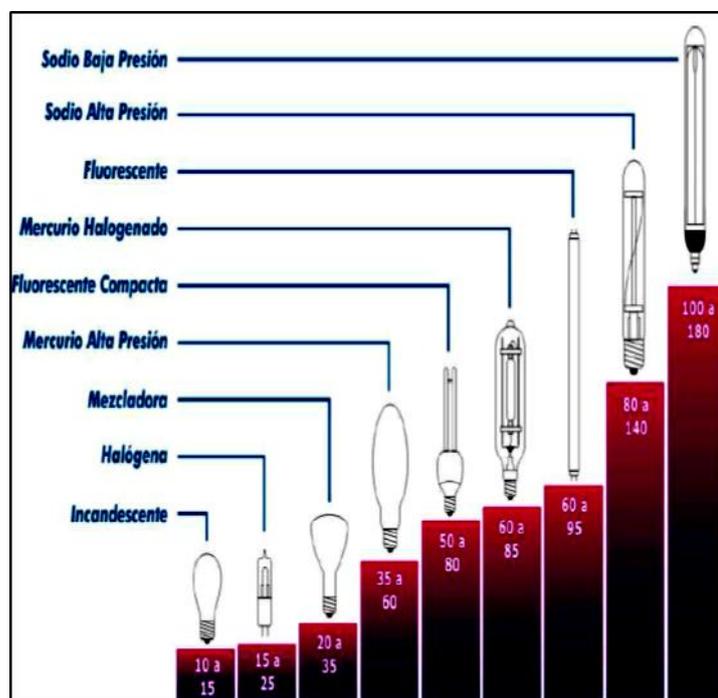


FIGURA N°6: EVOLUCIÓN DE LAS LÁMPARAS

El cuadro muestra los diferentes tipos de lámparas y su respectiva eficiencia luminosa en Lúmenes/Watt, salvo las incandescentes, las mezcladoras y en algunos casos las fluorescentes compactas, todas necesitan un equipo auxiliar para su funcionamiento. La diferencia fundamental por la cual necesitamos incluir un equipo auxiliar se debe a que la corriente, en una lámpara de descarga gaseosa, no posee un circuito directo de circulación, es decir, lo deberá hacer a través del gas que la compone.

Esto genera una serie de inconvenientes que no se presentan a la hora de colocar o sustituir una lámpara cuya circulación de corriente se realiza en forma directa a través de un filamento.



FIGURA N°7: LAMPARAS INCANDESCENTES.



FIGURA N°8: LAMPARAS FLUORESCENTES

#### **2.4.4 LÁMPARAS FLUORESCENTES TUBULARES<sup>11</sup>**

Las lámparas fluorescentes emiten luz a partir de una descarga eléctrica en atmósfera de mercurio a baja presión, generada por el fenómeno de la fluorescencia. Este fenómeno consiste en que algunas sustancias luminiscentes, al ser excitadas por la radiación ultravioleta del vapor de mercurio a baja presión, transforman esta radiación invisible en una longitud de onda más larga (visible).

La lámpara fluorescente normal (no compacta) consta de un tubo de vidrio de diámetro y longitud variable dependiendo de la potencia elegida. En los extremos del tubo se encuentran cátodos de wolframio impregnados de una pasta emisora de electrones.

Interiormente posee gas argón a baja presión y una pequeña cantidad de mercurio. Cuando la corriente atraviesa los electrodos, estos se calientan y liberan electrones, que pasan de un lado a otro de la atmósfera de gas argón en el interior del tubo, de esta forma se inicia el proceso de descarga. Este proceso, permite la evaporación de las partículas de mercurio en el interior del tubo, favoreciendo a que la nueva atmósfera formada por argón + mercurio gane en conductividad.

---

<sup>11</sup> OSRAM (2000)

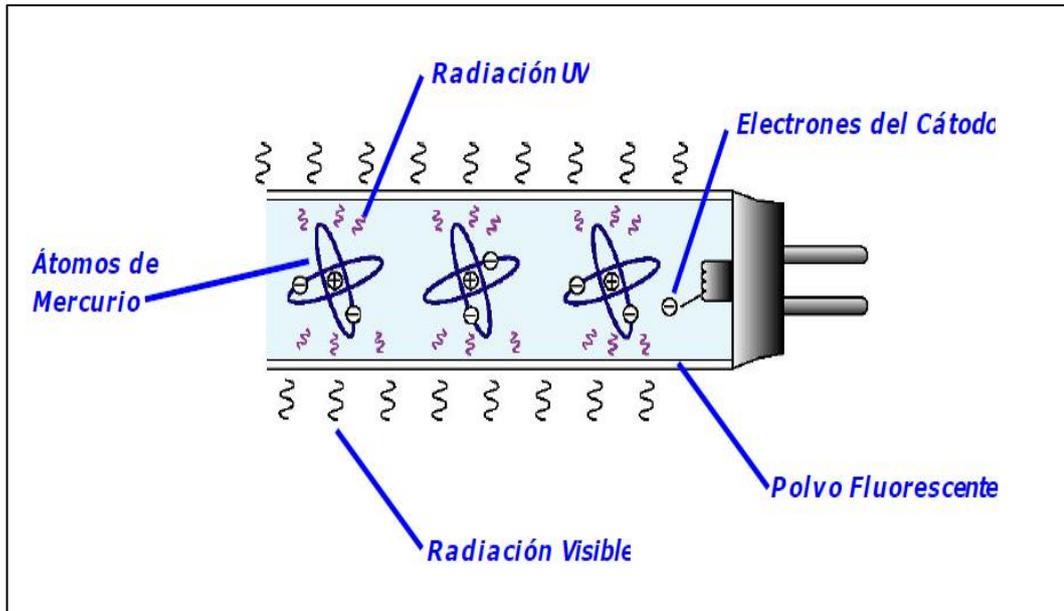


FIGURA N° 9: ELEMENTOS DE LA LÁMPARA FLUORESCENTE TUBULAR

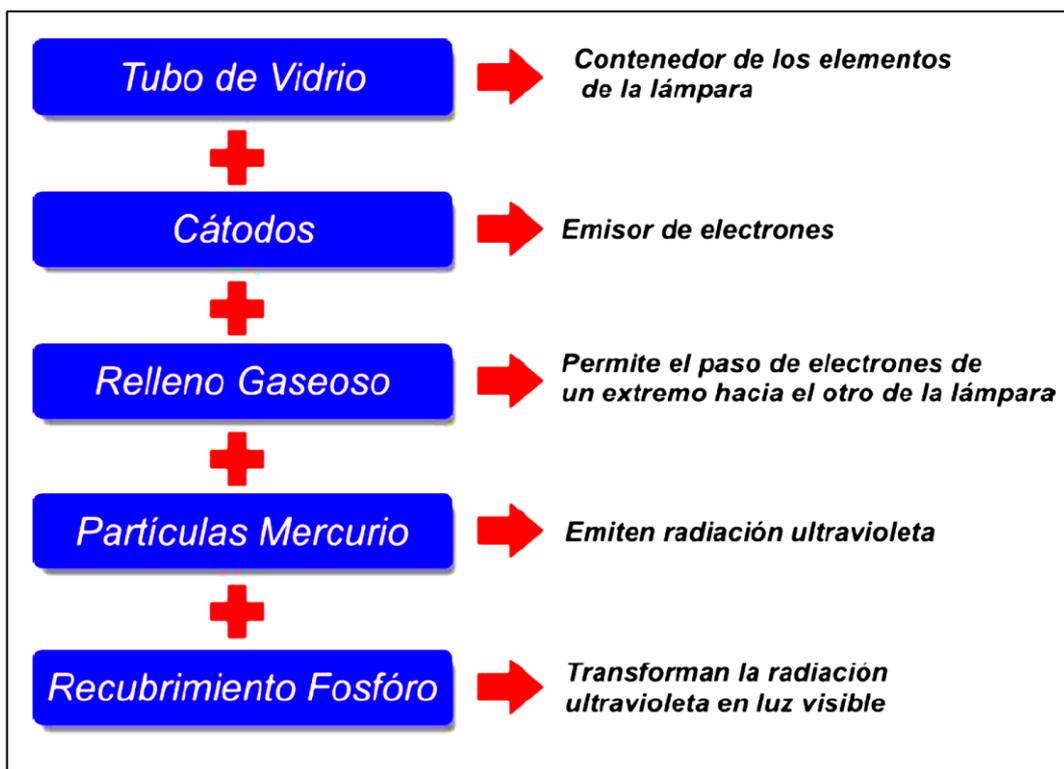


FIGURA N°10: ESTRUCTURA DEL FLUORESCENTE

Las capas de fósforo utilizado determina la temperatura del color de la lámpara, obteniendo de esta forma colores más fríos o más cálidos. También esta característica está directamente ligada al rendimiento respecto del tiempo de uso de la lámpara.

#### **2.4.5 COLORES<sup>12</sup>**

La calidad y composición del fósforo determina el color de salida de la radiación luminosa. El color está expresado en Kelvin (K) unidad de temperatura del Sistema Internacional de Unidades

Luminancia relativa en función de  $y = \emptyset$  para un negro absoluto;  $y=100$  para un blanco perfecto

Método de medición: colorímetro/espectrofotómetro

Se funde un metal, como por ejemplo Platino, cuyo punto de fusión es 2042°K (1769 °C) y se aprecia que el color visualizado tiende a la gama de los rojos. A medida que aumenta la temperatura, el color se va desplazando hacia otras gamas tendiendo al blanco. Entonces pues, el color de una lámpara fluorescente es comparable al color emitido por una muestra de Platino llevada a una determinada temperatura en grados Kelvin.

---

<sup>12</sup> ERMEC (2010)

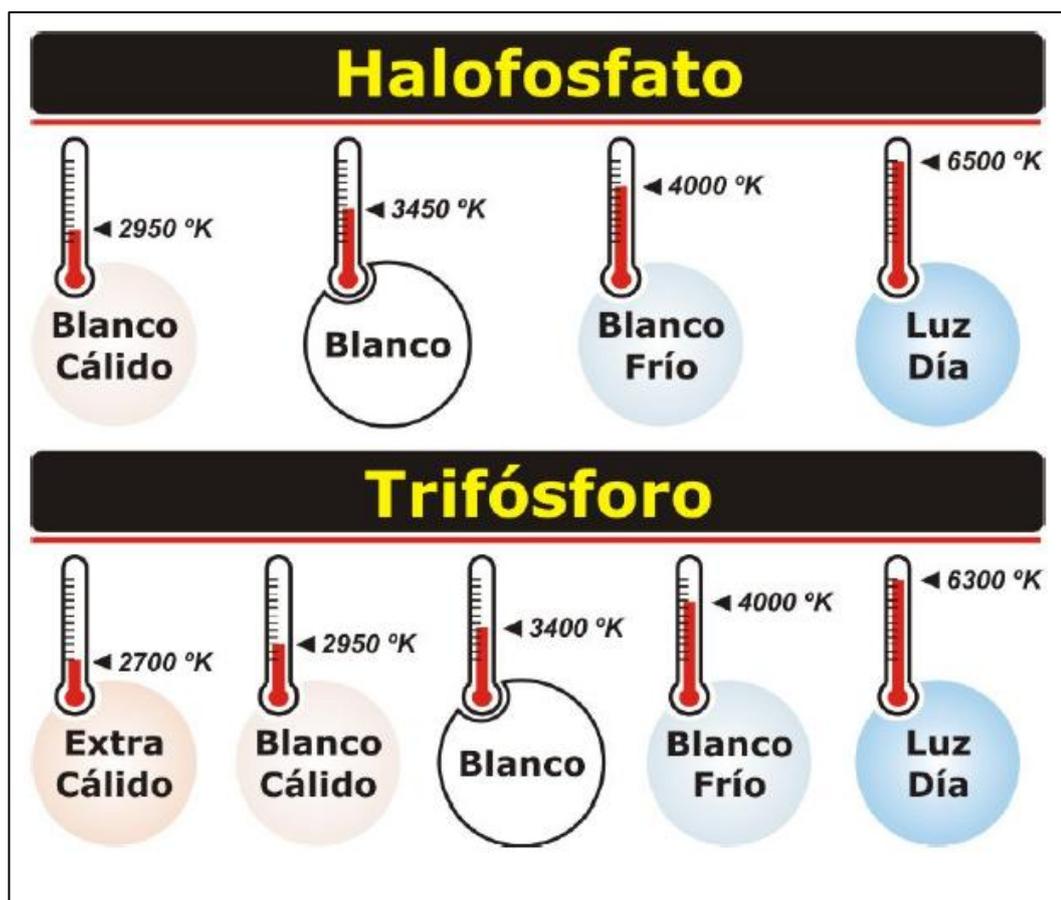


FIGURA N°11: COLORES Y TEMPERATURAS

#### 2.4.6 APLICACIONES<sup>13</sup>

A continuación se cita varios ejemplos de aplicaciones para los diferentes colores:

- Colores Fríos (Luz Día, Blanco Frío):  
Hospitales, Industrias Especializadas, Expositores

<sup>13</sup> OSRAM ESPAÑA. (2010)



FIGURA N°12: APLICACIÓN DE COLORES FRÍOS

- Colores Intermedios (Blanco):  
Locales Comerciales, Supermercados, Tiendas



FIGURA N°13: APLICACIÓN DE COLORES INTERMEDIOS

- Colores Cálidos (Blanco Cálido, Extra Cálido):  
Oficinas, Restaurantes, Hoteles



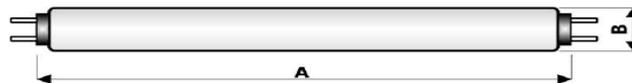
CUADRO N°14: APLICACIÓN DE COLORES CÁLIDOS

### 2.4.7 CLASIFICACIÓN

Las lámparas fluorescentes tubulares, se pueden encontrar en el mercado con diversas potencias longitudes, diámetros y parámetros de funcionamiento, para balastos convencionales o para funcionamiento con balasto electrónico, de arranque rápido (Rapid Start) o encendido con arrancador (Pre-heat).

### 2.4.8 DIMENSIONES<sup>14</sup>

Estas son las dimensiones de las lámparas fluorescentes tubulares estándar más difundidas:



Lámpara	A (mm)	B (mm)
4 W T5	150	16
6 W T5	225	16
8 W T5	300	16
13 W T5	525	16
15 W T8	450	26
18 W T8	600	26
20 W T12	600	38
30 W T8	900	26
30 W T12	900	38
36 W T8	1200	26
40 W T12	1200	38
58 W T8	1500	26
65 W T12	1500	38
112 W (105 W) T12	2400	38

CUADRO N°2: DIMENSIONES DE FLUORESCENTES

<sup>14</sup> OSRAM ESPAÑA (2010)

Las lámparas fluorescentes, poseen determinados parámetros del tipo eléctrico asociados con la selección de un balasto adecuado. Los datos más relevantes a tener en cuenta son la corriente y la tensión de lámpara. También se debe tener en cuenta que los filamentos poseen una determinada resistencia eléctrica que, dependiendo de la potencia de la lámpara, puede oscilar entre los 2 a los 6 Ohms. Si se tiene en cuenta esto último, sumado a la limitación de corriente que produce el balasto, se puede definir otra corriente llamada “Corriente de Precaldeo”

Para la lámpara de 112W no se especifica corriente de cortocircuito debido a que la lámpara es de tipo Rapid-Start.

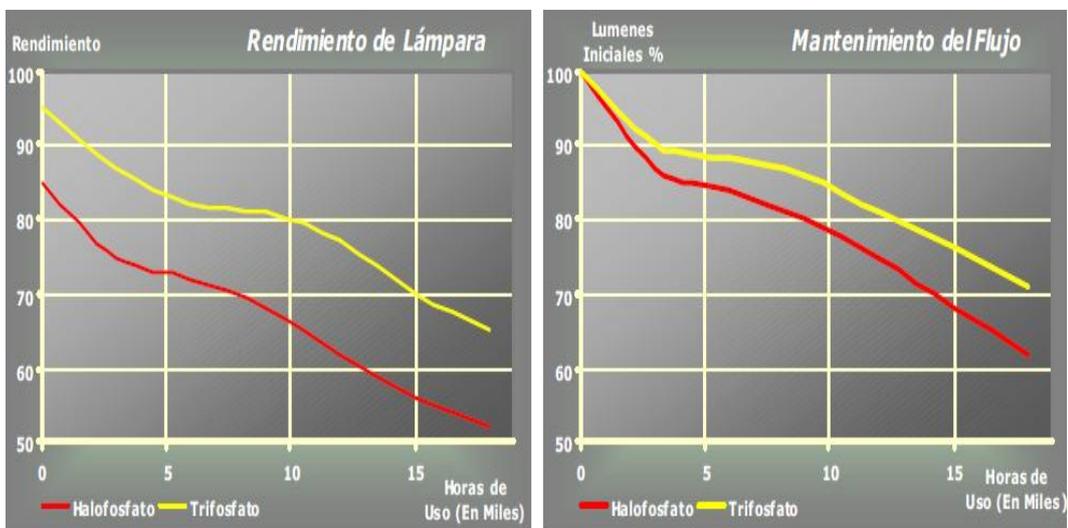


FIGURA N°15: RENDIMIENTO Y MANTENIMIENTO

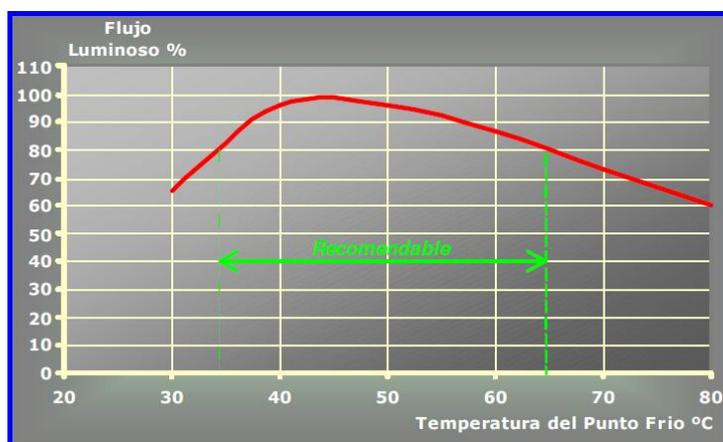


FIGURA N°16: INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA

## **2.5 SISTEMA DE TELEGESTIÓN PARA ALUMBRADO DE EXTERIORES E INTERIORES.<sup>1516</sup>**

Poderoso sistema de control a distancia que monitoria constantemente el estado de todas las luminarias que tengan el modo de control. Económico sistema que ayuda a controlar el funcionamiento de las luminarias y emite alarma cuando alguna ha dejado de funcionar.

Controla a distancia el encendido o apagado de cada luminaria o de todas las luminarias de una calle, sección o todo el sistema. El sistema incluye software de control fácil de instalar en cualquier PC.

