

INGENIERIA

ELECTROMECAÁNICA



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

**ÁREA DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS  
NATURALES NO RENOVABLES**

**“USO EFICIENTE DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE LOS BLOQUES  
CÉNTRICOS DE LA CIUDADELA UNIVERSITARIA UNL”**

TESIS PREVIA LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE INGENIERÍA EN  
ELECTROMECAÁNICA

**AUTORES:**

**JULIA PATRICIA AGUILAR BETANCOURT**

**JOSÉ FABRICIO CUENCA GRANDA**

**DIRECTOR:**

**ING. JORGE PATRICIO MUÑOZ VIZHÑAY, MSC.**

**FECHA:**

**Octubre del 2009**

# Loja- Ecuador

## **CERTIFICACIÓN**

**Ing. Jorge Patricio Muñoz Vizhñay, Msc.**

**CATEDRÁTICO DE LA CARRERA DE INGENIERÍA  
ELECTROMECAÁNICA Y DIRECTOR DE TESIS.**

Certifico haber participado en la revisión de la presente tesis, la misma que reúne los requisitos que exige el reglamento de la Universidad Nacional de Loja, por tal razón autorizó su presentación.

Loja, Octubre del 2009.

**Ing. Jorge Patricio Muñoz Vizhñay, Msc.**

**DIRECTOR DE TESIS.**

## AUTORÍA

Quienes suscribimos Julia Patricia Aguilar Betancourt, José Fabricio Cuenca Granda declaramos ser responsables de las ideas, opiniones, conclusiones, recomendaciones y de todo el desarrollo del presente trabajo de tesis.

Julia Patricia Aguilar Betancourt

AUTOR

José Fabricio Cuenca Granda

AUTOR

## AGRADECIMIENTO

Queremos expresarle nuestro agradecimiento al Director de Tesis, Ing. Jorge Patricio Muñoz por su generosidad al brindarnos la oportunidad de recurrir a su capacidad y experiencia científica en un marco de confianza, afecto y amistad, fundamentales para la culminación de este trabajo.

A nuestros padres y hermanos por ser verdaderos ejemplos de unión, responsabilidad, sacrificio y apoyo a la culminación de este proyecto.

De igual forma nuestro agradecimiento y gratitud para los profesionales que supieron ayudarnos de una manera incondicional con sus conocimientos científicos e intelectuales durante nuestra formación académica.

Los autores.

## DEDICATORIA

A mis padres por ser mis pilares y ejemplos a seguir, por haberme dado fuerzas y aliento en esta gran trayectoria de mi vida.

A mi hermano y hermanas porque sin ellos no hubiese podido salir adelante con mis estudios.

A mi Hijo, porción del cielo que bajó hasta acá para hacerme la mujer más feliz del mundo y enseñarme el verdadero valor de las cosas.

Julia Patricia

A mis padres, Francisco y Mariana, que en todo momento mediante su amor, esfuerzo y apoyo incondicional me han orientado hacia el éxito en mis estudios. A mi hermano y hermanas, que de una u otra forma supieron darme fuerzas para vencer los obstáculos durante toda mi formación personal.

José Fabricio

## RESUMEN

Este estudio se orienta en tres edificaciones existentes dentro del campus universitario de la Universidad Nacional de Loja, precisamente son los Bloques 1 y 2 de Administración Central y el Bloque 1 del Área de la Educación Arte y Comunicación (AEAC), con el propósito de diseñar un sistema de gestión de iluminación, orientado al uso de elementos eficientes y equipos de control para reducir el consumo energético de estas edificaciones pertenecientes a la Ciudadela Universitaria.

El proyecto consta de un levantamiento y auditoria del sistema de iluminación actual, recopilando la información técnica, las dimensiones arquitectónicas, la distribución de las luminarias y niveles de iluminación en cada uno de los ambientes.

El cálculo y diseño luminotécnico está basado en el uso de un programa computacional que permite obtener los datos de una forma rápida, precisa y segura permitiendo ahorrar tiempo y recursos.

Mediante el empleo de un sistema de control automático se realiza un nuevo diseño que incorpora dispositivos de mayor rendimiento mejorando los niveles de iluminación y reduciendo el consumo energético.

Esta alternativa permitirá obtener un ahorro económico convirtiéndose en autosustentable, logrando que en pocos años la amortización sea posible gracias a la reducción del consumo de energía eléctrica que representaría el empleo de elementos lumínicos de mayor eficiencia.

El diseño pretende convertirse en una solución frente a los grandes problemas ambientales que hoy en día se presentan en el mundo, permitiendo la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera que se produce por la energía que ya no se consume.

## SUMMARY

This study focuses on three existing buildings within the campus of the National University of Loja, specifically are the Blocks 1 and 2 of Central Administration Block 1 and the Art, Education and Communication Area, for the purpose of designing a lighting management, guided at efficient use of elements and control equipment to reduce energy consumption in these buildings belonging at the neighbor University.

The project consists of a survey and audit of existing lighting system, collecting the technical, architectural dimensions, the distribution of lamps and lighting levels in each of the environments.

The calculation and lighting design is based on the use of a computer program that allows obtain data quickly, accurately and reliably save time and resources allow.

Through the use of an automatic control system is made a new design that incorporates higher-performance devices to improve lighting levels and reducing energy consumption.

This alternative will allow for saving money by becoming self-sustaining within a few years making repayment possible by reducing electricity consumption would represent the use of more efficient lighting elements.

The design try to become a major solution to environmental problems that occur today in the world, allowing the reduction of CO<sub>2</sub> emissions into the atmosphere that is produced by the energy that is not consumed.

## ÍNDICE GENERAL

CERTIFICACIÓN .....	I
AUTORÍA .....	II
AGRADECIMIENTO .....	III
DEDICATORIA .....	IV
RESUMEN .....	V
SUMMARY .....	VI
ÍNDICE GENERAL .....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS .....	XI
ÍNDICE DE TABLAS .....	XIII
ABREVIATURAS .....	XV
INTRODUCCIÓN .....	- 1 -
METODOLOGÍA .....	- 3 -
OBJETIVOS .....	- 5 -
REVISIÓN DE LITERATURA .....	- 6 -
CAPÍTULO I .....	- 6 -
1. GENERALIDADES DE LUMINOTECNIA .....	- 6 -
1.1 TERMINOLOGÍA .....	- 6 -
1.1.1 DEFINICIONES: .....	- 6 -
1.2 ELEMENTOS Y COMPONENTES LUMÍNICOS .....	- 10 -
1.2.1 LUMINARIAS .....	- 10 -
1.2.2 LÁMPARAS .....	- 11 -
1.3 GRADO DE PROTECCIÓN IP DE ELEMENTOS ELÉCTRICOS .....	- 14 -
1.4 ELEMENTOS AUXILIARES DE REGULACIÓN .....	- 15 -
CAPÍTULO II .....	- 17 -
2. ILUMINACIÓN INTERIORES .....	- 17 -
2.1 CONSIDERACIONES DE DISEÑO .....	- 17 -
2.2 TIPOS DE ALUMBRADO .....	- 18 -
2.3 PROCESO DE DISEÑO .....	- 19 -
2.4 SOFTWARE DE DISEÑO LUMÍNICO .....	- 19 -
CAPÍTULO III .....	- 21 -
3. DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO .....	- 21 -
3.1 OBJETIVO DEL DIAGNOSTICO ENERGÉTICO EN SISTEMAS ILUMINACIÓN .....	- 21 -
3.2 CLASIFICACIÓN DE DIAGNÓSTICOS ENERGÉTICOS .....	- 21 -
3.3 PROCESO DE RECOLECCIÓN Y DIAGNÓSTICO DE DATOS .....	- 22 -
3.4 POTENCIAL DE AHORRO ENERGÉTICO .....	- 22 -

3.5	ELABORACIÓN DEL INFORME DEL DIAGNÓSTICO .....	- 23 -
CAPÍTULO IV .....		- 24 -
4.	SISTEMAS DE CONTROL AUTOMÁTICO .....	- 24 -
4.1	AUTOMATIZACIÓN DE EDIFICIOS .....	- 24 -
4.2	DOMÓTICA E INMÓTICA .....	- 24 -
4.3	CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS DE LOS SISTEMAS INMÓTICOS .....	- 25 -
4.3.1	TOPOLOGÍA .....	- 25 -
4.3.2	TIPO DE ARQUITECTURA .....	- 26 -
4.3.3	MEDIOS DE TRANSMISIÓN .....	- 27 -
4.3.4	VELOCIDAD DE TRANSMISIÓN .....	- 27 -
4.4	ELEMENTOS DE UN SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN .....	- 27 -
4.4.1	TIPOS DE SEÑAL .....	- 28 -
4.4.2	SENSORES .....	- 29 -
4.4.3	ACONDICIONADORES DE SEÑAL .....	- 29 -
4.4.4	ACTUADORES .....	- 29 -
4.4.5	INTERFACES .....	- 30 -
4.4.6	UNIDAD DE CONTROL .....	- 30 -
4.4.7	SOFTWARE DE CONTROL .....	- 30 -
4.4.8	PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN .....	- 30 -
4.4.8.1	PROTOCOLOS ESTÁNDAR .....	- 31 -
4.4.8.2	PROTOCOLOS PROPIETARIOS .....	- 32 -
CAPÍTULO V .....		- 33 -
5	SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO DALI .....	- 33 -
5.1	PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DE DALI .....	- 34 -
5.2	FUNCIONES DEL INTERFAZ DALI .....	- 35 -
5.3	TOPOLOGÍA DEL INTERFAZ DALI .....	- 37 -
5.4	CABLEADO DE COMUNICACIÓN DEL INTERFAZ DALI .....	- 38 -
5.5	CONEXIÓN DE BALASTROS O ECES .....	- 38 -
5.6	CONEXIÓN REAL DEL INTERFAZ DALI EN EDIFICIOS .....	- 39 -
5.7	COMUNICACIÓN DALI .....	- 40 -
5.8	COMANDOS DALI .....	- 41 -
5.9	DESCRIPCIÓN DE ELEMENTOS DEL INTERFAZ DALI .....	- 42 -
5.10	DATOS TÉCNICOS .....	- 43 -
5.11	ELEMENTOS QUE INTEGRAN EL INTERFAZ DALI .....	- 43 -
CAPÍTULO VI .....		- 50 -
6	ELEMENTOS LUMÍNICOS .....	- 50 -
6.1	LUMINARIAS .....	- 50 -
6.1.1	TIPO MODULAR .....	- 50 -
6.1.2	TIPO KONIC/REDONDO 13W .....	- 51 -

6.1.3 TIPO KONIC/REDONDO 26W .....	- 52 -
6.2 LÁMPARAS .....	- 53 -
6.2.1 FLUORESCENTE FH 28 W/840 HE .....	- 53 -
4.1.1 LÁMPARAS FLUORESCENTES COMPACTAS DULUX D/E 13W827 .....	- 54 -
4.1.1 LÁMPARAS FLUORESCENTES COMPACTAS DULUX D/E 26W827 .....	- 55 -
4.2 BALASTROS ELECTRÓNICOS .....	- 55 -
4.2.1 BALASTRO ELECTRÓNICO PARA LÁMPARAS T5 .....	- 56 -
4.2.2 BALASTRO ELECTRÓNICO PARA LÁMPARAS COMPACTAS 13W .....	- 56 -
4.2.3 BALASTRO ELECTRÓNICO PARA LÁMPARAS COMPACTAS 26W .....	- 57 -
RESULTADOS .....	- 58 -
CAPÍTULO VII .....	- 58 -
7.1 CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LAS EDIFICACIONES .....	- 58 -
7.1.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LAS EDIFICACIONES .....	- 58 -
7.1.1.1 BLOQUE 1: ADMINISTRACIÓN CENTRAL.....	- 58 -
7.1.1.2 BLOQUE 2: ADMINISTRACIÓN CENTRAL.....	- 60 -
7.1.1.3 BLOQUE 1: ÁREA DE LA EDUCACIÓN ARTE Y COMUNICACIÓN .....	- 60 -
7.1.2 DATOS DE CONSUMO ENERGÉTICO .....	- 61 -
7.1.3 LEVANTAMIENTO ARQUITECTÓNICO Y FÍSICO DE LOS EDIFICIOS .....	- 63 -
7.1.4 MEDICIÓN DE LOS NIVELES DE ILUMINACIÓN .....	- 64 -
7.2 DISEÑO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN .....	- 73 -
7.2.1 CÁLCULO LUMINOTÉCNICOS MEDIANTE EL USO DE UN SOFTWARE.....	- 73 -
7.2.2 CÁLCULO LUMINOTÉCNICOS MEDIANTE UN PROCESO MANUAL .....	- 80 -
7.3 DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO .....	- 81 -
7.4 DESCRIPCIÓN DEL NUEVO SISTEMA DE ILUMINACIÓN .....	- 82 -
7.4.1REEMPLAZO DE LUMINARIAS .....	- 83 -
7.4.2 REEMPLAZO DE LÁMPARAS COMPACTAS EN PASILLOS, GRADAS Y CORREDORES - 84 -	
7.4.3 USO DE BALASTROS ELECTRÓNICOS .....	- 85 -
7.4.4 CABLEADO DE INTERFAZ DALI .....	- 85 -
7.4.5 INSTALACIÓN DE SENSORES DE PRESENCIA Y DE LUZ .....	- 86 -
7.4.6 INSTALACIÓN DE PULSADORES .....	- 88 -
7.4.7 INSTALACIÓN DE UNIDAD DE CONTROL .....	- 88 -
7.4.8 ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA .....	- 89 -
7.5 DESCRIPCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO Y PROGRAMACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO MEDIANTE EL INTERFAZ DALI .....	- 90 -
7.5.1 NOMENCLATURA Y SIMBOLOGÍA DE LOS ELEMENTOS .....	- 90 -
7.5.2 PROGRAMACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO.....	- 91 -
7.5.3 FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE CONTROL .....	- 94 -
7.6 SÍNTESIS DE RESULTADOS.....	- 96 -
DISCUSIÓN.....	- 102 -

---

CAPÍTULO VIII.....	- 102 -
VALORACIÓN TÉCNICA ECONÓMICA Y AMBIENTAL .....	- 104 -
CONCLUSIONES .....	- 107 -
RECOMENDACIONES .....	- 109 -
BIBLIOGRAFÍA .....	- 111 -

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIG. 1. 1 Esquema de funcionamiento de un balasto electrónico .....	- 15 -
FIG. 2. 1 Tipos de alumbrado .....	- 18 -
FIG. 4. 1 Tipos de Topología .....	- 25 -
FIG. 4. 2 Medios de Trasmisión.....	- 27 -
FIG. 4. 3 Señales continuas o analógicas .....	- 28 -
FIG. 4. 4 Señales discretas o digitales.....	- 28 -
FIG. 4. 5 Tipos de sensores .....	- 29 -
FIG. 5. 1 Configuración y disposición de elementos en un interfaz DALI .....	- 34 -
FIG. 5. 2 Configuración y asignación de valores a los ECEs. ....	- 35 -
FIG. 5. 3 Tipos de topología del interfaz DALI.....	- 37 -
FIG. 5. 4 Conexión y alimentación de los ECEs.....	- 38 -
FIG. 5. 5 Topología real del Interfaz DALI .....	- 39 -
FIG. 5. 6 Interfaz DALI como parte integral de un protocolo superior .....	- 40 -
FIG. 5. 7 Configuración del envío de datos de la unidad maestra y esclava.....	- 41 -
FIG. 5. 8 Elementos de un Interfaz DALI .....	- 42 -
FIG. 5. 9 Unidad de Control: DALI RC ADVANCED CI .....	- 43 -
FIG. 5. 10 Unidades de programación manual: DALI HPT ADVANCED .....	- 44 -
FIG. 5. 11 Sensor de luz y presencia: DALI LS/PD ADVANCED.....	- 45 -
FIG. 5. 12 Sensores de luz: DALI LS ADVANCED.....	- 45 -
FIG. 5. 13 Pulsador de pared: DALI WCU ADVANCED .....	- 46 -
FIG. 5. 14 Mando manual: DALI RMC ADVANCED .....	- 47 -
FIG. 5. 15 DALI DUAL BUS .....	- 47 -
FIG. 6. 1 LUMINARIA MODULAR T-5 2x28W .....	- 50 -
FIG. 6. 2 LUMINARIA KÓNIC G24d-1 1x13W .....	- 51 -
FIG. 6. 3 LUMINARIA KONIC H G24d-3 1x26w AF.....	- 52 -
FIG. 6. 4 FLUORESCENTE FH 28 W/840 HE .....	- 53 -
FIG. 6. 5 FLUORESCENTES COMPACTAS DULUX D/E 13W827 .....	- 54 -
FIG. 6. 6 DULUX D/E 26W827 .....	- 55 -
FIG. 6. 7 Balastos Electrónicos.....	- 56 -
FIG. 6. 8 compactas 13W .....	- 56 -
FIG. 6. 9 Compactas 26W .....	- 57 -
FIG. 7. 1 Importación del archivo.dxf.....	- 75 -
FIG. 7. 2 Trazado del área y definición de colores .....	- 75 -
FIG. 7. 3 Selección de luminarias genéricas en el Módulo Liswin.....	- 76 -
FIG. 7. 4 Ubicación de luminarias de forma manual o automática.....	- 77 -
FIG. 7. 5 Inicio de cálculo completo de iluminación.....	- 78 -
FIG. 7. 6 Presentación de valores de iluminación.....	- 78 -

FIG. 7. 7 Niveles de iluminación mediante Curvas Isolux. ....	- 79 -
FIG. 7. 8 Renderización del proyecto de iluminación. ....	- 79 -
FIG. 7. 9 Distribución de elementos del nuevo sistema de iluminación. ....	- 84 -
FIG. 7. 10 Disposición de los balastos electrónicos. ....	- 85 -
FIG. 7. 11 Instalación de los sensores de luz y presencia SL/P. ....	- 87 -
FIG. 7. 12 Instalación de los sensores de luz SL. ....	- 87 -
FIG. 7. 13 Circuitos de baños y bodegas. ....	- 90 -
FIG. 7. 14 Regulación Automática de las luminarias. ....	- 95 -
FIG. 7. 15 Distribución de ambientes en el Bloque 1 de Administración Central. ....	- 96 -
FIG. 7. 16 Distribución de ambientes en el Bloque 2 de Administración Central. ....	- 97 -
FIG. 7. 17 Distribución de ambientes en el Bloque 1 del AEAC. ....	- 97 -
FIG. 7. 18 Condiciones actúales en los niveles de iluminación del Bloque 1 de Ad. ....	- 98 -
FIG. 7. 19 Condiciones actúales en los niveles de iluminación del Bloque 2 de Ad. ....	- 98 -
FIG. 7. 20 Condiciones actúales en los niveles de iluminación del Bloque 1 del AE. ....	- 98 -
ILUSTRACIÓN 1. 1 Ahorro de Energía. ....	- 105 -

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. 1 ICR de fuentes lumínicas para diferentes ambientes. ....	- 7 -
TABLA 1. 2 Clasificación de las luminarias de acuerdo a la distribución del flujo. ....	- 10 -
TABLA 1. 3 Grados de Protección IP de Elementos Eléctricos .....	- 14 -
TABLA 2. 1 Clases de calidad .....	- 18 -
TABLA 5. 1 Dimensiones físicas del cableado de comunicación del interfaz .....	- 38 -
TABLA 5. 2 Datos Técnicos de la Unidad de Control .....	- 44 -
TABLA 5. 3 Datos técnicos de la Unidad de programación manual.....	- 44 -
TABLA 5. 4 Datos Técnicos de los sensores.....	- 45 -
TABLA 5. 5 Datos Técnicos de los Sensores de Luz .....	- 46 -
TABLA 5. 6 Datos técnicos pulsador de pared.....	- 46 -
TABLA 5. 7 Datos Técnicos Mando manual Confort DALI.....	- 47 -
TABLA 5. 8 Características y beneficios de DALI DUAL BUS .....	- 48 -
TABLA 5. 9 Características de ETHERNET.....	- 49 -
TABLA 6. 1 Datos técnicos de la LUMINARIA MODULAR .....	- 51 -
TABLA 6. 2 Datos técnicos de luminaria LUMINARIA KÓNIC 13W.....	- 52 -
TABLA 6. 3 Datos técnicos de luminaria LUMINARIA KÓNIC 26W.....	- 53 -
TABLA 6. 4 Datos técnicos de lámpara fluorescente FH 28 W/840 HE.....	- 54 -
TABLA 6. 5 Datos técnicos de lámpara fluorescente DULUX D/E 13W827 .....	- 54 -
TABLA 6. 6 Datos técnicos de lámpara fluorescente DULUX D/E 26W827 .....	- 55 -
TABLA 6. 7 Datos técnicos del balastro electrónico QTP2x28T5 .....	- 56 -
TABLA 6. 8 Datos técnicos del balastro electrónico QTP1X13 LC .....	- 57 -
TABLA 6. 9 Datos técnicos del balastro electrónico QTP1X26LC .....	- 57 -
TABLA 7. 1 Promedio de consumo de energía eléctrica del los Bloques 1 y 2.....	- 62 -
TABLA 7. 2 Promedio de consumo de energía eléctrica del Bloques 1 de AEAC ...	- 62 -
TABLA 7. 3 Bloque 1 ad. central sistema de iluminación actual.....	- 64 -
TABLA 7. 4 Bloque 1 ad. central sistema de iluminación actual segundo piso.....	- 65 -
TABLA 7. 5 Bloque 1 ad. central sistema de iluminación actual tercer piso.....	- 66 -
TABLA 7. 6 Bloque 1 ad. central sistema de iluminación actual cuarto piso.....	- 67 -
TABLA 7. 7 Bloque 2 ad. central sistema de iluminación actual primer piso.....	- 67 -
TABLA 7. 8 Bloque 2 ad. central sistema de iluminación actual segundo piso .....	- 68 -
TABLA 7. 9 Bloque 2 ad. central sistema de iluminación actual tercer piso.....	- 69 -
TABLA 7. 10 Bloque 2 ad. central sistema de iluminación actual cuarto piso .....	- 69 -
TABLA 7. 11 Bloque 1 aeac sistema de iluminación actual primer piso .....	- 70 -
TABLA 7. 12 Bloque 1 aeac sistema de iluminación actual segundo piso.....	- 71 -
TABLA 7. 13 Bloque 1 aeac sistema de iluminación actual tercer piso.....	- 71 -
TABLA 7. 14 Bloque 1 aeac sistema de iluminación actual cuarto piso.....	- 72 -

---

TABLA 7. 15 Dimensiones físicas y color de: Tesorería .....	- 74 -
TABLA 7. 16 Nomenclatura y simbología de los diferentes elementos .....	- 90 -
TABLA 7. 17 Nomenclatura y simbología de los diferentes elementos .....	- 93 -
TABLA 7. 18 Resumen de la potencia existente y proyectada en iluminación.....	- 99 -
TABLA 7. 19 Resumen de consumos de energía existente y proyectada .....	- 100 -
TABLA 7. 20 Amortización del proyecto de iluminación con control automático	- 101 -
TABLA 8. 1 Valoración Económica .....	- 104 -

## ABREVIATURAS

<b>AEAC:</b>	ÁREA DE EDUCACIÓN EL ARTE Y COMUNICACIÓN
<b>AIDA:</b>	ASOCIACIÓN DE DOMÓTICA E INMÓTICA AVANZADA
<b>ANSI:</b>	INSTITUTO NACIONAL DE ESTANDARIZACIÓN NORTEAMERICANO
<b>B1:</b>	BLOQUE UNO
<b>B2:</b>	BLOQUE DOS
<b>BC:</b>	BLOQUE COLEGIO
<b>BPD:</b>	TARIFA DE BENEFICIO PÚBLICO CON DEMANDA
<b>BPU:</b>	TARIFA DE BENEFICIO PÚBLICO
<b>CFL:</b>	LÁMPARAS COMPACTAS FLUORESCENTES
<b>CIE:</b>	COMISIÓN INTERNACIONAL DE ILUMINACIÓN
<b>DALI:</b>	DIGITAL ADDRESSABLE LIGHTING INTERFACE
<b>DEN<sub>1</sub>:</b>	DIAGNOSTICO ENERGÉTICO DE PRIMER NIVEL
<b>DEN<sub>2</sub>:</b>	DIAGNOSTICO ENERGÉTICO DE SEGUNDO NIVEL
<b>DEN<sub>3</sub>:</b>	DIAGNOSTICO ENERGÉTICO DE TERCER NIVEL
<b>ECE:</b>	EQUIPOS DE CONTROL ELECTRÓNICOS
<b>EIB TP:</b>	EUROPEAN INSTALLATION BUS PAR TRENZADO
<b>EIB PL:</b>	EUROPEAN INSTALLATION BUS LINEA DE FUERZA
<b>EIB RF:</b>	EUROPEAN INSTALLATION BUS RADIO FRECUENCIA
<b>HE:</b>	ALTA EFICIENCIA
<b>HF:</b>	ALTA FRECUENCIA
<b>HO:</b>	ALTA EMISIÓN
<b>IEEE:</b>	INSTITUTO DE INGENIEROS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS
<b>IP:</b>	GRADO DE PROTECCIÓN
<b>IRC:</b>	ÍNDICE DE REPRODUCCIÓN CROMÁTICA
<b>NEMA:</b>	ASOCIACIÓN NACIONAL DE FABRICANTES ELÉCTRICOS
<b>NICK:</b>	NETWORK INTERFACE CARD
<b>OSI:</b>	MODELO DE INTERCONEXIÓN DE SISTEMAS ABIERTOS
<b>PB:</b>	PLANTA BAJA
<b>1PA:</b>	PRIMERA PLANTA ALTA
<b>2PA:</b>	SEGUNDA PLANTA ALTA
<b>3PA:</b>	TERCERA PLANTA ALTA
<b>SL:</b>	SENSOR DE LUZ

**SL/P:** SENSOR DE LUZ Y DE PRESENCIA

**TC:** TEMPERATURA DE COLOR

**T5:** LÁMPARAS FLUORESCENTES DE 5/8 DE PULGADAS

**T8:** LÁMPARAS FLUORESCENTES DE 8/8 DE PULGADAS

**UNL:** UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA

**WCU:** PULSADORES DE PARED

**X10:** PROTOCOLO DE CORRIENTES PORTADORAS

## INTRODUCCIÓN

Los numerosos factores que han permitido el progreso y desarrollo de la humanidad en los últimos años solo se han podido concebir gracias a la organización de las clases sociales y al desarrollo tecnológico-industrial, sin embargo el progreso de esta última, se ha dado por la disponibilidad y manejo de la energía como fuente propulsora de mecanismos y accionamientos dentro de los complejos procesos industriales de elaboración y fabricación de artículos de consumo. No obstante esta carrera desmesurada del ser humano de crear y desarrollar nuevos elementos para mejorar las condiciones de vida, lo ha llevado a cometer errores irreparables sobre el medio ambiente en la obtención y manejo de las fuentes de energía.