**La combinación de tecnología LED y un sistema inteligente de gestión de la iluminación, la mejor manera de reducir el consumo y aumentar la eficiencia energética.**

Iluminación inteligente significa iluminación de calidad y eficiente, iluminación que reduce la cuantía de las facturas y los gastos de mantenimiento, que es respetuosa con el medio ambiente y que nos hace la vida más fácil y agradable.

Uno de los mayores problemas en instituciones, empresas es el gasto en iluminación. Los edificios deben estar iluminados al menos ocho horas al día, las calles deben estar bien iluminadas para que nos ofrezcan seguridad cuando oscurece, las instituciones de educación deben ofrecer iluminación hasta altas horas de la noche; por no hablar de los aparcamientos, hospitales y otros centros de salud que funcionan las 24 horas al día los 365 días al año. Las necesidades de iluminación en todos estos casos generan costos que pueden disminuir con la utilización de un sistema de iluminación inteligente.

La capacidad de las lámparas LED para regular su intensidad sin desperdiciar energía y para funcionar a pleno rendimiento al instante de encenderse las hace

---

<sup>15</sup> ROBIN. (2008)

<sup>16</sup> SOCIETY OF NORTH AMERICA LIGHTING

especialmente adecuadas para sistemas de detección de movimiento y presencia. Estos sistemas gestionan automáticamente la intensidad o el encendido de las luminarias en función de la presencia y el movimiento de personas.

Un sistema de control inteligente es capaz de detectar la presencia de personas y/o vehículos, aumentar la intensidad de la luz a su paso y rebajarla, o anularla ante la ausencia de movimiento. También puede regular el brillo en función de la luz natural que recibe o de la hora del día. Además, los sistemas de control avanzados de iluminación comunican inmediatamente cualquier incidencia que se produzca en una luminaria, reduciendo al mínimo el tiempo de respuesta y, por lo tanto, el impacto que la falta de luz tiene sobre la actividad en el edificio.



FIGURA N°17: SISTEMA DE TELE GESTIÓN, SISTEMA INTELIGENTE

## 2.6 METODOLOGÍA PARA EL CÁLCULO DE ILUMINACIÓN

### 2.6.1 MÉTODOS DE ALUMBRADO<sup>17</sup>

Los métodos de alumbrado nos indican cómo se reparte la luz en las zonas iluminadas. Según el grado de uniformidad deseado, distinguiremos tres casos: alumbrado general, alumbrado general localizado y alumbrado localizado.

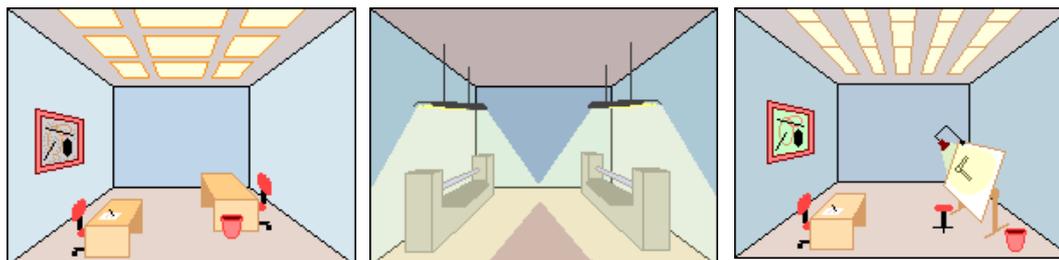


FIGURA N°18: ALUMBRADO GENERAL, ALUMBRADO GENERAL LOCALIZADO Y ALUMBRADO LOCALIZADO

El **alumbrado general** proporciona una iluminación uniforme sobre toda el área iluminada. Es un método de iluminación muy extendido y se usa habitualmente en oficinas, centros de enseñanza, fábricas, comercios, etc. Se consigue distribuyendo las luminarias de forma regular por todo el techo del local

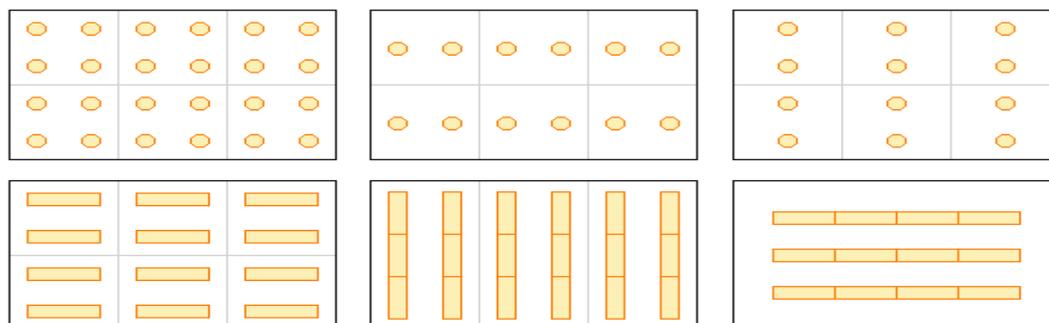


FIGURA N°19: EJEMPLOS DE DISTRIBUCIÓN DE LUMINARIAS EN ALUMBRADO GENERAL

<sup>17</sup> OSRAM (2001)



FIGURA N°20: ALUMBRADO GENERAL LOCALIZADO

El **alumbrado general localizado** proporciona una distribución no uniforme de la luz de manera que esta se concentra sobre las áreas de trabajo. El resto del local, formado principalmente por las zonas de paso se ilumina con una luz más tenue. Se consiguen así importantes ahorros energéticos puesto que la luz se concentra allá donde hace falta.

Empleamos el **alumbrado localizado** cuando necesitamos una iluminación suplementaria cerca de la tarea visual para realizar un trabajo concreto. El ejemplo típico serían las lámparas de escritorio. Recurriremos a este método siempre que el nivel de iluminación requerido sea superior a 1000 lux., haya obstáculos que tapen la luz proveniente del alumbrado general, cuando no sea necesaria permanentemente o para personas con problemas visuales.

### 2.6.2 NIVELES DE ILUMINACIÓN RECOMENDADOS <sup>18</sup>

Los niveles de iluminación recomendados para un local dependen de las actividades que se vayan a realizar en él. En general podemos distinguir entre tareas con requerimientos luminosos mínimos, normales o exigentes.

---

<sup>18</sup> INEN (2009)

**CUADRO N°3: ILUMINACIÓN RECOMENDADA SEGÚN LA ACTIVIDAD  
Y EL TIPO**

<b>Tareas y clases de local</b>	<b>Iluminancia media en servicio (lux)</b>		
	<b>Mínimo</b>	<b>Recomendado</b>	<b>Óptimo</b>
<b>Zonas generales de edificios</b>			
Zonas de circulación, pasillos	50	100	150
Escaleras, escaleras móviles, roperos, lavabos, almacenes y archivos	100	150	200
<b>Centros docentes</b>			
Aulas, laboratorios	300	400	500
Bibliotecas, salas de estudio	300	500	750
<b>Oficinas</b>			
Oficinas normales, mecanografiado, salas de proceso de datos, salas de conferencias	450	500	750
Grandes oficinas, salas de delineación, CAD/CAM/CAE	500	750	1000
<b>Comercios</b>			
Comercio tradicional	300	500	750
Grandes superficies, supermercados, salones de muestras	500	750	1000
<b>Industria (en general)</b>			
Trabajos con requerimientos visuales limitados	200	300	500
Trabajos con requerimientos visuales normales	500	750	1000
Trabajos con requerimientos visuales especiales	1000	1500	2000
<b>Viviendas</b>			
Dormitorios	100	150	200
Cuartos de aseo	100	150	200
Cuartos de estar	200	300	500
Cocinas	100	150	200
Cuartos de trabajo o estudio	300	500	750

## 2.7 METODO DE CÁLCULO

El cálculo de los niveles de iluminación de una instalación de alumbrado de interiores es bastante sencillo. A menudo nos bastará con obtener el valor medio del alumbrado general usando el método de los lúmenes. Para los casos en que requiramos una mayor precisión o necesitemos conocer los valores de las iluminancias en algunos puntos concretos como pasa en el alumbrado general localizado o el alumbrado localizado recurriremos al método del punto por punto.

### 2.7.1 MÉTODO DE LOS LÚMENES<sup>19</sup>

La finalidad de este método es calcular el valor medio en servicio de la iluminancia en un local iluminado con alumbrado general. Es muy práctico y fácil de usar, y por ello se utiliza mucho en la iluminación de interiores cuando la precisión necesaria no es muy alta como ocurre en la mayoría de los casos. El proceso a seguir se puede explicar mediante el siguiente diagrama de bloques:

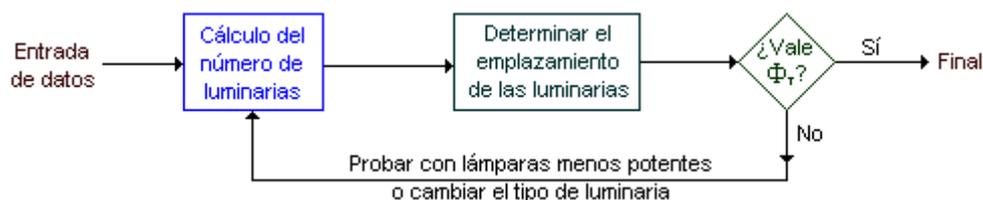


FIGURA N°21: CALCULO DEL VALOR MEDIO DE ILUMINACIÓN

La distancia máxima de separación entre las luminarias dependerá del ángulo de apertura del haz de luz y de la altura de las luminarias sobre el plano de trabajo. Veámoslo mejor en la siguiente figura:

---

<sup>19</sup> OSRAM (2001)

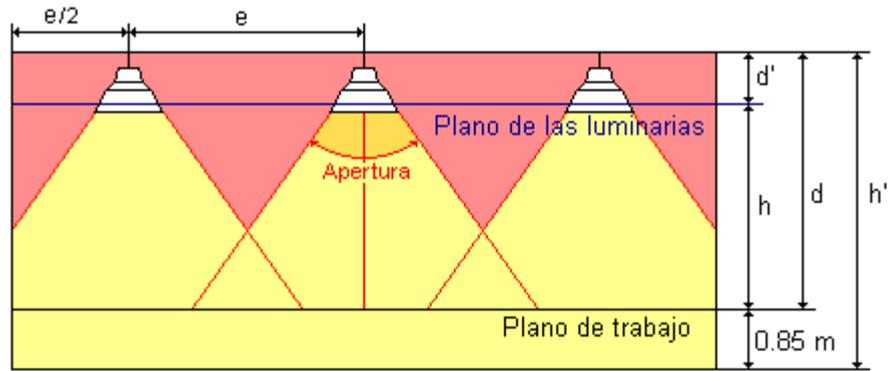


FIGURA N°22: SEPARACIÓN ENTRE LUMINARIAS

Como puede verse fácilmente, mientras más abierto sea el haz y mayor la altura de la luminaria más superficie iluminará aunque será menor el nivel de iluminancia que llegará al plano de trabajo tal y como dice la ley inversa de los cuadrados. De la misma manera, vemos que las luminarias próximas a la pared necesitan estar más cerca para iluminarla (normalmente la mitad de la distancia).

### 2.7.2 MÉTODO DEL PUNTO POR PUNTO<sup>20</sup>

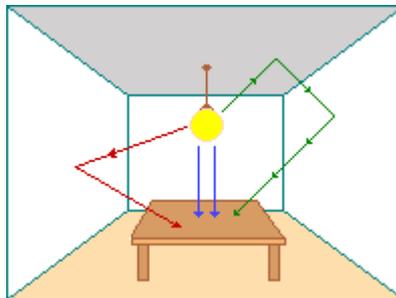


FIGURA N°23: MÉTODO PUNTO POR PUNTO

Los factores que intervienen son:

- Luz directa
- Luz indirecta proveniente del techo
- Luz indirecta proveniente de las paredes

---

<sup>20</sup> PIÑEIRO (1998)

Para utilizar el método del punto por punto se necesita conocer previamente las características fotométricas de las lámparas y luminarias empleadas, la disposición de las mismas sobre la planta del local y la altura de estas sobre el plano de trabajo. Una vez conocidos todos estos elementos podemos empezar a calcular las iluminancias. Mientras más puntos se calcula más información se obtendrá sobre la distribución de la luz. Esto es particularmente importante si se traza los diagramas isolux de la instalación.

Como se ha mencionado, la iluminancia horizontal en un punto se calcula como la suma de la componente de la iluminación directa más la de la iluminación indirecta. Por lo tanto:

$$E = E_{\text{directa}} + E_{\text{indirecta}}$$

FORMULA N°2: ENERGÍA

### 2.7.3 CÁLCULO DE LA COMPONENTE DIRECTA EN UN PUNTO

#### Fuentes de luz puntuales

Se consideran fuentes de luz puntuales las lámparas incandescentes y de descarga que no sean los tubos fluorescentes. En este caso, las componentes de la iluminancia se calculan usando las fórmulas.

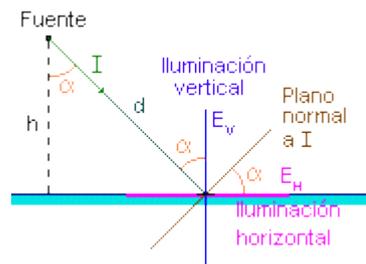


FIGURA N°24: FUENTES DE LUZ PUNTUAL

$$E_H = \frac{I \cdot \cos^3 \alpha}{h^2}$$

FORMULA N°3: COMPONENTES DE LA ILUMINANCIA

$$E_V = \frac{I \cdot \cos^2 \alpha \cdot \sin \alpha}{h^2}$$

FORMULA N°4: COMPONENTES DE LA ILUMINANCIA

Donde la intensidad luminosa de la lámpara en la dirección del punto que puede obtenerse de los diagramas polares de la luminaria o de la matriz de intensidades y la altura del plano de trabajo a la lámpara. En general, si un punto está iluminado por más de una lámpara su iluminancia total es la suma de las iluminancias recibidas:

$$E_H = \sum_{i=1}^n \frac{I_i \cdot \cos^3 \alpha_i}{h_i^2}$$

FORMULA N°5: COMPONENTES DE LA ILUMINANCIA

$$E_V = \sum_{i=1}^n \frac{I_i \cdot \cos^2 \alpha_i \cdot \sin \alpha_i}{h_i^2}$$

FORMULA N°6: COMPONENTES DE LA ILUMINANCIA

### **Fuentes de luz lineales de longitud infinita**

Se considera que una fuente de luz lineal es infinita si su longitud es mucho mayor que la altura de montaje; por ejemplo una línea continua de fluorescentes. En este caso se puede demostrar por cálculo diferencial que la iluminancia en un punto para una fuente de luz difusa se puede expresar como:

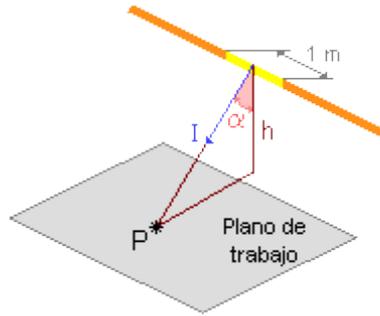


FIGURA N°25: FUENTES DE LUZ LINEAL

$$E_H = \frac{\pi \cdot I}{2h} \cdot \cos^2 \alpha$$

FORMULA N°7: COMPONENTES DE LA ILUMINACION

$$E_V = \frac{\pi \cdot I}{2h} \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha$$

FORMULA N°8: COMPONENTES DE LA ILUMINACION

En los extremos de la hilera de las luminarias el valor de la iluminancia será la mitad. El valor de I se puede obtener del diagrama de intensidad luminosa de la luminaria referido a un metro de longitud de la fuente de luz. En el caso de un tubo fluorescente desnudo I puede calcularse a partir del flujo luminoso por metro, según la fórmula:

$$I = \frac{\Phi}{9.25}$$

FORMULA N°9: INTENSIDAD

### **Cálculo de las iluminancias horizontales empleando curvas isolux**

Este método gráfico permite obtener las iluminancias horizontales en cualquier punto del plano de trabajo de forma rápida y directa. Para ello se necesita:

1. Las curvas isolux de la luminaria suministradas por el fabricante (fotocopiadas sobre papel vegetal o transparencias). Si no disponemos de ellas, se puede

trazar a partir de la matriz de intensidades o de las curvas polares, aunque esta solución es poco recomendable si el número de puntos que nos interesa calcular es pequeño o no disponemos de un programa informático que lo haga por nosotros.

2. La planta del local con la disposición de las luminarias dibujada con la misma escala que la curva isolux.

El procedimiento de cálculo es el siguiente. Sobre el plano de la planta situamos el punto o los puntos en los que queremos calcular la iluminancia. A continuación se coloca el diagrama isolux sobre el plano, haciendo que el centro coincida con el punto, y se suman los valores relativos de las iluminancias debidos a cada una de las luminarias que se obtuvo a partir de la intersección de las curvas isolux con las luminarias.

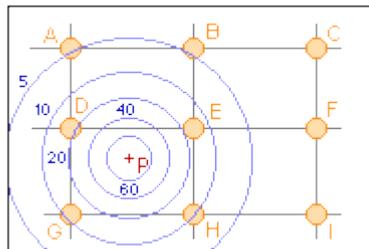


FIGURA N°26: FUENTES DE ILUMINACION HORIZONTAL

## 2.8 GLOSARIO DE TERMINOS<sup>21</sup>

- **Lentes Ópticos:** Las lámparas LED utilizan lentes ópticos en vez de los lentes transparentes convencionales que anteriormente se utilizaban. Con esto se obtiene un mejor ángulo de iluminación interior, más no deslumbra directamente.
- **Lámparas con LED de alta intensidad:** Se utiliza LED de 13W la cual genera más de 80 lúmenes/watt de brillo, eso significa que ahora está dando 50% más brillo que antes.
- **El circuito serie:** Es un tipo de conexión eléctrica que tiene la particularidad de distribuir el voltaje entrante entre los dispositivos que lo conforman y de conservar el valor de corriente en cualquiera de los puntos del circuito
- **El circuito Paralelo:** Es un tipo de conexión eléctrica que tiene la particularidad de alta durabilidad: ningún filamento o tubo que se pueda romper.
- **Eficiencia:** Los LED producen más luz por watt que los bulbos incandescentes.
- **Consumo de baja electricidad**
- **Color:** Los LED pueden emitir luz del color que se requiere sin utilizar filtros de color.
- **Tamaño:** Los LED pueden ser muy pequeños (menor de 2mm) y pueden ser fácilmente incluidos en tarjetas electrónicas.
- **Baja generación de calor:** El SSL genera menor calor a comparación de las bombillas tradicionales.
- **Falla lenta:** A diferencia de los bulbos que fallan de un momento para otro, los LED típicamente bajan su intensidad durante el tiempo.
- **Resistencia a golpes:** Los LED al ser componentes en estado sólido, son difícil de dañar con golpes externos, a diferencia de los bulbos y tubos fluorescentes que son frágiles.
- **Enfoque:** El paquete sólido del LED puede ser diseñado para enfocar su luz.