El calentamiento global y los cambios climatológicos alrededor del mundo, es una clara evidencia del uso irracional e incontrolado de los recursos naturales durante años en procesos industriales y de obtención de energía. Entonces cabe hacerse la pregunta: ¿Cómo logramos reducir el daño que actualmente producimos sobre el medio ambiente con el uso irracional de energía? La respuesta se orienta al uso de los recursos de una forma eficiente, usando únicamente lo necesario, sin el desperdicio de los mismos.

En la actualidad casi todos los sistemas son ineficientes, consumen mucha más energía de la necesaria, un claro ejemplo de esto, son los sistemas de iluminación actuales que están presentes en todas partes del mundo, que carecen de un buen factor de eficiencia. El uso de nuevos elementos lumínicos con mayor rendimiento es un buen camino en la reducción de consumos innecesarios de energía eléctrica, logrando bajar los egresos por concepto de iluminación y permitiendo mitigar el impacto ambiental que actualmente compromete de manera significativa el bienestar y salud de la humanidad.

El presente trabajo pretende dar a conocer los efectos negativos que implica el uso de luminarias convencionales con tecnología ineficiente en los edificios en base a la

recopilación y análisis de la información sobre el estado actual del sistema. La medición de los niveles de iluminación sobre el plano de trabajo nos entrega información sobre la calidad de la misma en cada uno de los ambientes, permitiéndonos de esta manera orientarnos a un rediseño de un nuevo método usando elementos eficientes y reduciendo los gastos por el pago de energía eléctrica que bordean los 14,000 dólares mensuales en la Universidad Nacional de Loja.

Este estudio se orienta en tres edificaciones existentes dentro del campus universitario de la Universidad Nacional de Loja, precisamente son los Bloques 1 y 2 de Administración Central y el Bloque 1 del Área de la Educación Arte y Comunicación (AEAC), cada uno de ellos con distintas funciones y usos, siendo una muestra representativa de todas las edificaciones existentes dentro de la ciudadela universitaria, a fin de promover las pautas necesarias para una adopción de políticas claras en el uso eficiente de energía y reducción de consumos energéticos innecesarios.

La propuesta de optimizar y rediseñar el sistema de iluminación con el uso de un control automático está orientado a reducir los consumos de energía y el aprovechamiento de la luz natural, logrando niveles adecuados para las diferentes actividades realizadas dentro de las edificaciones.

El presente trabajo se orienta al uso de nuevas técnicas, tanto en la recopilación de información de parámetros técnicos de iluminación, en el uso de programas computacionales para el rediseño de este sistema y quizá, lo más importante es el uso de novedosos elementos de iluminación que reducen de manera significativa los consumos de energía eléctrica.

## METODOLOGÍA

Previo a la Obtención del Título en Ingeniería Electromecánica se debe desarrollar un proceso investigativo, la que consiste en la coordinación y desarrollo de diferentes actividades basándonos en el uso de técnicas y métodos científicos con el fin de obtener resultados aceptables con un gran soporte técnico, así se utiliza la observación sistemática, medición, deducción, análisis y síntesis, de las diferentes unidades de observación a fin de alcanzar resultados que permitan el cumplimiento de cada uno de los objetivos dentro de los plazos establecidos, es decir que tengan un carácter cuantitativo, cualitativo, descriptivo y explicativo de cada uno de los problemas a resolver.

El proceso de investigación toma sus inicios a partir de la selección y justificación de un tema que amerite una relevancia a dar solución, en este caso es: “Uso Eficiente de energía eléctrica de los Bloques Céntricos de la Ciudadela Universitaria (UNL)”, orientado a reducir los consumos energéticos por concepto de iluminación, la misma que se empieza con la recopilación información técnica sobre parámetros de iluminación, usando la Investigación bibliográfica que se haya en documentos, libros y medios informáticos, a fin de obtener un marco teórico que respalde el trabajo de investigación.

Seguidamente se procede a obtener información sobre el consumo histórico de los dos últimos años de las edificaciones a estudiar, mediante la consulta de planillas de los medidores existentes, con la finalidad de contar con datos reales sobre el consumo energía eléctrica.

Posteriormente se realiza el levantamiento y medición de los niveles de iluminación de cada uno de los edificios que se encuentran en el sector estudiado dentro de la ciudadela universitaria, incluidos en el proyecto mediante el uso de luxómetros, cintas métricas, flexómetro y planos, determinando así la calidad de iluminación en dependencia del área y uso de cada ambiente.

Analizar el nivel de iluminación de cada uno de los espacios físicos, mediante el análisis de la situación real frente a condiciones normalizadas para la obtención de datos cuantitativos del grado de iluminación existente.

El diseño del sistema de iluminación de interiores se realiza utilizando el Programa MURA 3v9.03 para realizar los cálculos correspondientes, así mismo el uso de un Interfaz de Control de Iluminación Digital Direccional (DALI) el que permite proponer un ahorro.

Se consultara los diferentes precios de materiales que intervienen en el diseño del ahorro energético, con valores que serán referenciales para el balance y proyección de costos, analizando cada alternativa que se nos presente a fin de seleccionar el más viable y sustentable.

La exposición y presentación de los resultados constituirá el último objetivo a cumplirse con la finalidad de dar a conocer los resultados de este proyecto.

Las técnicas e instrumentos utilizados para los diversos problemas planteados son: hoja de registro y levantamiento del sistema de iluminación que tiene el propósito de conocer sobre la situación física como niveles de iluminación, características y sus estados de consumo.

El uso de luxómetros, cinta de medir, flexómetro nos servirán para realizar el levantamiento y la auditoria, asociado con las dimensiones físicas y características que cuentan estas edificaciones, así también el uso de sistemas computacionales para la elaboración del diseño constituyendo una de las herramientas más importantes en el desarrollo y presentación de los resultados finales de la investigación.

## OBJETIVOS

### Objetivo General:

Auditar y diseñar un sistema de iluminación interna con control automático de los Bloques 1 y 2 de Administración Central y el Bloque 1 del AEAC de la Universidad Nacional de Loja proyectado hacia el uso eficiente de la Energía Eléctrica.

### Objetivos Específicos:

- Recopilar una base de datos de consumos y costos de energía de los Bloques 1 y 2 de Administración Central y el Bloque 1 del AEAC de la Universidad Nacional de Loja, así como de los niveles de iluminación actuales con el levantamiento de planos.
- Diseñar una alternativa que permita reducir el consumo de energía eléctrica, mediante el reemplazo de elementos lumínicos, el uso de sistemas de control automático u otras exigencias respaldadas por la investigación.
- Realizar el análisis económico-financiero de las posibles alternativas viables y sustentables para reducir el consumo de energía por concepto de iluminación, mejorando el nivel de iluminación actual.
- Socializar los resultados obtenidos de la investigación y de la alternativa de solución para reducir el consumo energético a los estudiantes y autoridades.

## REVISIÓN DE LITERATURA

### CAPÍTULO I

#### 1. GENERALIDADES DE LUMINOTECNIA

La luz es la energía radiante, en forma de ondas electromagnéticas que estimula el sentido de la vista, es decir es el medio por el cual el ojo es capaz de percibir visualmente ciertos objetos. El ojo humano normal percibe luz en diferentes colores de acuerdo a su sensibilidad, sin embargo este solo es capaz de ver un objeto gracias a la brillantez que presente el mismo.

Todo objeto al recibir la incidencia de la luz se presenta en cierto grado de brillantez. La brillantez de un objeto depende de la intensidad de luz incidente y de la cantidad de luz reflejada. La adaptación es la capacidad que posee el ojo para ajustarse automáticamente a las diferentes iluminaciones de los objetos.

#### 1.1 TERMINOLOGÍA

En todas las disciplinas técnicas y científicas cuentan con su terminología propia, la tecnología de la iluminación no es la excepción; sus definiciones, conceptos y unidades de medida son detallados a continuación con el propósito de lograr un mejor entendimiento sobre el complejo campo de la iluminación.

##### 1.1.1 DEFINICIONES:

##### **Temperatura de color**

Es una expresión que se utiliza para indicar el color de una fuente, ya que esta cambia de color a medida que aumenta su temperatura.

### Reproducción cromática

Es la capacidad de una fuente de luz de reproducir los colores normalizados y se mide con el concepto de índice de reproducción cromática (IRC). Una fuente de luz con  $IRC = 100$ , muestra todos los colores correctamente. Cuanto más bajo es el índice IRC, peor es la reproducción cromática.

**TABLA 1. 1 ICR de fuentes lumínicas para diferentes ambientes.**

IRC	APARIENCIA DE COLOR	USO	
		Usos preferible	Uso aceptable
$IRC \geq 90$	Cálido Intermedio Frío	Igualaciones de color, exploraciones clínicas, galerías de arte	
$90 > IRC \geq 80$	Cálido Intermedio	Casas, hoteles, restaurantes, tiendas, oficinas, escuelas, hospitales	
	Intermedio Cálido	Imprenta, industria de pintura y textiles, trabajo industrial	
$80 > IRC \geq 60$	Cálido Intermedio Frío	Trabajo industrial	Oficinas, escuelas
$60 > IRC \geq 40$		Industrias bastas	Trabajo industrial
$40 > IRC \geq 20$			Trabajos bastos, trabajo industrial con bajo requerimiento de rendimiento de color

Fuente: Manual Osram 2005

### Deslumbramiento

Es un fenómeno de la visión que produce molestia o disminución en la capacidad para distinguir objetos, debido a una inadecuada distribución o escalonamiento de luminancias, o como consecuencia de contrastes excesivos en el espacio o en el tiempo.

### Reflexión

Cuando unas ondas de cualquier tipo inciden sobre una barrera plana como un espejo, se generan nuevas ondas que se mueven alejándose de la barrera. Este fenómeno se denomina reflexión. Se distinguen cuatro tipos de reflexiones: especular, compuesta, difusa y mixta.

### **Transmisión**

Es el paso de una radiación a través de un medio sin cambio de frecuencia de las radiaciones monocromáticas que la componen. Este fenómeno es característico de ciertos tipos de vidrios, cristales, plásticos, agua y otros líquidos, y del aire. La relación entre la luz transmitida y la luz incidente se denomina transmitancia del material. En la transmisión se pueden diferenciar tres tipos: regular, difusa y mixta.

### **Uniformidad de iluminancia**

Es la relación entre la iluminancia mínima y la iluminancia media.

### **Flujo luminoso ( $\phi$ )**

Se llama flujo luminoso de una fuente a la energía radiada que recibe el ojo medio humano según su curva de sensibilidad y que transforma en luz durante un segundo. El flujo luminoso se representa por la letra griega  $\phi$  y su unidad es el lumen (lm).

### **Eficacia luminosa ( $\epsilon$ )**

Es el rendimiento luminoso de una fuente de luz e indica el flujo que emite la misma por cada unidad de potencia eléctrica consumida. Se representa por la letra griega  $\epsilon$ , siendo su unidad el lumen/vatio.

### **Energía luminosa (Q)**

Es la potencia luminosa o flujo luminoso emitido en la unidad de tiempo. La energía luminosa se representa por la letra **Q**, y su unidad es el lumen por hora (**lm.h**).

### **Intensidad luminosa (I)<sup>1</sup>**

La intensidad luminosa de una fuente de luz es igual al cociente del flujo luminoso que sale de una fuente difundido en un elemento de un ángulo sólido que contiene la dirección dada dividida por elemento del ángulo sólido, su unidad es la candela (**cd**).

---

<sup>1</sup> La intensidad luminosa de las luminarias se indican normalmente mediante un diagrama de intensidad luminosa o un diagrama isocandela.

### **Iluminancia (E)**

La iluminancia o nivel de iluminación de una superficie es la relación entre el flujo luminoso que recibe la superficie y su área. Se simboliza por la letra E, y su unidad es el lux ( $lx = lm/m^2$ ).

### **Luminancia (L)**

Es el cociente entre la intensidad luminosa de una fuente de luz, en una dirección, y la superficie de la fuente proyectada según dicha dirección. Se representa por la letra L, siendo su unidad la candela/metro cuadrado.

### **Coefficiente iluminación ( $\eta$ )**

Es la relación entre el flujo luminoso recibido por un cuerpo y el flujo emitido por una fuente luminosa, esta se da en valores porcentuales.

### **Reflectancia ( $\rho$ )**

Es el cociente entre el flujo reflejado por un cuerpo (con o sin difusión) y el flujo recibido, su unidad se da en valores porcentuales.

### **Absortancia ( $\alpha$ )**

Relación entre el flujo luminoso absorbido por un cuerpo y el flujo recibido.

### **Transmitancia ( $\tau$ )**

Relación entre el flujo luminoso transmitido por un cuerpo y el flujo recibido.

### **Factor de mantenimiento (Fm)**

En la práctica estos valores están en función del ambiente de trabajo.

## 1.2 ELEMENTOS Y COMPONENTES LUMÍNICOS

### 1.2.1 LUMINARIAS.

Se define como un aparato de alumbrado que reparte, filtra o transforma la luz emitida por una o varias lámparas y que comprende todos los dispositivos necesarios para el soporte, la fijación y la protección de lámparas y en caso necesario, los circuitos auxiliares en combinación con los medios de conexión con la red de alimentación.<sup>2</sup>

#### Clasificación de luminarias

Cada fabricante patenta diseños y modelos diferentes que es muy difícil tener una sola clasificación de las luminarias, sin embargo se puede clasificar de acuerdo a sus condiciones de servicio, protección eléctrica y distribución del flujo luminoso.

Definiremos únicamente la última clasificación, ya que la importancia de las otras es de poca relevancia dentro del presente trabajo.

#### Según la distribución del flujo luminoso

Las luminarias para la iluminación general de interiores se encuentran clasificadas de acuerdo con el porcentaje de flujo luminoso total distribuido por encima y por debajo del plano horizontal. Entonces según este criterio se clasifican en seis tipos que claramente se pueden presentar en la siguiente tabla.

**TABLA 1. 2 Clasificación de las luminarias de acuerdo a la distribución del flujo**

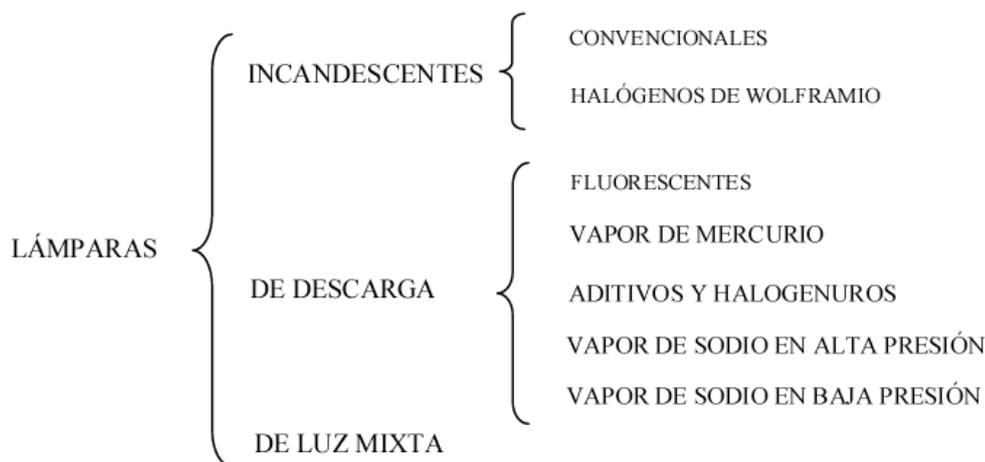
Clase de luminaria	% distribución del flujo hacia arriba	% distribución del flujo hacia abajo
Directa	0-10	90-100
Semi-directa	10-40	60-90
Directa-indirecta	40-60	40-60
General difusa	40-60	40-60
Semi-indirecta	60-90	10-40
Indirecta	90-100	0-10

Fuente: Manual Osram 2005

<sup>2</sup> Norma UNE-EN 60598-1. Definición de luminaria.

### 1.2.2 LÁMPARAS

Son aquellos objetos artificiales capaces de emitir radiaciones electromagnéticas con longitudes de onda visibles para el ojo humano. Las fuentes luminosas artificiales de mayor importancia en nuestra época son las lámparas, estas las podemos clasificar de la siguiente manera:



**Fuente:** Autores

**LÁMPARAS INCANDESCENTES.** Estas se clasifican en dos grandes grupos: lámparas incandescentes convencionales y lámparas incandescentes halógenas, donde cada una de ellas poseen características propias para diferentes aplicaciones en iluminación y decoración.

**LÁMPARAS DE DESCARGA.-** Estas pueden ser las siguientes:

**Lámparas Fluorescentes.-** Son lámparas de descarga en vapor de mercurio de baja presión, en la cual la luz se produce predominantemente mediante polvos fluorescentes activados por la energía ultravioleta de la descarga.

Los tubos fluorescentes se fabrican con varias tonalidades de luz e índices de reproducción cromáticos clasificados, según las normas C.I.E<sup>3</sup>. En tres grandes grupos:

<sup>3</sup> C.I.E.: Comisión Internacional de Iluminación. [www.cie.com](http://www.cie.com)

Luz blanca día:  $TC > 5.000 \text{ K}$ .

Blanco neutro:  $5.000 \text{ K} \geq TC \geq 3.000 \text{ K}$ .

Blanco cálido:  $TC < 3.000 \text{ K}$ .

**Lámparas fluorescentes compactas.** Son lámparas pequeñas que funcionan bajo el principio de generación de luz fluorescente, requieren de equipo adicional como un balastro o adaptador para poder ser instaladas. Su aplicación es ideal para pasillos, corredores, anuncios de emergencia, luz exterior y están disponibles en una gran variedad de longitudes, potencias y temperaturas de color.

**Lámparas fluorescentes tubulares T5 (5/8").** Es un nuevo sistema de iluminación fluorescente con sólo 16 mm de diámetro. Las lámparas T5 están diseñadas para ser utilizadas exclusivamente con equipos de control de alta frecuencia (HF), y se caracterizan por un encendido instantáneo sin parpadeos. Además, aunque la lámpara es un 40% más pequeña que el modelo T8 convencional, su mejor rendimiento se traduce en más lúmenes por vatio. Las T5 son construidas con especificaciones de flujo luminoso, rendimiento energético, geometría y rendimiento de color muy variados. Los fabricantes ponen a consideración varios tipos de estas lámparas, que son:

**HE (alta eficiencia).** Estas lámparas combinan el máximo rendimiento energético con un adecuado flujo luminoso. Son idóneas para conseguir una iluminación directa eficiente en áreas tales como oficinas, colegios y hospitales. Su eficacia luminosa de hasta 104 lm/W y el rendimiento de las lámparas HE es hasta un 10% superior al de las lámparas HO.

**HO (alta emisión).** Estas combinan el máximo flujo con un buen rendimiento energético. Son idóneas para zonas que requieren niveles elevados, o iluminación indirecta de tipo bañador de pared, o para espacios con techos altos como tiendas, naves industriales y edificios públicos. Tienen hasta un 60% más de flujo luminoso que las lámparas HE, por lo que se precisan menos luminarias, son ideales si se necesita mucha luz a partir de una lámpara corta.

### **Ventajas de Lámparas Compactas**

- Ahorro en el consumo eléctrico
- Tiempo de vida útil aproximado entre 8000 y 10000 horas, No requieren inversión en mantenimiento
- Generan menos calor
- Tienen un flujo luminoso mucho mayor en lúmenes por watt
- Se pueden adquirir con diferentes formas, bases, tamaños, potencias y tonalidades de blanco

### **Desventajas de Lámparas Compactas**

- El costo inicial es mayor que el de las lámparas incandescentes
- El gas que contiene puede ser dañino para la salud humana y ambiental
- El encendido se da con una luz débil por breves instantes antes que alcancen su máxima intensidad de iluminación

### **Ventajas de las lámparas fluorescentes tubulares T5**

- Ofrecen excelentes características como su flujo luminoso, economía y el respeto al medio ambiente.
- Excelente reproducción cromática
- Puede maximizar la salida en lúmenes con eficiencia
- La más alta rentabilidad y calidad.
- Ahorro de energía del 40 al 80% dependiendo del modelo
- Arranque instantáneo
- Compatible con sensores
- Fácil instalación
- Mejor rendimiento de color de 85 a 95
- Temperatura de color de 3000°K, 4100°K, 6500°K
- Menor generación de calor
- Rendimiento hasta 104lm por watt
- Funciona con balasto electrónico exclusivamente lo que mejora el encendido
- Vida media 20.000hs

### Desventajas de las lámparas T5

- Costo inicial elevado
- Contenido de mercurio perjudiciales para la salud

### 1.3 GRADO DE PROTECCIÓN IP DE ELEMENTOS ELÉCTRICOS

El Grado de protección IP hace referencia al estándar estadounidense ANSI/IEC 60529-2004, este estándar ha sido desarrollado para calificar de una manera alfa-numérica a equipamientos en función del nivel de protección que sus materiales contenedores le proporcionan contra la entrada de materiales extraños. Mediante la asignación de diferentes códigos numéricos, el grado de protección del equipamiento puede ser identificado de manera rápida y con facilidad.

**TABLA 1. 3 Grados de Protección IP de Elementos Eléctricos**

	Primer Número - Protección contra sólidos		Segundo Número - Protección contra líquidos		Tercer Número - Protección contra impactos mecánicos (generalmente omitido)
0	Sin Protección	0	Sin Protección	0	Sin Protección
1	Protegido contra objetos sólidos de más de 50mm	1	Protegido contra gotas de agua que caigan verticalmente	1	Protegido contra impactos de 0.225 joules
2	Protegido contra objetos sólidos de más de 12mm	2	Protegido contra rocíos directos a hasta 15° de la vertical	2	Protegido contra impactos de 0.375 joules
3	Protegido contra objetos sólidos de más de 2.5mm	3	Protegido contra rocíos directos a hasta 60° de la vertical	3	Protegido contra impactos de 0.5 joules
4	Protegido contra objetos sólidos de más de 1mm	4	Protegido contra rocíos directos de todas las direcciones - entrada limitada permitida	4	Protegido contra impactos de 2.0 joules
5	Protegido contra polvo - entrada limitada permitida	5	Protegido contra chorros de agua a baja presión de todas las direcciones - entrada limitada permitida	5	Protegido contra impactos de 6.0 joules
6	Totalmente protegido contra polvo	6	Protegido contra fuertes chorros de agua de todas las direcciones - entrada limitada permitida	6	Protegido contra impactos de 20.0 joules
7		7	Protegido contra los efectos de la inmersión de 15cm - 1m	7	
8		8	Protegido contra largos periodos de inmersión bajo presión	8	

**Fuente:** [www.supertronic.com/archivos/d\\_tecnicos/standarts.doc](http://www.supertronic.com/archivos/d_tecnicos/standarts.doc)

## 1.4 ELEMENTOS AUXILIARES DE REGULACIÓN

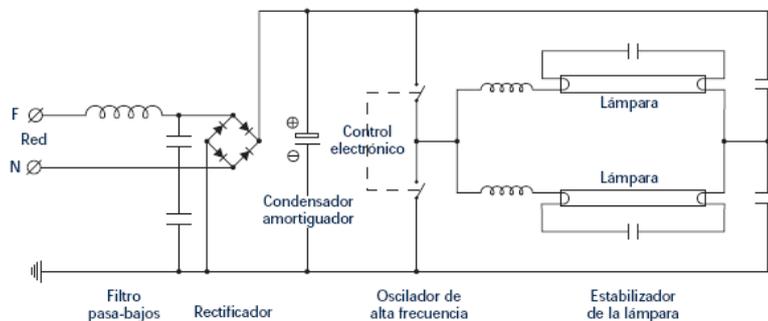
La lámpara fluorescente posee características de resistencia negativa y por lo tanto se debe operar en forma conjunta con un dispositivo de corriente limitada llamando balastro, para evitar que la corriente se escape. El balastro, que posee características de resistencia positiva, puede ser:

- Balastro resistivo: Para corriente continua.
- Balastro inductivo: Es el balastro de mayor uso para aplicaciones normales de corriente alterna.
- Balastro electrónico: Es el más caro, pero ofrece ventajas importantes respecto a los anteriores.

### Balastros

Son accesorios para utilizar en combinación con las lámparas de descarga, que en forma de impedancias inductivas, capacitivas o resistivas, solas o en combinación, limitan la corriente que circula por aquellas a los valores exigidos para un funcionamiento adecuado.

El principio de funcionamiento más comúnmente empleado en los balastros electrónicos para tubos fluorescentes en acometidas de corriente alterna normal es como el que se muestra en la Fig1.1



**FIG. 1. 1** Esquema de funcionamiento de un balastro electrónico

**Fuente:** Manual Osram 2005

Como puede verse, con un filtro pasa-bajo reduce la distorsión de la corriente de alimentación e impedir que las señales de alta frecuencia se reflejen en la red.

Una vez rectificada la corriente alterna, y con ayuda del condensador de acoplo, se procede a la generación de alta frecuencia en onda cuadrada, mediante dos transistores generalmente. Esta frecuencia ha de ser mayor de 20 KHz. para superar los límites audibles y conseguir el mayor rendimiento.

### CONCEPTOS ASOCIADOS A LOS BALASTOS ELECTRÓNICOS

**Factor de potencia:** En los balastos electrónicos el factor de potencia está corregido y tiene un valor constante y muy próximo a la unidad, controlado en todo momento de su funcionamiento por el circuito de corrección de factor de potencia.

**Protección contra sobretensiones:** En las instalaciones trifásicas con neutro incorrectamente conectado o interrumpido, ante un reparto desequilibrado de cargas, se produce un desequilibrio de tensiones, que origina sobretensiones en algunas de las fases, que pueden crear problemas de funcionamiento y deterioro de lámparas y equipos auxiliares.

Los balastos electrónicos están provistos de un sistema de protección contra sobretensiones, que evita daños que pudieran causarse en los circuitos por este motivo.

**Armónicos de corriente:** Una onda no sinusoidal pura está formada por una onda fundamental a la que se superponen ondas de frecuencia múltiplos de la onda fundamental. Estas ondas superpuestas reciben el nombre de armónicos de orden superior, como ya vimos anteriormente. Estos armónicos son producidos por elementos de comportamiento no lineal, y sobrecargan las redes de alimentación, siendo indeseables por constituir una fuente de perturbaciones para otros aparatos en la misma red, y por reducir el factor de potencia del aparato afecto de éstos. Los balastos electrónicos deben incluir en sus circuitos filtros de entrada que limiten y mantengan el nivel de armónicos igual o por debajo de lo exigido por las normas.

## CAPÍTULO II

### 2. ILUMINACIÓN INTERIORES

#### 2.1 CONSIDERACIONES DE DISEÑO

En interiores donde se realiza tareas y actividades solo son posibles si se precisa de una buena visibilidad y, esto solo se consigue con una buena iluminación, sin embargo, en áreas de circulación o salas de estar y lugares de descanso, el criterio de la capacidad visual no es tan importante; lo importante es el criterio de agrado y confort visual.

La proyección de una iluminación adecuada debe contemplar la consideración de algunos parámetros como son los siguientes:

La superficie de referencia de un interior es la superficie donde se va a suministrar la iluminancia apropiada recomendada que normalmente será el plano de trabajo limitado por las paredes del interior a una altura de 0,85 m. sobre el suelo. En interiores donde no se trabaja, la superficie de referencia puede ser el piso, la pared, o cualquier plano importante en el mismo.

La medida de la uniformidad de iluminancia sobre la superficie de referencia no debe ser menor de 0,8, y en el caso de iluminación general localizada, la iluminancia media en las áreas que rodean las tareas no debe ser menor que un tercio del nivel para las áreas de tareas.

La iluminancia proporcionada inicialmente por una instalación de iluminación disminuirá de manera gradual durante el uso, debido a una reducción en los lúmenes de la lámpara, acumulación de suciedad en luminarias y superficies de la habitación.

El control del deslumbramiento directo de lámparas y luminarias consiste en controlar la luminancia de las mismas en la dirección de los ojos del observador.

El grado de control de la luminancia diferirá según el tipo de tarea o actividad. Es por ello que la C.I.E. ha clasificado las tareas y las actividades en cinco grupos según el grado de control de luminancia requerido. En la Tabla 2.1 se enumeran los cinco grupos que se refieren a las Clases de Calidad.

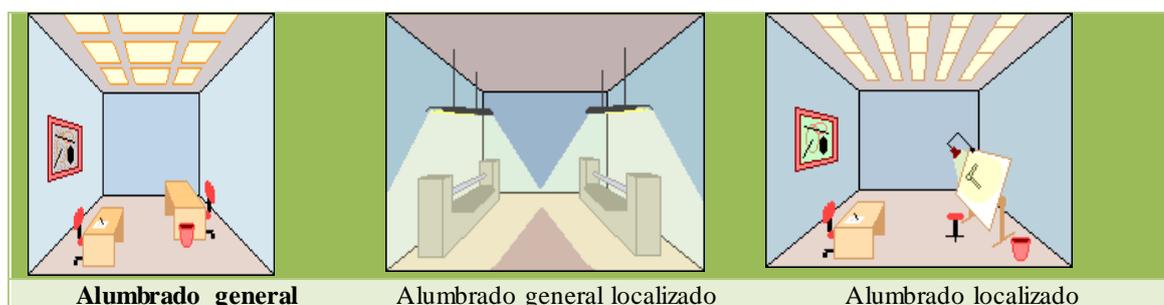
**TABLA 2. 1 Clases de calidad**

CLASE DE CALIDAD	ÍNDICE DESLUMBRAMIENTO	TIPO DE ACTIVIDAD O TAREA
<b>A.- Calidad muy alta</b>	1,15	Tareas visuales muy exactas.
<b>B.- Calidad alta</b>	1,50	Tareas con grandes demandas visuales. Tareas con demandas visuales moderadas pero con alta concentración.
<b>C.- Calidad media</b>	1,85	Tareas con demandas visuales moderadas y demandas moderadas de concentración y con cierto grado de movilidad del trabajador.
<b>D.- Calidad baja</b>	2,20	Tareas con niveles de demanda de concentración y visual bajas con trabajadores en movimiento dentro del área establecida
<b>E.- Calidad muy baja</b>	2,55	Interiores donde los trabajadores no sólo se mueven dentro de la estación de trabajo sino de un lugar a otro y realizan tareas de baja demanda visual. Interiores generalmente no utilizados por las mismas personas.

**Fuente:** Manual Osram 2005

## 2.2 TIPOS DE ALUMBRADO

Los tipos 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.



**FIG. 2. 1 Tipos de alumbrado**

**Fuente:** Manual Osram 2005

## 2.3 PROCESO DE DISEÑO

Consiste en dos fases bien diferenciadas. La primera fase empieza con el cliente para determinar la función que prestará el local la que influirá en el diseño. La segunda fase comprende el proceso de diseño.

En la primera tendrá en cuenta los siguientes aspectos: niveles de iluminación requeridos para el tipo de actividad a desarrollar en el local, factores de utilización, altura del plano de trabajo y la medida de montaje de las luminarias.

El contar con esta información permitirá al diseñador el empleo de cualquier método de cálculo existente o la utilización de programas computacionales, que se basan en recomendaciones establecidas por la CIE, en cuanto a iluminancias de servicio, calidad de limitación de deslumbramiento y al rendimiento de color más recomendado para una instalación concreta de almacenes, oficinas, aulas, etc.

## 2.4 SOFTWARE DE DISEÑO LUMÍNICO

Existe un gran número de programas que en su mayoría son lanzados al público por los propios fabricantes. Dotando de una herramienta práctica al usuario que le permita simplificar los engorrosos y complicados cálculos en el diseño de los sistemas de iluminación.

Los principales fabricantes de lámparas y elementos lumínicos en el mundo tenemos a OSRAM.SA, PHILIPS, SYLVANIA, LAMP. SA, entre otros. Cada uno de estos provee un sinnúmero de productos que van desde lámparas convencionales hasta los complejos y novedosos sistemas de control y regulación de sistemas lumínicos tanto para interiores, exteriores y ambientes especiales.

Es así, que entre todos los programas que proveen los fabricantes hemos seleccionado el MURA V9.0.3, autoría del fabricante LAMP SA. La particularidad de este software es que integra no solo el uso de sus productos, sino que abarca los

elementos de otras marcas, tanto es así, que en sus plataformas integran elementos de OSRAM SA, PHILIPS, SYLVANIA, entre otros.

Este programa cuenta con seis módulos que son:

- Litecalc
- Liswin
- Lisman
- Photowin
- Lisdat
- Photoview

## CAPÍTULO III

### 3. DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO

Al iniciar un proyecto de algún sistema de alumbrado, lo primero que se requiere es elegir un equipo que proporcione el máximo confort visual y el más alto rendimiento compatibles con las limitaciones impuestas al proyectista. Los factores de conservación o de pérdida de luz tienen una influencia mayor al elegir el equipo, y se considera detalladamente en el proceso del cálculo.

#### 3.1 OBJETIVO DEL DIAGNOSTICO ENERGÉTICO EN SISTEMAS ILUMINACIÓN

El objetivo de practicar un diagnóstico energético a un sistema de iluminación, es el de identificar todas las posibles medidas de ahorro de energía en dicho sistema durante un tiempo determinado. La recopilación ordenada de los datos de consumo de energía en iluminación de la instalación, junto con la evaluación técnico-económica de la implantación de las medidas de ahorro, permite al proyectista determinar la factibilidad y amortización posible de un rediseño de iluminación de interiores.

#### 3.2 CLASIFICACIÓN DE DIAGNÓSTICOS ENERGÉTICOS

Dependiendo del grado de profundidad con que se realice un diagnóstico energético, este puede ser de dos tipos genéricos:

##### **Diagnóstico energético de primer nivel (DEN 1)**

Es esencialmente una recolección preliminar de información y el análisis de ésta, con énfasis en la identificación de fuentes evidentes de posible mejoramiento en el uso de la energía. Esto puede proporcionar una guía para ajustar el sistema de recolección de datos y análisis, así como proporcionar al personal de operación una nueva perspectiva con respecto a los equipos y su adecuada operación.

### **Diagnóstico energético de segundo nivel (DEN 2)**

Proporciona un análisis completo de toda la parte energética de una planta, tanto equipos y sistemas auxiliares, como también los detalles de los procesos. En un DEN2 la medición de los parámetros eléctricos de los principales equipos consumidores de energía es fundamental.

### **Diagnóstico energético de tercer nivel (DEN 3)**

Es una modalidad del diagnóstico anterior, donde el análisis del proceso es muy exhaustivo, incorporándose el análisis para diferentes tecnologías de producción. Para la realización de este tipo de diagnósticos es imprescindible la participación de un especialista en el proceso de la industria a diagnosticar. Su costo es muy alto ya que normalmente un DEN2 arroja oportunidades de ahorro de energía que pueden ir desde un 10% hasta un 30%, con inversiones cuyo período de recuperación suele ser menor a los 2 años.

## **3.3 PROCESO DE RECOLECCIÓN Y DIAGNÓSTICO DE DATOS**

El trabajo del diagnóstico energético se resume en cuatro pasos, que son los siguientes:

- Planear los recursos y el tiempo
- Recopilar datos en sitio
- Realizar mediciones
- Analizar los datos

## **3.4 POTENCIAL DE AHORRO ENERGÉTICO.**

La estimación del potencial de ahorro depende de las observaciones realizadas durante el recorrido por las instalaciones y de las mediciones efectuadas, así como de la experiencia del equipo diagnosticador. Las oportunidades de ahorro de energía que resultan de un diagnóstico, determinan el potencial de ahorro, el cual, generalmente estará dado en términos de porcentajes.

Las medidas de ahorro de energía en iluminación de mayor relevancia son las siguientes:

- Sustitución de lámparas incandescentes por lámparas fluorescentes compactas.
- Sustitución de lámparas fluorescentes T12, por lámparas fluorescentes T5.
- Instalación de reflectores especulares
- Instalación de controles de alumbrado
- Sustitución de balastos electromagnéticos por balastos electrónicos
- Adecuar los niveles de iluminación.

### **3.5 ELABORACIÓN DEL INFORME DEL DIAGNÓSTICO**

En este paso se debe determinar el volumen de obra, su costo de implantación, ahorros esperados y determinación del período de recuperación de la inversión. 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.

La parte fundamental del informe debe comprender las siguientes descripciones:

- Acción concreta
- Descripción y antecedentes
- Beneficios
- Costo de inversión
- Análisis financiero
- Contexto técnico
- Plan de acción

## CAPÍTULO IV

### 4. SISTEMAS DE CONTROL AUTOMÁTICO

En la actualidad son más las empresas en desarrollar los sistemas de control de iluminación encaminados a mejorar el confort de las personas y al ahorro de energía, es decir: La influencia de la tecnología sobre los sistemas actuales queda rápidamente plasmada al observar la multitud de posibilidades existentes en esta área, un sistema de control es el encargado de controlar el circuito de potencia que comanda a cada uno de los circuitos de iluminación.

#### 4.1 AUTOMATIZACIÓN DE EDIFICIOS

El desarrollo tecnológico de diferentes disciplinas, como la microelectrónica, las telecomunicaciones, la informática, la arquitectura y la automática ha posibilitado la integración de las mismas llegando a converger en el concepto de edificio automatizado.

La automatización de edificios consta principalmente de la gestión y control de todas las actividades que giran alrededor del normal funcionamiento del inmueble, por ejemplo: La seguridad, el confort, servicios, comunicación, climatización, ahorro energético, etc.

#### 4.2 DOMÓTICA E INMÓTICA

La domótica<sup>4</sup> tiene sus inicios en la década de los setenta, cuando tras algunas investigaciones, aparecen los primeros dispositivos de automatización de edificios basados en la tecnología de corrientes portadoras X-10. Posteriormente con la aparición de los computadores personales y la incorporación en los edificios de los sistemas de cableado estructurado permitían la conexión de periféricos para la transmisión de datos, voz y algunos dispositivos de control y seguridad, llegando a constituirse los primeros edificios domóticos.

---

<sup>4</sup>Domótica: Compuesta etimológicamente por el término latín *domus* que significa *casa* y del sufijo *tica* de la palabra automática.

Para el desarrollo de este trabajo partiremos de la siguiente definición del término domótica, dada por el AIDA<sup>5</sup> que la define como: “la integración en los servicios e instalaciones residenciales de toda la tecnología que permita una gestión energética, remota, confortable y segura, posibilitando una comunicación entre todos ellos”

El término inmótica<sup>6</sup> también hace referencia a la coordinación y gestión de las instalaciones con que se encuentran equipadas las edificaciones, sin embargo este término es usado en grandes instalaciones como son: plantas industriales, hoteles, hospitales, edificios de oficinas, parques tecnológicos, grandes superficies, universidades, etc. A diferencia de la domótica que es orientada a casas unifamiliares, la inmótica tiene distintos fines específicos, no solo a la calidad de vida sino la eficacia de trabajo.

En realidad los sistemas y aplicaciones domóticas son similares a los de inmótica y, por ello, que en el presente trabajo emplearemos el concepto *inmótica*, debido a que el objeto de estudio abarca edificaciones que tienen oficinas, aulas, bibliotecas, etc.

### 4.3 CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS DE LOS SISTEMAS INMÓTICOS

#### 4.3.1 TOPOLOGÍA

La topología de la red, o topología de cableado, se define como la distribución física de los elementos de control respecto al medio de comunicación.

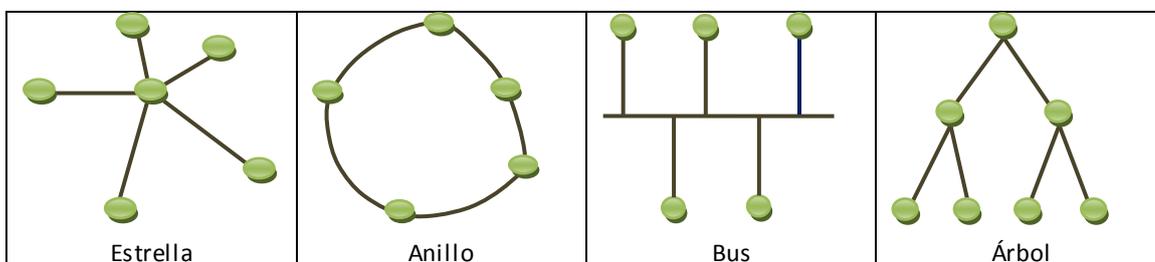


FIG. 4. 1 Tipos de Topología

**Fuente:** ROMERO C.; VÁZQUEZ F.; CASTRO C. 2007. Domótica e Inmótica

<sup>5</sup> AIDA: Asociación de Domótica e Inmótica Avanzada. Pag. Web: [www.e-aida.net](http://www.e-aida.net)

<sup>6</sup> *Inmótica*: Gestión Técnica de Edificios Inteligentes

**Topología en estrella.** Es donde todos los elementos están unidos entre sí a través de un controlador principal. Tiene la facilidad para añadir nuevos elementos, el fallo de un elemento (no central) no afecta al resto, pero en cambio al ser la falla en un elemento central produce un fallo en todo el sistema, necesita una gran cantidad de cable y se produce un cuello de botella en el elemento central.

**Topología en Bus.** Los elementos comparten la misma línea o bus de comunicación. Cada elemento está identificado por una dirección única y se puede comunicar los elementos de forma simultánea. Permite la integración o salida de cualquier elemento, elevada velocidad de comunicación, menor cableado, cada elemento deberá contar con cierto grado de inteligencia y necesita un mecanismo de control.

#### 4.3.2 TIPO DE ARQUITECTURA

**Arquitectura centralizada.** Es aquella en que los elementos a controlar y supervisar han de cablearse hasta el sistema de control de edificios. Todos los elementos sensores reúnen la información del sistema y la envía al controlador para que tome las decisiones y se las comunique a los elementos actuadores.

**Arquitectura descentralizada.** Es justamente opuesta a la anterior, es decir, los elementos del sistema disponen de inteligencia, en el sentido de que son totalmente independientes. El sistema debe comprender el uso de un bus compartido que permita la comunicación de todos elementos.

**Arquitectura distribuida.** La idea de esta arquitectura es mejorar las anteriores, para ello el elemento controlador se sitúa próximo al elemento a controlar. Ahora cuentan con más de un elemento de control, permitiendo la distribución de tareas de control.

### 4.3.3 MEDIOS DE TRANSMISIÓN

Dentro del sistema domótico, los elementos deben intercambiar información entre sí a través de un soporte físico. En la siguiente figura se presenta los medios de transmisión más usados.

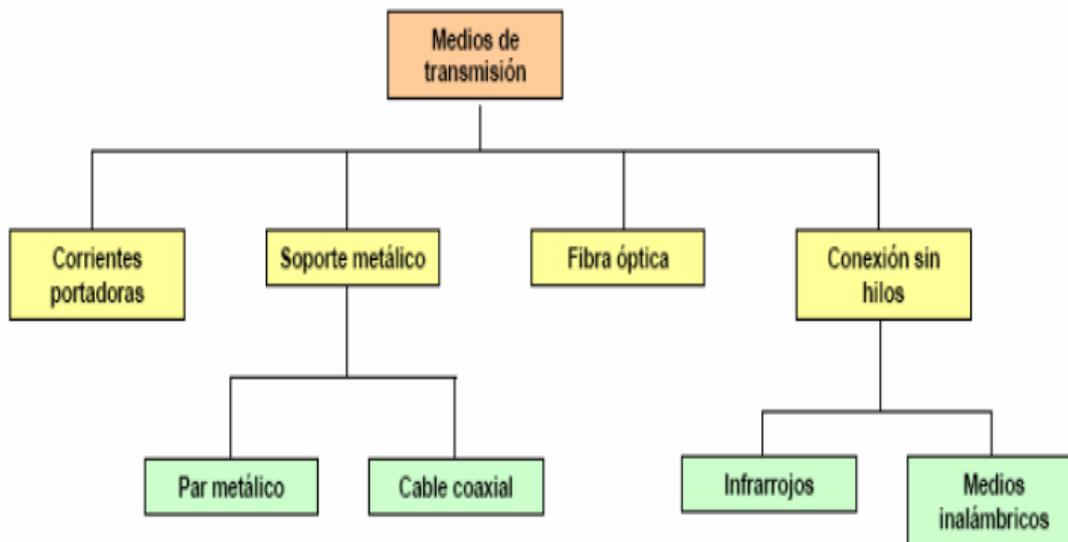


FIG. 4. 2 Medios de Trasmisión

Fuente: ROMERO C.; VÁZQUEZ F.; CASTRO C. 2007. Domótica e Inmótica

### 4.3.4 VELOCIDAD DE TRANSMISIÓN

Es la velocidad de intercambio de información entre los distintos elementos de control de la red. Esta velocidad depende tanto del medio de transmisión como el protocolo utilizado, por ejemplo: Existen tres tipos distintos de sistema EIB: el EIB-TP, que utiliza para trenzado; el EIB-PL, que utiliza la línea de fuerza y el EIB-RF, que utiliza radio frecuencia, por lo que cada uno tendrá una velocidad de transmisión diferente.

## 4.4 ELEMENTOS DE UN SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN

Un edificio dotado con un sistema de control que busca la gestión de las funciones inherentes a la operatividad, administración y mantenimiento del mismo, tiene que tener un conjunto de elementos y dispositivos que le suministren información,

que ejecuten las acciones de control, así como una infraestructura de comunicaciones que los conecten entre sí, junto con las interfaces y acondicionadores de señal que adapten la señal entre el controlador, sensores y actuadores.

#### 4.4.1 TIPOS DE SEÑAL

Dentro de cualquier tipo de instalación inmótica se puede encontrar con dos grandes grupos de señales, estas son de tipo continuas y discretas

**Señales continuas o analógicas.** Estas se caracterizan porque varían de forma continua con el tiempo, pudiendo tomar infinitos valores posibles. Ejemplos de este tipo serían presiones, niveles, temperaturas, etc.

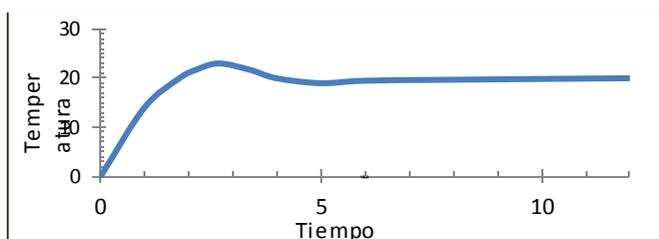


FIG. 4. 3 Señales continuas o analógicas

**Fuente:** ROMERO C.; VÁZQUEZ F.; CASTRO C. 2007. Domótica e Inmótica

**Señales discretas o digitales.** Estas solo pueden presentar un número finitos de valores, de especial interés no centraremos en aquellas que toman dos estados, encendido o apagado, cero o uno, a estas se le llaman binarias.

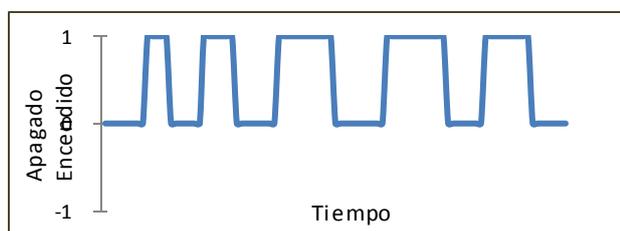


FIG. 4. 4 Señales discretas o digitales

**Fuente:** ROMERO C.; VÁZQUEZ F.; CASTRO C. 2007. Domótica e Inmótica

Son muchos los dispositivos que maneja señales de este tipo, por ejemplo: sensores de presencia, humos, abertura de puertas, válvulas, relés y todos los dispositivos que pueden oscilar entre dos estados.

### 4.4.2 SENSORES

La misión de un sensor es la conversión de magnitudes de una determinada naturaleza en otra, generalmente eléctrica, estas magnitudes pueden ser físicas, químicas, biológicas, etc.

En un edificio los sensores informarán a los controladores, sobre las condiciones en que se encuentra en un determinado momento, tales como sensores de temperaturas, movimiento, presencia, iluminación, gases, etc.

			
<b>Sensor PIR Next MCW de Visonic</b>	Sensor de inundación SI-750 de Domaut	Sensor de presencia EL-100 de Electronics Line	Sensor de rotura de cristal 5150 de GE-Interlogix
			
<b>Sensor de contacto magnético cableado C 205</b>	Sensor de gases MCT-440 de Visonic.	Detector de humos MCT-425 de Visonic	Detector de agua MCT-550 de Visonic

**FIG. 4. 5** Tipos de sensores

**Fuente:** ROMERO C.; VÁZQUEZ F.; CASTRO C. 2007. Domótica e Innótica

### 4.4.3 ACONDICIONADORES DE SEÑAL

Las señales que entrega un sensor, en la mayoría de los casos deben ser acondicionadas y/o adaptadas al controlador o sistema que las recibe. Para efectuar estos cambios están los acondicionadores que obedecen a ciertos estándares, algunos de tensión (0-5V, 0.10V) y otros de corriente (0-20mA, 4-20mA).

### 4.4.4 ACTUADORES

Son los dispositivos electromecánicos que actúan sobre el medio exterior convirtiendo una magnitud eléctrica en otra de otro tipo (mecánica, térmica,..). Los actuadores pueden mantener niveles de salida continuos o discretos. Ejemplo: contactores, lámparas, dimers, motores, etc.

#### **4.4.5 INTERFACES**

La señal que entrega un controlador, ya sea analógico o digital, no siempre presenta características eléctricas compatibles con el actuador, para ello se coloca interfaces que actúen de etapa de potencia, amplificando en tensión o corriente las señales que suministran los controladores. Algunos tipos de interfaces, son etapas de conmutación a través de transistores, triacs, tiristores, circuitos integrados, optoacopladores y otros.

#### **4.4.6 UNIDAD DE CONTROL**

Una unidad de control gestiona toda la instalación, recibiendo las señales que proporcionan los sensores y emitiendo las señales que llegarán a los actuadores. Además posibilita la conexión con interfaces de los usuarios como pantallas táctiles, mandos a distancia, botoneras y ordenadores.

La unidad de control, está compuesta de diversos componentes, como son el hardware de proceso de datos, el de entradas y salidas y el hardware de comunicación con el usuario, todos ellos en su mayoría dispuestos en forma compacta dentro de un mismo dispositivo.

#### **4.4.7 SOFTWARE DE CONTROL**

Este software controla al hardware de control, se comunica con él, permitiendo la parametrización, seguimiento y puesta en marcha del sistema. El software puede estar dividido en varios módulos, donde cada uno controle independientemente un subsistema específico como: iluminación, climatización, control de persianas, seguridad entre otros.

#### **4.4.8 PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN**

La aparición de las redes domésticas ha conllevado la aparición de una serie de tecnologías y protocolos, algunas de uso específico de los hogares, y otras heredadas del entorno empresarial. El protocolo es el idioma o formato de los mensajes que los

diferentes medios de control del sistema utilizan para entenderse y poder intercambiar información de forma coherente, estos se clasifican de acuerdo a su estandarización:

#### **4.4.8.1 PROTOCOLOS ESTÁNDAR**

Son publicados y abiertos a terceras personas y suelen estar respaldadas por alguna organización. La ventaja de estos es que puede haber varios fabricantes de estos estándares aunque suelen resultar más caros que los propietarios.

##### **EIB (European Installation Bus)**

Es un estándar orientado a la gestión técnica de edificios. Se trata de un sistema por bus de datos, considerado como un estándar europeo. Este es un sistema descentralizado, la programación de los elementos se realiza de forma individual a través de un computador personal, debido principalmente a que cada componente lleva incorporado un controlador independiente.

##### **X-10**

Este es uno de los protocolos más antiguos que se está aplicando en instalaciones domóticas. El objetivo es transmitir datos por las líneas de baja tensión en una instalación eléctrica existente, evitando de esta manera la instalación de un nuevo cableado para la comunicación entre dispositivos.

##### **LONWORKS**

Es una plataforma de control creada por la compañía norteamericana Echelon capaz de implementar cualquier sistema de control. Esta ha tenido una aceptación en la implantación de sistemas en edificios, hoteles o industrias, pero debido a su costo no se han implementado de una manera masiva en viviendas. Su arquitectura es abierta a cualquier fabricante, forma un sistema de control distribuido basado en un conjunto de nodos independientes interconectados entre sí, los objetivos que persigue son flexibilidad y estandarización.

#### **4.4.8.2 PROTOCOLOS PROPIETARIOS**

Son los desarrollados por una empresa, y únicamente pueden comunicarse con dispositivos de la misma marca. Tiene la ventaja de ser más baratos pero al desaparecer la empresa, desaparece el soporte técnico.