---

<sup>21</sup> PHILIPS INDALUX (2000)

- **Toxicidad:** Los LED no contienen mercurio a diferencia de las lámparas fluorescentes.

## 2.9 MARCO LEGAL<sup>22</sup>

Según el INEN con respecto a eficiencia energética en edificaciones. Establece como requisito en el punto N°4.1.3 (Anexo 1)

### **Iluminación eficiente. Los edificios dispondrán de:**

Instalaciones de iluminación adecuadas a las necesidades de sus usuarios y que cumpla con el reglamento técnico ecuatoriano RTE-INEN-036 Eficiencia energética, lámparas fluorescentes compactas, rangos de desempeño energético y etiquetado. Además, el valor de la eficiencia energética de una instalación (VEEI) en cada zona del edificio, no debe superar los valores consignados en las tabla 1 y 2

**CUADRO N°4. VEEI MÁXIMO PARA ZONAS DE NO REPRESENTACION**

Zona de actividad diferenciada	VEEI máximo (W/m <sup>2</sup> )
Administración general	3,5
Andenes de estación de transporte	3,5
Salas de diagnóstico	3,5
Pabellones de exposición o ferias	3,5
▶ Aulas y laboratorios	4,0
Habitaciones de hospital	4,5
▶ Zonas comunes	4,5
▶ Almacenes, archivos, salas técnicas y cocinas	5,0
Aparcamientos	5,0
Espacios deportivos	5,0

---

<sup>22</sup> INEN (2009)

## CUADRO N°5 . VEEI MÁXIMO PARA ZONAS DE REPRESENTACION

Zona de actividad diferenciada	VEEI máximo (W/m <sup>2</sup> )
Administración general	6,0
Estaciones de transporte	6,0
Supermercados, hipermercados y almacenes	6,0
Bibliotecas, museos y galerías de arte	6,0
Zonas comunes en edificios residenciales	7,5
Centros comerciales	8,0
Hostelería y restauración	10,0
Religioso en general	10,0
Salones de acto, auditorios y salas de usos múltiples y convenciones, salas de ocio o espectáculo, salas de reuniones y salas de conferencias	10,0
Tiendas y pequeño comercio	10,0
Zonas comunes	10,0
Habitaciones de hoteles, hostales, etc.	12,0

- a) El Valor de eficiencia energética de una instalación (VEEI) de iluminación de una zona por cada 100 lux, se determina mediante la siguiente igualdad:

$$VEEI = \frac{P \times 100}{S_i \times E_m}$$

FORMULA N°10: ILUMINACIÓN DE UNA ZONA POR CADA 100 LUX

Dónde:

P= la potencia total instalada en lámparas más los equipos auxiliares en W.

S<sub>i</sub>= la superficie iluminada en m<sup>2</sup>.

E<sub>m</sub>= la iluminancia media horizontal mantenida en lux.

Sistema de control que permite ajustar el encendido a la ocupación real de la zona:

- a) Toda zona dispondrá al menos de un sistema de encendido y apagado manual, cuando disponga de otro sistema de control, no aceptándose los sistemas de encendido y apagado en tableros eléctricos como único sistema de control.

- b) Las zonas e uso esporádico dispondrán de un control de encendido y apagado por sistema de detección de presencia o sistema temporización.

## **2.10 CONCLUSIÓN DEL CAPITULO**

A partir del estudio de las bibliografías consultadas se analiza la importancia de eficiencia y eficacia energética teniendo como fuente de energía la iluminación con lámparas de tecnología LEDs quedando así estructura la base teórica de la investigación.

## CAPITULO III METODOLOGIA

### 3.1. DISEÑO DE LA INVESTIGACION

El presente estudio se ubica en el paradigma crítico propositivo y es de carácter cuantitativo- cualitativo; cuantitativo porque la investigación recogida se procesa de forma estadística, y cualitativa porque los resultados estadísticos estarán sometidos al análisis e interpretaciones con apoyo del marco teórico.

### 3.2 MODALIDADES DE INVESTIGACIÓN

#### 3.2.1 DE CAMPO

Porque se localiza en el lugar estratégico donde se producen los hechos y fenómenos para recolectar información inicial. En la Universidad Técnica de Cotopaxi en el bloque B, lugar donde se realizó varias mediciones tanto nocturnas como diurnas de iluminancia (luxes) con un luxómetro AEMC MODEL 180 LIGHTMETER con el propósito de determinar el estado actual de la iluminación de los 4 pisos del bloque y evaluar el efecto sobre los beneficiarios. A ello se le hará una interrelación directa con la población que utiliza dichas instalaciones para la recolección de datos.



FIGURA N°27: EDIFICIO DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

Toda esta información será analizada para fundamentar la importancia del estudio y la propuesta que se pretende realizar, estableciendo conclusiones y recomendaciones.



FIGURA N°28: TOMA DE DATOS CON LUXÓMETRO EN LA UTC

### **3.2.2 BIBLIOGRÁFICA DOCUMENTAL**

Porque se recurrirá a fuentes de información primaria válidos, fiables; en este aspecto se ha recurrido a elementos relacionados con la tecnología de iluminación y sus normas internacionales, libros de iluminación, catálogos de fabricantes, artículos en formato digital y páginas web que tienen relación de directa con las técnicas de iluminación inteligente de interiores.

### **3.2.3 DE INTERVENCIÓN SOCIAL**

Porque se planteará una propuesta de solución al problema investigado en un contexto determinado; con una propuesta para mejorar la iluminación de interiores, considerando necesario la eficiencia de esta para mejorar el ambiente de trabajo de la institución.

### **3.3 MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN**

#### **3.3.1 EXPLORATORIO**

Porque reconoce variables de interés investigativo, sondeando en la población un problema desconocido en un contexto determinado, para que surja la necesidad y con esto se determine niveles de satisfacción respecto a la iluminación y en base a esto plantar una solución técnica al problema en estudio.

#### **3.3.2 DESCRIPTIVO**

Porque la investigación tiene un interés y acción social, comparando fenómenos o situaciones distribuidas en las variables de estudio que son las fuentes de iluminación actuales, las propuestas y el impacto que se produce en la población de la Universidad Técnica de Cotopaxi; mismas que se estudiarán en el desarrollo del presente trabajo.

#### **3.3.3 OBSERVACIÓN**

Resulta preciso establecer el estado actual del sistema de iluminación de la Universidad Técnica de Cotopaxi, bloque B, determinando los tipos de luminarias existentes, las instalaciones que se disponen en el sitio y la calidad de servicio en cuanto a la iluminación mediante la observación directa del sitio.

#### **3.3.4 SIMULACIÓN**

Se realizó la simulación del estado actual del sistema de iluminación de interiores que tiene la Universidad Técnica de Cotopaxi, bloque B; con la utilización del software DiaLUX de Philips; proceso que arrojó resultados que serán comparados con las mediciones realizadas en el campo de estudio.

Posteriormente se realizó simulaciones con luminarias de tubos LED, para su análisis posterior.

### 3.4 POBLACIÓN Y MUESTRA

Población: Universidad Técnica de Cotopaxi del bloque “B”

**Usuarios = 846** (promedio de alumnos por nómina de asistencia a clases, docentes, personal administrativo)

$846 \div 4 = 211.5 = 212$  (personas por piso) en el horario pico desde las **17:30 hasta las 23:00**

**n= 212**

Aplicamos la fórmula:

$$n = \frac{t^2 * p (1-p)}{m^2}$$

FORMULA N° 11: CALCULO DE LA MUESTRA

Descripción:

n= tamaño de la muestra requerido

t= nivel de fiabilidad de 95% (valor estándar de 1.96)

p= prevalencia estimada de los usuarios de las instalaciones con un promedio 30%

m= margen de error de 5% (valor estándar de 0,05)

Calculo:

$$n = \frac{t^2 * p (1-p)}{m^2}$$

$$n = \frac{(1.96)^2 * 0.2 (1-0.2)}{(0.05)^2}$$

$$n = \frac{3.8416 * 0.2 (0.8)}{0.0025}$$

$$n = \frac{3.8416 * 0.16}{0.0025}$$

$$n = 0.614656 / 0.0025$$

$$n = 24.58$$

n=25 personas x 4 (pisos)

n= **100 Usuarios a Encuestarse**

La muestra de estudio que son los usuarios de la Universidad Técnica Cotopaxi del bloque B, determinará su estado de satisfacción con respecto al sistema de iluminación de interiores que existe en la actualidad y la aplicación de un nuevo proyecto con tecnología LED de bajo consumo energético y alta eficiencia, por lo que se realizó con una cantidad de 100 usuarios, por piso y en el horario desde las 17.30 hasta las 23.00 considerando que pertenezcan a los grupos de directivos, docentes y alumnos.

### **3.5 DELIMITACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO**

Esta población se encuentra ubicada en la avenida Simón Rodríguez, sector Noroccidente urbano del cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi.

X: 757272

Y:9885422

Z:2612

Datos obtenidos mediante sistema GPS.

### 3.6 OPERACIONALIZACION DE LAS VARIABLES

CUADRO NO.6: VARIABLE INDEPENDIENTE:  
EFECTIVIDAD DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN

Concepto	Categoría	Indicadores	Item	Técnicas	Instrumentos
Efectividad del flujo luminoso emitido por una lámpara fluorescente en locales cerrados.	Tipo de luminaria actual	Confort	¿Es necesaria la remodelación del sistema de iluminación actual por uno más el cambio de luminarias de vapor de mercurio por otras fuentes de iluminación ?	Encuesta	Cuestionario
	Tecnología Leds	Efectividad	¿La propuesta de un nuevo sistema de iluminación inteligente basado en tecnología LEDs permitirá	Encuesta	Cuestionario

			ahorrar energía y mejorar el confort e iluminación de los locales interiores?		
Niveles de Iluminación actuales	Intensidad Luminosa	cd/m <sup>2</sup>	Medición	Luxómetro	
	Flujo Luminoso	lm	Medición	Luxómetro	
	Eficiencia Luminosa	lm/W	Medición	Luxómetro	
Ubicación de lámparas actuales	Simetría	m	Medición	Cinta métrica	
	Interdistancia	m	Medición	Cinta métrica	
Prefactibilidad	Costos	\$	Cálculo	Ecuaciones	

### CUADRO N°7: VARIABLE DEPENDIENTE:

#### EFICIENCIA DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN DE INTERIORES

Concepto	Categoría	Indicadores	Item	Técnicas	Instrumentos
Relación entre la potencia luminosa que entrega una lámpara de alumbrado de interiores respecto a la potencia que consume.	Niveles de Iluminación propuestos	Intensidad Luminosa	lx/m <sup>2</sup>	Cálculo	Ecuaciones
		Flujo Luminoso	lm	Cálculo	Ecuaciones
	Posición de lámparas propuestas	Simetría	m	Medición	Cinta métrica
		Interdistancia	m	Medición	Cinta métrica
	Eficiencia luminosa	Potencia luminosa	lx/W	Cálculo	Ecuaciones

### 3.7 TECNICAS E INSTRUMENTOS

#### 3.7.1 ENCUESTAS

Se aplicó encuestas a directivos, personal docente y estudiantes de la UTC, y se determinó el grado de satisfacción del sistema actual de iluminación y se evaluó su opinión sobre el cambio de tecnología a LED junto con la telegestión.

#### 3.7.2 MEDICIONES

Se realizó mediciones diurnas y nocturnas de iluminancia con un luxómetro AEMC MODEL 810 LIGHTMETER en distintos sitios de la Universidad Técnica de Cotopaxi, bloque B.

<sup>23</sup>Luxómetro.- Instrumento de medición que permite medir simple y rápidamente la iluminancia real y no subjetiva de un ambiente. Contiene una célula fotoeléctrica que capta la luz y la convierte en impulsos eléctricos los cuales son interpretados y representados en un display y/o aguja con la correspondiente escala de luces.

<sup>24</sup>Iluminancia.- ( E ) es la cantidad de flujo luminoso que incide sobre una superficie por unidad de área. El Sistema de medida internacional es el lux=

$$1\text{lux} = 1 \text{ lumen/m}^2$$

### Características

- Operables con sólo una mano
- Su diseño permite medir una gran variedad de tipos de iluminación
- Sensor desmontable, muy práctico para lecturas en ambientes cerrados
- Mide en pié/candelas o luxes
- Corrección por ley de coseno
- Función HOLD (Guardar)
- Función PEAK (Pico) – (Modelo CA813)
- Función MAX (Máximo) – (Modelo CA811)
- Respuesta fotóptica CIE (ojo humano)
- 2000-cuentas backlit LCD
- Livianos y compactos
- Cubierta protectora desmontable del sensor
- Incluye un protector rugoso a pruebas de golpes y resistente al polvo

### Aplicaciones

- Ensayos de cumplimiento de normas de seguridad en lugares de trabajo, oficinas y plantas industriales
- Pruebas en elementos sensibles a la luz como exhibidores, archivos, museos y galerías de arte

### CUADRO N°8 CARACTERÍSTICA DEL LUXÓMETRO

---

<sup>23</sup> PCE IBERICA (2008)

<sup>24</sup> JIMEMEZ B. (1995)

## Especificaciones

MODELO	CA811	CA813*
<b>MEDICIONES</b>		
<b>Escala</b>	20pc, 200pc, 2000pc, 20kpc	20pc, 200pc, 2000pc, 20kpc
pc = pié-candela = lm/pié = 10.76 lux	20lux, 200lux, 2000lux, 20klux,	20lux, 200lux, 2000lux, 20klux, 200klux
<b>Resolución</b>	0,01pc ó 0,01lux	0,01pc ó 0,01lux
<b>Sensor</b>	Fotodiodo de silicio	Fotodiodo de silicio
<b>Respuesta espectral</b>	Curva fotóptica CIE	Curva fotóptica CIE
<b>Precisión para una fuente de luz de 2856K</b>	±3% de Lectura ± 10cts	±3% de Lectura ± 10cts
<b>Frecuencia muestreo de display</b>	2,5 veces por segundo, nominal	
<b>GENERALES</b>		
<b>Pantalla</b>	Pantalla LCD de 3½ dígitos	
<b>Temperatura de Operación</b>	32° a 122°F (0° a 50°C), <80% RH	
<b>Temperatura de Almacenaje</b>	-4° a 140°F (-20° a 60°C), 0 a 80% RH sin batería	
<b>Polaridad</b>	Automática	
<b>Alimentación</b>	9V Alkaline battery	
<b>Indicación de Batería Baja</b>	[-+] aparece cuando la tensión de la batería está baja	
<b>Dimensiones</b>	6,81 x 2,38 x 1,5" (173 x 60,5 x 38mm)	
<b>Peso</b>	Approx. 7,55 oz (214g) incluye batería	Approx. 7,9 oz (224g) incluye batería

\*Nota: El Modelo CA813 tiene mayor sensibilidad (200klux) y posee una mejor respuesta espectral a fuentes de luz comunes.

### CUADRO N°9 ESPECIFICACIONES DEL LUXOMETRO

#### 3.7.3 ENTREVISTA

Se realizó entrevistas a varias personas pertenecientes al personal administrativo, docente y alumnos de la UTC, sobre el grado de satisfacción que tienen con sistema actual de iluminación de interiores del bloque B, y sobre la factibilidad de mejorar este servicio con el empleo de nuevas y mejores tecnologías, que representarían un ahorro de recursos energéticos, financieros y ambientales.

#### 3.7.4 VALIDEZ Y CONFIABILIDAD

Los instrumentos que se utilizaron en el presente trabajo, fueron evaluados para determinar su validez y confiabilidad; la validez estuvo determinada por especialistas, mientras que para confiabilidad se aplicó una prueba piloto dirigida a un pequeño sector de la población y para detectar posibles fallas y corregirlas antes de su aplicación final.

### **3.7.5 PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN**

- Revisión de los datos recolectados
- Tabulación de acuerdo a las variables
- Manejos de la información
- Estudio estadístico
- Presentación de resultados

### **3.8 SIMULACION DE ILUMINACIÓN**

En el presente estudio y para la simulación tanto del sistema de iluminación existente como para aquellos sistemas que se puedan aplicar, se utiliza el software DiaLUX de la empresa Philips.

Este programa permite realizar diseños de instalaciones de iluminación tanto interior como exterior, está basado y de hecho da la posibilidad de trabajar en conjunto con el software de diseño gráfico AUTOCAD lo cual facilita el proceso de diseño, pues cuando se utiliza ésta opción solo es necesario cargar el diseño de la edificación en el DiaLUX y sobre este realizar el diseño de la instalación de iluminación.

Otras de las aplicaciones más importantes de DiaLUX consisten en que permite visualizar en gráficos tridimensionales los diagramas polares de la distribución luminosa de las luminarias utilizadas, representa gráficamente por medio de colores y líneas los niveles de iluminancia en la edificación y permite calcular los niveles de deslumbramiento o UGR, etc.



FIGURA N°29: PANTALLA DE BIENVENIDA DEL SISTEMA DIALUX

Para el desarrollo de este proyecto se realizó simulaciones con matrices de intensidad de luminarias de vapor de mercurio T8 las cuales son utilizadas en la actualidad para iluminación de interiores en el bloque B del la UTC, considerando su economía y rendimiento.

Adicionalmente también se realizó simulaciones con matrices de luminarias LED y se presentó como una alternativa de iluminación de interiores junto con telegestión

Las simulaciones mediante el software DiaLUX de luminarias existentes ponen en evidencia que los datos obtenidos en el campo son similares a los simulados:

**Informaciones sobre el proyecto**  
Escriba toda la información relativa al proyecto, al local y al responsable del proyecto.

Propiedades del proyecto

Nombre de proyecto: JMINACION INTERIORES AULA DEL CHE

Nombre del local: SALA CHE GUEVERA

Descripción de proyecto: SIMULACION DE ILUMINACION DE INTERIORES SALA DE CHE GUEVARA CON LUMINARIAS DE 58 W VAPOR DE MERCURIO (TRES TUBOS T8)

Campos de datos de nombre libre, que aparecen en la portada del proyecto:

Nombre de campo:	Valor:
1. UTC	
2. ESTUDIOS	
3. UTC	
4. ING. CEVALLOS	
5.	

Fijar los nombres de campo como estándar

Haga clic aquí para guardar los nombres de campo para proyectos futuros.

Proyecto elaborado por

Elaborado por: ING. ALEX CEVALLOS

Teléfono: 2-802842

FAX:

E-Mail: santys\_2482@hotmail.com

Empresa: INVESTIGADOR ANALISIS

Dirección: AV. SIMON RODRIGUEZ

Logo de la empresa:  Seleccione imagen...