## CAPÍTULO V

### 5 SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO DALI

El sistema de control automático a utilizarse en esta investigación es el Interfaz de Control de Iluminación Digital Direccional llamado DALI<sup>7</sup>, este protocolo es estándar, independiente del fabricante y está diseñado para controlar digitalmente balastos electrónicos y luminarias equipadas con este tipo de tecnología, utilizado como un subsistema en la automatización de edificios, casas, oficinas etc.

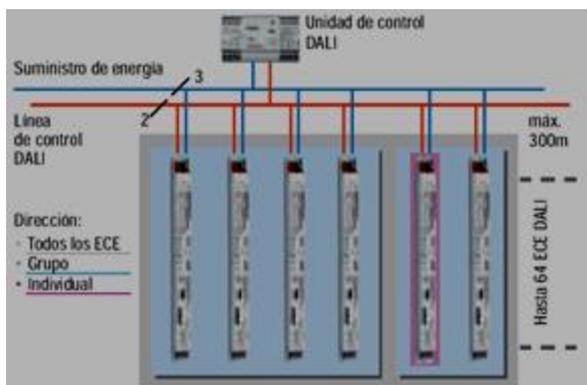
Este protocolo especificado en la norma IEC 60929

DALI es una tecnología digital que incorpora los microprocesadores en las unidades de control y en los equipos de control electrónicos (ECE), que son los elementos principales que conforma una instalación con esta interfaz, donde los primeros son los encargados de controlar y direccionar las órdenes de encendido, apagado y dimerización, en cambio los segundos son los actuadores y tienen la función de encender, apagar y regular los niveles de iluminación.

Los ECE como elementos de un sistema DALI son direccionales, lo cual permite individualizar y controlar los consumos y funcionamiento de cada una de las fuentes de luz mediante la conexión y regulación individual o por grupos las distintas luminarias instaladas, donde su control puede ser informatizado mediante "interfases" de conexión desarrollados por las diferentes industrias de componentes electrónicos.

---

<sup>7</sup> DALI.- Digital Addressable Lighting Interface



**FIG. 5. 1** Configuración y disposición de elementos en un interfaz DALI

**Fuente:** Sistemas de gestión de iluminación: SGI de OSRAM

### 5.1 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DE DALI

Básicamente el principio de funcionamiento se basa en el uso de Unidades de Control y Actuadores que en este caso llamaremos ECE, donde los primeros llegan a constituirse las unidades maestras que envían las órdenes a los ECE que vendrían a ser los esclavos, estos en cambio actuarían en función de las órdenes recibidas por los primeros. Si bien las órdenes existen entre estos elementos, se necesita de un lenguaje y un medio para la comunicación, es ahí donde hace presencia esta interfaz, que como estándar permite la transmisión y reconocimiento de órdenes e información entre los diferentes dispositivos conectados al sistema.

El medio físico es a través de un cable de mando de dos hilos representados de color rojo en la Figura 5.1, este se conecta a la unidad de control y a todos los ECE en un máximo de 64 Equipos, con la configuración de 16 grupos y 16 escenas de iluminación. La señal transmitida es de naturaleza digital y es enviada a través de la línea de comunicación a todos los dispositivos instalados, pero gracias al direccionamiento, esta solo es aceptada por el elemento al cual va dirigido el mensaje. La inteligencia del sistema DALI no está centralizada en el equipo maestro. Muchos de los ajustes y valores de iluminación se almacenan en cada ECE (llamado también balastro), tales como:

- Dirección individual.
- Asignación de los grupos.
- Escenas de iluminación.
- Velocidad de la regulación.
- Cambio de iluminación al recuperar la tensión.
- Valor de iluminación en caso de utilizar la alimentación auxiliar o de emergencia, entre otros.

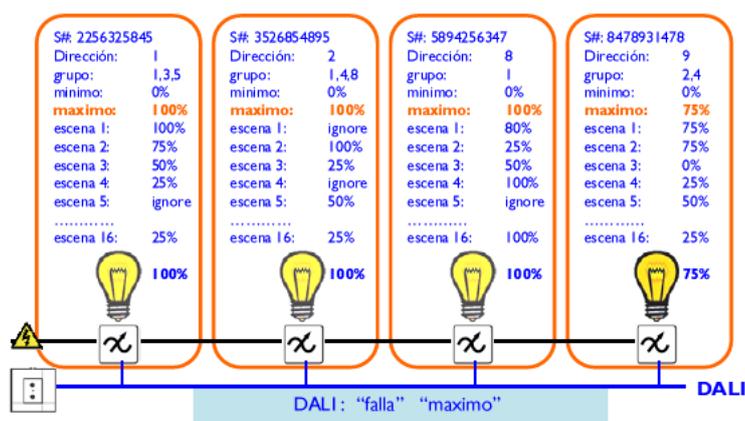


FIG. 5. 2 Configuración y asignación de valores a los ECEs.

Fuente: PHILIPS: Sistemas de Control de Iluminación “Eficiencia Energética”

## 5.2 FUNCIONES DEL INTERFAZ DALI

El uso del interfaz DALI permite que el usuario disponga de un control dinámico sobre el sistema de iluminación, ofreciendo un sinnúmero de posibilidades de control sobre cada una de las fuentes de luz que se describe a continuación:

**Conexión (ON/OFF).** Mediante esta posibilidad se puede conmutar el estado de la(s) lámpara(s) de encendido a apagado y viceversa, ya sea mediante el accionamiento de un pulsador, ante la señal de un sensor o de forma automática mediante la programación realizada con anterioridad.

**Se establecen valores de iluminación.** Esta opción permite al usuario establecer niveles de iluminación de uno o varios ECEs mediante una programación hecha por el usuario según las necesidades que demande.

**Regulación de iluminación con curvas logarítmicas.** La regulación es una de las principales ventajas que presenta este sistema, que puede ser realizada manualmente, mediante la señal de un sensor o por una configuración preestablecida. Esta regulación se realiza en forma gradual logarítmica dotando al usuario de un confort visual aceptable y de una variación en los niveles de iluminación desapercibida por el ojo humano.

**Tiempos de desconexión de escenas.** Otra principal ventaja es la temporización del encendido y apagado de lámparas para así conseguir efectos lumínicos donde la amplia posibilidad de escenas estaría dada por la creatividad del usuario.

**Control individual de aparatos o de grupos.** Los ECEs pueden ser controlados en forma individual o grupal, gracias al direccionamiento que se puede almacenar en cada uno de estos actuadores.

**Regulación sincronizada de todos los componentes.** La regulación de niveles de iluminación de un grupo de luminarias se puede realizar de una forma armonizada, logrando en un mismo tiempo el incremento o reducción de la iluminación de todo el conjunto de lámparas.

**Control simultáneo de todos los aparatos.** Al igual que en el caso anterior, también el encendido y apagado se puede controlar en forma simultánea.

**Límites de regulación máximo y mínimo.** Esta opción posibilita determinar y configurar valores límites de regulación que van desde los 3 a 100% del flujo total de la lámpara, evitando de esta manera exceder o reducir los valores de iluminación fuera de este rango cuando se regula en forma manual o por sensores.

**Confirmación del estado del aparato.** Esta interfaz, a más de controlar, permite tener información del sistema, es decir condiciones actuales de cada una de las lámparas sobre su estado: como encendido o apagado, nivel de iluminación así como los fallos, en caso de presentarse tanto en lámparas y equipos electrónicos.

**Funcionamiento con energía auxiliar o de emergencia.** El uso de balastos especiales para el funcionamiento en caso de ausencia de energía de la red pública posibilita el encendido de las lámparas mediante la alimentación de fuentes de almacenamiento externas de emergencia.

**Indicación del fallo de la lámpara o del equipo electrónico.** Esta opción está presente cuando existe alguna avería y es el mismo balastro que envía la señal de advertencia o anomalía permitiendo una asistencia y mantenimiento oportuno.

### 5.3 TOPOLOGÍA DEL INTERFAZ DALI

Al igual que en otros protocolos tienen una topología o forma de conexión que se debe respetar para la instalación de elementos controladores, actuadores y sensores. DALI ofrece varias alternativas de conexión gracias a la direccionabilidad de los elementos de control, es decir que pueden ser instalados en forma paralela, serie o mixta. Todo esto posible siempre y cuando no se exceda la distancia de 300m entre los elementos más extremos de cada una de las topologías. A continuación se representa en forma gráfica los tipos de conexión.

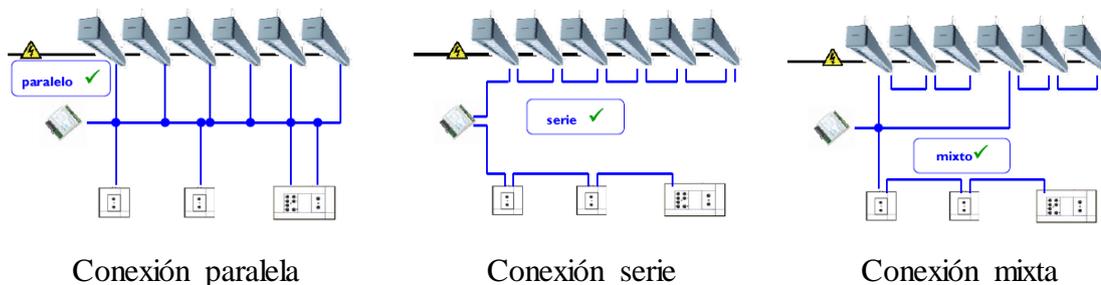


FIG. 5. 3 Tipos de topología del interfaz DALI

Fuente: PHILIPS: Sistemas de Control de Iluminación “Eficiencia Energética”

### 5.4 CABLEADO DE COMUNICACIÓN DEL INTERFAZ DALI

El cableado de los equipos es simple, y solo se necesita de un cable de 2 hilos sin polaridad, ya que comúnmente la conexión está opto acoplada, y puede instalarse junto con los cables de red. La línea de control únicamente tiene que ser apta para la tensión de red y no se requiere ningún conductor especial, pero si se debe de cumplir con el mínimo diámetro recomendado según la Tabla 5.1 Además no debe sobrepasar la máxima longitud entre dos dispositivos extremos que es de 300m.

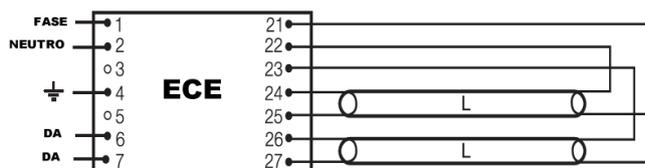
**TABLA 5. 1 Dimensiones físicas del cableado de comunicación del interfaz**

LONGITUD DE ALIMENTACIÓN	MÍNIMA SECCIÓN DE CABLE(mm <sup>2</sup> )	MÍNIMA SECCIÓN DE CABLE(AWG)
hasta 100 metros	0,5	20
100 – 150 metros	0,75	18
150 – 300 metros	1,5	16

Fuente: Manual Técnico DALI

### 5.5 CONEXIÓN DE BALASTROS O ECEs.

Cada dispositivo cuenta con un conjunto de borneras divididas en tres grupos: una de ellas corresponde a la alimentación de fase, neutro y tierra, en cambio el segundo grupo es donde los cables de comunicación DALI son conectados, estos últimos no tienen polaridad y pueden ser colocados de indistinta forma. El tercer y último grupo corresponde exclusivamente hacia la alimentación de las lámparas. Esto se puede evidenciar en la siguiente figura ilustrativa.



**FIG. 5. 4 Conexión y alimentación de los ECEs**

Fuente: Manual Técnico DALI

### 5.6 CONEXIÓN REAL DEL INTERFAZ DALI EN EDIFICIOS

Según lo descrito con anterioridad se puede observar en la siguiente figura una configuración real en edificios donde se pretenda controlar y gestionar los sistemas de iluminación. El Figura 5.5 se puede apreciar los dos tipos de cableado que se realizaría a los ECEs, uno de ellos corresponde a la alimentación representado por el color negro y los de comunicación por color rojo.

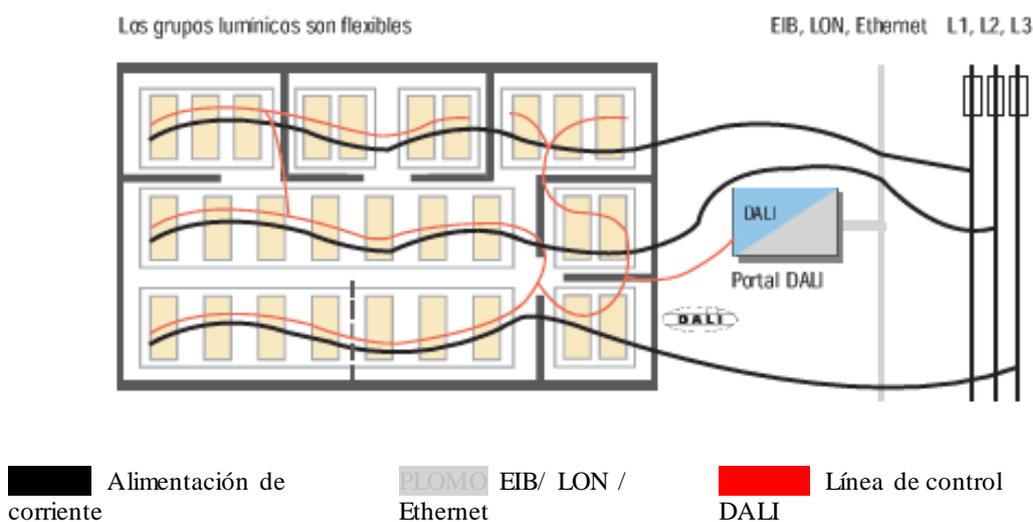
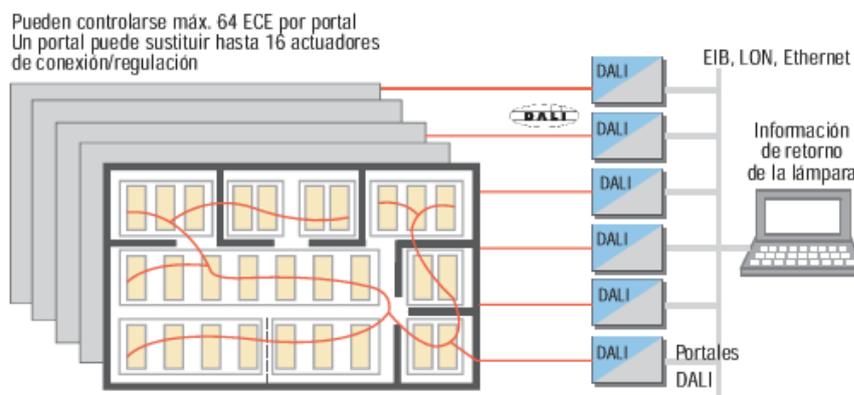


FIG. 5. 5 Topología real del Interfaz DALI

Fuente: Sistemas de gestión de iluminación: SGI de OSRAM

Además el interfaz DALI puede ser parte integrante de un protocolo o sistema superior utilizando uno o varios Portales Dali para el completo control de iluminación de edificaciones completas y extensas como se puede apreciar en la Figura 5.6 . Este interfaz, suministra la información actualizada del estado de las lámparas, para su evaluación en los sistemas de control centralizado de edificios. De esta forma, los fallos de lámparas se pueden detectar prematuramente, pudiéndose planificar así con efectividad los recambios



**FIG. 5. 6 Interfaz DALI como parte integral de un protocolo superior**

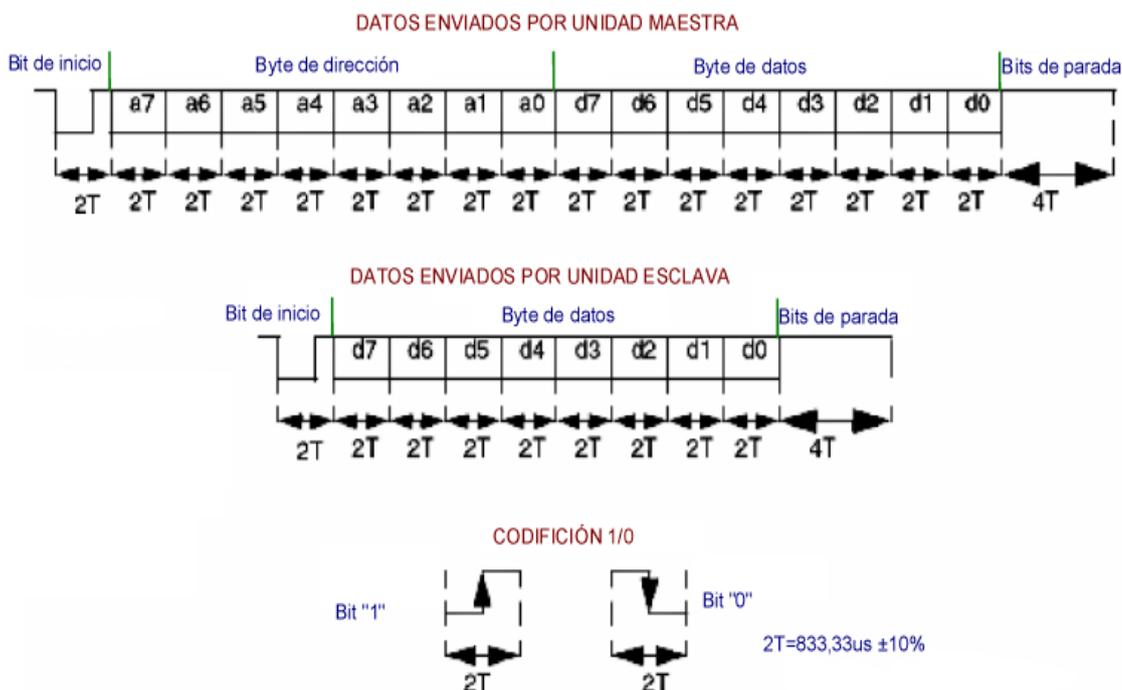
**Fuente:** Sistemas de gestión de iluminación: SGI de OSRAM

## 5.7 COMUNICACIÓN DALI

El protocolo de comunicación DALI cuenta con un sinnúmero de características y las principales son las siguientes.

- Protocolo de comunicación serial asincrónica.
- Velocidad de transmisión datos es de 1200 baudios tiene una codificación bifásica y semiduplex.
- Interfaz de tensión de 16V (de 9,5V a 22,5V) donde el diferencial de voltaje mayor a 9.5 Volts es para el nivel alto y el diferencial de voltaje menor a 6.5 Volts para el nivel bajo.
- La interfaz de corriente es de 250mA, donde cada componente DALI necesita un máximo de 2mA.
- La unidad Maestra controla la comunicación caracterizándose de ser un sistema maestro-esclavo sin control de colisión
- Soporta hasta 64 unidades esclavas conectadas a una misma unidad de control.
- Cada unidad se puede direccionar individualmente.
- Cada unidad Maestra envía Datos en 16 bit, con 1 bits de partida y 2 bits de parada.

- Cada unidad Esclava envía Datos en 8 bit, con 1 bits de partida y 2 bits de parada. Ver Fig. 5.7



**FIG. 5. 7 Configuración del envío de datos de la unidad maestra y esclava**

**Fuente:** Trabajo de Investigación: Interfaz de Iluminación Direccional Digital

### 5.8 COMANDOS DALI

El estándar DALI especifica un número de comandos que una unidad Receptora o esclava debe reconocer. Consisten en dos octetos, donde el primer Byte indica normalmente la dirección del receptor y el segundo Byte contiene el comando a ejecutar. Estos comandos se enumeran en el Anexo 3.

El registro de transferencia de datos es una posición de memoria en la unidad DALI usada para la transferencia de datos temporales. La respuesta sí corresponde al valor hexadecimal FF. Si no se recibe ninguna respuesta será interpretada como NO.

#### Tipos de comandos DALI

Básicamente existen 3 tipos de instrucciones DALI:

- Comandos Estándar

- Comandos De Consulta
- Comandos De Disposición

## 5.9 DESCRIPCIÓN DE ELEMENTOS DEL INTERFAZ DALI

Los profesionales en iluminación aceptan a DALI como una herramienta ideal en la tecnología de iluminación para el desarrollo de múltiples. Los accesorios básicos son la central de control, los pulsadores y/o el mando a distancia. La central de control recoge las distintas escenas o memorizaciones de los niveles de iluminación que queremos preestablecer. Los pulsadores permiten la aplicación del nivel de luz programado a las pantallas con las que están conectados.



**FIG. 5. 8 Elementos de un Interfaz DALI**

**Fuente:** Sistemas de gestión de iluminación: SGI de OSRAM

Los creadores y desarrolladores de DALI aseguran que con su uso se pueden alcanzar ahorros de energía eléctrica anual hasta de un 40 % en lo que a iluminación se refiere. Cada vez se utiliza más esta tecnología en iluminación de edificios, incluyendo la iluminación con luces de colores. Hay balastos y equipos electrónicos adecuados y

disponibles para todos los tipos de lámparas como: halógenas, fluorescentes, bombillas incandescentes y LEDs.

### 5.10 DATOS TÉCNICOS

- Velocidad de transmisión de los datos 1200 Baudios
- Sistema maestro-esclavo sin control de colisión
- Línea de control de 2 hilos
- Interfaz de tensión de 16V (de 9,5V a 22,5V)
- Interfaz de corriente de 250mA. Los dispositivos DALI necesitan un máximo de 2mA.
- No se especifican cables para muy baja tensión, no se utilizan cables especiales.
- Un máximo de 64 componentes DALI en un sistema
- Hasta 16 grupos.
- Hasta 16 escenas de iluminación.

### 5.11 ELEMENTOS QUE INTEGRAN EL INTERFAZ DALI

#### UNIDAD DE CONTROL:



**FIG. 5. 9 Unidad de Control: DALI RC ADVANCED CI**

**Fuente:** Instrucciones de Instalación y Operación: OSRAM

**TABLA 5. 2 Datos Técnicos de la Unidad de Control**

DATOS TÉCNICOS: DALI RC ADVANCED CI	
Fabricante	OSRAM
Tensión de alimentación	110 – 240 V AC/DC, 50 - 60 Hz
Tensión en el interfaz DALI	16 V DC
Corriente de salida	máx. 250 mA
Tipo de protección	IP 20
N ° de cargas	máx. 64 por unidad central
Protocolo	IEC 60929
Velocidad de transmisión	1200 bits/s codificación bifásica
Dimensiones	(52 x 200 x 130)mm
Longitud de cable	máx. 300 metros a 1,5 mm <sup>2</sup>
Tipo de cable	Cables de tensión de red
Programación	Mediante el uso de la unidad de programación DALI HPT ADVANCED
Operación	transmisores de radio o cambiar de extensión

**Fuente:** Instrucciones de Instalación y Operación: OSRAM

#### UNIDAD DE PROGRAMACIÓN MANUAL:

**FIG. 5. 10 Unidades de programación manual: DALI HPT ADVANCED**

**Fuente:** Instrucciones de Instalación y Operación: OSRAM

**TABLA 5. 3 Datos técnicos de la Unidad de programación manual**

DATOS TÉCNICOS : DALI HPT ADVANCED	
Tensión de alimentación:	6 V c.c., 4x1.5 V Tipo LR6 (AA)
Duración:	Aprox. 24 horas, sin iluminación
Visualización:	Pantalla LC con iluminación
Dimensiones:	(211 x 81 x 26)mm
Peso:	282 g

**Fuente:** Instrucciones de Instalación y Operación: OSRAM

**SENSORES:****FIG. 5. 11 Sensor de luz y presencia: DALI LS/PD ADVANCED****Fuente:** Instrucciones de Instalación y Operación: OSRAM**TABLA 5. 4 Datos Técnicos de los sensores**

DATOS TÉCNICOS: DALI LS/PD ADVANCED	
Tensión nominal:	6 V DC
Baterías:	4 x 1,5 V AAA (LR03) alcalinas
Modulación:	ASK
La frecuencia de transmisión:	433,42 MHz
Rango:	max. 100m (al aire libre)
Códigos de la radio:	>1 billón
Ángulo de detección:	360°
Alcance nominal a nivel de escritorio:	aprox. $\phi$ 5m
Alcance nominal a nivel del suelo:	aprox. $\phi$ 8m
Altura nominal de la instalación para la serie:	2.5 m
Tiempo de retardo:	aprox. 2 min a 1 h
Luminosidad detectable:	aprox. 3 - 2000 lux
Rango de temperatura:	0 ° C a 45 ° C
Grado de protección:	IP 20
Dimensiones:	103x42 mm ( $\phi$ x A)

**Fuente:** Instrucciones de Instalación y Operación: OSRAM**FIG. 5. 12 Sensores de luz: DALI LS ADVANCED****Fuente:** Instrucciones de Instalación y Operación: OSRAM

**TABLA 5. 5 Datos Técnicos de los Sensores de Luz**

<b>DATOS TÉCNICOS: DALI LS ADVANCED</b>	
<b>Tensión nominal:</b>	3V DC
<b>Batería:</b>	1 pila de litio CR 2450 N
<b>Luminosidad detectable:</b>	Aprox. 3 Lux hasta 2000 Lux
<b>Grado de Protección:</b>	IP20
<b>Rango de temperatura:</b>	+5 °C hasta +55 °C
<b>Dimensiones:</b>	52 x 23 (φx A)
<b>Peso:</b>	24 g

**Fuente:** Instrucciones de Instalación y Operación: OSRAM

**PULSADOR DE PARED:**



**FIG. 5. 13 Pulsador de pared: DALI WCU ADVANCED**

**Fuente:** Instrucciones de Instalación y Operación: OSRAM

**TABLA 5. 6 Datos técnicos pulsador de pared**

<b>DATOS TÉCNICOS: WCU ADVANCED</b>	
<b>SUMINISTRO CON CUADRO SIMPLE</b>	
<b>Tensión de alimentación:</b>	6 VDC
<b>La frecuencia de transmisión:</b>	433,42 MHz
<b>Batería:</b>	2 pilas de litio CR 2016
<b>Clase de protección:</b>	IP20
<b>Dimensiones en mm:</b>	81x81x18 (Longitud x ancho x altura)
<b>Peso:</b>	72 g

**Fuente:** Instrucciones de Instalación y Operación: OSRAM

**MANDO MANUAL:**



**FIG. 5. 14 Mando manual: DALI RMC ADVANCED**

**Fuente:** Instrucciones de Instalación y Operación: OSRAM

**TABLA 5. 7 Datos Técnicos Mando manual Confort DALI**

DATOS TÉCNICOS: DALI RMC ADVANCED	
<b>Funciones</b>	Apagado/Encendido de todo el sistema, regulación central 3x8 grupos (16 para DALI) 8 componentes adicionales a distancia
<b>Tensión de alimentación:</b>	6V.C.
<b>Batería:</b>	4 unidades de tipo LR03 (AAA)
<b>Dimensiones en mm:</b>	(192 x53x23) mm
<b>Peso:</b>	144 g

**Fuente:** Instrucciones de Instalación y Operación: OSRAM

**PORTAL DALI/ETHERNET:**



**FIG. 5. 15 DALI DUAL BUS**

**Fuente:** Instrucciones de Instalación y Operación: OSRAM

**TABLA 5. 8 Características y beneficios de DALI DUAL BUS**

<b>DATOS TÉCNICOS : DALI DUAL BUS POWER SUPPLY AND ROUTER</b>	
<b>Tensión de alimentación:</b>	110/127V AC
<b>Tipo de protección:</b>	Protección NEMA 4-11/16
<b>10base T ETHERNET</b>	Routers de nivel de mando para alta velocidad
<b>Led indicador : conexión Ethernet, encendido, falla y transmisión de datos</b>	DALInet Software de gestión de iluminación

**Fuente:** Instrucciones de Instalación y Operación: OSRAM

## **ETHERNET**

Es el protocolo por el cual se comunican los computadores en un entorno LOCAL de red. El cable que se inserta atrás de la computadora y parece un "jack" de teléfono grande es utilizado para enviar información en este protocolo, la computadora utiliza una tarjeta NIC para realizar la comunicación.

Cada tarjeta NIC contiene una dirección MAC (única), esta dirección MAC corresponde a la dirección física o "Hardware" de la computadora, esto sería el equivalente al "Nivel 2" del modelo OSI.

La Ethernet se tomó como base para la redacción del estándar internacional IEEE 802.3. Usualmente se toman Ethernet e IEEE 802.3 como sinónimos. Ambas se diferencian en uno de los campos de la trama de datos.

Las tramas Ethernet y IEEE 802.3 pueden coexistir en la misma red.

Todos los equipos en una red Ethernet están conectados a la misma línea de comunicación compuesta por cables cilíndricos. Ethernet es una tecnología muy usada ya que su costo no es muy elevado.

Se distinguen diferentes variantes de tecnología Ethernet según el tipo y el diámetro de los cables utilizados:

**TABLA 5. 9 Características de ETHERNET**

Abreviatura	Nombre	Cable	Conector	Velocidad	Puertos
<b>10Base2</b>	Ethernet delgado (Thin Ethernet)	Cable coaxial (50 Ohm) de diámetro delgado	BNC	10 Mb/s	185 m
<b>10Base5</b>	Ethernet grueso (Thick Ethernet)	Cable coaxial de diámetro ancho (10,16 mm)	BNC	10Mb/s	500 m
<b>10Base-T</b>	Ethernet estándar	Par trenzado (categoría 3)	RJ-45	10 Mb/s	100 m
<b>100Base-TX</b>	Ethernet veloz (Fast Ethernet)	Doble par trenzado (categoría 5)	RJ-45	100 Mb/s	100 m
<b>100Base-FX</b>	Ethernet veloz (Fast Ethernet)	Fibra óptica multimodo (tipo 62,5/125)		100 Mb/s	2 km
<b>1000Base-T</b>	Ethernet Giga bit	Doble par trenzado (categoría 5)	RJ-45	1000 Mb/s	100 m
<b>1000Base-LX</b>	Ethernet Giga bit	Fibra óptica monomodo o multimodo		1000 Mb/s	550 m
<b>1000Base-SX</b>	Ethernet Giga bit	Fibra óptica multimodo		1000 Mbit/s	550 m
<b>10GBase-SR</b>	Ethernet de 10 Giga bits	Fibra óptica multimodo		10 Gbit/s	500 m
<b>10GBase-LX4</b>	Ethernet de 10 Giga bits	Fibra óptica multimodo		10 Gbit/s	500 m

**Fuente:** [es.kioskea.net/contents/technologies/ethernet.php3](http://es.kioskea.net/contents/technologies/ethernet.php3)

## CAPÍTULO VI

### 6 ELEMENTOS LUMÍNICOS

El sistema del nuevo diseño de iluminación comprende el uso de elementos lumínicos de mayor eficiencia, es decir, aquellos que poseen mejores características que los existentes en cuanto a su diseño y construcción ofreciendo un mayor nivel de iluminación con igual o menor consumo de energía eléctrica.

Es así que en este capítulo se expone las características técnicas de las luminarias, lámparas, balastos y otros equipos a emplearse, a fin de contar con una información que permita comparar con los dispositivos instalados en la actualidad en los edificios y determinar sus ventajas y desventajas.

#### 6.1 LUMINARIAS

##### 6.1.1 TIPO MODULAR

El modelo de luminarias a utilizarse corresponde al tipo Modular, para el empotramiento en techos, con óptica en aluminio brillante en alta pureza y doble parábola para un alto confort visual. Estos tipos de luminarias son fabricadas en idénticos modelos por diferentes fabricantes y usan lámparas fluorescentes T-5, con una potencia de 2 x28 W.

VISTA FRONTAL



EJEMPLO DE INSTALACIÓN

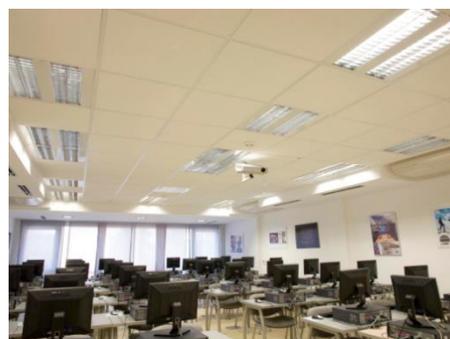


FIG. 6. 1 LUMINARIA MODULAR T-5 2x28W

Fuente: Programa MURA

**TABLA 6. 1 Datos técnicos de la LUMINARIA MODULAR**

DATOS TÉCNICOS	
Tensión nominal:	110-130V AC
Potencia	máx. 56W
Número de lámparas	2 Tubos T5
Potencia de cada lámpara	28W
Flujo luminoso de c/lámpara	2900lúmens
Flujo luminoso	5800 lúmenes
Frecuencia	60Hz
Eficiencia	78.38%
Intensidad Máxima	354.77cd/klm
Dimensiones	(1197x298x60)mm
Código	6542600
Tipo	Modular
Grado de Protección	IP 20
Casquillo	G5

**Fuente:** Autores: Instrucciones de Instalación y Operación: OSRAM

### 6.1.2 TIPO KONIC/REDONDO 13W

Este modelo es redondo fijo del tipo KONIC. La mayoría de fabricantes cuentan con este modelo fabricado con reflector de aluminio, para lámparas compactas de 13W con casquillo tipo G24d-1.

**VISTA FRONTAL****EJEMPLO DE INSTALACIÓN****FIG. 6. 2 LUMINARIA KÓNIC G24d-1 1x13W**

**Fuente:** Programa MURA

**TABLA 6. 2 Datos técnicos de luminaria LUMINARIA KÓNIC 13W**

DATOS TÉCNICOS	
Tensión nominal:	110-130V AC
Potencia	máx. 13W
Número de lámparas	1 lámpara
Potencia de cada lámpara	13W
Flujo luminoso de c/lámpara	900lúmens
Flujo luminoso	900 lúmenes
Frecuencia	60Hz
Eficiencia	84.98%
Intensidad Máxima	690.82cd/klm
Dimensiones	(Ø180x245)mm
Código	9201600
Tipo	Konic/Redondo
Grado de Protección	IP 20
Casquillo	G24d-1

**Fuente:** Autores: Instrucciones de Instalación y Operación: OSRAM

### 6.1.3 TIPO KONIC/REDONDO 26W

EL modelo es redondo del tipo KONIC, fabricado con reflector metalizado alto vacío para una buena distribución lumínica, para lámparas de 26W con casquillo tipo G24d-3

VISTA FRONTAL



EJEMPLO DE INSTALACIÓN

**FIG. 6. 3 LUMINARIA KONIC H G24d-3 1x26w AF**

**Fuente:** Programa MURA

**TABLA 6. 3 Datos técnicos de luminaria LUMINARIA KÓNIC 26W**

DATOS TÉCNICOS	
Tensión nominal:	110-130V AC
Potencia	máx. 26W
Número de lámparas	1 lámpara
Potencia de cada lámpara	26W
Flujo luminoso de c/lámpara	1800lúmens
Flujo luminoso	1800 lúmenes
Frecuencia	60Hz
Eficiencia	71.25%
Intensidad Máxima	342.01cd/klm
Dimensiones	(Ø250x110)mm
Código	9201650
Tipo	Konic/Redondo
Grado de Protección	IP 20
Casquillo	G24d-3

**Fuente:** Autores: Instrucciones de Instalación y Operación: OSRAM

## 6.2 LÁMPARAS

En esta propuesta de diseño, se hace referencia al uso de lámparas denominadas T5. La razón de uso de estos nuevos elementos que hoy en día se encuentran en el mercado es por su mayor eficiencia y menor consumo de energía frente a las T8. Según el fabricante Philips, estas son un 12% más eficiente y reducen en un 22% el consumo de energía eléctrica que las tradicionales T8.

A continuación se presentan las principales lámparas que se promueven en el sistema proyectado.

### 6.2.1 FLUORESCENTE FH 28 W/840 HE

**FIG. 6. 4 FLUORESCENTE FH 28 W/840 HE**

**Fuente:** Programa MURA

**TABLA 6. 4 Datos técnicos de lámpara fluorescente FH 28 W/840 HE**

DATOS TÉCNICOS	
Potencia	28W
Flujo luminoso	2900lm
Color de temperatura	4000°K
Índice de producción cromática	80%
Tipo de lámpara	HE
Vida media	20000horas
Dimensiones	(1149x16)mm o 5/8"
Eficacia	104 lm/W
Base de casquillo	G5

Fuente: Autores: Instrucciones de Instalación y Operación: OSRAM

#### 4.1.1 LÁMPARAS FLUORESCENTES COMPACTAS DULUX D/E 13W827



FIG. 6. 5 FLUORESCENTES  
COMPACTAS DULUX D/E 13W827

Fuente: Programa MURA

**TABLA 6. 5 Datos técnicos de lámpara fluorescente DULUX D/E 13W827**

DATOS TÉCNICOS	
Potencia	13W
Flujo luminoso	900lm
Color de temperatura	2700°K
Índice de producción cromática	80%
Tipo de lámpara	COMPACTA
Dimensiones	(115)mm
Base de casquillo	G24d-1

Fuente: Autores: Instrucciones de Instalación y Operación: OSRAM

### 4.1.1 LÁMPARAS FLUORESCENTES COMPACTAS DULUX D/E 26W827



**FIG. 6. 6 DULUX D/E 26W827**

**Fuente:** Programa MURA

**TABLA 6. 6 Datos técnicos de lámpara fluorescente DULUX D/E 26W827**

DATOS TÉCNICOS	
Potencia	26W
Flujo luminoso	1800lm
Color de temperatura	2700°K
Índice de producción cromática	80%
Tipo de lámpara	COMPACTA
Dimensiones	(149)mm
Base de casquillo	G24d-1

**Fuente:** Autores: Instrucciones de Instalación y Operación: OSRAM

## 4.2 BALASTROS ELECTRÓNICOS

La utilización de lámparas fluorescentes T5 hace necesario el empleo de balastos electrónicos, ya que las T5 están diseñadas para ser utilizadas exclusivamente con equipos de control de alta frecuencia (HF) caracterizándose por un encendido instantáneo sin parpadeos.

En el diseño del sistema de control automático con el protocolo DALI, es necesario que estos balastos estén dotados con entradas de esta interfaz, permitiendo el control digital dentro del sistema de iluminación proyectado.

### 4.2.1 BALASTRO ELECTRÓNICO PARA LÁMPARAS T5



**FIG. 6. 7 Balastros Electrónicos**

**Fuente:** Programa MURA

**TABLA 6. 7 Datos técnicos del balastro electrónico QTP2x28T5**

DATOS TÉCNICOS	
Protocolo	Regulable DALI
Potencia de entrada	64W
Tensión nominal	110-130V AC
Intensidad de entrada	0.55A
Tipo de lámpara	T5 de 28W
Número de lámparas	2
Factor de Potencia	1
Lúmenes del sistema	5800lm
Eficiencia del sistema	90 lm/W

**Fuente:** Autores: Instrucciones de Instalación y Operación: OSRAM

### 4.2.2 BALASTRO ELECTRÓNICO PARA LÁMPARAS COMPACTAS 13W



**FIG. 6. 8 compactas 13W**

**Fuente:** Programa MURA

**TABLA 6. 8 Datos técnicos del balastro electrónico QTP1X13 LC**

DATOS TÉCNICOS	
Potencia de entrada	15W
Tensión nominal	110-130V AC
Intensidad de entrada	0.14 A
Tipo de lámpara	DULUX D/E 13W
Número de lámparas	1
Factor de Potencia	1
Lúmenes del sistema	900 lm
Eficiencia del sistema	60 lm/W

**Fuente:** Autores: Instrucciones de Instalación y Operación: OSRAM

#### 4.2.3 BALASTRO ELECTRÓNICO PARA LÁMPARAS COMPACTAS 26W

**FIG. 6. 9 Compactas 26W**

**Fuente:** Programa MURA

**TABLA 6. 9 Datos técnicos del balastro electrónico QTP1X26LC**

DATOS TÉCNICOS	
Potencia de entrada	28W
Tensión nominal	110-130V AC
Intensidad de entrada	0.28 A
Tipo de lámpara	DULUX D/E 26W
Número de lámparas	1
Factor de Potencia	1
Lúmenes del sistema	1750 lm
Eficiencia del sistema	62.5 lm/W

**Fuente:** Autores: Instrucciones de Instalación y Operación: OSRAM

## **RESULTADOS**

### **CAPÍTULO VII**

#### **7.1 CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE LAS EDIFICACIONES**

Es de primordial importancia conocer sobre las características principales de cada una de las edificaciones en donde se realizará los respectivos estudios y análisis del sistema de iluminación y de la proyección de un sistema de control automático para el control de encendido y regulación de la luz artificial. El estudio se orienta en tres edificios que albergan en sus interiores oficinas, auditorios, aulas, laboratorios y demás estancias que son una muestra de toda la infraestructura arquitectónica disponible para el desenvolvimiento de las tareas educativas y administrativas de la Universidad Nacional de Loja.

##### **7.1.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LAS EDIFICACIONES**

Los tres edificios en estudio son los siguientes: El Bloque 1 y 2 de Administración Central y el Bloque 1 del Área de la Educación Arte y Comunicación, los mismos que son descritos a continuación.

###### **7.1.1.1 BLOQUE 1: ADMINISTRACIÓN CENTRAL**

Esta edificación fue construida a inicios de los años 80, destinada para el uso en tareas administrativas de la Universidad Nacional de Loja, contando con oficinas tanto individuales como colectivas, baños, archivadores, aulas y un auditorio.

Las dimensiones de este edificio corresponden a 30m de largo por 20m de ancho, sin embargo no se puede considerar como una estructura rectangular por lo que

su área es igual a 454m<sup>2</sup> por cada planta, dando como resultado 1816m<sup>2</sup> de construcción total, donde cada uno de los pisos tienen una altura de 3.2m. Ver los Planos de 1 a 4.

El Bloque 1 (llamado así para su identificación dentro del campus universitario) alberga en su planta inferior una Cafetería, que al ser administrada por terceras personas y con un consumo energético mínimo y de un área de 45m<sup>2</sup>, se excluye del presente estudio.

Todas sus instalaciones se constituyen de paredes enlucidas y pintadas con colores claros de alta reflectividad, tales como el blanco, crema, durazno y celeste, es decir cuenta con una amplia gama de coeficientes de reflectividad, siendo en su mayoría idóneos para el diseño de sistemas de iluminación eficientes, sin embargo sus pisos se constituyen en su mayoría de colores y matices oscuros dadas por la gran variedad de alfombras colocadas en las diferentes oficinas a excepción de pasillos y baños donde su predominio constituye en baldosa de color crema. El techo se constituye por enlucido de color crema, a excepción de la Tercera Planta Alta que consta en su mayoría de cielo-raso color blanco.

Las ventanas están constituidas por un armazón de aluminio y vidrio transparente permitiendo el ingreso de la luz natural en casi todas las estancias del edificio, posibilitando de esta manera el aprovechamiento de la luz natural en el diseño del sistema de iluminación.

Además en este edificio se encuentra el centro de transformación, que alimenta las dos edificaciones de Administración Central, con un transformador de 100KVA, conexión  $\Delta/Y$ , y 13.8 KV/220-127V. Todas las instalaciones eléctricas están realizadas y protegidas por ductos empotrados en el interior de paredes y tableros de distribución, dotando de corriente alterna a todos los ambientes de trabajo mediante los respectivos tomas de corriente, así como de la alimentación a los circuitos de iluminación, que en su mayoría se constituye de fuentes de luz fluorescente para oficinas y pasillos, como también de lámparas incandescentes presentes en baños y graderíos.

### **7.1.1.2 BLOQUE 2: ADMINISTRACIÓN CENTRAL**

Al igual que en el anterior, esta edificación mantiene las mismas características y rasgos de construcción, a diferencia que en su planta baja se encuentra las instalaciones del Banco Loja con una dimensión de 36m<sup>2</sup>. Donde se procede en igual forma con la Cafetería en el Bloque 1, excluir del presente estudio por las características mencionadas y por contar con medidores de energía independientes.

Las dimensiones de este edificio corresponden a 30m de largo por 15m de ancho, donde por su forma no rectangular el área correspondiente es de 405m<sup>2</sup> por planta con un total de 1620m<sup>2</sup> de construcción. Ver los planos de 5 a 8.

Las características restantes corresponden a las mismas tanto en acabados, colores de paredes, pisos, techos, luminarias. La alimentación eléctrica hacia todos los circuitos se realiza desde el centro de transformación descrito anteriormente.

### **7.1.1.3 BLOQUE 1: ÁREA DE LA EDUCACIÓN ARTE Y COMUNICACIÓN**

Esta edificación se encuentra a unos 100 metros de distancia de los edificios anteriormente descritos, destinada al funcionamiento como aulas para la enseñanza de los alumnos del Colegio Manuel Cabrera Lozano y oficinas para sus autoridades durante la mañana y en horario vespertino-nocturno hacen uso de sus instalaciones los alumnos pertenecientes a carreras del Área de la Educación Arte y Comunicación.

Las dimensiones corresponden a 56m de largo por 11m de ancho, con una altura de 12.8m, distribuido verticalmente en cuatro plantas de 3.2m cada una, además tiene una forma rectangular como se puede evidenciar en los planos adjuntos, cuenta con un área de 454m<sup>2</sup> por cada planta que en total correspondería a 1816m<sup>2</sup> de construcción. En la mayoría de este edificio están instaladas aulas de estudio desde la Primera a la Tercera Planta Alta, destinándose únicamente la mitad de la Planta Baja a las Oficinas

de autoridades del Colegio y el resto a las instalaciones de la Biblioteca. Ver planos 8 a 12.

Las paredes enlucidas en su mayoría se encuentran pintadas de color durazno y blanco, habiendo también predomios de color verde claro y celeste.

Las ventanas grandes con altura de 2,3m son dispuestas hacia un lado del edificio, en cambio hacia el otro se constituyen otras de pequeñas dimensiones con una altura de 0.45m de altura.

### **7.1.2 DATOS DE CONSUMO ENERGÉTICO**

El presente estudio inicia con la recopilación de la información sobre los datos de consumos energéticos de enero del 2007 a abril del año en curso, a fin de tener una idea sobre el consumo que significa el uso de estos sistemas convencionales de iluminación.

Esta información permitirá proyectar el ahorro de energía que se alcanzará con el nuevo sistema, que se planea básicamente en el aprovechamiento de la luz natural, en la regulación de los niveles de iluminación en función de las necesidades y en el uso de elementos de mayor eficiencia.

Estos datos se obtienen en la Empresa Eléctrica Regional del Sur S.A., encargada de la comercialización y facturación de energía en esta ciudad.

Los números de servicio eléctrico correspondiente a los medidores de energía de las edificaciones en análisis son los siguientes: 219113 para las dos edificaciones de Administración Central y el 358010 corresponde al edificio de Área de la Educación Arte y Comunicación llamado antiguamente Faculta de la Educación, donde el primero se rige a una tarifa de Beneficio Público con Demanda (BPD) y el segundo a un Beneficio Público (BPU).

**TABLA 7. 1 Promedio de consumo de energía eléctrica del los Bloques 1 y 2**

<b>NÚMERO DE SERVICIO: 219113 ADMINISTRACIÓN CENTRAL</b>	
TARIFA TIPO = BPD	
PROMEDIO DESDE ENERO DEL 2007 A ABRIL DEL 2009	
PROMEDIO DE CONSUMO (KWh/mes)	11329
PROMEDIO DE DEMANDA (KW/mes)	47
PROMEDIO DE PAGO AL MES (USD/mes)	1474
PROMEDIO DE PAGO AL AÑO (USD/año)	17686

**Fuente:** Autores**TABLA 7. 2 Promedio de consumo de energía eléctrica del Bloques 1 de AEAC**

<b>NÚMERO DE SERVICIO: 358010 FACULTAD DE LA EDUCACIÓN</b>	
TARIFA TIPO = BP	
PROMEDIO DESDE ENERO DEL 2007 A ABRIL DEL 2009	
PROMEDIO DE CONSUMO (KWh/mes)	1232
PROMEDIO DE DEMANDA (KW/mes)	NO TIENE
PROMEDIO DE PAGO AL MES (USD/mes)	115
PROMEDIO DE PAGO AL AÑO (USD/año)	1377

**Fuente:** Autores

En las dos tablas anteriores se puede ver en resumen los consumos energéticos y los valores facturados que corresponden a los tres edificios en estudio. Como se puede evidenciar los egresos por concepto pago de energía eléctrica son elevados, ya que en total se pagaría mensualmente USD 1,589.00, y en el año el valor ascendería a USD 19,063.00, valores que deben ser afrontados y presupuestados dentro de la Universidad Nacional de Loja. No hay que olvidar que estas cantidades corresponden únicamente a los edificios en estudio que equivalen a un porcentaje muy reducido en comparación con toda la infraestructura universitaria que tiene un costo muy elevado por el consumo energético.

Los edificios de Administración Central están regidos a una tarifa BPD, esto significa que aparte del consumo mensual tiene que cubrir los gastos por el valor de demanda registrada durante el mes, que en este caso se mantiene en un promedio de 47KW. Es muy importante y significativo el poder reducir este valor ya que al no ser

controlado y supervisado incrementa de forma significativa el valor de las facturas mensuales.

Con mayor detalle se presentan estos valores en el Anexo 4 y 5, correspondientes a los historiales de consumo de cada uno de los medidores de energía estudiados.

### **7.1.3 LEVANTAMIENTO ARQUITECTÓNICO Y FÍSICO DE LOS EDIFICIOS**

El proceso del rediseño de los sistemas de iluminación requiere de información técnica y específica de cada uno de los ambientes en estudio, para ello es necesario contar con planos sobre la distribución de los espacios, características del uso y tipo de trabajo a realizarse en cada uno de los ambientes.

Por ello, el levantamiento consta del trazado y distribución de cada uno de los espacios en formato digital a fin de ser utilizados posteriormente en software para el cálculo luminotécnico de cada uno de los ambientes de trabajo. Al igual que se representan la distribución de cada una de las luminarias existentes.

En los planos anexos del 1 al 12, se puede ver cada una de las Plantas correspondientes a los tres edificios, con su distribución de luminarias e interruptores. Otra parte muy importante corresponde a la auditoría del estado de luminarias y formas de control de cada una de ellas, así como los colores y matices de paredes, techos y pisos e incluso la disposición de algunos elementos de decoración que influyen dentro de los cálculos luminotécnicos.

Esta información es obtenida y presentada en la Hoja de Registro y Levantamiento del Sistema de Iluminación, presentada en los Anexos 6 a 17.

#### 7.1.4 MEDICIÓN DE LOS NIVELES DE ILUMINACIÓN

El criterio de saber si se cuenta con niveles de iluminación dentro de los parámetros aceptables tiene mucha importancia a fin de determinar el grado de calidad existente en la iluminación actual de cada uno de los ambientes.

La recopilación de esta información se encuentra descrita en la Hoja de Registros de Niveles de Iluminación, Anexos del 18 al 27, donde se encuentra detallado cada una las mediciones realizadas en oficinas, bibliotecas, pasillos, baños y demás ambientes. Estos valores fueron obtenidos mediante el uso de un luxómetro de marca PROSKIT, en un rango de 20 a 2000luxes.

En cada ambiente se realizó una gran cantidad de mediciones y los puntos donde fue colocado el luxómetro están representados en los planos del 1 al 12 con su respectivo valor en luxes. Estos fueron determinados según la disponibilidad del espacio y tratándose de realizar la mayor cantidad mediciones posibles a fin de proporcionar una mayor información del nivel de iluminación con el que disponen sus usuarios.

La altura de trabajo al que fueron realizadas las mediciones es de 85cm sobre el nivel del piso.

A continuación se presentan el promedio de los niveles de iluminación actuales que presentan los diferentes ambientes dando a conocer si cumplen o no con los valores recomendados por fabricantes dedicados a su estudio, que en este caso fue tomado como referencia a OSRAM. Ver valores de iluminación recomendados en el Anexo 2.