Fijar el responsable del proyecto como estándar

Haga clic aquí para guardar los datos del responsable del proyecto para proyectos futuros.

< Atrás    Siguiente >    Cancelar

FIGURA N°30: INGRESO DE INFORMACIÓN PARA EL USO DE DIALUX

Asistente de iluminación DIALux

**Entrada de datos**  
Escriba aquí todos los valores necesarios para el local y seleccione su luminaria y el tipo de montaje.

Geometría del local

Longitud (a): 5.400 m

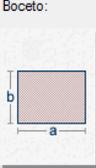
Anchura (b): 3.600 m

Altura: 2.800 m

Utilizar local en L

c: 2.700 m

d: 1.800 m

Boceto: 

Prueba: 

Selección de luminarias

Luminaria: DIAL 23 TCW 596S-158 I-D2 NB

Catálogos

Seleccione aquí el equipamiento: DIAL

Emisión de luz 1

Lámparas: T26 58W

Modifique aquí el flujo luminoso predeterminado para la luminaria:

Flujo: 5200 lm

Potencia: 65 W

Montaje de luminarias

Tipo de montaje: Adosado

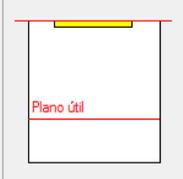
Modifique la altura de montaje mediante uno de los parámetros siguientes:

Longitud de suspensión: 0.000 m

Altura del punto de luz: 1.798 m

Altura de montaje: 2.800 m

Dimensiones (L x B x H): 1.570 x 0.188 x 0.152 m

Plano útil: 

Grado de reflexión

Techo: 70 % Techo estándar

Paredes: 50 % Pared estándar

Suelo: 20 % Suelo estándar

Parámetros del local

Valores de referencia: Ejemplo de empleo

Factor de degradación: 0.80

Plano útil

Altura: 0.850 m

Zona marginal: 0.000 m

< Atrás    Siguiente >    Cancelar

FIGURA N°31: SIMULACIÓN LUMINARIAS 58W MERCURIO T8

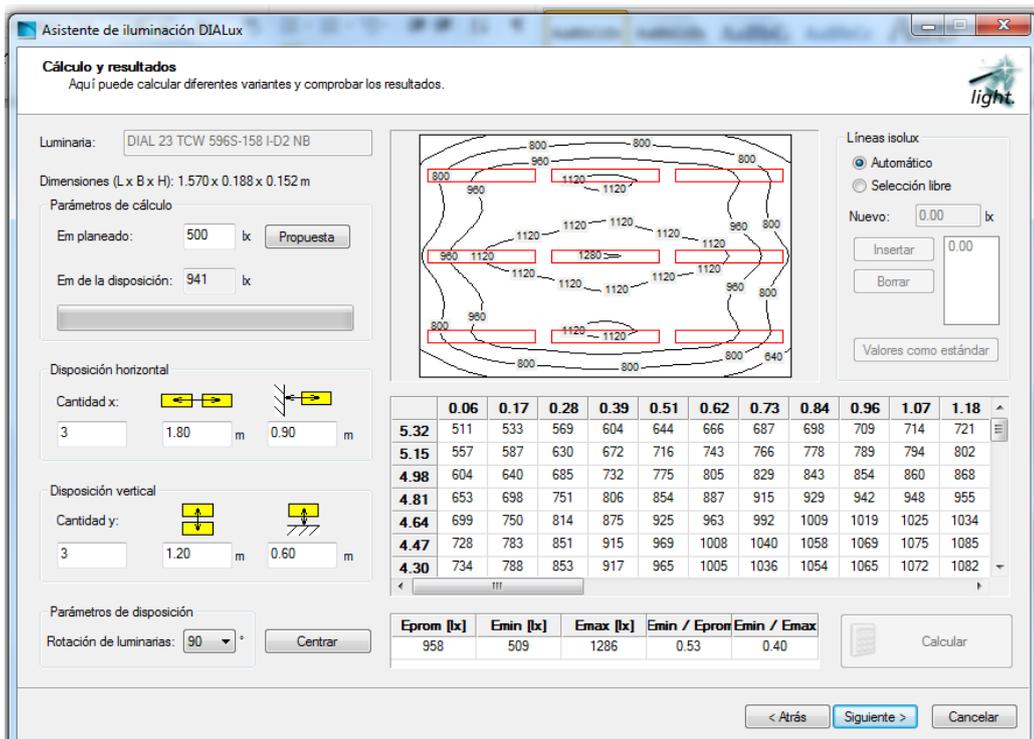
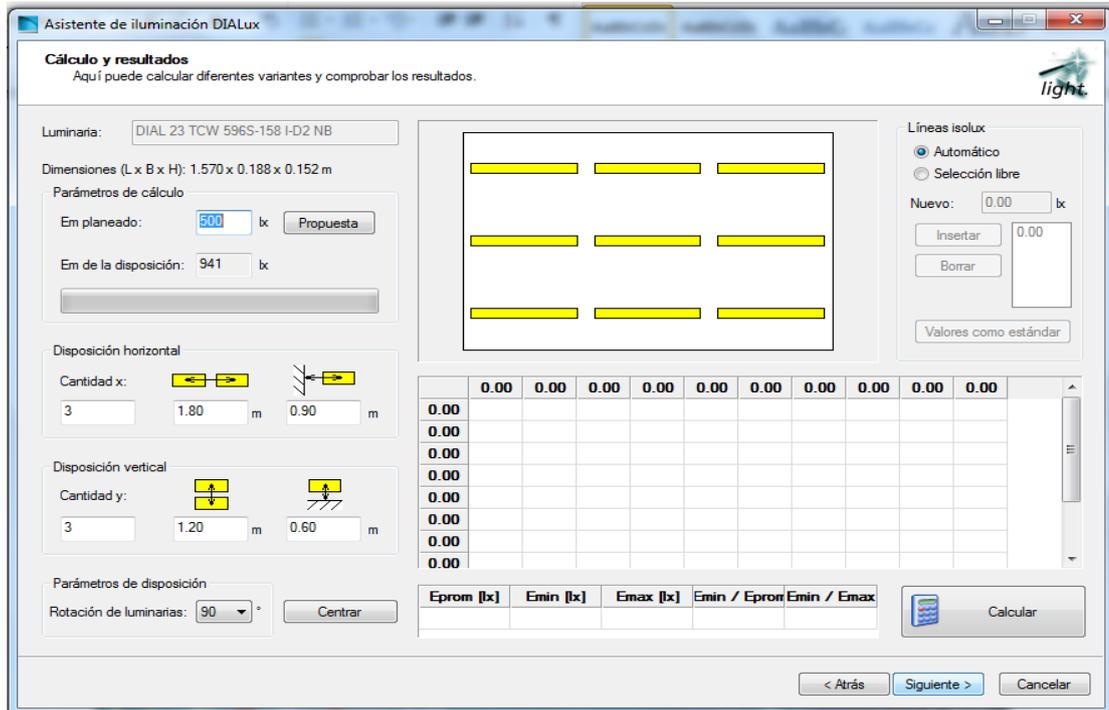




FIGURA N°34: SIMULACIÓN DE LUMINARIAS EXISTENTES 58W  
FLUORESCENTE T8



INVESTIGADOR ANALISIS  
AV. SIMON RODRIGUEZ

Proyecto elaborado por: **ING. ALEX CEVALLOS**  
Teléfono: 24-202642  
Fax:  
e-Mail: alex\_2482@hotmail.com

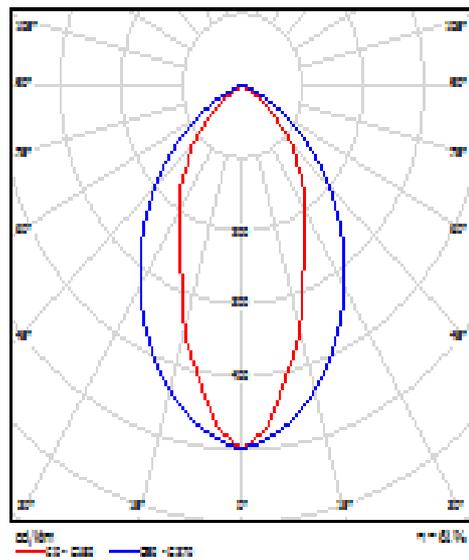
**DIAL 23 TCW 596S-158 I-D2 NB/Hoja de datos de luminarias**



Clasificación luminarias según CIE: 100  
Código CIE Flux: 70 94 99 100 62

TCW 596S-158 I-D2 NB

Emisión de luz 1:



Emisión de luz 1:

Variación de deslumbramiento según UGR													
UGR		10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	
UGR		10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	
UGR		10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	
Número de luz		Número de luminarias a 1 gr. de altura						Número de luminarias a 2 gr. de altura					
100	10	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	
	15	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	
	20	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	
	25	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	
	30	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	
150	10	150	225	300	375	450	525	600	675	750	825	900	
	15	150	225	300	375	450	525	600	675	750	825	900	
	20	150	225	300	375	450	525	600	675	750	825	900	
	25	150	225	300	375	450	525	600	675	750	825	900	
	30	150	225	300	375	450	525	600	675	750	825	900	
200	10	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	
	15	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	
	20	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	
	25	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	
	30	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	
300	10	300	450	600	750	900	1050	1200	1350	1500	1650	1800	
	15	300	450	600	750	900	1050	1200	1350	1500	1650	1800	
	20	300	450	600	750	900	1050	1200	1350	1500	1650	1800	
	25	300	450	600	750	900	1050	1200	1350	1500	1650	1800	
	30	300	450	600	750	900	1050	1200	1350	1500	1650	1800	
CANTIDAD DE LUMINARIAS EXISTENTES EN EL ENTORNO DE LA LUMINARIA													
0° < UGR < 15°		40.0 / 7.0						40.0 / 7.0					
15° < UGR < 30°		40.0 / 7.0						40.0 / 7.0					
30° < UGR < 45°		40.0 / 7.0						40.0 / 7.0					
TOTAL EXISTENTE		40.0						40.0					
CANTIDAD DE LUMINARIAS		40.0						40.0					

FIGURA N°35: SIMULACIÓN DE LUMINARIAS EXISTENTES 58W DE

## MERCURIO T8 PARA EL MISMO CASO SE SIMULA CON LUMINARIAS DE TECNOLOGÍA LED T8 13W

Asistente de iluminación DIALux

**Informaciones sobre el proyecto**  
Escriba toda la información relativa al proyecto, al local y al responsable del proyecto.

Propiedades del proyecto

Nombre de proyecto: ILUMINACION DE INTERIORES UTC

Nombre del local: SALA CHE GUEVERA

Descripción de proyecto: SIMULACION DE ILUMINACION DE INTERIORES SALA DE CHE GUEVARA CON LUMINARIAS LEDS DE 13 W (TRES TUBOS T8)

Campos de datos de nombre libre, que aparecen en la portada del proyecto:

Nombre de campo:	Valor:
1. UTC	
2. ESTUDIOS	
3. UTC	
4. ING. CEVALLOS	
5.	

Fijar los nombres de campo como estándar

Haga clic aquí para guardar los nombres de campo para proyectos futuros.

Proyecto elaborado por

Elaborado por: ING. ALEX CEVALLOS

Teléfono: 2-802842

FAX:

E-Mail: santys\_2482@hotmail.com

Empresa: INVESTIGADOR

Dirección: AV. SIMON RODRIGUEZ

Logo de la empresa:  Seleccionar imagen...

Fijar el responsable del proyecto como estándar

Haga clic aquí para guardar los datos del responsable del proyecto para proyectos futuros.

< Atrás    Siguiente >    Cancelar

## FIGURA N°36: SIMULACIÓN DE LUMINARIAS PROPUESTA LED T8 13W

Asistente de iluminación DIALux

**Entrada de datos**  
Escriba aquí todos los valores necesarios para el local y seleccione su luminaria y el tipo de montaje.

Geometría del local

Longitud (a): 5.400 m

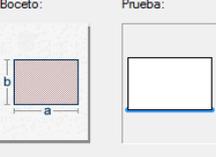
Anchura (b): 3.600 m

Altura: 2.800 m

Utilizar local en L

c: 2.700 m

d: 1.800 m

Boceto: 

Prueba: 

Selección de luminarias

Luminaria: DIAL 14 Downlight mit Reflektor und Dekorsc

Catálogos

Seleccione aquí el equipamiento: DIAL

Emisión de luz 1

Lámparas: TC-D 13W

Modifique aquí el flujo luminoso predeterminado para la luminaria:

Flujo: 900 lm

Potencia: 17 W

Montaje de luminarias

Tipo de montaje: Empotrado

Modifique la altura de montaje mediante uno de los parámetros siguientes:

Longitud de suspensión: -0.000 m

Altura del punto de luz: 1.850 m

Altura de montaje: 2.800 m

Dimensiones (L x B x H): 0.248 x 0.248 x 0.100 m

Plano útil: 

Parámetros del local

Valores de referencia: Ejemplo de empleo

Factor de degradación: 0.80

Plano útil

Altura: 0.850 m

Zona marginal: 0.000 m

< Atrás    Siguiente >    Cancelar

## FIGURA N°37: SIMULACIÓN DE LUMINARIAS PROPUESTA LED T8 13W

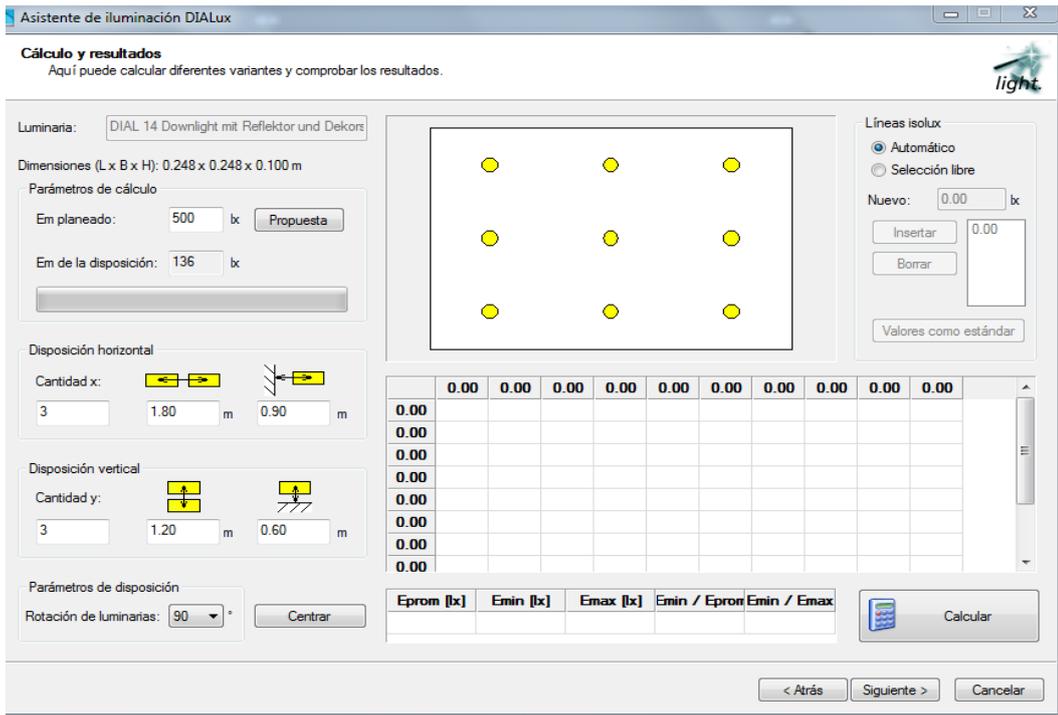


FIGURA N°38: SIMULACIÓN DE LUMINARIAS PROPUESTA LED T8 13W

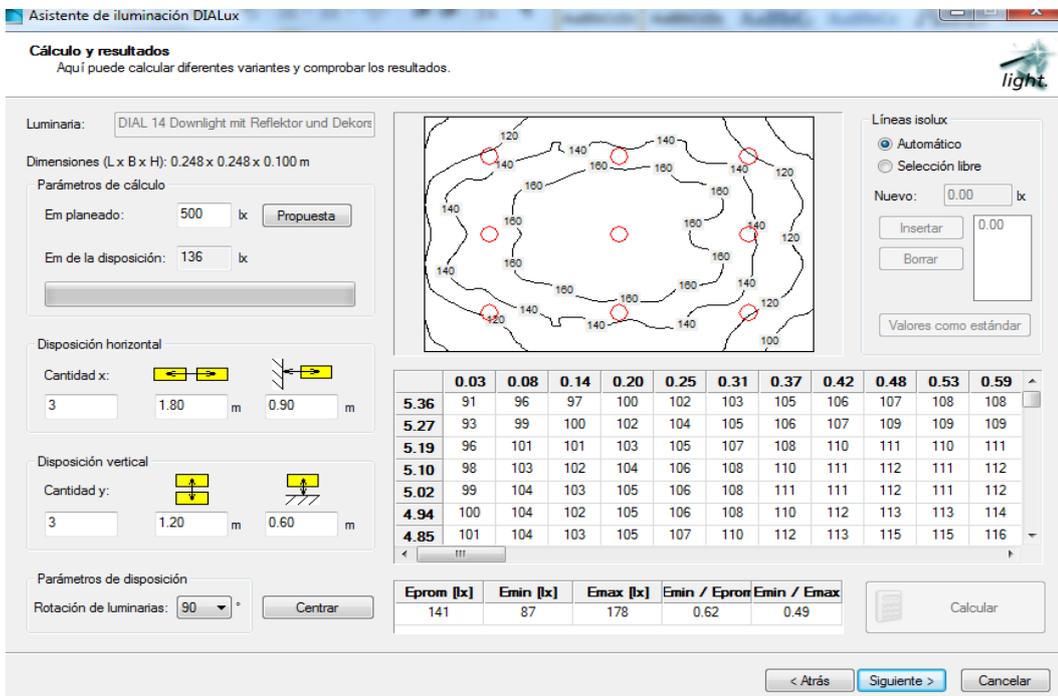


FIGURA N°39: SIMULACIÓN DE LUMINARIAS PROPUESTA LED T8 13W

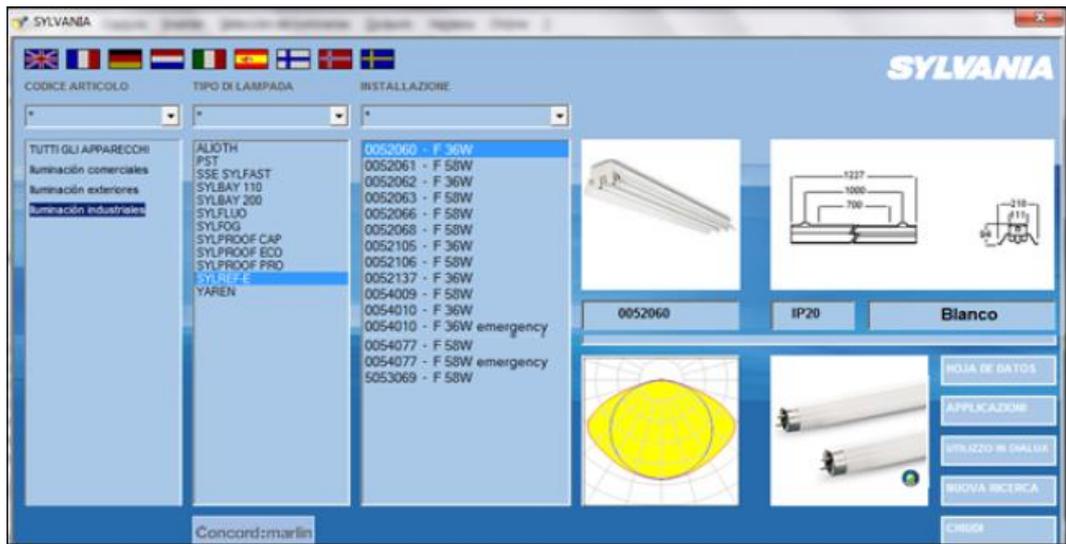


FIGURA N°40: SIMULACIÓN DE LUMINARIAS PROPUESTA LED T8 13W

### 3.9 EQUIPOS UTILIZADOS

Para realizar la medición de la iluminación entre los dos sistemas ya mencionados se utilizó un luxómetro marca AEMC MODEL 810 que se muestra en la siguiente figura.