**TABLA 7.3 BLOQUE 1 ADMINISTRACIÓN CENTRAL SISTEMA DE ILUMINACIÓN ACTUAL**

**PRIMER PISO**

LOCAL	PROMEDIO (lux)	RECOMENDADO ANEXO 2 (lux)	CUMPLE
PASILLO	774	200	SI
GRADAS	203	150	SI
SECRETARIA PROCURADURÍA	149	500	NO
BAÑO PROCURADURÍA	50	100	NO
ARCHIVO	90	200	NO
PROCURADOR	383	500	NO
TESORERÍA	220	500	NO

TESORERÍA FONDO	118	500	NO
VENTA DE ESPECIES	80	500	NO
OFICINA	85	500	NO
PASILLO BAÑO	115	200	NO
BAÑO TESORERÍA	86	100	NO
ARCHIVO	88	500	NO
BAÑO ARCHIVO	78	100	NO
OFICINA	80	500	NO
PASILLO ARCHIVO	202	200	SI
RECEPCIÓN ARCHIVO	195	500	NO
BODEGA	168	200	NO
PASILLO CAMBIO DE BLOQUE	22	200	NO
PASILLO COMPRA DE ESPECIES	59	200	NO

Fuente: Autores

**TABLA 7. 4 BLOQUE 1 ADMINISTRACIÓN CENTRAL SISTEMA DE ILUMINACIÓN ACTUAL SEGUNDO PISO**

LOCAL	PROMEDIO (lux)	RECOMENDADO ANEXO 2 (lux)	CUMPLE
GRADAS	213	150	SI
PASILLO	568	200	SI
PASILLO SECRETARIA GENERAL	256	200	SI
SECRETARIA GENERAL	173	500	NO
CAFETERÍA	94	500	NO
SECRETARIA	172	500	NO
OFICINA 1	168	500	NO
BAÑO 1(PASILLO )	185	100	SI
BAÑO 1A	76	100	NO
BAÑO 1.B	60	100	NO
BAÑO 2(PASILLO )	155	100	SI
BAÑO 2.A	60	100	NO
BAÑO 2.B	72	100	NO
<b>SECRETARIA PROTOCOLO Y COMUNICACIÓN INSTITUCIONAL</b>			
PROTOCOLO Y COMUNICACIÓN I	221	500	NO
SECRETARIA	238	500	NO
BAÑO	90	100	NO
<b>VICERRECTORADO</b>			
VICERRECTORADO	148	500	NO
INFORMACIÓN	190	500	NO
BAÑO	51	100	NO
SECRETARIA	178	500	NO

SALA DE SESIONES PASILLO	95	150	NO
GRADAS	64	150	NO
CAFETERÍA	6	200	NO
<b>RECTORADO</b>			
INFORMACIÓN	115	500	NO
SECRETARIA	138	500	NO
RECTORADO	160	500	NO
BAÑO RECTOR	48	100	NO
BAÑO 1 PASILLO	74	100	NO
BODEGA	164	200	NO
PASILLO COPIADORA	60	200	NO

Fuente: Autores

**TABLA 7.5 BLOQUE 1 ADMINISTRACIÓN CENTRAL SISTEMA DE ILUMINACIÓN ACTUAL TERCER PISO**

LOCAL	PROMEDIO (lux)	RECOMENDADO ANEXO 2 (lux)	CUMPLE
GRADAS	382	150	SI
PASILLO	547	200	SI
BAÑO 1(PASILLO )	195	100	SI
BAÑO 1A	70	100	NO
BAÑO 1.B	85	100	NO
BAÑO 2(PASILLO )	165	100	SI
BAÑO 2.A	55	100	NO
BAÑO 2.B	65	100	NO
<b>AUDITORIA INTERNA</b>			
AUDITORIA INTERNA	113	500	NO
BODEGA	64	200	NO
DIRECCIÓN	162	500	NO
<b>MED</b>			
SECRETARIA MED	105	500	NO
CISCO	130	500	NO
PASILLO	149	200	NO
OFICINAS MED	81	500	NO
OFICINA	86	500	NO
BAÑO	50	100	NO
DIRECCIÓN MED	120	500	NO
S. DE SESIONES DEL RECTORADO	534	500	SI
PUERTA RECTORADO GRADAS	47	150	NO
S. DE SESIONES DEL VICERRECTOR	171	500	NO

Fuente: Autores

**TABLA 7. 6 BLOQUE 1 ADMINISTRACIÓN CENTRAL SISTEMA DE ILUMINACIÓN ACTUAL CUARTO PISO**

LOCAL	PROMEDIO (lux)	RECOMENDADO ANEXO 2 (lux)	CUMPLE
GRADAS	195	150	SI
PASILLO	319	200	SI
BAÑO	59	100	NO
<b>CORPORACIÓN INSTITUCIONAL</b>			
PASILLO	706	200	SI
PASILLO 1	430	200	SI
COCINA	40	200	NO
SECRETARIA	138	500	NO
OFICINA COORDINADOR	115	500	NO
BAÑO	115	100	NO
PASILLO UDIF	77	200	NO
BAÑO	76	100	NO
JEFE DE CONSTRUCCIONES	120	500	NO
SALA DE SESIONES	117	500	NO
UDIFU	109	500	NO
AUDITORIO	397	500	NO
BAR	540	200	SI
COCINA	530	200	SI
BAÑO	225	100	SI
PASILLO BAR	230	150	SI

Fuente: Autores

**TABLA 7. 7 BLOQUE 2 ADMINISTRACIÓN CENTRAL SISTEMA DE ILUMINACIÓN ACTUAL PRIMER PISO**

LOCAL	PROMEDIO (lux)	RECOMENDADO ANEXO 2 (lux)	CUMPLE
PASILLO	114	200	NO
SERVICIO DE COPIAS	300	500	NO
GUARDIA	50	200	NO
BAÑO 1 (PASILLO )	60	100	NO
BAÑO 1A	60	100	NO
BAÑO 1.B	55	100	NO
BAÑO 2 (PASILLO )	60	100	NO
BAÑO 2.A	58	100	NO
BAÑO 2.B	60	100	NO
TRABAJO SOCIAL	462	500	NO
<b>FONDO DOCENTE Y DE JUBILACIÓN</b>			
FONDO DOCENTE	181	500	NO
SECRETARIA FONDO DOCENTE	260	500	NO

FONDO INCENTIVO	275	500	NO
JEFATURA FONDO INCENTIVO	126	500	NO
<b>SERVICIO DE SALUD</b>			
SERVICIO DE SALUD PASILLO	372	200	NO
SERVICIO MEDICO	558	500	SI
BAÑO SERVICIO MEDICO	50	100	NO
CONSULTORIO EXANIMACIÓN	535	500	SI
ODONTÓLOGO	570	500	SI
BAÑO ODONTÓLOGO	50	100	NO
FARMACIA	373	500	NO
ENFERMERÍA/SECRETARIA	357	500	NO
LABORATORIO	468	500	NO

Fuente: Autores

**TABLA 7. 8 BLOQUE 2 ADMINISTRACIÓN CENTRAL SISTEMA DE ILUMINACIÓN ACTUAL SEGUNDO PISO**

LOCAL	PROMEDIO (lux)	RECOMENDADO ANEXO 2 (lux)	CUMPLE
GRADAS	120	150	NO
PASILLO	407	200	SI
BAÑO 1(PASILLO )	200	100	SI
BAÑO 1A	60	100	NO
BAÑO 1.B	50	100	NO
BAÑO 2(PASILLO )	180	100	SI
BAÑO 2.A	55	100	NO
BAÑO 2.B	58	100	NO
<b>CONTABILIDAD GENERAL</b>			
PASILLO SECRETARIA	126	500	NO
CONTABILIDAD 1	344	500	NO
CONTABILIDAD 2	344	500	NO
ARCHIVO	158	500	NO
JEFATURA	131	500	NO
<b>NOMINAS</b>			
NOMINAS	173	500	NO
ARCHIVO	127	500	NO
OFICINA	368	500	NO
JEFATURA	265	500	NO
<b>DIRECCIÓN FINANCIERA</b>			
PASILLO DIRECCIÓN FINANCIERA	103	200	NO
BAÑO	60	100	NO

SECRETARIA	287	500	NO
PRESUPUESTO	180	500	NO
JEFATURA	207	500	NO

Fuente: Autores

**TABLA 7. 9 BLOQUE 2 ADMINISTRACIÓN CENTRAL SISTEMA DE ILUMINACIÓN ACTUAL TERCER PISO**

LOCAL	PROMEDIO (lux)	RECOMENDADO ANEXO 2 (lux)	CUMPLE
GRADAS	231	150	SI
PASILLO	633	200	SI
BAÑO 1(PASILLO )	330	100	SI
BAÑO 1A	60	100	NO
BAÑO 1.B	50	100	NO
BAÑO 2(PASILLO )	253	100	SI
BAÑO 2.A	153	100	SI
BAÑO 2.B	65	100	NO
ARCHIVO CONTABILIDAD	180	500	NO
<b>CONSTRUCCIÓN</b>			
SECRETARIA	289	500	NO
JEFATURA	281	500	NO
OFICINA 1	311	500	NO
PASILLO	175	200	NO
CONSTRUCCIONES	208	700	NO
<b>DIRECCIÓN DE RECURSOS HUMANOS Y SERVICIOS ADMINISTRATIVOS</b>			
PASILLO OFICINA RRHH	142	200	NO
SECRETARIA	215	500	NO
JEFATURA RRHH Y SER.ADMIN.	307	500	NO
CAPACITACIÓN	214	500	NO
RRHH Y ESCALAFÓN	229	500	NO
JEFATURA DE RRHH Y ESCALAFÓN	300	500	NO
PASILLO ARCHIVO RRHH	145	200	NO
ARCHIVO	170	200	NO

Fuente: Autores

**TABLA 7. 10 BLOQUE 2 ADMINISTRACIÓN CENTRAL SISTEMA DE ILUMINACIÓN ACTUAL CUARTO PISO**

LOCAL	PROMEDIO (lux)	RECOMENDADO ANEXO 2 (lux)	CUMPLE
GRADAS	257	150	SI

PASILLO	748	200	SI
<b>UNIDAD DE DESARROLLO UNIVERSITARIO</b>			
PASILLO SECRETARIA	115	500	NO
BAÑO	101	100	SI
OFICINA 6	183	500	NO
OFICINA 5	174	500	NO
OFICINA 4	173	500	NO
OFICINA 3	147	500	NO
OFICINA 2	92	500	NO
OFICINA 1	215	500	NO
JEFATURA	128	500	NO
BAÑO DE JEFATURA	60	100	NO
SALA DE SESIONES	139	500	NO
<b>DESARROLLO LOCAL REGIONAL</b>			
INFORMACIÓN	145	500	NO
SECRETARIA	135	500	NO
OFICINA 1	217	500	NO
DIRECCIÓN	96	500	NO
SALA DE SESIONES	120	500	NO
PASILLO DE SALA DE SESIONES	100	200	NO
OFICINA 2	145	500	NO
BAÑO	74	100	NO
<b>JEFATURA DE INFORMÁTICA</b>			
SECRETARIA	171	500	NO
PASILLO	175	200	NO
LABORATORIO	153	500	NO
JEFE LABORATORIO	55	500	NO
BAÑO PASILLO	171	150	NO
BAÑO 1	48	100	NO
BAÑO 2	45	100	NO
JEFATURA	147	500	NO
OFICINA	206	500	NO
DEPARTAMENTO COMUNICACIÓN	192	500	NO
SOFTWARE	97	500	NO

Fuente: Autores

TABLA 7. 11 BLOQUE 1 AEAC SISTEMA DE ILUMINACIÓN ACTUAL PRIMER PISO

LOCAL	PROMEDIO (lux)	RECOMENDADO ANEXO 2 (lux)	CUMPLE
<b>BIBLIOTECA</b>			
ARCHIVADOR	146	200	NO
BODEGA	112	150	NO

BAÑO	81	100	NO
PERCHEROS LIBROS	100	500	NO
SALA DE LECTURA	154	500	NO
PERCHERO TESIS	118	500	NO
<b>COLEGIO</b>			
RECEPCIÓN	436	500	NO
OFICINA	431	500	NO
RECTORADO	304	500	NO
SECRETARIA	182	500	NO
DEPARTAMENTO DE ORIENTACIÓN	239	500	NO
OFICINA	161	500	NO
BODEGA	238	150	SI
PASILLO INTERIOR	31	200	NO
PASILLO EXTERIOR	12	200	NO

Fuente: Autores

TABLA 7. 12 BLOQUE 1 AEAC SISTEMA DE ILUMINACIÓN ACTUAL SEGUNDO PISO

LOCAL	PROMEDIO (lux)	RECOMENDADO ANEXO 2 (lux)	CUMPLE
LABORATORIO	86	500	NO
SECRETARIA	111	500	NO
OFICINA 1	54	500	NO
OFICINA 2	60	500	NO
AULA 17	55	500	NO
AULA 18	101	500	NO
AULA 19	104	500	NO
AULA 20	119	500	NO
AULA 21	89	500	NO
AULA 22	110	500	NO
BAÑO	70	100	NO
PASILLO	31	200	NO

Fuente: Autores

TABLA 7. 13 BLOQUE 1 AEAC SISTEMA DE ILUMINACIÓN ACTUAL TERCER PISO

LOCAL	PROMEDIO (lux)	RECOMENDADO ANEXO 2 (lux)	CUMPLE
AULA 9	130	500	NO
AULA 10	128	500	NO
AULA 11	111	500	NO
AULA 12	113	500	NO
AULA 13	129	500	NO
AULA 14	111	500	NO
AULA 15	121	500	NO

AULA 16	123	500	NO
BAÑO	48	100	NO
PASILLO	27	200	NO

Fuente: Autores

**TABLA 7. 14 BLOQUE 1 AEAC SISTEMA DE ILUMINACIÓN ACTUAL CUARTO PISO**

LOCAL	PROMEDIO (lux)	RECOMENDADO ANEXO 2 (lux)	CUMPLE
AULA 1	73	500	NO
AULA 2	85	500	NO
AULA 3	113	500	NO
AULA 4	123	500	NO
AULA 5	98	500	NO
AULA 6	94	500	NO
AULA 7	78	500	NO
AULA 8	143	500	NO
PASILLO	34	200	NO

Fuente: Autores

Esta información fue recolectada en horarios de 17H00 a 18H00, tratando de tomar en consideración únicamente la luz aportada por las fuentes artificiales en el caso de los edificios de Administración Central, no así en el Bloque perteneciente al Área de Educación, donde fue permisible realizar las mediciones en total ausencia de la luz natural, presentándose niveles de iluminación únicamente aportado por las lámparas existentes.

En el primer caso no fue posible la medición en horarios nocturnos sin embargo se trató de obtener mediciones sin la aportación de la fuente natural de iluminación, de tal manera constituyéndose en valores aceptables y aproximados al valor de iluminación dotado por las fuentes artificiales existentes.

Para mayor información detallada de los niveles de iluminación en cada punto dentro del plano de trabajo de cada ambiente se puede revisar los Anexos correspondientes, así como la revisión desde el Plano 1 al 12.

## **7.2 DISEÑO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN**

Este diseño corresponde al cumplimiento de dos objetivos principales el primero corresponde al diseño de un sistema de iluminación empleando luminarias eficientes mediante el uso de un software de cálculo lumínico, el cual consiste en el empleo de la información recopilada en el capítulo anterior, como dimensiones, color de paredes y demás características de los ambientes en estudio.

El segundo objetivo corresponde en el diseño de un sistema de control y regulación del sistema de iluminación diseñado, a fin de hacer un uso racional de la energía mediante el aprovechamiento de luz natural como de la regulación automática de cada una de las luminarias de acuerdo a las necesidades y tareas a realizarse.

### **7.2.1 CÁLCULO LUMINOTÉCNICOS MEDIANTE EL USO DE UN SOFTWARE**

El proceso del diseño de sistemas de iluminación comprende el uso y dominio de parámetros y métodos luminotécnicos, tanto del medio físico o ambiente a iluminar como de las características técnicas de lámparas y luminarias.

Hoy en día el uso de un software es indispensable y ofrece una mayor confiabilidad en los diseños luminotécnicos, debido principalmente a que permite en los proyectos, integrar un sin número de características tanto de lámparas como luminarias así como objetos que se encuentran instalados dentro del ambiente.

Por tal motivo, en el rediseño lumínico de oficinas y aulas de los edificios en estudio, se cree conveniente el uso de un software de cálculo de iluminación. Este programa se selecciona debido a sus herramientas de cálculo, ya que integra una serie de módulos, tales como un gestor de catálogo electrónico que incorpora los productos de cada uno de los fabricantes, poniendo a disposición las características luminotécnicas y eléctricas de las más diversas variedades en lámparas y luminarias que se encuentran en el mercado.

El software a utilizarse es el MURA3 V9, de propiedad de la empresa OxyTech Srl. La ventaja de este software es que integra una serie de fabricantes asociados, tales como: OSRAM, PHILIPS, SYLVANIA y LAMPS, etc., dotando de esta manera una herramienta de cálculo flexible a los requerimientos en las más diversas marcas de productos disponibles.

Con el propósito de dar a conocer el proceso de diseño con el programa MURA3 V9, se presenta el siguiente ejemplo con cada uno de los pasos correspondientes y gráficos para poder orientar en el transcurso del diseño.

Cabe recalcar que el diseño se lo realiza en cada oficina o ambiente de trabajo, considerando sus dimensiones físicas, colores de pared, piso y techo, altura de montaje, altura de trabajo, entre otros, donde esta información se encuentra en el levantamiento arquitectónico y eléctrico que se presenta en la los Anexos 6 a 17.

### PASO 1

Primeramente se selecciona un modelo de oficina común en estos edificios, que permita la explicación del uso del software en el proceso de diseño de iluminación.

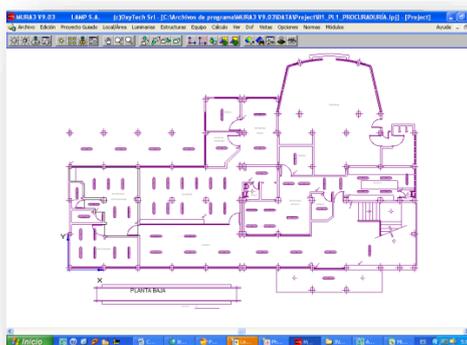
**TABLA 7. 15 Dimensiones físicas y color de: Tesorería**

<b>DIMENSIONES FÍSICAS:</b>	
Ancho (A)	5 m
Largo (L)	8.85 m
Altura (H)	3.2 m
Altura de montaje (HM)	3 m
Altura de trabajo (HT)	0.85 m
<b>COLOR DEL LOCAL</b>	
Color piso (CPi)	Alfombra Café
Color techo (CT)	Crema
Color Pared (CPa)	Melón

**Fuente:** Autores

El diseño empieza con la ejecución del software, en donde se guarda el nuevo proyecto con las características y nombres necesarios para la identificación del mismo

se procede a importar un archivo DXF, correspondiente al levantamiento del local a estudiar, especificando las unidades de dimensionamiento, para posteriormente delimitar el área dentro del programa. Ver figura 7.1.

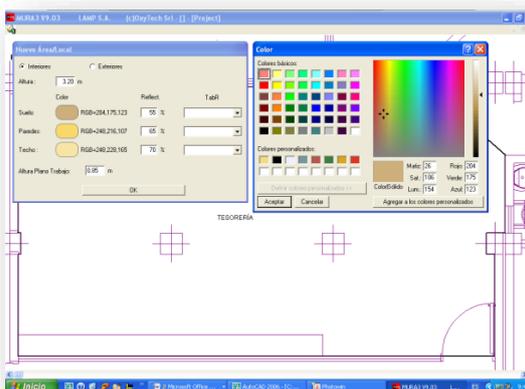


**FIG. 7. 1 Importación del archivo.dxf**

**Fuente:** Programa MURA

### PASO 3

Como siguiente paso es trazar el área de cálculo, una vez terminado se define la altura del local, la altura de trabajo, los colores, texturas de paredes, techos y pisos tal como se puede ver en la figura 7.2.



**FIG. 7. 2 Trazado del área y definición de colores**

**Fuente:** Programa MURA

### PASO 4

Luego se procede a agregar las luminarias necesarias según el nivel de iluminación que se quiere, para ello se activa el Módulo Liswin, este catálogo electrónico permite seleccionar diferentes tipos de luminarias, clasificándolas según sus características como dimensiones, formas de instalación, usos, grados de protección, lámparas que utiliza, etc. En este ejemplo se selecciona una luminaria para interiores, tipo genérica empotrable modular, con un grado de protección IP 20 y para el uso de lámparas tubulares T-5 2X28W (26mm). Ver características de luminarias seleccionadas en el los Anexos 28 a 29.

### PASO 5

La selección de luminarias queda concluida con la selección de lámparas a emplear, en este caso se selecciona la marca OSRAM, de la familia LUMILUX T5 HE HIGH EFFICIENCY, que tienen la particularidad de funcionar con balastros electrónicos ECE, permitiendo de esta manera contar con un sistema de iluminación flexible a un control mediante el protocolo DALI. Ver figura 7.3.

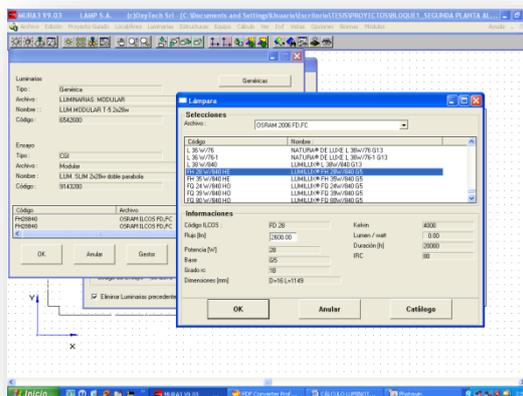


FIG. 7. 3 Selección de luminarias genéricas en el Módulo Liswin.

Fuente: Programa MURA

## PASO 6

Una vez seleccionada la luminaria y lámparas se procede a agregar en el área de cálculo el número de luminarias de forma manual o automática, en este último caso se debe indicar el nivel de iluminación deseada (500lux para el caso de oficinas de uso general, otros valores ver Anexo2), la altura de instalación (3m), factor de conservación (0.8), tipo de alumbrado directa o indirecta, entre otros. Ver figura 7.4.

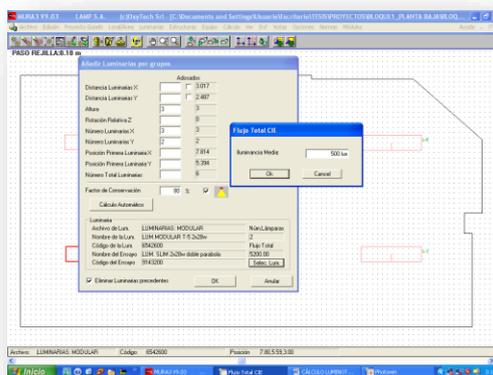


FIG. 7. 4 Ubicación de luminarias de forma manual o automática.

Fuente: Programa MURA

## PASO 7

Una vez ubicadas las luminarias ya sea de forma automática o manual se procede a iniciar el cálculo completo hasta 7 interreflexiones (valor recomendado por los propietarios del programa), tomando en consideración equipos instalados como escritorios, columnas, y otros, los mismos que no fueron incorporados dentro de este trabajo de diseño debido a que los ambientes son continuamente remodelados por lo cual no es necesario tener un cálculo de iluminación que incluya estos equipos. Ver figura 7.5.

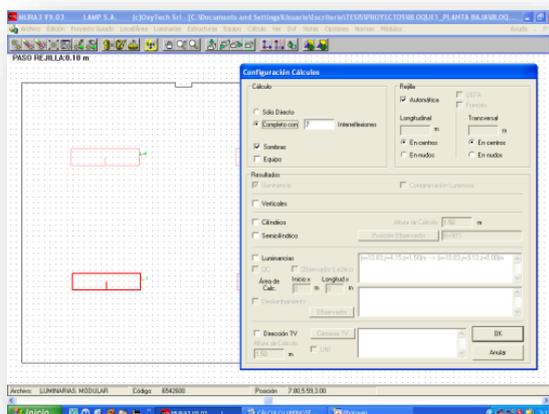


FIG. 7. 5 Inicio de cálculo completo de iluminación.

Fuente: Programa MURA

### PASO 8

El cálculo puede tardar desde unos pocos segundos hasta varios minutos e inclusive horas, es el caso cuando se colocan muebles y equipos dentro del área de cálculo. Al finalizar este proceso, automáticamente son presentados en la pantalla los resultados preliminares de los valores de iluminación sobre cada uno de los planos de trabajo, suelo y paredes, tanto sus valores mínimos, máximos y medios. Ver figura 7.6.

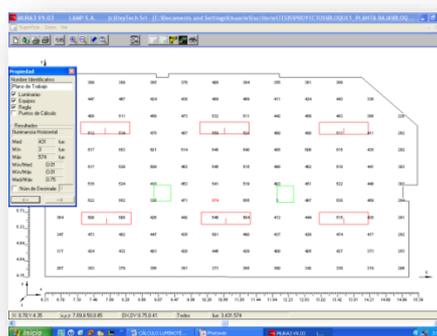
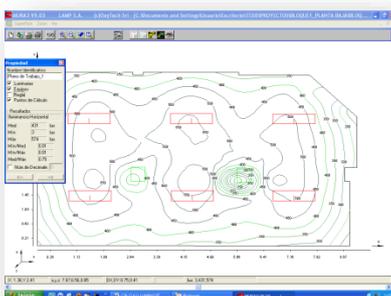


FIG. 7. 6 Presentación de valores de iluminación

Fuente: Programa MURA

## PASO 9

Los resultados pueden ser observados y presentados en diversas formas: según el criterio del diseñador o de la facilidad al momento de la interpretación de la información. Se puede elegir la representación por medio de curvas Isolux tal como se puede evidenciar en la siguiente figura.

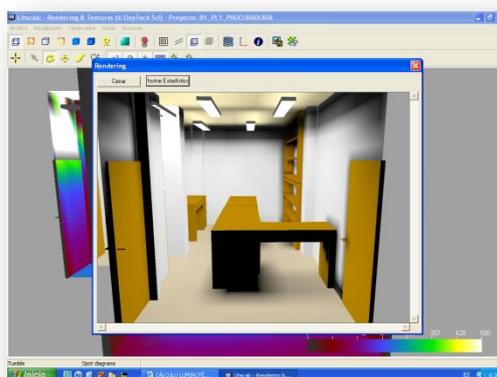


**FIG. 7. 7 Niveles de iluminación mediante Curvas Isolux.**

**Fuente:** Programa MURA

## PASO 10

El software MURA3 V9, posee varias alternativas de visualización de los resultados, e incluso, cuenta con una herramienta de renderización en 3D, permitiendo al diseñador tener una percepción más realista de proyecto.



**FIG. 7. 8 Renderización del proyecto de iluminación.**

**Fuente:** Programa MURA

## **PASO 11**

Finalmente por medio de una configuración, los resultados pueden ser exportados dentro de un archivo PDF, donde se habilite la información del proyecto que se desea presentar, esto es: los niveles de iluminación en los diferentes planos de trabajo, suelo y paredes; así como también sus valores mínimos, medios y máximos; sin olvidar, las características eléctricas de luminarias, lámparas e información del proyecto realizado.

Los resultados de los cálculos que se obtuvieron de cada uno de los espacios los tenemos presentados en los Anexos 39 a 46.

### **7.2.2 CÁLCULO LUMINOTÉCNICOS MEDIANTE UN PROCESO MANUAL**

La poca familiaridad en el uso de programas computacionales se crea un sin número de especulaciones sobre los resultados arrojados por estos software es por ello que hemos creído conveniente el empleo de métodos manuales en el cálculo y diseño lumínico de tres lugares de estudio con el fin de contrarrestar y validar los resultados proporcionados por este programa.

Este cálculo manual se lo desarrolló mediante el manejo de fórmulas, que son detalladas en los mismos anexos, también se incluyen los datos de dimensiones del local, altura de trabajo como de montaje y otros parámetros muy importantes.

Sin embargo las limitaciones de este tipo de cálculos están en que solo muestra el nivel de iluminación en el plano de trabajo y el número de luminarias recomendadas únicamente para ambientes rectangulares.

Los resultados son aceptables para ambientes de forma rectangular, sin embargo no todas las estancias mantienen esta forma, por tal motivo el uso de este procedimiento

se descarta. Los ejemplos de este proceso se presentan en los Anexos 63 a 67 que pueden ser comprobados con los anexos 39 a 50

### **7.3 DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO**

Si bien la sustitución de lámparas convencionales por otras de mayor eficiencia significa ya una reducción en el consumo de energía por concepto de iluminación, el actual desarrollo tecnológico permite otros métodos de gestión y control que permiten enormes ahorros gracias a la posibilidad de controlar el apagado y encendido de luminarias en forma individual según las necesidades del usuario y de las tareas a desarrollar en un determinado ambiente, eliminando de esta manera consumos innecesarios por lámparas que muchas de las veces no necesitan estar encendidas para el desarrollo de actividades.

En la actualidad existen varios sistemas de control y automatización de casas y edificios alrededor del mundo, que de alguna manera controlan el encendido de luminarias según las necesidades del usuario, estos protocolos e interfaces permiten en cierta manera controlar grupos de lámparas de una edificación con el uso de relés o actuadores. Actualmente estos sistemas presentan importantes desarrollos en comparación con la tecnología usada en años anteriores gracias a la increíble evolución de la electrónica y medios de comunicación que han permitido tener un control individual de cada una de las fuentes de iluminación.

Es por ello que en el presente trabajo se dará a conocer el diseño de un sistema de control automático de iluminación para los edificios céntricos de la Universidad Nacional de Loja, usando una de las tecnologías más recientes que los fabricantes han puesto en el mercado a disposición de diseñadores y profesionales en este campo.

La técnica utilizada corresponde al uso de elementos de control, actuadores y sensores que se comunican por una señal digital, mediante un cableado sencillo que está alejado de los engorrosos y antiguos sistemas de comunicación que aún persisten pero

que no tienen una mayor acogida en los diseños y planificaciones modernas. Además de sus importantes ventajas cuenta con una flexibilidad a cambios y adecuaciones futuras asegurando una compatibilidad con nuevas tecnologías de comunicación y automatización que están en auge y en planes de desarrollo por los diferentes fabricantes de esta tecnología.

La tecnología utilizada es DALI, que no es más que otro interfaz de comunicación, donde los elementos compatibles de control y actuación permiten la gestión de sistemas de iluminación de edificios, plantas industriales, conjuntos habitacionales, en nuestro caso de edificaciones con oficinas, aulas, auditorios entre otros. DALI corresponde únicamente al control y gestión de iluminación con la posibilidad de integrarse a sistemas más complejos como son EIB, LON, ETHERNET, entre otros.

Con el objetivo de dotar al nuevo sistema de iluminación con una infraestructura de control automático se procede a la incorporación de la interfaz DALI en la gestión de cada una de las luminarias proyectadas que se puede observar en el planos 13 al 24, en donde se detalla la ubicación de elementos como sensores, balastos electrónicos, unidades de control y el respectivo cableado de comunicación entre los distintos dispositivos ubicados dentro del plano.

El cableado y direccionamiento de cada uno de los balastos y asignación de grupos se puede ver en los planos 37 a 48

#### **7.4 DESCRIPCIÓN DEL NUEVO SISTEMA DE ILUMINACIÓN**

El diseño del nuevo sistema de iluminación propuesto comprende varios factores los mismos que van orientados a mejorar los niveles actuales de iluminación y a disponer de un control automático de sus elementos.

Este proyecto se orienta a reducir los consumos de energía mediante el empleo de dispositivos de mayor eficiencia, el uso de un sistema de control automático que permita la gestión y control del encendido de lámparas en función de la necesidad mediante el empleo de sensores de presencia y de luz, donde este último, permite el aprovechamiento de la luz natural controlando directamente la dimerización automática de lámparas, logrado así eliminar la luz innecesaria de las fuentes artificiales y a su vez el consumo de energía eléctrica innecesaria.

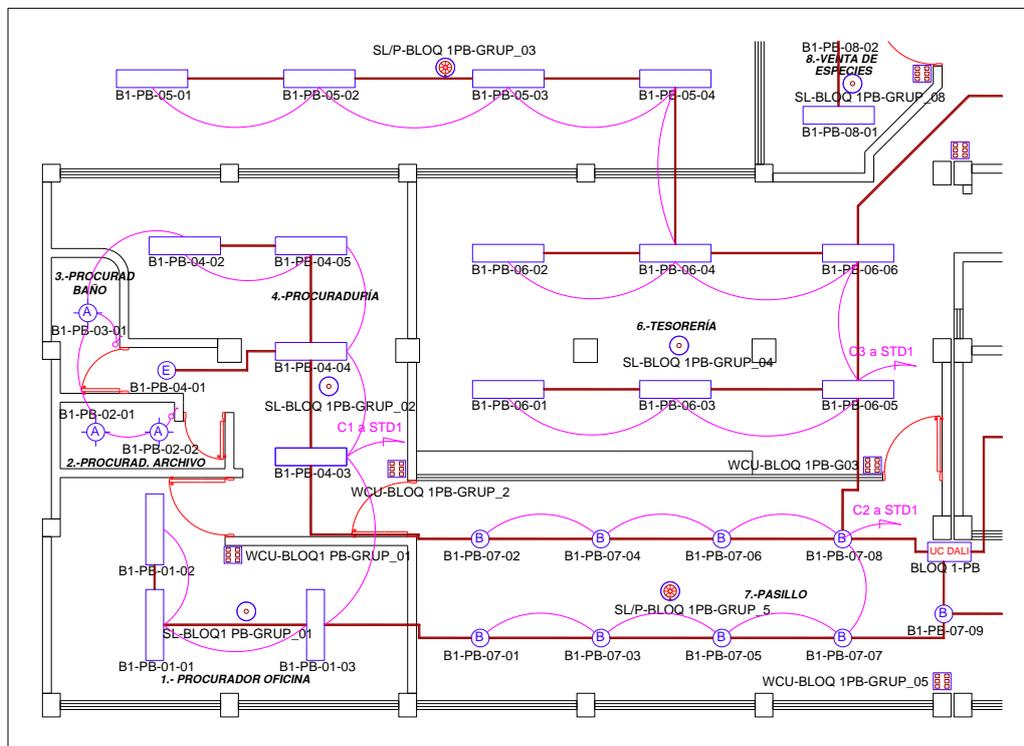
A continuación se presenta la descripción de cada parámetro, tanto en su diseño y funcionamiento.

#### **7.4.1 REEMPLAZO DE LUMINARIAS**

Esta parte del proyecto comprende el uso de luminarias tipo MODULAR T-5 2x28W, que reemplazan las convencionales de 2x40W, su distribución y ubicación dentro de cada uno de los ambientes de trabajo están dado por el cálculo desarrollado en el Programa MURA3 V9, el mismo que determina la ubicación exacta de cada una de ellas proporcionando los niveles adecuados de iluminación. Esto se puede apreciar en la Figura 7.9 donde las luminarias tipo MODULAR T-5 son representadas por rectángulos azules, este ejemplo es común en la mayoría de ambientes que comprende las tres edificaciones.

Estas luminarias propuestas son de tipo empotrable en techos falsos, haciendo necesario la colocación de este tipo de estructura con el fin de mantener un ambiente agradable y estético, entiéndase a este último con el propósito de evitar el uso de canaletas y arreglos que son necesarias frente al rediseño del sistema de iluminación.

Sin embargo queda abierta la posibilidad de prescindir de un techo falso para la instalación de estas luminarias, ya que en el mercado existen diversos modelos de luminarias con las mismas características propuestas que fácilmente pueden ir adosadas al techo, aunque la presencia de canaletas y parches sería inevitable.



**FIG. 7. 9 Distribución de elementos del nuevo sistema de iluminación**

Fuente: Autores

### 7.4.2 REMPLAZO DE LÁMPARAS COMPACTAS EN PASILLOS, GRADAS Y CORREDORES

El uso de luminarias T-5 2x28W es recomendable en oficinas, aulas y auditorios por su gran aporte de lúmenes, en cambio en áreas como pasillos es recomendable el uso de otro grupo de luminarias, tales como son las CÓNICAS-REDONDAS, las mismas que emplean lámparas fluorescentes compactas o llamadas comúnmente en nuestro medio como ahorradoras, este tipo de luminarias están identificadas la letra B encerrada en círculos azules que fácilmente se pueden apreciar en la Figura 7.9.

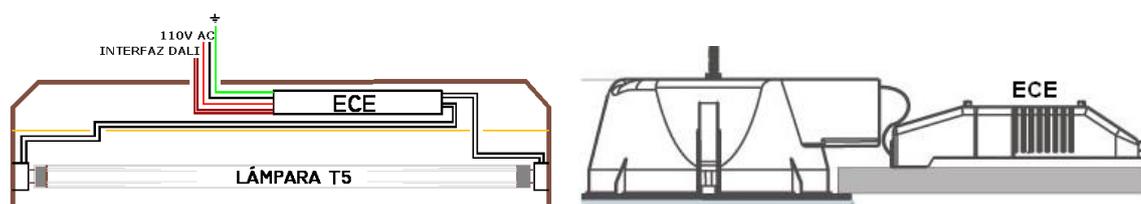
De igual forma que el anterior ejemplo, este grupo de luminarias remplazarán a las existentes, donde su ubicación y número están determinadas por los cálculos realizados en el programa de iluminación. Su instalación será recomendada de igual

manera sobre un techo falso con el objetivo de conservar la buena apariencia y estética de los ambientes.

### 7.4.3 USO DE BALASTROS ELECTRÓNICOS

Las luminarias estarán equipadas con balastros electrónicos para el funcionamiento de las nuevas lámparas, además estos contarán con la comunicación al interfaz DALI, que permitirá el control individual de encendido, apagado y regulación de los niveles de iluminación.

Los diferentes balastros electrónicos o llamados también Equipos de Conexión Electrónico (ECE), serán los apropiados para cada tipo de lámparas e irán instalados en la estructura de cada luminaria como se puede apreciar en la siguiente Figura



a.- Ubicación del balastro QTP2x28T5

b.- Ubicación del balastro QTP1X13 y QTP1X26

**FIG. 7. 10** Disposición de los balastros electrónicos

**Fuente:** Autores

En la Figura 7.10 a, se encuentra representada la disposición de un balastro para las lámparas T5y en la 7.10b se indica como irán dispuestos los balastros para las lámparas fluorescentes compactas.

### 7.4.4 CABLEADO DE INTERFAZ DALI

La comunicación entre los diferentes ECE con la unidad de control se realizará a través de un único medio físico de comunicación, este será un par de cable 18AWG, la topología de red será paralela, serie y mixta, tal como se puede observar en la Figura

7.9, donde su representación está dado por segmentos de línea recta de color marrón que une cada uno de los ECEs con la Unidad de Control.

Este cableado está diseñado de tal forma que sus elementos extremos no supere la distancia recomendada por los fabricantes que es de 300m. Este medio físico tendrá un aislamiento THW, suficiente para el voltaje (máx 22V) y corriente (250mA) de trabajo.

La instalación de cada uno de los ECEs al interfaz de comunicación se realizará en sus respectivas borneras, mediante el ajuste de tronillos asegurando una correcta conexión y evitar futuras averías del sistema.

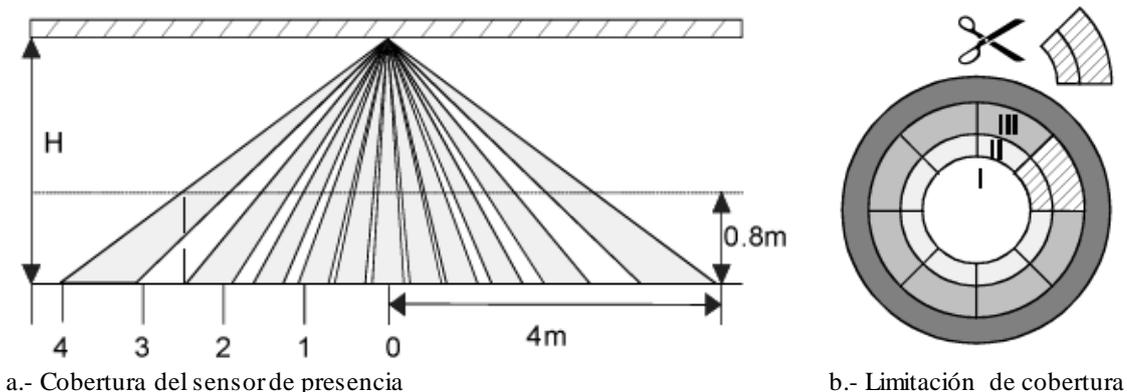
#### **7.4.5 INSTALACIÓN DE SENSORES DE PRESENCIA Y DE LUZ**

El grupo de sensores a utilizarse corresponde a dos tipos, los sensores de luz y presencia llamados SL/P y los LS que solo cuentan con el sensor de luz, en el primer caso se encuentran combinados en el mismo elemento.

Los SL/P irán colocados e instalados en cada uno de los ambientes abarcando un cierto grupo de luminarias. Principalmente estos son colocados en pasillos, corredores y gradas, es decir en ambientes donde su uso no es constante tal como se puede evidencia en la Fig 7.9, identificados con las siglas SL/P.

Estos sensores son adosados en el techo a una altura no superior a lo recomendado por los fabricantes que es de  $H=3\text{m}$ , su cobertura comprende un radio de 4 metros, tal como se puede evidenciar en la Figura 7.11a.

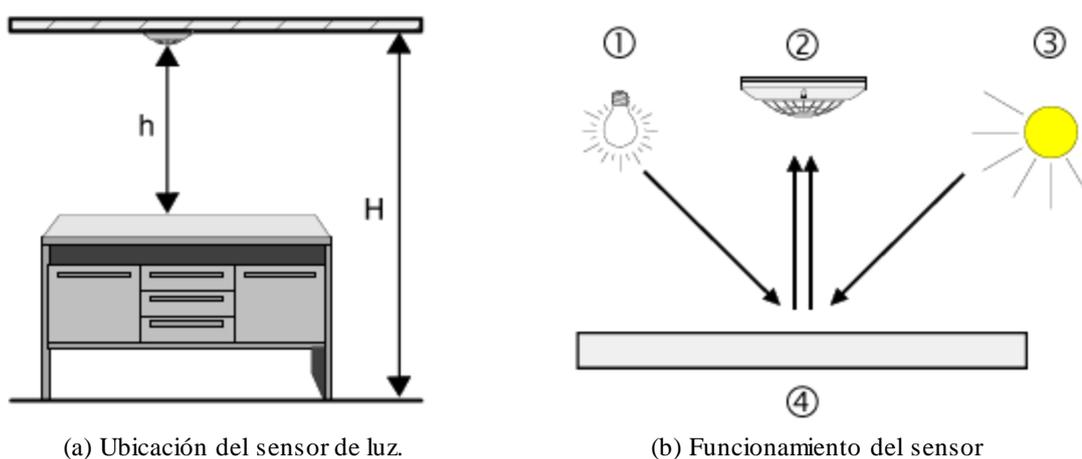
El diseño de este sensor permite restringir el espacio de cobertura, para ello se emplea unos adhesivos (ver Figura 7.11b) que impiden que el sensor detecte presencias indeseables, por lo tanto limitar el accionamiento del grupo de luminarias de manera errónea.



**FIG. 7. 11 Instalación de los sensores de luz y presencia SL/P**

**Fuente:** Autores

Los sensores LS son colocados en la mayoría de oficinas y aulas, tal como pueden ser identificados en la Figura 7.9, estos a diferencia de los anteriores son ubicados en lugares donde el uso es permanente durante todas las horas laborables. Estos son adosados al techo en dirección a una superficie lisa y constante en su parte inferior tal como se puede ver en la siguiente figura



**FIG. 7. 12 Instalación de los sensores de luz SL.**

**Fuente:** Autores

La altura máxima no debe exceder los  $H=3\text{m}$  y su funcionamiento depende del grado de luz reflejada por la superficie (4) que se halla bajo el sensor, en ella incide la luz natural (3) y artificial (1), donde su reflexión determinará el grado de iluminación existente en cada momento del local.

#### **7.4.6 INSTALACIÓN DE PULSADORES**

El uso de otro elemento de control corresponde a los pulsadores de pared que serán colocados en remplazo de los convencionales, estos irán adosados a las paredes mediante los mecanismos de sujeción tales como tornillos y adhesivos. Estos dispositivos principalmente se encuentran al ingreso de cada uno de los ambientes y comandan un grupo determinado de luminarias según su asignación programada. Su ubicación en los planos puede apreciarse en la Figura 7.9, que están identificados por WCU.

#### **7.4.7 INSTALACIÓN DE UNIDAD DE CONTROL**

La unidad de control corresponde el elemento maestro, encargado de la supervisión y control de cada uno de los elementos que conforman el sistema gracias al direccionamiento individual de cada uno de ellos.

Estos se ubican en lugares donde las señales de radiofrecuencia emitidas por los sensores lleguen con facilidad, empotradas en la superficie de las paredes y fuera del alcance de las personas, tal como se puede apreciar en la Figura 7.9 representado por UC dentro de un rectángulo.

El número de ECE por cada unidad de control es de 64 dispositivos, por lo tanto en el proyecto es necesaria la instalación de una unidad de control por cada planta de las tres edificaciones, que pueden ser identificados en cada uno de planos 13 al 24.

#### 7.4.8 ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA

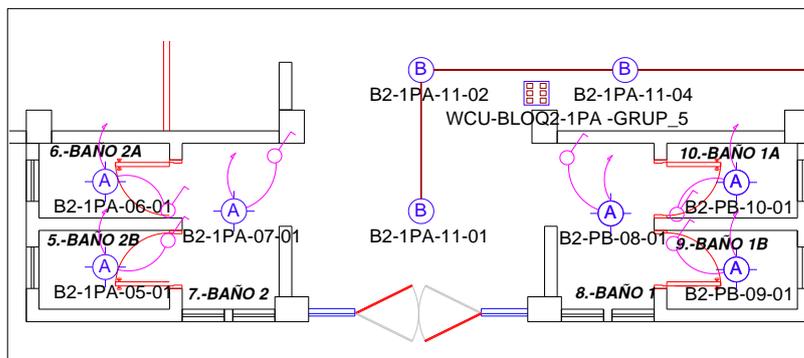
El levantamiento del número y disposición de los circuitos eléctricos de iluminación de los edificios estuvo limitado a la no existencia de planos eléctricos y a la imposibilidad de realizarlo físicamente debido a que las actividades laborales así lo impidieron.

Este proyecto pretende el uso de los mismos circuitos eléctricos de iluminación existentes a fin de no encarecer el costo del diseño, sin embargo el remplazo de luminarias de mayor potencia por otras de menor, implica la reducción y aumento de carga en los diferentes circuitos eléctricos produciéndose de esta manera un desequilibrio de fases que fácilmente podrían ser corregidas en el momento de la instalación.

La actual alimentación de las luminarias se da únicamente a través de dos cables calibre 12 AWG, uno neutro y otro de fase. En cambio el nuevo sistema consta de cargas electrónicas por lo que es imprescindible el uso de tercer conductor de calibre no inferior a 14 AWG que haría las veces de tierra para protegerlos según las recomendaciones de los fabricantes de estos equipos.

Los circuitos eléctricos estarían definidos tal como se puede identificar en la Figura 7.9, representado de color magenta independiente del circuito de comunicación DALI.

Por otra parte, el uso de balastos electrónicos se limita únicamente en áreas como oficinas, pasillos y auditorios, por el contrario en baños y bodegas se mantendrá los circuitos convencionales, únicamente se remplazarían los focos incandescentes por ahorradores logrando de esta manera alcanzar un importante ahorro de energía eléctrica. Estos circuitos quedarían únicamente con el control mediante los interruptores, tal como se encuentran representados en la siguiente Figura 7.12



**FIG. 7. 13 Circuitos de baños y bodegas.**

**Fuente:** Autores

## 7.5 DESCRIPCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO Y PROGRAMACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO MEDIANTE EL INTERFAZ DALI

### 7.5.1 NOMENCLATURA Y SIMBOLOGÍA DE LOS ELEMENTOS

La representación de luminarias, sensores, pulsadores y unidades de control en los planos respectivos se ha realizado mediante una designación por abreviaturas, permitiendo su fácil interpretación e identificación. Ver tabla 7.16.

**TABLA 7. 16 Nomenclatura y simbología de los diferentes elementos**

NOMENCLATURA Y SIMBOLOGÍA DE LOS ELEMENTOS		
<b>LUMINARIAS</b>		
NOMENCLATURA	ABREVIATURAS	SIGNIFICADO
B1-PB-12-03	B1=	Edificio
	PB=	Planta
	12=	Oficina
	03=	Número
<b>PULSADORES</b>		
NOMENCLATURA	ABREVIATURAS	SIGNIFICADO
WCU-BLOQ1PB-GRUP_3	WCU=	Pulsador de pared
	BLOQ1=	Edificio
	PB=	Planta
	GRUP_3=	Grupo asignado
<b>SENSORES</b>		
NOMENCLATURA	ABREVIATURAS	SIGNIFICADO

SL-BLOQ 1PB-GRUP_04	SL=	Sensor de luz
SL/P-BLOQ 1PB-GRUP_05	SL/P=	Sensor de luz/presencia
	BLOQ 1=	Edificio
	PB=	Planta
	GRUP_05=	Grupo asignado
<b>UNIDAD DE CONTROL</b>		
<b>NOMENCLATURA</b>	<b>ABREVIATURAS</b>	<b>SIGNIFICADO</b>
BLOQ 1-PB	BLOQ 1=	Edificio
	PB=	Planta
<b>DEMÁS ABREVIATURAS=</b>		<b>SIGNIFICADOS</b>
	B1/BLOQ 1=	Bloque 1
	B2/BLOQ 2=	Bloque 2
	BC/COLEGIO=	Bloque Colegio
	PB=	Planta baja
	1PA=	Primera planta alta
	2PA=	Segunda planta alta
	3PA=	Tercera planta alta
	GRUP_01=	Grupo 1
	GRUP_02=	Grupo 2
	.....=	.....

**Fuente:** Autores

Mediante la información anterior, los planos pueden ser interpretados con gran facilidad, permitiendo de esta manera que la persona encargada de la instalación pueda asignar los parámetros correspondientes a cada uno de los elementos.

### 7.5.2 PROGRAMACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO

La programación se realiza mediante el uso de un programador, en este caso se usa el HPT ADVANCED, del fabricante OSRAM, este aparato permite establecer la interacción entre el usuario y la unidad de control. Su medio de comunicación es a través de una señal de radio frecuencia (RF) de 433.42 MHz.

Este equipo de programación permitirá la asignación de direcciones grupos, escenas, límites de regulación y otros valores a cada uno de los ECEs que se encuentran distribuidos por los diferentes ambientes.

Un ejemplo de asignación de direcciones y grupos al que pertenecen tanto luminarias, sensores y pulsadores, están presentados en la Tabla 7.17, donde la

información ha sido extraído de los planos correspondientes. Esto permitirá seguir ciertos pasos para la respectiva programación, los mismos que se detallan a continuación.

### **PASOS A SEGUIR EN LA PROGRAMACIÓN**

La programación empieza con establecer un enlace entre el elemento programador y la unidad de control. Una vez establecida esta comunicación por RF, se busca los ECEs conectados mediante el interfaz DALI a la unidad maestra respectiva, asignando de esta forma su dirección, grupos y escenas a los equipos electrónicos hallados.

Una vez terminado el proceso anterior se busca los elementos inalámbricos, es decir aquellos que poseen radiotransmisores a fin de proceder con su programación y asignación de grupos quedando de esta manera todos los sensores y pulsadores agrupados al sistema de control automático con su respectivo grupo y número de luminarias a controlar.

El reajuste y calibración de cada uno de los sensores se realiza en esta etapa con el fin de que las señales emitidas por estos elementos se traduzcan en un control adecuado del encendido y regulación de la intensidad luminosa de cada una de las luminarias.

**TABLA 7. 17 Nomenclatura y simbología de los diferentes elementos**

<b>ASIGNACIÓN DE GRUPOS Y DIRECCIONES DE CADA LUMINARIA CON INTERFAZ DALI</b>										
<b>BLOQUE 1 PLANTA BAJA</b>										
<b>OFICINA</b>	<b>PULSADOR DE PARED</b>	<b>SENSOR DE LUZ</b>	<b>SENSOR DE LUZ/PRESENCIA</b>	<b>LUMINARIA</b>	<b>GRUPO</b>	<b>DIRECCIÓN</b>				
1.- PROCURADOR OFICINA	WCU-BLOQ1 PB-GRUP_01	SL-BLOQ1 PB-GRUP_01		B1-PB-01-01	1	1				
				B1-PB-01-02	1	2				
				B1-PB-01-03	1	3				
4.- PROCURADURÍA  5.-PASILLO VENTA ESPECIES	WCU-BLOQ 1PB-GRUP_02	SL-BLOQ 1PB-GRUP_02	SL/P-BLOQ 1PB-GRUP_03	B1-PB-04-01	2	4				
				B1-PB-04-02	2	5				
				B1-PB-04-03	2	6				
				B1-PB-04-04	2	7				
				B1-PB-04-05	2	8				
				B1-PB-05-01	3	9				
				B1-PB-05-02	3	10				
				B1-PB-05-03	3	11				
				B1-PB-05-04	3	12				
				6.-TESORERÍA	WCU-BLOQ 1PB-GRUP_03	SL-BLOQ 1PB-GRUP_04		B1-PB-06-01	4	13
								B1-PB-06-02	4	14
								B1-PB-06-03	4	15
B1-PB-06-04	4	16								
B1-PB-06-05	4	17								
B1-PB-06-06	4	18								
7.-PASILLO	WCU-BLOQ 1PB-GRUP_05		SL/P-BLOQ 1PB-GRUP_05	B1-PB-07-01	5	19				
				B1-PB-07-02	5	20				
				.....	..	....				
				B1-PB-07-08	5	26				
	WCU-BLOQ 1PB-GRUP_06			SL/P-BLOQ1 PB-GRUP_06	B1-PB-07-09	6	27			
					B1-PB-07-10	6	28			
					.....	..	....			
					.....	...	...			
					B1-PB-07-18	6	36			
					8.-VENTA DE ESPECIES	WCU-BLOQ 1PB-GRUP_07	SL-BLOQ 1PB-GRUP_07		B1-PB-08-01	7
B1-PB-08-02	7	38								
9.-TESORERÍA OFICINA	WCU-BLOQ1 PB-GRUP_08	SL-BLOQ1 PB-GRUP_08		B1-PB-09-01	8	39				
				B1-PB-09-02	8	40				
12.-TESORERÍA FONDO	WCU-BLOQ1 PB-GRUP_09	SL-BLOQ1 PB-GRUP_09		B1-PB-12-01	9	41				
				B1-PB-12-02	9	42				
				B1-PB-12-03	9	43				
13.-RECEPCIÓN ARCHIVO	WCU-BLOQ1 PB-GRUP_10	SL-BLOQ1 PB-GRUP_10		B1-PB-13-01	10	44				
				B1-PB-13-02	10	45				
				B1-PB-13-03	10	46				
	WCU-BLOQ1 PB-GRUP_11			SL/P-BLOQ1 PB-GRUP_11	B1-PB-13-04	11	47			
					B1-PB-13-05	11	48			
14.-ARCHIVO OFICINA	WCU-BLOQ1 PB-GRUP_12	SL-BLOQ1 PB-GRUP_12		B1-PB-14-01	12	49				
				B1-PB-14-02	12	50				
16.-ARCHIVO	WCU-BLOQ1 PB-GRUP_13	SL-BLOQ1 PB-GRUP_13		B1-PB-16-01	13	51				
				B1-PB-16-02	13	52				
				B1-PB-16-03	13	53				

Fuente: Autores

Posteriormente se procede a la programación de cada uno de los controles remotos, en el caso que se opte dotar a algunos usuarios de estas oficinas de estos dispositivos para el respectivo control y gestión personal de la iluminación de estos ambientes.