FIGURA N°41: LUXÓMETRO AEMC SERIE 810

Para la ubicación geográfica del proyecto se utilizó un GPS – TRIMBLE, el cual brinda ubicación geoméricamente exacta.

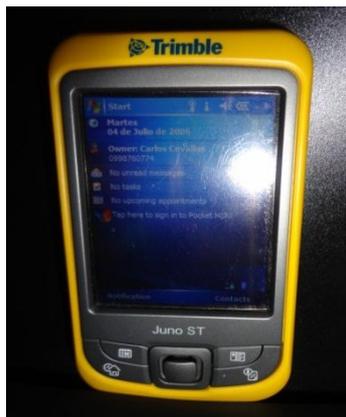


FIGURA N°42: GPS – TRIMBLE



### 3.10 MEDICIONES DE NIVELES MEDIOS DE ILUMINACIÓN (LUX).

Las mediciones de lux se realizó en el interior de la UTC en el bloque B, el trabajo fue hecho según la metodología, a los valores obtenidos se les calculó el valor medio y con el resultado se trabajó en el cálculo. Para lograr la representabilidad del trabajo experimental se obtuvo el valor medio, el cual se comprobó a través de un análisis estadístico previo.

#### 3.10.1 DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO DE MEDICIÓN

Para las mediciones se tuvo en cuenta las dimensiones de cada aula de los 4 pisos de la UTC del bloque B, en diferentes horarios, se tuvo en cuenta el siguiente procedimiento:

- Se realizó cuatro mediciones (r,r,r,r) cercanas al centro del aula y se promedió dichos valores.
- En el medio de cada lado del aula a lo largo se tomo una medición (q), promedie ambos valores.
- En cada lado a lo ancho del aula se realizó una medición (t,t), promedie los cuatro valores.
- En dos de las esquinas del aula se midió en los puntos señalados como (p) y promedió ambos valores.
- Entonces la iluminación media del aula está dada por:

FÓRMULA N° 12: ILUMINACIÓN MEDIA DEL AULA

$$E_{med} = \frac{R_m \cdot N \cdot (M - 1) + Q_m \cdot N + T_m \cdot (M - 1) + P_m}{N \cdot M}$$

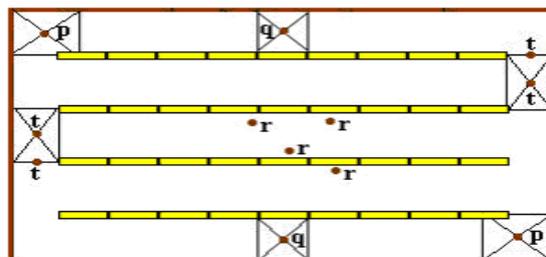


FIGURA N°43: LOCALES CON DOS O MÁS FILAS DE LUMINARIAS.

Dónde:

$Q_m$  ----- promedio de las mediciones realizadas en los puntos q; (lux).

$P_m$  ----- promedio de las mediciones realizadas en los puntos p; (lux).

$N$  ---- número de luminarias a lo largo del local.

$E_{med}$  - iluminación media del local; (lux).

$R_m$  ----- promedio de las mediciones realizadas en los puntos r; (lux).

$T_m$  ----- promedio de las mediciones realizadas en los puntos t; (lux).

$M$ ----- número de luminarias a lo ancho del local.

### 3.11 CONCLUSIONES DEL CAPITULO

Se definió la metodología que se utilizó en la investigación así como las técnicas que se utilizaron, métodos de cálculos y la descripción del software de iluminación que se utilizó para realizar las simulaciones de los niveles de iluminación existente en la instalación.

## **CAPITULO IV: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

Este capítulo analiza e interpreta la información recolectada al aplicar los instrumentos a la población beneficiaria del sistema de iluminación del bloque B de la UTC, además se realizó una interpretación de los resultados arrojados por el software de iluminación DiaLUX en los diferentes espacios en los que se realizó las simulaciones. Además esto nos permitió obtener una percepción más cercana de la zona de estudio.

### **4.1 ENCUESTA**

#### **APLICADA AL PERSONAL A LA POBLACIÓN DE LA UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI BLOQUE B**

A continuación se muestra la encuesta, instrumento que nos ayudó a recopilar información para un posterior análisis para detectar la eficiencia energética en la Universidad Técnica de Cotopaxi, bloque B, aplicada a Rector, Docentes, Personal Administrativo y Alumnos.

**1.- Considera UD. que la Universidad Técnica de Cotopaxi, debería implementar un sistema de telegestión inteligente para iluminación de interiores, para mejorar la eficiencia energética del Bloque B?**

<b>OPCIONES</b>	<b>FRECUENCIA</b>	<b>PORCENTAJE</b>
<b>SI</b>	90	90%
<b>NO</b>	10	10%
<b>TOTAL</b>	100	100%

CUADRO N°10: TABULACIÓN PREGUNTA I

## IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE TELEGESTION INTELIGENTE EN LA UTC

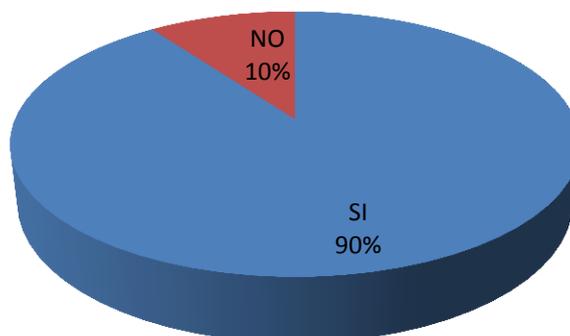


FIGURA N44°: IMPLEMENTAR UN SISTEMA INTELIGENTE DE  
ILUMINACIÓN

### **Análisis de la pregunta**

Del total de la población encuestada, el 10 % expresan su inconformidad sobre la implementación de un sistema inteligente de telegestión para iluminación de interiores, para mejorar la eficiencia energética del Bloque B de la UTC, en contraste con el 90% de encuestados que manifiestan su aceptación a la presente propuesta.

**2.- Cree Ud. que existe consumo de energía eléctrica desmedido en el horario de 17h30 – 23h00 en la Universidad Técnica de Cotopaxi, Bloque B, por parte de alumnos, docentes, y personal administrativo.**

OPCIONES	FRECUENCIA	PORCENTAJE
SI	90	90%
NO	10	10%
<b>TOTAL</b>	100	100%

CUADRO N°11: TABULACIÓN DE LA PREGUNTA 2

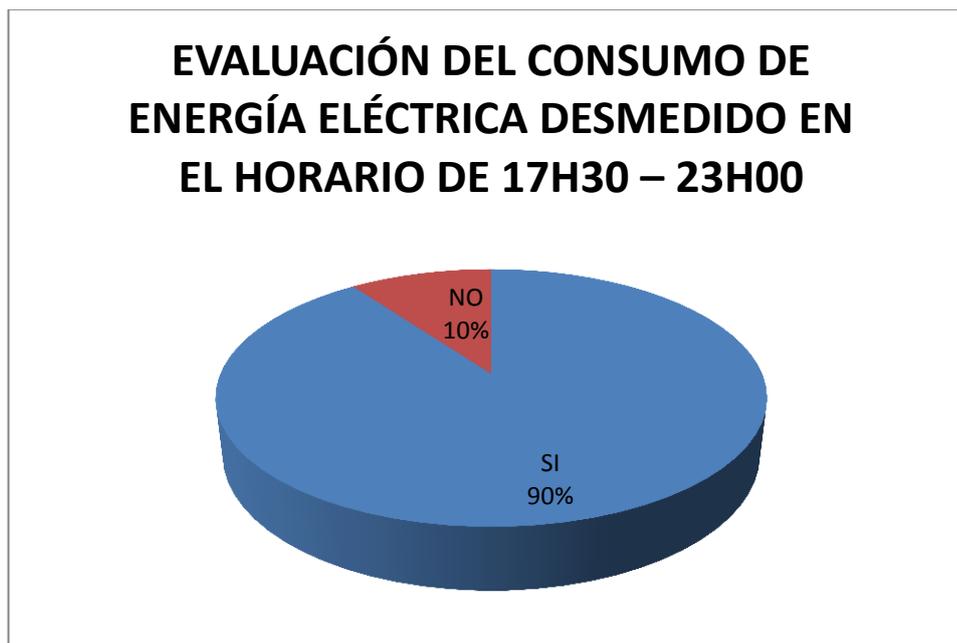


FIGURA N°45: EVALUACION DEL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA DESMEDIDO EN EL HORARIO DE 17H30 – 23H00

#### **Análisis de la pregunta**

Del total de la población encuestada, el 90 % de personas indican que en el sistema de iluminación actual existe consumo desmedido de energía, en cambio el 10% manifiesta que no existe dicho desperdicio.

**3.- Conoce Ud. sobre otros sistemas de iluminación de interiores eficientes diferentes al actual, que utilicen tecnologías alternativas para el ahorro de energía.**

OPCIONES	FRECUENCIA	PORCENTAJE
SI	65	65%
NO	35	35%
<b>TOTAL</b>	100	100%

CUADRO N°12: TABULACIÓN DE LA PREGUNTA 3



FIGURA N°46: CONOCIMIENTO OTROS SISTEMAS DE ILUMINACION

#### **Análisis de la pregunta**

Del total de la comunidad educativa encuestada, el 65% manifiestan que conocen sobre otros sistemas de iluminación alternativos que podrían contribuir con el ahorro de energía, mientras que el 35% desconocen sobre el tema

**4.- Conoce ud. sobre el ahorro de energía que ofrecen las luminarias LED, para la iluminación de interiores?**

<b>OPCIONES</b>	<b>FRECUENCIA</b>	<b>PORCENTAJE</b>
<b>SI</b>	47	47%
<b>NO</b>	53	53%
<b>TOTAL</b>	100	100%

CUADRO N°13: TABULACIÓN DE LA PREGUNTA 4



FIGURA N°47: CONOCIMIENTO SOBRE AHORRO DE ENERGÍA CON LUMINARIAS LED

#### **Análisis de la pregunta**

Del total de la población encuestada, el 47% expresa que si conoce sobre el ahorro de energía que ofrece la tecnología LED para iluminar interiores, en cambio el 53%, indican que desconocen dicho efecto.

**5. - Conoce ud. sobre las luminarias LED para iluminación de interiores y su impacto en el medio ambiente?**

<b>OPCIONES</b>	<b>FRECUENCIA</b>	<b>PORCENTAJE</b>
<b>NO</b>	70	70%
<b>SI</b>	30	30%
<b>TOTAL</b>	100	100%

CUADRO N°14: TABULACIÓN DE LA PREGUNTA 5



FIGURA N°48: CONOCIMIENTO SOBRE IMPACTO AMBIENTAL CON LUMINARIAS LED

#### **Análisis de la pregunta**

Del total de la población encuestada, el 70% no conoce sobre los efectos ambientales beneficiosos que ofrecen las LED mientras que el 30% manifiestan que si lo conocen.

#### **4.2 RESULTADO DE LA EVALUACIÓN DE LA ILUMINACIÓN ACTUAL EN LA UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI BLOQUE B**

Después de la simulación realizada con el programa DiaLUX, se determinó que en el sistema de iluminación actual hay factores medibles que no cumplen con las normas de la INEN, como son los requerimientos lumínicos mínimos necesarios para el tipo de instalaciones y que a la larga representaran desperdicio de recursos, a continuación se muestran los cálculos obtenidos por el software mencionado.



FIGURA N°49: LUMINARIA FLUORESCENTE T8 DEL BLOQUE B UTC

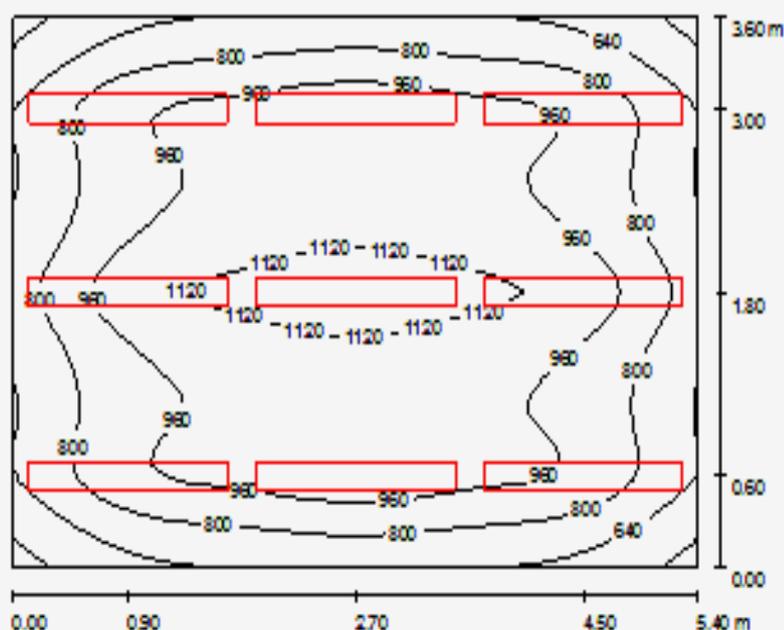
De acuerdo al análisis de los datos que se han obtenido con el programa DiaLUX se puede establecer que:

- Las lámparas tienen cebadores no suministran la tensión adecuada para iniciar el proceso fosforescente, el resultado son tubos parpadeando que no llegan a encenderse.
- Las reactancias también deben ser sustituidas porque al estar en mal estado puede alimentar incorrectamente un tubo, produciendo dos tipos de perjuicios: en caso de suministrar tensión insuficiente, el tubo tendrá tendencia a apagarse, por lo que deberá volverse a encender.
- Los propios tubos también deben ser sustituidos, ya que un tubo fluorescente tiene una "vida útil" y una "vida media". En el caso de un tubo que se utilice con reactancia electromagnética (EEM), su vida útil rondará las 6.000 horas mientras que su vida media puede alcanzar las 10.000 horas. Sin embargo, se considera que pasadas las primeras 6.000 horas se habrá producido una degradación lumínica superior al 40%, por lo que el tubo ya no ofrecerá valores lumínicos aceptables y debería ser sustituido.

INVESTIGADOR  
AV. SIMON RODRIGUEZ

Proyecto elaborado por ING. ALEX CEVALLOS  
Teléfono 2-802842  
Fax  
e-Mail santys\_2482@hotmail.com

SALA CHE GUEVERA / Resumen



Altura del local: 2.800 m, Altura de montaje: 2.800 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:47

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	895	438	1222	0.489
Sueb	20	747	425	970	0.575
Techo	40	129	102	143	0.797
Paredes (4)	40	318	94	828	/

Piano útil:	UGR	Longitud	Tran	aleje de luminaria
Altura: 0.850 m	Pared Izq	14	18	
Trama: 32 x 32 Puntos	Pared inferior	14	17	
Zona marginal: 0.000 m	(CIE, SHR = 0.25.)			

Porcentaje de puntos con menos de 400 lx (para IEQ-7): 0.00%.

Lista de piezas - Luminarias

N°	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	9	DIAL 23 TCW 596S-158 I-D2 NB (1.000)	3174	5200	65.0
			Total: 28569	Total: 46800	585.0

Valor de eficiencia energética: 30.09 W/m<sup>2</sup> = 3.36 W/m<sup>2</sup>/100 lx (Base: 19.44 m<sup>2</sup>)

CUADRO N°14: RESULTADOS LUMINARIA FLUORESCENTE 58W T8

Los promedio realizados de las mediciones de luminancia (luxes) con el luxómetro se indican en el siguiente cuadro

CUADRO N°15: RESULTADOS LUMINARIA FLUORESCENTE 58W T

**ILUMINACION DE INTERIORES UTC**





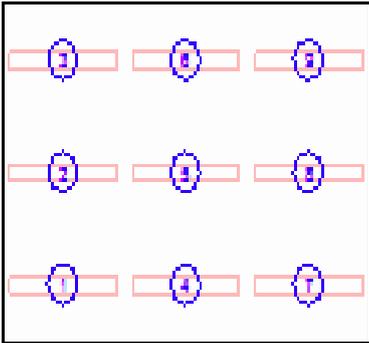
30.11.2013

**INVESTIGADOR**  
AV. SIMON RODRIGUEZ

Proyecto elaborado por **ING. ALEX CEVALLOS**  
Teléfono **2-802842**  
Fax  
e-Mail **sanjys\_2432@hotmail.com**

**SALA CHE GUEVERA / Luminarias (lista de coordenadas)**

**DIAL 23 TCW 596 S-158 FD2 NB**  
3174 lm, 85.0 W, 1 x 1 x T28 58W (Factor de corrección 1.000).



Vataje real [W]	Vataje nominal [W]	Longitud [mm]	Descripción	CCT [K]	IRC [Ra]	Vida media nominal (ciclo de 12-horas)[h]	Lúmenes iniciales a 25°C [lm]	EEC	Código del producto
13	14	549	F14/T5/830/WM	3000	85	30,000	1230	A	88364
13	14	549	F14/T5/840/WM	4000	85	30,000	1230	A	88362
19.7	21	849	F21/T5/830/WM	3000	85	30,000	1910	A	88360
19.7	21	849	F21/T5/840/WM	4000	85	30,000	1910	A	88357
21.4	24	549	F24/T5/830/WM	3000	85	30,000	1750	A	88352
21.4	24	549	F24/T5/840/WM	4000	85	30,000	1750	A	88350
26.4	28	1149	F28/T5/830/WM	3000	85	30,000	2640	A	88345
26.4	28	1149	F28/T5/840/WM	4000	85	30,000	2640	A	88356
33	35	1449	F35/T5/830/WM	3000	85	30,000	3320	A	88355
33	35	1449	F35/T5/840/WM	4000	85	30,000	3320	A	88354
36.1	39	849	F39/T5/830/WM	3000	85	30,000	3200	A	88348
36.1	39	849	F39/T5/840/WM	4000	85	30,000	3200	A	88344
46.8	49	1449	F49/T5/830/WM	3000	85	30,000	4450	A	88343
46.8	49	1449	F49/T5/840/WM	4000	85	30,000	4450	A	88336
51.1	54	1149	F54/T5/830/WM	3000	85	30,000	4460	A	88328
51.1	54	1149	F54/T5/840/WM	4000	85	30,000	4460	A	88337
76	80	1449	F80/T5/830/WM	3000	85	30,000	6450	A	88329
76	80	1449	F80/T5/840/WM	4000	85	30,000	6450	A	88332

Con los resultados conseguidos en la simulación de mediciones del sistema de iluminación de interiores con tecnología Led, se determina y recomienda realizar una valoración técnica y económica para el cambio con un sistemas de iluminación alternativa, dando lugar a un mejor rendimiento y eficiencia, no solamente limitándose al aspecto técnico sino también al aspecto social en lo que es referente al confort y cuidado con el medio ambiente. Esos resultados son suficientes para contribuir con las políticas energéticas a corto y mediano plazo.

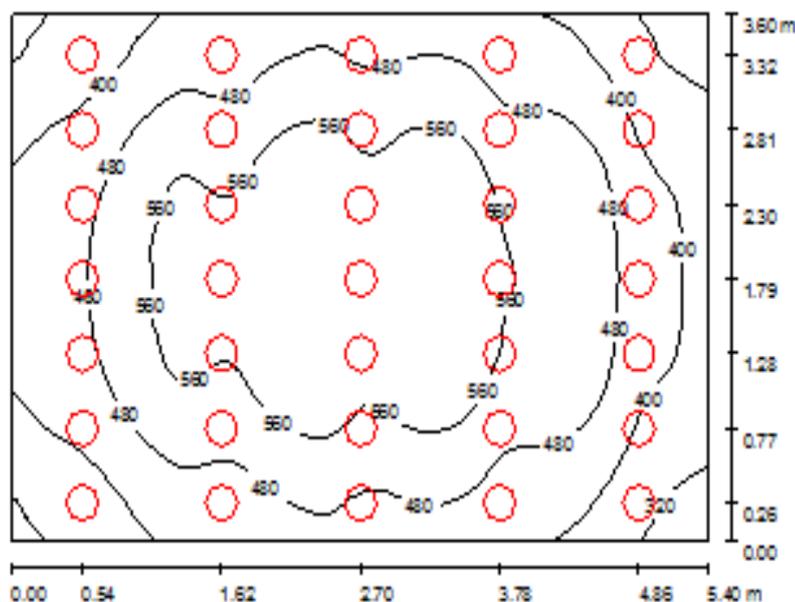


FIGURA N°50: MEDICIONES DE LUMINARIAS LEDS

INVESTIGADOR  
AV. SIMON RODRIGUEZ

Proyecto elaborado por ING. ALEX CEVALLOS  
Teléfono 2-802842  
Fax  
e-Mail santys\_2482@hotmail.com

**SALA CHE GUEVERA / Resumen**



Altura del local: 2.800 m, Altura de montaje: 2.800 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:47

Superficie	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Plano útil	/	486	284	643	0.580
Suelo	20	380	256	473	0.675
Techo	40	92	74	113	0.804
Paredes (4)	40	252	74	936	/

**Plano útil:**

Altura: 0.850 m  
Trama: 64 x 64 Puntos  
Zona marginal: 0.000 m

Porcentaje de puntos con menos de 400 lx (para IEQ-7): 16.19%.

**Lista de piezas - Luminarias**

N°	Pieza	Designación (Factor de corrección)	$\Phi$ (Luminaria) [lm]	$\Phi$ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	35	DIAL 14 Downlight mit Reflektor und Dekorschelbe (1.000)	525	900	17.0
			Total: 18367	Total: 31500	595.0

Valor de eficiencia energética: 30.61 W/m<sup>2</sup> = 6.26 W/m<sup>2</sup>/100 lx (Base: 19.44 m<sup>2</sup>)

CUADRO N°16: RESULTADOS LUMINARIA LED 13W T8



INVESTIGADOR

Proyecto elaborado por ING. ALEX CEVALLOS

Teléfono: 245 02542

Fax:

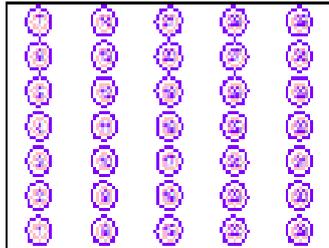
e-Mail: alexcva\_2452@hotmail.com

AV. SIMON RODRIGUEZ

**SALA CHE GUEVERA / Luminarias (lista de coordenadas)**

**DIAL 14 Downlight mit Reflektor und Dekorscheibe**

525 lm, 17,0 W, 1 x 1 x TC-D 13W (Factor de corrección 1.000).



N°	Posición [m]			Rotación [°]		
	X	Y	Z	X	Y	Z
1	0.540	0.260	2.800	0.0	0.0	90.0
2	0.540	0.770	2.800	0.0	0.0	90.0
3	0.540	1.280	2.800	0.0	0.0	90.0
4	0.540	1.790	2.800	0.0	0.0	90.0
5	0.540	2.300	2.800	0.0	0.0	90.0
6	0.540	2.810	2.800	0.0	0.0	90.0
7	0.540	3.320	2.800	0.0	0.0	90.0
8	1.620	0.260	2.800	0.0	0.0	90.0
9	1.620	0.770	2.800	0.0	0.0	90.0
10	1.620	1.280	2.800	0.0	0.0	90.0
11	1.620	1.790	2.800	0.0	0.0	90.0
12	1.620	2.300	2.800	0.0	0.0	90.0
13	1.620	2.810	2.800	0.0	0.0	90.0
14	1.620	3.320	2.800	0.0	0.0	90.0
15	2.700	0.260	2.800	0.0	0.0	90.0
16	2.700	0.770	2.800	0.0	0.0	90.0
17	2.700	1.280	2.800	0.0	0.0	90.0
18	2.700	1.790	2.800	0.0	0.0	90.0
19	2.700	2.300	2.800	0.0	0.0	90.0
20	2.700	2.810	2.800	0.0	0.0	90.0
21	2.700	3.320	2.800	0.0	0.0	90.0
22	3.780	0.260	2.800	0.0	0.0	90.0
23	3.780	0.770	2.800	0.0	0.0	90.0
24	3.780	1.280	2.800	0.0	0.0	90.0
25	3.780	1.790	2.800	0.0	0.0	90.0
26	3.780	2.300	2.800	0.0	0.0	90.0
27	3.780	2.810	2.800	0.0	0.0	90.0
28	3.780	3.320	2.800	0.0	0.0	90.0

CUADRO N°17: RESULTADOS LUMINARIA LED 13W T8

CUADRO N°18: COMPARACION POR LUMINARIA.

	<b>LÁMPARAS FLUORESCENTE T8 58W</b>	<b>LÁMPARA LEDS T8 13 W</b>
Luz de salida en Lúmenes por vatios	100 lúmenes / vatio	100 – 150 lúmenes /vatio
Atrapado Luz	Hasta el 40%	Cero
Lúmenes disponibles 1	50 a 70 lúmenes / vatio	100-150 lúmenes /vatio
Debido a la pérdida de cubierta vidrio y lentes.	20%	10%
Lúmenes disponibles 2	38 a 54 lúmenes / vatio	90-140 lúmenes/vatio
Perdida de Balastro/Conductor	28%	8%
Eficiencia del sistema	35 a 45 lúmenes / vatio	85–135 lúmenes / vatio
Vida Promedio	16000	≥50000

La sustitución de luminarias fluorescentes T8 tradicionales por luminarias Led es ya el presente en la iluminación, la iluminación Led se distingue por consumir entre un 80 y 90 % menos de energía que una luminaria fluorescente tradicional.

En los últimos años las luminarias Led T8 han experimentado un gran avance que han mejorado sus cualidades y costos, aumentando su versatilidad y haciéndoles asequibles para todo tipo de usuarios.

Entre los parámetros considerados para la eficiencia energética de las luminarias Led T8 se tomó en cuenta los siguientes:

- Alta eficiencia
- Bajo consumo
- Durabilidad
- Calidad de luz emitida
- Bajo voltaje
- Baja emisión de calor

- Respuesta instantánea
- Ecológicas
- Menores emisiones de CO2

En resumen, luego de todo lo explicado, podemos concluir que hoy en día es posible conseguir LEDs en todo el espectro visible y con estándares de calidad de acuerdo a exigentes normas de nivel mundial. Su bajo consumo comparado con otras fuentes de luz, sus características ambientalmente amigables y ecológicas. Sumado a todo esto se observó que su precio y disponibilidad en el mercado lo hacen cada vez más asequible al público en general y está indicado para cada vez más aplicaciones de uso cotidiano en el mundo del siglo XXI.

Finalmente en el siguiente cuadro se muestra una comparación de lámparas fluorescentes y LEDs, para su análisis general.

CUADRO N°19: COMPARACIÓN ENTRE FLUORESCENTES Y LEDs

	Fluorescente	LED
<i>Contiene Mercurio y metales pesados</i>	SI	NO
<i>Usa cebador</i>	SI/NO(HFP)	NO
<i>Usa balastro</i>	SI	NO
<i>Genera energía reactiva</i>	SI	NO
<i>Consume con tubo fundido</i>	SI	NO
<i>Potencia tubo 60cms</i>	18W	9W
<i>Potencia tubo 120cms</i>	36W	18W
<i>Potencia tubo 150cms</i>	58W	22W
<i>Consumo balastro/driver 1x60cms</i>	3W-7W	1W
<i>Consumo balastro/driver 1x120cms</i>	5W-7W	2W
<i>Consumo balastro/driver 1x150cms</i>	7W-11W	3W
<i>Emite infrarrojos (IR)</i>	SI	NO
<i>Emite ultravioletas (UV)</i>	SI	NO
<i>Temperatura de superficie</i>	80°	40°
<i>Rango de temperatura de trabajo</i>	de 5° a 45°	de -20° a 60°
<i>Peligro por rotura</i>	SI	NO
<i>Tensión de trabajo</i>	240V	12V
<i>Riesgo eléctrico</i>	SI	NO
<i>Vida útil (en horas)</i>	6.000/17.000	50.000
<i>Vida media</i>	8.000/19.000	80.000
<i>Oscurece techos / decolora</i>	SI	NO
<i>Produce parpadeo durante el uso</i>	SI	NO
<i>Encendido instantáneo</i>	NO	SI
<i>Encendido a plena luminosidad</i>	NO	SI
<i>Sobre consumo por encendidos múltiples</i>	SI	NO
<i>Degradación luminica por cada 3.000 horas</i>	30%	2%

### 4.3 ANALISIS ENERGETICO ACTUAL DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN

Los sistemas de iluminación han pasado a ocupar un lugar importante en el consumo de las instalaciones de servicios, llegando hasta un 30 % del consumo de totaldicho. Se realizó un análisis de cómo se comporta el mismo en la UTC. No se llevó control en ningún departamento por lo que mediante mediciones puntuales se pudo determinar el consumo de cada uno de los espacios energéticos dentro del bloque “B”.

En el presente Diagrama de Pareto, se puede indicar que la iluminación es el segundo consumidor del bloque, se mostrara las mediciones con un analizador de red donde se evidencia el consumo en el horario de la noche.

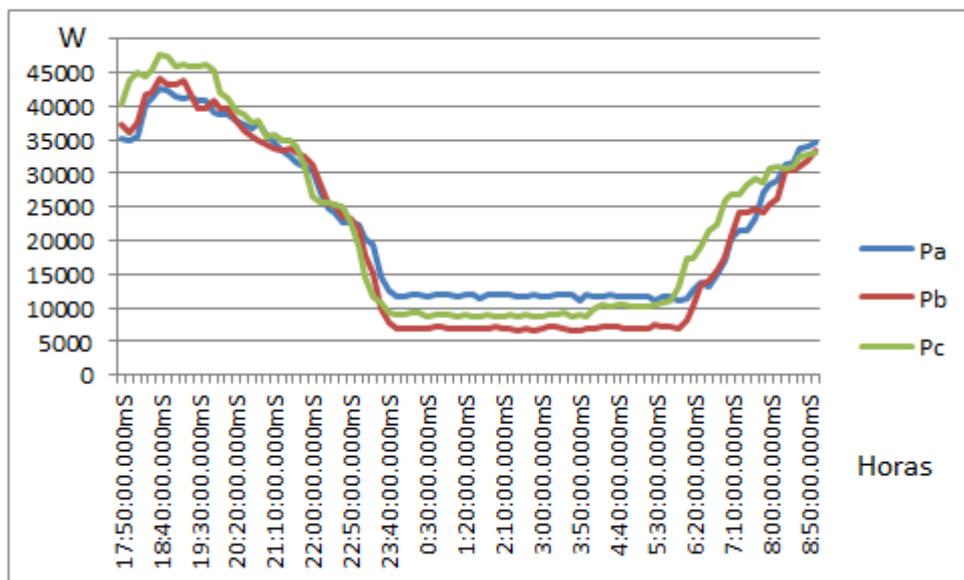


FIGURA N°51: CONSUMO ENERGÍA CONTROL

Las mediciones realizadas desde las 17H30 hasta las 09H00 del siguiente día evidencian que comienza una disminución del consumo hasta las 23H00 hora en la que culminan las actividades docentes y solamente queda la iluminación de promedio durante toda la noche, demostrando la necesidad de cambio por una iluminación más eficiente.

### **4.3.1 PROBLEMAS QUE AFECTAN LA EFICIENCIA DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN.**

1. No se cuenta con una red de monitoreo de la energía que permita la supervisión de las variables eléctricas.
2. Bajo nivel de iluminación en varios locales.
3. No se han establecido los valores de temperatura óptimos de funcionamiento para las distintas áreas.
4. No existe control para el sistema de iluminación durante la noche y fines de semana.
5. No existen dispositivos de control para la integración de los sistemas.
6. Las pantallas protectoras sucias (cubierta de polvo.)
7. No se realiza el mantenimiento requerido a las luminarias.
8. La existencia de lámparas con bajo flujo luminoso por perder su tiempo de vida útil.

### **4.4 CONCLUSIONES DEL CAPÍTULO**

El software de simulación DiaLUX es una herramienta muy práctica que facilita la obtención de información mediante la aplicación de matrices de intensidades de cualquier marca, por lo que es factible su aplicación para este estudio y se basa en la norma CEI – 140 abalada por el Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN dentro del reglamento técnico de alumbrado de interiores RTAP.

Por lo tanto el proyecto evaluó la utilización de luminarias LEDs como una propuesta a tener en cuenta en los planes de mayor alcance, beneficiando a la Universidad Técnica de Cotopaxi.

## **CAPITULO V: PROPUESTA**

### **5.1 TITULO DE LA PROPUESTA**

Sistema eficiente para iluminación de interiores de la Universidad Técnica Cotopaxi bloque B con el fin de reducir los gastos económicos y energéticos, soluciones de control de alumbrado para todo tipo de aplicaciones, tanto de interior como de exterior, que permiten incluso la personalización del alumbrado.

### **5.2 JUSTIFICACIÓN DE LA PROPUESTA**

En la mayoría de los casos el derroche de energía viene dado por la iluminación de espacios desocupados o por la emisión de niveles de luz superiores a los realmente necesarios. Un sistema de control puede ayudar a que la iluminación sea siempre la apropiada, ya sea a partir de detectores de presencia o mediante la regulación de la iluminación en función del aporte de luz natural.

La iluminación es clave a la hora de optimizar el confort y bienestar de las personas ya que permite crear ambientes adaptados a cada función, estado de ánimo u ocasión.

Los sistemas de iluminación deben ser flexibles para adaptarse a modificaciones o ampliaciones futuras al menor costo posible. Los sistemas de control permiten también monitorizar, medir y controlar las instalaciones desde una sola Interfaz de usuario.

Los sistemas de control desempeñan un papel muy importante en las nuevas tendencias de iluminación. Allí donde haya alumbrado hay una necesidad de control, habiendo por tanto múltiples campos de aplicación para los mismos. Por ejemplo, se puede emplear sistemas de control en la iluminación funcional en espacios de oficinas y aulas donde se persiga el ahorro energético, o en entornos de iluminación exterior donde se requiere la telegestión del

alumbrado, e incluso hasta en la búsqueda de soluciones creativas de iluminación arquitectural donde el dinamismo de colores sea el protagonista.

### **5.3 OBJETIVO DE LA PROPUESTA**

Proponer un sistema de iluminación que cumpla ahorro energético y económico, capacidad de monitorizar, facilidad de mantenimiento y confort dentro de las aulas del bloque B de la Universidad Técnica de Cotopaxi

### **5.4 ESTRUCTURA DE LA PROPUESTA**

Las nuevas soluciones de iluminación con LEDs ofrecen posibilidades revolucionarias dentro del mercado como el dinamismo, la integración de las luminarias en la arquitectura y la comunicación a través de la iluminación de la mano del color.

Precisamos por ello conocer, los tipos de lámparas y luminarias que vamos a emplear y los niveles de iluminación requeridos para establecer un balance adecuado entre estos dos elementos.

Existen ciertas reglas básicas en el alumbrado con las cuales es posible organizar alumbrados de calidad (por la cantidad de luz e idoneidad, etc.).

Para proponer la mejora del sistema, se realizó un estudio de los niveles de iluminación; así como, de recursos y costos. Se utilizó el software profesional DiaLUX y se llevó a cabo todas las simulaciones en las diferentes aulas del bloque B de la Universidad Técnica Cotopaxi.

### **5.5 DESARROLLO DE LA PROPUESTA**

Se plantea una solución avanzada de control y telegestión para reducir los costos de mantenimiento y aumentar los niveles de servicio a los educandos y educadores, con el fin de crear instalaciones respetuosas con el medio ambiente y capaces de conseguir hasta un 50% de ahorro energético frente a la iluminación tradicional existente.

Para el presente proyecto se recomienda el empleo de un sistema de telegestión inteligente que usa tecnología como sensores de movimiento y wireless más software para control de la iluminación.

A la hora de determinar la solución de control más adecuada, es imprescindible conocer las necesidades del proyecto y las implicaciones de la aplicación en la instalación, con las siguientes estrategias de control integradas

### **5.5.1 SISTEMAS DE CONTROL AUTÓNOMOS**

Para el ahorro de energía en los sistemas de iluminación no basta con la instalación de equipos de alta eficiencia, se debe complementar con equipos de control automático, por ejemplo sensores de presencia, timers o tableros de control, con los que se puede obtener hasta un 30% de ahorro en el consumo de energía.

#### **5.5.1.1 DISPOSITIVOS DE CONTROL.**

La forma más simple de mejorar la eficiencia en los sistemas de iluminación es apagarla cuando no se necesite. El equipo más sencillo para controlar el encendido y apagado de los equipos de iluminación son los interruptores, que van desde los más simples como los apagadores de pared o tan complicados como los sistemas digitales que controlan a todo un edificio. Los interruptores son la base de cualquier estrategia de programación; también pueden ser utilizados para esquemas de adaptación - compensación y de luz natural.

#### **5.5.1.2 CONTROL AUTOMÁTICO.**

Estos dispositivos pueden ser utilizados en conjunto para integrar un sistema completo que sea capaz de manejar varias estrategias de control para un gran número de luminarias.

### 5.5.1.3 CONTROL DE ILUMINACIÓN.<sup>2526</sup>

#### **Sensores de Presencia.**

Estos tipos de dispositivos fueron desarrollados en un principio para la industria de la seguridad, debido a su alta confiabilidad en la detección de personas en el lugar de su instalación. Su funcionamiento es sencillo ya que mientras no detecte movimiento, no enciende las luces. La mayoría pueden ser calibrados para determinar el tiempo entre la última detección y el apagado de la iluminación.

Los modelos más eficientes requieren que el usuario encienda las luces en el área controlada, mientras que la función de apagado es automática.

Este tipo de controles proporcionan un ahorro potencial entre el 25 y 50% y funcionan con alguna de las tres técnicas explicadas a continuación.

**Detector PIR (pasivo infrarrojo):** Los detectores PIR reaccionan sólo ante determinadas fuentes de energía tales como el cuerpo humano. Estos captan la presencia detectando la diferencia entre el calor emitido por el cuerpo humano y el espacio alrededor. Con objeto de lograr total confiabilidad, algunas marcas integran además, un filtro especial de luz que elimina toda posibilidad de falsas detecciones causadas por la luz visible (rayos solares), así como circuitos especiales que dan mayor inmunidad a ondas de radio frecuencia.

**Detector ultrasónico:** Son sensores de movimiento que utilizan el principio Doppler. Dado que la cobertura ultrasónica puede "ver" a través de puertas y divisiones, es necesario darle una ubicación adecuada para evitar así, posibles detecciones fuera de la zona deseada. Las áreas con alfombra gruesa y materiales antiacústicos absorben el sonido y pueden reducir la cobertura. La eficiencia del sensor también puede verse alterada por el flujo excesivo de aire (provocado por aires acondicionados, ventiladores, calefacción, etc.)

**Detector dual.** La tecnología Dual combina las tecnologías PIR y Ultrasónica, proporcionando así el control de iluminación en áreas donde sensores de una sola

---

<sup>25</sup> PHILIPS (2012)

<sup>26</sup> ASSAFL. (2001)

tecnología pudieran presentar deficiencias en la detección, dicha combinación permite que el sensor aproveche las mejores características de ambas tecnologías, ofreciendo así mayor sensibilidad y exactitud de operación.

Los sensores de presencia se colocan generalmente en los siguientes lugares:

- *Techo*; para cubrir toda el área del cuarto y evitar interferencia. Los sensores omnidireccionales (o para centro) son utilizados en espacios rectangulares, tales como oficinas y salones de clases. Los sensores unidireccionales (o para esquina o pared) se utilizan en grandes oficinas o salas de juntas. Los bidireccionales se utilizan en corredores, bibliotecas.

*Pared*. Este tipo de sensores sustituyen directamente a interruptores de pared (retrofit) y los mejores incluyen un interruptor manual. Algunos se diseñan con un sensor fotoeléctrico incorporado, lo cual evita que las luces se enciendan cuando existe aportación de luz natural suficiente; sin embargo, no detectan el nivel de iluminación en el plano de trabajo.

En general, los sensores de presencia son efectivos cuando se aplican en oficinas, aulas y en todos aquellos lugares con visitas esporádicas y que no requieren de una iluminación constante.

### **Criterios de instalación.**

En general, se recomienda considerar los siguientes aspectos para cualquier proyecto en el que considere instalar sensores de presencia:

- Ciclos frecuentes de encendido-apagado, especialmente en sistemas fluorescentes.
- Tiempo que opera el sistema de iluminación innecesariamente.
- Forma y dimensiones del área a controlar.
- Presencia de barreras u obstáculos.
- Ubicación del sensor.
- Tipo de sensor (PIR, ultrasónico).
- Ajuste de sensibilidad y tiempo.
- Mantenimiento (reemplazo de lámparas).

**Foto sensores.**

Estos dispositivos censan el nivel de iluminación y generan una señal proporcional a éste, que se procesa en la unidad de control para después mandar una señal de control a los interruptores o dispositivos de dimeo. Lo anterior permite tener un ajuste del nivel de iluminación de acuerdo a las condiciones que perciba el control.

La ubicación de los foto sensores es un aspecto crítico que determina la correcta operación del sistema de control, por lo que el diseñador deberá decidir si se controla el nivel de iluminación en el plano de trabajo (mantenimiento del nivel de lúmenes) o el de la fuente de luz natural (uso de luz natural y estrategia de adaptación-compensación).

**Integración de las Estrategias de Control.**

En edificios que tengan patrones de actividad diferentes para cada área, se recomienda el uso de controles en zonas reducidas. En oficinas pequeñas los ahorros son mayores, ya que ahí trabajan menos personas y existe una mayor probabilidad de que se utilice la iluminación por un tiempo menor; las oficinas pequeñas presentan la ventaja de determinar sus necesidades de iluminación más fácilmente que las grandes, lo que las hace más adaptables a los controles.

Las estrategias que involucran controles manuales están diseñadas para asegurarse de que los ocupantes realmente los utilicen, para lo cual se siguen las siguientes reglas, que aunque sencillas son de gran importancia:

- Los controles deberán estar ubicados en lugares accesibles, y deberán ser de fácil operación.
- La cantidad de controles deberá ser la menor posible, ya que el ocupante no los usará si existen demasiadas alternativas que lo confundan.
- Los dimmers accesibles al usuario son otra oportunidad para el ahorro, pero este depende de la facilidad de uso de los dispositivos.
- Uso de la Luz Natural. Las estrategias para el aprovechamiento de la luz natural controlan las fuentes artificiales, reduciendo la potencia de estas a medida que la luz natural aumenta, e incrementándola cuando la aportación natural disminuye.

- Existen tres estrategias principales que utilizan luz natural como medio de ahorro de energía:
- Utilizar dimmers continuos para grandes áreas, donde una fotocelda sensa la aportación natural de luz y manda una señal a la unidad central con lo que se trata de mantener un nivel mínimo necesario. Esta estrategia utiliza dimmers especiales, diseñados para balastos de lámparas fluorescentes estándares, con lo que se obtiene un rango de operación de 15 a 100%.
- Utilizando controles manuales o separación de circuitos, donde por ejemplo, se manejan las lámparas o luminarias cercanas a las ventanas de forma independiente. También se recomienda el uso de balastos multinivel. Esta estrategia requiere de un ajuste especial en la fotocelda para evitar ciclos de encendido y apagado repetitivos, que pueden provocar la distracción del personal. A pesar de los problemas potenciales que encierra esta estrategia, es la más útil, debido a su bajo costo.

Evaluando esta tecnología que en nuestro país no está generalizado se propuso para nuestro nuevo sistema de iluminación:

- Detectores PIR.
- Sensor de techo.

## **5.6 SISTEMAS DE CONTROL DE GESTIÓN EN GRUPOS DE RED<sup>27</sup>**

Los sistemas de gestión de grupos permiten el control centralizado de un grupo de puntos de luz, por lo que van dirigidos a quienes buscan una solución más avanzada. Este tipo de sistemas requieren de cableado adicional para la transmisión de la señal de control. No obstante, si ya se cuenta con la infraestructura necesaria, estas soluciones son muy fáciles de instalar, ofreciendo de inmediato monitorización y control sobre grupos de puntos de luz.

En cuanto a nuestro estudio se propuso un sistema de telegestión que utiliza sistema Wireless, topología en estrella que es una red en la cual las estaciones están conectadas directamente a un punto central y todas las comunicaciones se

---

<sup>27</sup> FEENEY (2005)

han de hacer necesariamente a través de este. Los dispositivos no están directamente conectados entre sí, además de que no se permite tanto tráfico de información. Dada su transmisión, una red en estrella activa tiene un nodo central activo que normalmente tiene los medios para prevenir problemas relacionados con el eco.

Se utiliza sobre todo para redes locales. La mayoría de las redes de área local que tienen un enrutador (router), un conmutador (switch) o un concentrador (hub). El nodo central en estas sería el enrutador, el conmutador o el concentrador, por el que pasan todos los paquetes de usuarios

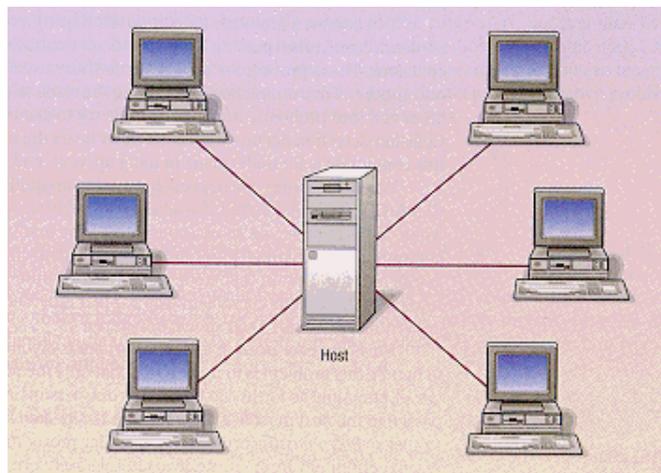


FIGURA N° 52 TOPOLOGÍA EN ESTRELLA

### **5.7 ESTRATEGIAS PARA AHORRAR ENERGÍA**

El cambio de las viejas instalaciones de iluminación a las últimas tecnologías irá acompañado de grandes ahorros en costo de energía y en reducción de emisiones de CO2 desarrollando soluciones que no sólo permitan el cumplimiento de toda la legislación medioambiental vigente, sino que además permiten ser adaptables a futuros cambios legislativos.

Para aquellos casos en los que simplemente se requiera cumplir con la legislación vigente, se recomiendan los sistemas de control autónomos que emplean el aporte

de luz natural y la detección de presencia para la regulación y conmutación de luz. Con una inversión reducida se podrá conseguir ahorros bastante considerables.

Los sistemas de control en red, además del confort y el ahorro energético que proporcionan, ofrecen una flexibilidad máxima gracias a la integración. Esto supone que cada luz pueda ser controlada de manera individual pero que a su vez, pueda haber un control y monitorización completos del sistema. Los sistemas en red aportan un mayor confort ya que proporcionan control al usuario y optimizan la iluminación adecuada a cada tarea creando un ambiente seguro y bien iluminado.

## **5.8 TECNOLOGIA LED**

Los LED son dispositivos semiconductores en estado sólido que representan el futuro de la iluminación de energía eficiente. Desarrollado en la década de 1970, la tecnología LED ha recorrido un largo camino desde sus primeros usos en simples pantallas numéricas e indicadores luminosos, ampliándose a una vasta gama de aplicaciones nuevas y sofisticadas, incluida la iluminación general, la luminaria de infraestructura y de colores personalizados, la señalización, luces de tráfico, entre otras. Estas mejoras sustanciales en los últimos años hacen que la tecnología LED presente una notable ventaja sobre las tradicionales fuentes de luz incandescente, halógena y fluorescente.

Como el rendimiento ha mejorado y los costos de fabricación han disminuido, la iluminación LED se ha convertido en una solución económicamente viable en el mercado en general. Además, esta tecnología ofrece numerosas ventajas sobre las tradicionales fuentes de luz, como el ahorro en el consumo de energía, el cuidado del medio ambiente, la baja emisión de calor y la prolongada durabilidad. Estos beneficios están impulsando la rápida adopción de la iluminación LED en todo el mundo.

Las pérdidas debidas a la luz atrapada - Luz atrapado y la ineficiencia de reflexión son la primera fuente de menor potencia de luz de las lámparas tradicionales. Hasta que los LED no llegaron a existir, todos los focos producían luz en una

esfera de 360 grados y la comparación era fácil. LED cambió todo eso con la posibilidad de dar dirección a la luz.

En una bombilla tradicional (incandescente, de metal halide, HPS, etc) una porción considerable de la emisión de luz se dirige hacia arriba. Esta luz debe ser reflejada hacia abajo. La eficacia del reflector, a su vez está determinado por la calidad de acabado, las condiciones de funcionamiento y la temperatura ambiente. La calidad de los reflectores y, por tanto, la cantidad de luz reflejada se degrada con el tiempo. La cantidad real de luz que sale de un aparato es, por tanto, considerablemente más bajo.

Una luz LED por el contrario tiene un perfil pequeño, varias fuentes de luz garantizan una mejor distribución de la luz. Toda la luz es producida y dirigida hacia abajo. No hay problemas de eficiencia en el reflector, el envejecimiento de la capa reflectora, ni de pérdida de la producción de luz.

Las pérdidas debidas a la cubierta y lentes - Lentes de vidrio y cubiertas son necesarias para dirigir la luz y para proteger la lámpara y los reflectores del polvo y otros daños. Tanto la luz LED como las luminarias tradicionales sufren de estas pérdidas.

## **5.9 DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO EN LA INSTALACIONES DE LA UTC**

Para realizar el trabajo del diagnóstico energético se propuso los siete pasos descritos a continuación:

- **PLANEAR LOS RECURSOS Y EL TIEMPO**, Se revisó toda la información disponible sobre el bloque B, de la Universidad Técnica Cotopaxi, es decir números de aulas y espacios disponibles a medirse con el luxómetro.
- **RECOPIRAR DATOS EN SITIO**, Se reunieron datos sobre iluminación, características físicas de la instalación. Características de las lámparas luminarias y equipo auxiliar. Horarios típicos de trabajo.

- REALIZAR MEDICIONES,(Anexo2 y 3). Se determinó niveles de iluminación reales de cada área del bloque B, y su consumo de energía.
- ANALIZAR LOS DATOS, Una vez que los se reunieron se los analizó de acuerdo con los siguientes criterios: Niveles de iluminación. Eficiencia energética del equipo instalado (fluorescentes) y del que se propone (LED). (Capítulo 5)
- ESTIMACIÓN DEL POTENCIAL DE AHORRO ENERGÉTICO, La estimación del potencial de ahorro depende de las mediciones realizadas. En este caso se observa un ahorro de \$13.238,06 anuales, tomando en cuenta las luminarias y el sistema de telegestión. (Valoración energética. Acápites 5.6)
- LLEVAR A CABO LA EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LOS PROYECTOS PROPUESTOS, Para ello se debe iniciar por determinar el volumen de obra y su costo de implantación; y con los ahorros esperados, determinar el período de recuperación de la inversión. (Valoración energética. Acápites 5.6)
- ELABORACIÓN DEL INFORME DEL DIAGNÓSTICO, El paso final es de preparar un informe que contenga las observaciones y conclusiones del diagnóstico, haciendo énfasis en las oportunidades de ahorro de energía, y el plan de acción para implantarlas.
- INSTRUMENTACIÓN REQUERIDA, La instrumentación básica requerida para realizar un diagnóstico energético a un sistema de iluminación es la siguiente: Luxómetro.

## 5.10 VALORACION ENERGÉTICA

	FLUORESCENTES	REFLECTORES
TIPO DE LUMINARIA (W)	58	1.000
PERDIDAS GENERADAS POR BALASTO (W)	6	6
POTENCIA INSTALADA (KW)	65	25
CANTIDAD	895	25
ENERGÍA CONSUMIDA (KWH/AÑO)	254.806,50	109,500,00
COSTO KWH (USD)	0,055	0,055
COSTO DE LA ENERGÍA USD/AÑO	14.014,36	6.022,50
<b>COSTO ENERGÍA USD/año</b>	<b>14.014,36 + 6.022,50</b>	<b>20.036,50</b>

CUADRO N°20: LUMINARIA ACTUAL/ FLUORECENTES

	<b>T8 LED</b>	<b>REFLECTORES LED</b>
TIPO DE LUMINARIA (W)	13	60
CANTIDAD	895	25
POTENCIA INSTALADA (KW)	11,635	1,5
ENERGÍA CONSUMIDA (Kwh/año)	50.961,30	6.570,00
COSTO Kwh (USD)	0,055	0,055
COSTO DE LA ENERGÍA USD/año	2.802,87	361,35
<b>COSTO ENERGÍA USD/año</b>	<b>2.802,87 + 361,35</b>	<b>11.211,49</b>

CUADRO N°21: LUMINARIA LED



CUADRO N°22: BENEFICIOS DE LAS LUMINARIAS LEDS

<b>BENEFICIOS QUE SE OBTIENEN CON LA INSTALACIÓN DE LUMINARIAS LEDS</b>	
<b>AHORRO EN EL CONSUMO DE ENERGÍA</b>	<b>USD/AÑO 8.825,87</b>
<b>AHORRO POR TELEGESTIÓN Y DOMONICA 50%</b>	<b>USD/AÑO 4412,69</b>
<b>TOTAL AHORRO</b>	<b>USD/AÑO 13.238,06</b>
<b>NO NECESITA MANTENIMIENTO</b>	

CUADRO N°23: INVERSION INICIAL LED

	FLUORESCENTE S 13W	REFLECTORES 60 W	TELEGESTIÓ N
COSTO LUMINARIA PROMEDIO	17,65	65,00	
TOTAL LUMINARIAS	895	25	
COSTO TOTAL	15,796.75	1625,00	2279
<b>TOTAL DE INVERSION</b>	FLUORESCENTE S 13W + REFLECTORES 60W + TELEGESTION	<b>19,700.75</b>	
TIEMPO DE RECUPERACIÓN DE INVERSION EN AÑOS	COSTO DE LA INVERSIÓN/ AHORRO EN EL AÑO	19,700.75/13,238.0 6	1,49

CUADRO N° 24 VALORACIÓN ECONÓMICA GLOBAL DE LA PROPUESTA DE ILUMINACIÓN CON LUMINARIAS LED

Tipo	Potencia	Cantidad	Potencia Instalada(KW)	Horas de uso - año	Kwh-año	Costo Kwh Promedio	Costo Total Alum.INT.año
FLUORECENTES DE 58W	65.00	895.00	58.18	4,380.00	254,806.50	0.055	14,014.36
REFLECTORES 1000W	1,000.00	25.00	25.00	4,380.00	109,500.00	0.055	6,022.50
<b>TOTAL ILU. ACTUAL</b>					<b>364,306.50</b>	<b>0.055</b>	<b>20,036.86</b>
<b>CAMBIO DE LUMINARIAS FLUORECENTES 58W A LUMINARIAS 13W LEDS</b>							
LUM. LEDS 13 W	13	895	11.635	4,380.00	50,961.30	0.055	2,802.87
LUM. LEDS 60W	60	25	1.5	4,380.00	6,570.00	0.055	361.35
<b>TOTAL ILU. LEDS</b>					<b>203,845.20</b>	<b>0.055</b>	<b>11,211.49</b>
<b>AHORRO TOTAL</b>					<b>160,461.30</b>		<b>8,825.37</b>
<b>TELEGESTION Y DOMONICA</b>							<b>4412.69</b>
<b>TOTAL AHORRO EQUIPO Y LUMINARIAS</b>							<b>13238.06</b>
			FLUORESCENTES 13 W	REFLECTORES 60W	TELEGESTION		
COSTO LUMINARIA PROMEDIO (usd)			17.65	65.00			
TOTAL DE LUMINARIAS			895.00	25.00			
COSTO TOTAL (usd)			15,796.75	1625.00	2279		
TOTAL DE INVERSION (usd)			19,700.75				
TIEMPO ESTIMADO RECUPERACION DE INVERSION (AÑOS)			1.49				

**CUADRO N°25: VALORACIÓN ENERGÉTICA PISO 1, BLOQUE B UTC**

<b>PISO 1</b>					
<b>BODEGA</b>					
A	3m				
L	4m				
H	2,75m				
# DE LUMINARIAS	1				
POTENCIA WATIOS	58				
<b>LABORATORIO DE COMPUTACIÓN, DISEÑO GRÁFICO 1 Y 2</b>					
HABITACION 1		HABITACION 2		HOLLOFICINA	
A	6,94m	A	6,23m	A	2,80m
L	9,86m	L	7,88m	L	9,86m
H	2,56m	H	2,57m	H	2,57m
# DE LUMINARIAS	12	# DE LUMINARIAS	9	# DE LUMINARIAS	4
POT. TOTAL DE LUMINARIAS	696 w	POT. TOTAL DE LUMINARIAS	1566 w	POT. TOTAL DE LUMINARIAS	696 w
<b>LABORATORIO ELÉCTRICA, ELECTROMECAÁNICA E INSDISTRIAL 3 Y 4</b>					
HABITACION 3		HABITACION 4		HOLLOFICINA	
A	6,94m	A	6,23m	A	2,80m
L	9,86m	L	7,88m	L	9,86m
H	2,56m	H	2,57m	H	2,57m
# DE LUMINARIAS	12	# DE LUMINARIAS	9	# DE LUMINARIAS	4
POT. TOTAL DE LUMINARIAS	2088w	POT. TOTAL DE LUMINARIAS	1566 w	POT. TOTAL DE LUMINARIAS	696 w
<b>LABORATORIO 5, FEUE, ASOCIACIÓN DE DOCENTES</b>					
HABITACION 5		FEUE		ASOCIACIÓN DE DOCENTES	
A	6,31m	A	4,72m	A	10m
L	13,6m	L	6,41m	L	6,34m
H	2,56m	H	2,56m	H	2,56m
# DE LUMINARIAS	12	# DE LUMINARIAS	2	# DE LUMINARIAS	9
POT. TOTAL DE LUMINARIAS	2088w	POT. TOTAL DE LUMINARIAS	348w	POT. TOTAL DE LUMINARIAS	1566 w
<b>COORDINACIÓN DE CARRERAS Y BAÑOS</b>					
A	9,98m				
L	6,80m				
H	2,57m				
# DE LUMINARIAS	8				
POT. TOTAL DE LUMINARIAS	1392w				
TOTAL LUMINARIAS POR PISO:	82				
TOTAL DE POTENCIA WATIOS	14268 W				

**CUADRO N°26: VALORACIÓN ENERGÉTICA PISO 2, BLOQUE B UTC**

<b>PISO 2</b>					
<b>AULAS</b>					
AULA 8		AULA 7		AULA 6	
A	6,95m	A	6,76m	A	4,55m
L	9,87m	L	10m	L	10m
H	2,75m	H	2,75m	H	2,74m
# DE LUMINARIAS	9	# DE LUMINARIAS	9	# DE LUMINARIAS	9
POT. TOTAL DE LUMINARIAS	1566w	POT. TOTAL DE LUMINARIAS	1566w	POT. TOTAL DE LUMINARIAS	1566w
<b>BODEGAS, GRADAS AUXILIARES, CENTRO DE CULTURA FÍSICA</b>					
BODEGA		GRADAS AUXILIARES		CENTRO DE CULTURA FÍSICA	
A	3m	A	6,96m	A	7,38m
L	4m	L	10m	L	6,057m
H	2,75m	H	2,97m	H	2,86m
# DE LUMINARIAS	1	# DE LUMINARIAS	9	# DE LUMINARIAS	4
POT. TOTAL DE LUMINARIAS	174 w	POT. TOTAL DE LUMINARIAS	1566w	POT. TOTAL DE LUMINARIAS	696 w
<b>AULAS, SECRETARIA ACADÉMICA</b>					
AULA 4		AULA 3		SECRETARIA ACADÉMICA	
A	7,48m	A	7,48m	A	11m
L	9,40m	L	9,40m	L	9,36m
H	2,75m	H	2,75m	H	2,77m
# DE LUMINARIAS	9	# DE LUMINARIAS	9	# DE LUMINARIAS	9
POT. TOTAL DE LUMINARIAS	1566w	POT. TOTAL DE LUMINARIAS	1566w	POT. TOTAL DE LUMINARIAS	522w
<b>AULAS Y SALA DE AUDIOVISUALES</b>					
SALA DE AUDIO VISUALES		AULA 2		AULA 1	
A	3,73m	A	6,76m	A	6,95m
L	7,14m	L	10m	L	9,87m
H	2,98m	H	2,75m	H	2,75m
# DE LUMINARIAS	3	# DE LUMINARIAS	9	# DE LUMINARIAS	9
POT. TOTAL DE LUMINARIAS	522 w	POT. TOTAL DE LUMINARIAS	1566w	POT. TOTAL DE LUMINARIAS	1566w
TOTAL LUMINARIAS POR PISO:	89(267 f)				
TOTAL DE POTENCIA WATIOS	11658 W				

CUADRO N° 27: VALORACIÓN ENERGÉTICA PISO 3, BLOQUE B UTC

PISO 3					
<b>AULAS</b>					
AULA 17		AULA 16		AULA 15	
A	7,48m	A	11m	A	7,48m
L	9,40m	L	9,36m	L	9,40m
H	2,75m	H	2,77m	H	2,75m
# DE LUMINARIAS	9	# DE LUMINARIAS	9	# DE LUMINARIAS	9
POT. TOTAL DE LUMINARIAS	1566 w	POT. TOTAL DE LUMINARIAS	1566 w	POT. TOTAL DE LUMINARIAS	1566 w
<b>AULAS</b>					
AULA 14		AULA 13		AULA 12	
A	7,26m	A	7,48m	A	11m
L	8,20m	L	9,40m	L	9,36m
H	2,75m	H	2,75m	H	2,77m
# DE LUMINARIAS	6	# DE LUMINARIAS	9	# DE LUMINARIAS	9
POT. TOTAL DE LUMINARIAS	1044 w	POT. TOTAL DE LUMINARIAS	1566 w	POT. TOTAL DE LUMINARIAS	1566 w
<b>AULAS</b>					
AULA 11		AULA 10		AULA 9	
A	7,48m	A	6,76m	A	6,95m
L	9,40m	L	10m	L	9,87m
H	2,75m	H	2,75m	H	2,75m
# DE LUMINARIAS	9	# DE LUMINARIAS	9	# DE LUMINARIAS	9
POT. TOTAL DE LUMINARIAS	1566 w	POT. TOTAL DE LUMINARIAS	1566 w	POT. TOTAL DE LUMINARIAS	1566 w
<b>AULAS Y COORDINACIÓN DE PREGRADO</b>					
AULAS 18		AULA 19		COORDINACIÓN DE PREGRADO	
A	6,76m	A	6,95m	A	3,73m
L	10m	L	9,87m	L	7,14m
H	2,75m	H	2,75m	H	2,98m
# DE LUMINARIAS	9	# DE LUMINARIAS	9	# DE LUMINARIAS	3
POT. TOTAL DE LUMINARIAS	1566 w	POT. TOTAL DE LUMINARIAS	1566 w	POT. TOTAL DE LUMINARIAS	522 w
<b>BODEGA</b>					
A	3m				
L	4m				
H	2,75m				
# DE LUMINARIAS	1				
POT. TOTAL DE LUMINARIAS	174 w				
TOTAL LUMINARIAS POR PISO:	91 (273 f)				
TOTAL DE POTENCIA WATIOS	17400 w				

CUADRO N°28: VALORACIÓN ENERGÉTICA PISO 4, BLOQUE B UTC

PISO 4					
<b>AULAS Y LABORATORIO</b>					
AULA CHE		AULA 25		LABORATORIO 3	
A	11,72m	A	4,55m	A	11m
L	9,82m	L	10m	L	9,36m
H	2,88m	H	2,74m	H	2,77m
# DE LUMINARIAS	9	# DE LUMINARIAS	9	# DE LUMINARIAS	9
POT. TOTAL DE LUMINARIAS	1566w	POT. TOTAL DE LUMINARIAS	1566w	POT. TOTAL DE LUMINARIAS	1566w
<b>AULAS</b>					
AULA 24		AULA23		AULA 21	
A	7,48m	A	6m	A	7,48m
L	9,40m	L	9,43m	L	9,40m
H	2,75m	H	2,75m	H	2,75m
# DE LUMINARIAS	9	# DE LUMINARIAS	9	# DE LUMINARIAS	9
POT. TOTAL DE LUMINARIAS	1566w	POT. TOTAL DE LUMINARIAS	1566w	POT. TOTAL DE LUMINARIAS	1566w
<b>AULAS Y LABORATORIO</b>					
LABORATORIO 2		AULA ZONA WIFI		AULA 20	
A	11m	A	3,73m	A	7,48m
L	9,36m	L	7,14m	L	9,40m
H	2,77m	H	2,98m	H	2,75m
# DE LUMINARIAS	9	# DE LUMINARIAS	3	# DE LUMINARIAS	9
POT. TOTAL DE LUMINARIAS	1566w	POT. TOTAL DE LUMINARIAS	522 w	POT. TOTAL DE LUMINARIAS	1566w
<b>DEPARTAMENTO DE POSTGRADOS, BAÑOS</b>					
DEPARTAMENTO DE POSTGRADOS		BAÑO HOMBRE		BAÑO MUJERES	
A	11m	A	3,25m	A	3,37m
L	9,36m	L	5,12m	L	6,85m
H	2,77m	H	2,70m	H	2,70m
# DE LUMINARIAS	9	# DE LUMINARIAS	2	# DE LUMINARIAS	2
POT. TOTAL DE LUMINARIAS	1566w	POT. TOTAL DE LUMINARIAS	348w	POT. TOTAL DE LUMINARIAS	348 w
TOTAL LUMINARIAS POR PISO:	88 (264 f)				
TOTAL DE POTENCIA WATIOS	15312 W				

### 5.11 COSTO DEL SOFTWARE , TELEGESTION Y LUMINARIAS

RECURSOS	P. UNITARIO	CANTIDAD	TOTAL
LÁMPARA T8 LED 13W	\$ 17.65	895	\$ 15.796,75
REFLECTORES LED 60W	\$65	25	\$1.625
TELEGESTION ANTENAS WIRELESS	\$ 35	38	\$ 1.330
SENSOR DE PRESENCIA DE TECHO	\$ 9	11	\$ 99
EQUIPO DE TELEGESTION MAS SOFTWARE	\$ 850	1	\$ 850
TOTAL			<b>\$19.700,75</b>

CUADRO N°29: COSTO SOFTWARE, TELEGESTION Y LUMINARIAS

### 5.12 VALORACIÓN ECONÓMICA DE LA PROPUESTA

Considerando los costos de inversión en luminarias LEDs nuevas más los equipos de telegestión y su software, el ahorro de energía eléctrica que se produce y su retorno de inversión en 1 año 5 meses se determina que el proyecto es factible.

### **5.13 CONCLUSIONES DEL CAPITULO**

En este capítulo se presentó la propuesta para cambio de sistema de iluminación de tubos fluorescentes T8 por luminarias Led T8, en el bloque B de la Universidad Técnica de Cotopaxi; y luego de presentar los componentes de este trabajo, se puede deducir que la propuesta es técnicamente factible y viable; además económicamente existe una recuperación del capital invertido en un tiempo de 1 año y 5 mes. Se incluyen cuadros de ingreso de información, de resultados, informes resumidos; los que se podrían tomar en cuenta para llevar el presente trabajo a los directivos de la Universidad.

## 5.14 CONCLUSIONES GENERALES

1. Para la simulación se utilizó el software DiaLUX el cual permitió alcanzar los valores establecidos por las normas del Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN).
2. Se evaluó la situación energética del sistema de iluminación actual del bloque B de la Universidad técnica Cotopaxi demostrándose un promedio de consumo de 1, 011 kWh día/364.306,50 Kwh año
3. Se puede sustituir 895 luminarias fluorescentes de 58W por luminarias LED de 13 W y 25 reflectores de 1000 W por reflectores de 25W dando un ahorro energético de 160.461,30kw/año y un ahorro económico de \$13.238,06 anual.
4. El tiempo de recuperación de la inversión es 1.49 años y se logra un sistema de iluminación de interiores alternativo eficiente, eficaz, y que proporciona confort a los usuarios del bloque B de Universidad Técnica de Cotopaxi.

### **5.15 RECOMENDACIONES**

- Implementar este estudio en el bloque C de la Universidad Técnica de Cotopaxi que al momento se está construyendo y así mejorar su eficiencia energética.
- Instalar medidores de energía eléctrica en las instalaciones de la Universidad, para conocer la cantidad de kWh que se consumen y verificar la efectividad de las acciones tendientes a optimizar el consumo de energía eléctrica.

## BIBLIOGRAFÍA

### BIBLIOGRAFÍA

- 1.- ARRIETA W., CAMPOS E.,(2012). *TECNOLOGÍA LED APLICADA A LOS SISTEMAS DE ILUMINACIÓN*. COLOMBIA.
- 2.-HERNANDEZ E. *EFEECTO INVERNADERO*. (2001)  
<http://bloc.mabosch.info/wp-content/uploads/2012/09/1.5.1%20efecto%20invernadero.pdf>
- 3.- APPA (2010) *IMPACTOS AMBIENTALES EN LA PRODUCCIÓN DE ELECTRICIDAD. ESTUDIO COMPARATIVO DE GENERACIÓN ELÉCTRICA..*
- 4.- SYSTIMAX SOLUTIONS. COMMSCOP (2007) *EDIFICIOS INTELIGENTES*.  
[http://www.anixtersoluciones.com/documentos/pdf/2008\\_ibis\\_es.pdf](http://www.anixtersoluciones.com/documentos/pdf/2008_ibis_es.pdf)
- 5.-IWASAKI ELECTRIC (2003). *ILUMINACIÓN LED*
- 6.-EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EDIFICACIONES. INEN. (2009).  
<https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.2506.2009.pdf>
- 7.-PHILIPS LIGHTING MÉXICO. (2010-2011). *CATÁLOGO GENERAL DE LÁMPARAS*  
[http://www.lighting.philips.com/pwc/li/mx/es/connect/tools\\_literature/assets/pdfs/catalogo\\_philips\\_2010%20\(4\).pdf](http://www.lighting.philips.com/pwc/li/mx/es/connect/tools_literature/assets/pdfs/catalogo_philips_2010%20(4).pdf)
- 8.- VILARRASA J., GAGO W. (2009) *ILUMINACIÓN CON TECNOLOGÍA LED*.
- 9.- PHILIPS LIGHTING IBÉRICA. (2008) *SISTEMAS DE ALUMBRADO. TRIOS CONTROLADOR DE LUZ MULTIFUNCIONAL. MANUAL TÉCNICO DE APLICACIÓN PARA LED;*
- 10.- PHILIPS LIGHTING IBÉRICA. (2004) *SISTEMAS DE ALUMBRADO. TRIOS CONTROLADOR DE LUZ MULTIFUNCIONAL. MANUAL TÉCNICO DE APLICACIÓN;*
- 11.- ILUMINACIÓN. ERMEC.(2010) *COMPONENTES ELECTRICOS Y ELECTRONICOS ILUMINACIÓN CON TECNOLOGÍA LED*.
- 12.- OSRAM S.A. (2010) *ERA JORNADA TÉCNICA SOBRE LEDS. PRESENTE Y FUTURO DE LA ILUMINACIÓN PROFESIONAL CON LEDS*.

- 15.- ROBIN LOUIS. (2008) *EFICIENCIA EN LOS SISTEMAS DE ILUMINACIÓN*.
- 16.- ILLUMINATING ENGINEERING SOCIETY OF NORTH AMERICA; LIGHTING HANDBOOK. REFERENCE AND APPLICATION
- 17.- OSRAM. (2001) *ILUMINACIÓN Y AHORRO DE ENERGÍA. CONCEPTOS COMPATIBLES*;
18. - EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EDIFICACIONES. INEN. (2009). <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.2506.2009.pdf>
- 19.- OSRAM. (2001). *ILUMINACIÓN Y AHORRO DE ENERGÍA. CONCEPTOS COMPATIBLES*.
- 20.- J.I. URRACA PIÑEIRO: (1998) *TRATADO DE ALUMBRADO PÚBLICO. ED: DONOSTIARRA, S.A. LUMINOTÉCNICA. HTTP:WWW.CEPRI.CL/KU*.
- 21.- PHILIPS, WHESTIGHOUSE. (2000), INDALUX. MANUAL DE ALUMBRADO DE FIRMAS COMERCIALES
- 22.- EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EDIFICACIONES. INEN. (2009).
- 23.- PCE IBERICA (2008) *INSTRUCCIONES DEL USO DEL LUXOMETRO ESPAÑA*
- 24.-JIMENEZ BLANCA (1995) *ILUMINACION Y COLOR*.
- 25.-PHILIPS LIGHTING. (2012). *SISTEMA DE CONTROL DE ALUMBRADO DE INTERIORES*.
- 26.- ASSAF L. AVELLANEDA DE WILDE M., 2001. *DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS COMO EQUIPOS AUXILIARES DE FUENTES LUMINOSAS. LUMINOTECNIA*.
- 27.- SPONTANEOUS NETWORKING: AN APPLICATION-ORIENTED APPROACH TO AD HOC NETWORKING", LAURA FEENEY,