### 7.5.3 FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE CONTROL

El éxito del funcionamiento de este sistema está en la calibración y programación de todos los elementos, por tal motivo a continuación se expone como es la interacción entre los sensores, actuadores y la unidad de control.

En el sistema de control automático mediante el interfaz digital de iluminación direccionable llamado DALI, son los sensores los encargados de percibir, las condiciones actuales de iluminación en cada uno de las oficinas.

En el caso de los sensores de luz detectan el nivel de iluminación dentro de la habitación, esto es en función de la cantidad de luz reflexionada por una superficie donde incide la iluminación artificial y natural, tal como se puede ver en la figura 7.12b.

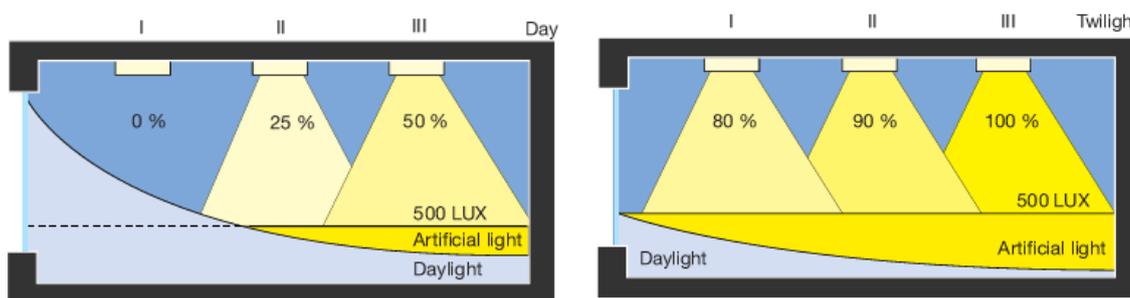
Los sensores de movimiento en cambio detectan la presencia de usuarios dentro de un rango de cobertura establecido. Además, estos dispositivos se encuentran combinados con los sensores de luz teniéndola misma función descrita anteriormente.

Los pulsadores de pared también entra en el grupo de sensores, estos en cambio son accionados por los usuarios, en ellos se puede controlar el encendido y apagado de luminarias así como la regulación y cambio de escenas.

Las señales de iluminación, movimiento y mando son transformadas en señales de radio, estas son emitidas por los radiotransmisores de los sensores a la unidad de control, que es el encargado de recibir y procesar las señales enviando las órdenes en forma digital a través del interfaz DALI, donde las órdenes son reconocidas y ejecutadas únicamente por los ECE correspondientes, gracias a la dirección (1-64) establecida en la programación.

Finalmente los balastos electrónicos con tecnología DALI enciende, apagan y regulan la intensidad luminosa de cada luminaria según el grado de iluminación existente en el ambiente aprovechando de esta manera la luz natural. Un ejemplo de esta regulación se puede apreciar en la siguiente figura. Aquí se observa claramente como en el primer caso (a), la luminaria I está completamente apagada debido a que el aporte de luz natural sobrepasa el nivel de iluminación deseado, no así la luminaria III, que se encuentra encendida en un 50% debido a que el aporte de luz natural no es suficiente para suplir el nivel de iluminación requerido.

El la figura 7.14b, representa cuando el aporte de luz no es muy elevado o cuando inicia el atardecer, incrementando de esta manera el nivel de iluminación de las lámparas a fin de contar siempre con el nivel de iluminación requerido.



(a) Regulación en un día claro

(b) Regulación al inicio del atardecer

**FIG. 7. 14 Regulación Automática de las luminarias**

**Fuente:** Autores

Este sistema de control permitirá significativos ahorros de energía eléctrica manteniendo un nivel de iluminación adecuado. Pero la funcionalidad de este nuevo sistema no queda aquí, este tipo de tecnología es un estándar que fácilmente puede ser integrado a un nivel superior de automatización, es decir puede formar parte de sistemas más complejos tales como EIB, Lonworks, Ethernet.

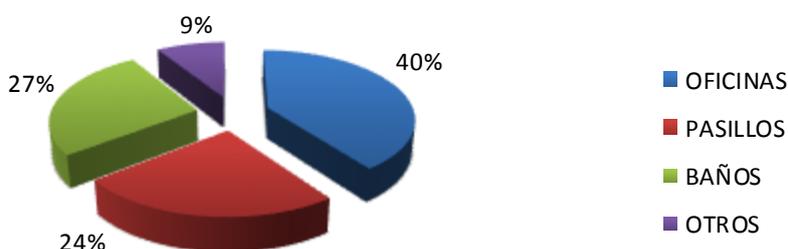
Es por ello que se presenta la opción de incorporar todas las unidades de control a una red Ethernet, mediante los Portales DALI/Ethernet, suministrando la información actualizada del estado de las lámparas a un computador supervisor.

Sin embargo, esta sugerencia no ha sido diseñada en este proyecto, sino que es expuesta a fin de dar a conocer los alcances y ventajas que tiene este tipo de tecnología, debido principalmente que el objetivo de esta investigación era de proporcionar un sistema de control automático que permita reducir el consumo energético y el uso de esta tecnología se orienta a sistemas de gestión más complejos ameritando otro estudio y diseño.

### 7.6 SÍNTESIS DE RESULTADOS

- Los tres edificios cuentan con diferentes ambientes distribuidos en oficinas, pasillos, baños y otros, cada uno con diferentes valores de niveles de iluminación recomendados. En el Bloque 1 de Administración Central se hallan 90 locales distribuidos en los porcentajes correspondientes tal como se observa en la figura siguiente.

**DISTRIBUCIÓN DE AMBIENTES EXISTENTES DEL BLOQUE 1 DE ADMINISTRACIÓN CENTRAL**



**FIG. 7. 15 Distribución de ambientes en el Bloque 1 de Administración Central**

**Fuente:** Autores

### DISTRIBUCIÓN DE AMBIENTES EXISTENTES DEL BLOQUE 2 DE ADMINISTRACIÓN CENTRAL

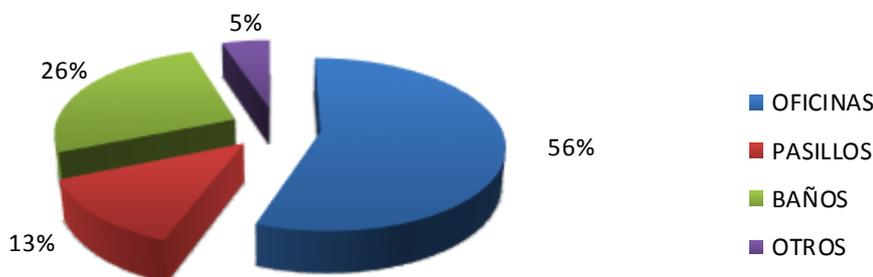


FIG. 7. 16 Distribución de ambientes en el Bloque 2 de Administración Central

Fuente: Autores

### DISTRIBUCIÓN DE AMBIENTES EXISTENTES DEL BLOQUE 1 DEL AEAC

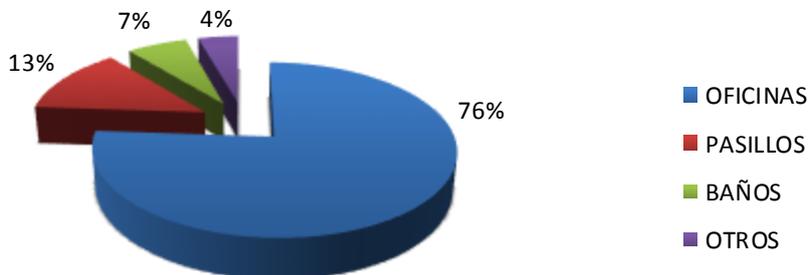
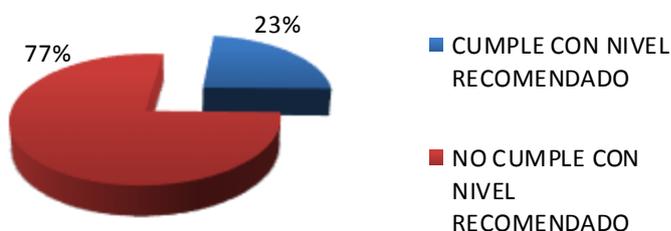


FIG. 7. 17 Distribución de ambientes en el Bloque 1 del AEAC

Fuente: Autores

- Los valores de iluminación medidos determinan una deficiencia en el sistema de iluminación actual, habiendo niveles que no son aptos para las tareas a realizarse en el respectivo local. A continuación presentamos el porcentaje de locales que si y no cumplen con el nivel recomendado de iluminación en cada uno de las edificaciones en estudio.

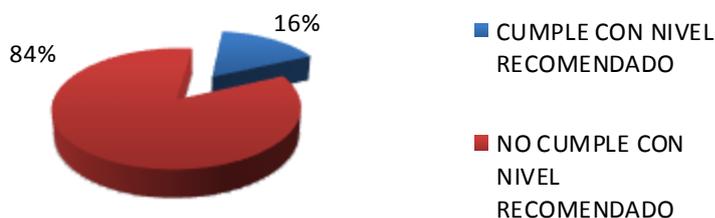
### NIVELES DE ILUMINACIÓN DEL BLOQUE 1 DE ADMINISTRACIÓN CENTRAL



**FIG. 7. 18** Condiciones actuales en los niveles de iluminación del Bloque 1 de Administración Central

Fuente: Autores

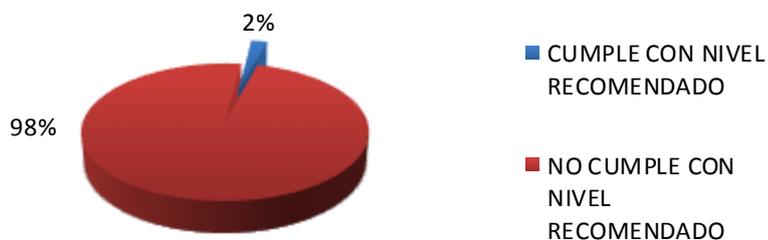
### NIVELES DE ILUMINACIÓN DEL BLOQUE 2 DE ADMINISTRACIÓN CENTRAL



**FIG. 7. 19** Condiciones actuales en los niveles de iluminación del Bloque 2 de Administración Central

Fuente: Autores

### NIVELES DE ILUMINACIÓN DEL BLOQUE 1 DEL AEAC



**FIG. 7. 20** Condiciones actuales en los niveles de iluminación del Bloque 1 del AEAC

Fuente: Autores

Al realizar el levantamiento de las luminarias se puede constatar que existe una elevada potencia instalada del sistema de iluminación en la Administración Central alrededor de 47 KW, así mismo la potencia instalada en elementos lumínicos del Bloque 1 del AEAC oscilan alrededor de los 20 KW. Con mayor detalle se puede ver en el anexo 70.

El desarrollo de los cálculos luminotécnicos muestra que el actual sistema puede ser remplazado por elementos de menor potencia que posee un elevado nivel de eficiencia, es decir una mayor cantidad de lúmenes por cada vatio de potencia de cada lámpara.

Mediante el uso de nuevos elementos de iluminación se puede lograr una reducción de la potencia instalada de 47 KW a 26 KW en los Bloques Centrales significando una reducción de la misma en un 45%.

**TABLA 7. 18 Resumen de la potencia existente y proyectada en iluminación**

<b>BLOQUE 1 ADMINISTRACIÓN CENTRAL</b>		
<b>NOMBRE</b>	<b>POTENCIA EXISTENTE (W)</b>	<b>POTENCIA PROYECTADA (W)</b>
PLANTA BAJA	5060	2528
PRIMERA PLANTA ALTA	6768	3470
SEGUNDA PLANTA ALTA	6060	2763
TERCERA PLANTA ALTA	6200	3583
<b>BLOQUE 2 ADMINISTRACIÓN CENTRAL</b>		
PLANTA BAJA	6292	3058
PRIMERA PLANTA ALTA	6040	2851
SEGUNDA PLANTA ALTA	6200	3348
TERCERA PLANTA ALTA	4372	4104
<b>SUBTOTAL 1 DE POTENCIA</b>	<b>46992</b>	<b>25705</b>

<b>BLOQUE 1 ÁREA DE EDUCACIÓN EL ARTE Y COMUNICACIÓN</b>		
<b>NOMBRE</b>	<b>POTENCIA EXISTENTE (W)</b>	<b>POTENCIA PROYECTADA (W)</b>
PLANTA BAJA	6940	5393
PRIMERA PLANTA ALTA	4160	4278
SEGUNDA PLANTA ALTA	4240	4390
TERCERA PLANTA ALTA	4480	4592
<b>SUBTOTAL 2 DE POTENCIA</b>	<b>19820</b>	<b>18653</b>

<b>TOTAL=SUBT1+SUBT2</b>	<b>66812</b>	<b>44358</b>
--------------------------	--------------	--------------

**Fuente:** Autores

En el caso del Bloque 1 del AEAC no se pudo lograr una disminución significativa en comparación con la potencia instalada ya que es necesario incrementar el número de luminarias para mejorar el nivel de iluminación, es así que únicamente se obtiene una reducción del 6% de la potencia instalada, es decir de los 19.8 KW existentes bajaría a 18.7 KW con el nuevo diseño. Ver Tabla 7.18.

El nuevo sistema de iluminación comprende el remplazo de lámparas de menor potencia logrando así bajar en el consumo de energía eléctrica anuales de 115568KWh a 79146KWh, significando una disminución del 32% en el consumo de energía eléctrica actual.

**TABLA 7. 19 Resumen de consumos de energía existente y proyectada**

<b>BLOQUE 1 ADMINISTRACIÓN CENTRAL</b>		
<b>NOMBRE</b>	<b>KWh (EXISTENTE)</b>	<b>KWh (PROYECTADO)</b>
PLANTA BAJA	8437	4432
PRIMERA PLANTA ALTA	11012	6375
SEGUNDA PLANTA ALTA	9314	4721
TERCERA PLANTA ALTA	6790	4282
<b>BLOQUE 2 ADMINISTRACIÓN CENTRAL</b>		
PLANTA BAJA	10387	5453
PRIMERA PLANTA ALTA	10978	5187
SEGUNDA PLANTA ALTA	11479	6208
TERCERA PLANTA ALTA	8426	8359
<b>SUBTOTAL 1 CONSUMO EN KWh</b>	<b>76823</b>	<b>45017</b>

<b>BLOQUE 1 ÁREA DE EDUCACIÓN EL ARTE Y COMUNICACIÓN</b>		
<b>NOMBRE</b>	<b>KWh (EXISTENTE)</b>	<b>KWh (PROYECTADO)</b>
PLANTA BAJA	14626	9236
PRIMERA PLANTA ALTA	7941	8160
SEGUNDA PLANTA ALTA	7899	8248
TERCERA PLANTA ALTA	8279	8634
<b>SUBTOTAL 2 CONSUMO EN KWh</b>	<b>38745</b>	<b>34278</b>

<b>TOTAL=SUBT1+SUBT2</b>	<b>115568</b>	<b>79295</b>
--------------------------	---------------	--------------

**Fuente:** Autores

El costo promedio de la energía eléctrica en nuestra ciudad es alrededor de los 0,1 dólares por cada KWh, permitiendo reducir el gasto a USD 7,915.00 por año de los USD 11,557.00 que significaría el uso del sistema actual de iluminación en las mismas condiciones. Por lo tanto el ahorro será de USD 3,642.00 únicamente cambiando el tipo de luminarias.

Además el uso del sistema de control automático permitiría aprovechar al máximo la luz natural y que promete según los fabricantes un ahorro del 40% permitirá una reducción adicional de USD 3,166.00 logrando amortizar la inversión inicial de 61,500.00 dólares en aproximadamente 9 años.

**TABLA 7. 20 Amortización del proyecto de iluminación con un sistema de control automático**

COSTO POR CADA KILOWATIO-HORA	0,10
COSTO POR CONSUMO DE ENERGÍA EN USD ANUALES (EXISTENTE)	11557
COSTO POR CONSUMO DE ENERGÍA EN USD ANUALES (PROYECTADO)	7915
AHORRO ANUAL EN USD (USD)	3642
PORCENTAJE DE AHORRO ENERGÉTICO CON REPLAZO DE LUMINARIAS (USD)	31%
PORCENTAJE DE AHORRO CON LA INCORPORACIÓN DEL SISTEMA AUTOMÁTICO DALI	40%
AHORRO TOTAL EN USD	3166
COSTO DE IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA (USD)	61500
AMORTIZACIÓN DEL PROYECTO (AÑOS)	9

**Fuente:** Autores

## DISCUSIÓN

### CAPÍTULO VIII

Al resumir los datos obtenidos en el levantamiento de los tres edificios en estudio se constata que el sistema de iluminación actual que tienen no cumplen con los niveles de iluminación adecuados, debido a ello se requiere implementar un nuevo sistema que satisfaga con los niveles apropiados.

El uso de programas computacionales como MURA3 V9 se lo utiliza para agilizar el proceso de cálculo luminotécnico que se deben realizar por cada ambiente que existe en los edificios, ya que al realizar esto por el medio manual se perdería demasiado tiempo.

Para cumplir con un nivel de iluminación apropiado en cada uno de los locales estudiados es conveniente implementar un sistema de control automático que se adapte con las nuevas luminarias instaladas.

El nuevo diseño que se pretende implementar en estas edificaciones conlleva el uso de un protocolo estándar en el control automático de las luminarias, como es el Interfaz DALI siendo una herramienta de fácil adquisición e instalación.

El desarrollo de este nuevo sistema de control automático constituye una fuerte inversión inicial de USD 61,500.00, debido principalmente a que es una tecnología que se encuentra aún en pleno desarrollo ya que esta nueva técnica disminuirá el consumo de las planillas posibilitando una amortización en siete años aproximadamente.

El uso de elementos lumínicos de mayor eficiencia permite reducir el consumo de energía eléctrica obteniendo con el nuevo diseño una disminución a 79146 KWh de los 115568 KWh que actualmente se consumen por cada año en las tres edificaciones.

El sistema de control automático diseñado aprovecha la luz natural disponible permitiendo el empleo de la energía eléctrica cuando esta sea necesaria, que según los fabricantes se logra ahorros alrededor del 40% significando unos USD 3,166.00 anuales con la dotación del sistema de control automático.

Además de las ventajas mencionadas de este sistema permite crear diferentes ambientes de trabajo, obteniendo así una comodidad para los empleados y alumnos que hacen uso de estas edificaciones.

Otra ventaja principal es que en los balastos electrónicos llevan un registro de la vida útil de cada lámpara, desconectándola al culminar su periodo de vida útil evitando con ello el uso prolongado de la misma cuando su eficiencia ya no es la adecuada.

Utilizando sensores inalámbricos de Osram permiten la comunicación con la unidad de control por señales de radio frecuencia, reduciendo el cableado de estos elementos con la unidad central.

La programación de cada uno de los parámetros así como asignación de grupos y escenas de las luminarias se puede realizar con el programador manual.

Una ventaja de este sistema automático es que puede ser controlado de múltiples formas, es así que una de ellas es por medio de un control remoto.

Este es un medio de control y gestión amigable con el usuario posibilitando una programación y uso de cada una de sus funciones, logrando así una total satisfacción con el sistema instalado.

## VALORACIÓN TÉCNICA ECONÓMICA Y AMBIENTAL

En el desarrollo del proyecto existieron cambios sustanciales en la etapa del diseño, primero se pensó en la incorporación de todos elementos lumínicos al protocolo de control DALI, sin embargo por su intenso número y análisis de costos resultaron cifras exorbitantes que no hacían al proyecto viable, pensando así en alternativas como cambiar de fabricantes, quitar ciertas características al sistema el cual nos sirvió para disminuir su costo inicial y volverse realizable.

**TABLA 8. 1 Valoración Económica**

N°	ELEMENTOS	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (USD)	PRECIO TOTAL (USD)
1	UNIDAD DE CONTROL	14	70	980
2	PROGRAMADOR MANUAL	1	93	93
3	CONTROL REMOTO DALI	1	6	6
4	MINI CONTROL REMOTO	1	3	3
5	GATEWAY	14	60	840
6	ETHERNET	3	38	114
7	SENSORES DE LUZ	132	6	792
8	SENSORES DE LUZ Y PRESENCIA	31	5	155
9	PULSADOR DE PARED	163	4.5	733.5
10	FH 28 W/840 HE	582	3.6	2095.2
11	DULUX D/E 13W	113	1.7	192.1
12	DULUX D/E 26 W	61	2	122
13	LUM.MODULAR T-5 2x28w	582	70.0	40740.0
14	LUM.KONIC H G24d-1 2x13w AF	113	60	6780
15	LUM.KONIC H G24d-3 1x26w AF	61	60	3660
16	LUM. APLI PARED SATINA TC-D26	3	20	60
17	TUBO 2X28 T12 NORMAL	95	3	285
18	LAMPARA COMPACTA 1X13 LC NORMAL	73	2.5	182.5
19	LAMPARA COMPACTA 2X13 LC NORMAL	15	2	30
20	SENSOR DE PRESENCIA NORMAL	4	25	100
21	TEMPORIZADOR DIGITAL	10	26	260
22	C.18THW(m)	3600	0.3	1080
23	C.12THW(m)	2700	0.45	1215
25	OTROS	1	1000	1000
	<b>TOTAL</b>			61500

**Fuente:** Autores

La tabla 7.19 describe un resumen sobre el consumo actual por concepto de iluminación actual de los tres edificios, en donde se puede diferenciar un ahorro del 31 % únicamente con el cambio de luminarias, añadiéndose a eso el ahorro que se lograría por concepto de control automático que según los fabricantes alcanzaría un cuarenta por ciento.

### VALORACIÓN AMBIENTAL

El funcionamiento de la lámpara a alta frecuencia es la aportación decisiva de los ECE para obtener una alta eficiencia energética. Especialmente la tecnología T5 posibilita en todas las relevantes aplicaciones luminosas un notorio aumento adicional de la misma.

En el siguiente gráfico podemos observar las ventajas que se obtienen con el uso de elementos.



**ILUSTRACIÓN 1. 1 Ahorro de Energía**

**Fuente:** Sistemas de gestión de iluminación: SGI de OSRAM

Cabe concluir que la figura representa el significativo ahorro que resulta la implementación de tecnologías limpias, amigables con el medio ambiente reduciendo los consumos energéticos y lo que es importante bajando las emisiones de CO<sub>2</sub> que mucho afectan al medio ambiente en la producción de energía eléctrica.

La contaminación del medio ambiente constituye uno de los problemas más críticos en el mundo y es por ello que ha surgido la necesidad de tomar conciencia buscando nuevas alternativas para su solución.

Unos 1 325 millones de toneladas de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) se necesitaron en 2005 para encender las luces de las lámparas del mundo, así lo confirmó un estudio dado a conocer por Osram. Es decir, un 19% del consumo eléctrico mundial se da solo por encender estas boquillas de luz.

El uso eficiente de la tecnología es una de las políticas de las empresas en América Latina, que poco a poco toman mayor importancia, el 70% de las organizaciones en la región "considera importante hacer un esfuerzo para reducir el impacto que tienen sus operaciones en el medioambiente.

La lámparas ahorradoras, fluorescentes y lámparas de descarga, se las considera como residuos peligroso por las cantidades de mercurio que contienen.

Con la propuesta de este diseño se aporta significativamente en la reducción de la contaminación ambiental, sin embargo el uso de estos nuevos equipos implica la adopción de políticas orientadas al manejo y recolección de sus residuos para ser reciclados y evitar por otro parte que estos nuevos elementos pasen a convertirse en nuevos contaminantes y poner en riesgo la salud de las personas por las sustancias que estos desprenden en su vida final.

## CONCLUSIONES

- La información y condiciones actuales del sistema fueron necesarios conocerlas para el desarrollo del presente proyecto, exigiendo el empleo de técnicas y métodos apropiados a fin de que sus resultados tengan un gran aporte para la interpretación y análisis del diseño
- Las condiciones actuales de iluminación de las edificaciones en estudio cerca del 86% no cumplen con los niveles recomendados
- El uso de una software para el cálculo lumínico MURA3 V9, simplifica los engorrosos procedimientos manuales arrojando valores con mayor precisión, ahorrando tiempo y recursos
- Al realizar los cálculos luminotécnicos por medio del programa obtenemos los mismos resultados que al hacerlos manualmente
- El empleo de modernas luminarias implican un ahorro de energía casi 31% del consumo actual por concepto de iluminación
- La alternativa diseñada se orienta principalmente al aprovechamiento de la luz natural, mediante el control individual y automático proyectándose una reducción del 40% en el nuevo sistema según los fabricantes de esta tecnología
- La implementación de sensores tanto de presencia como de iluminación dentro de las edificaciones permiten controlar el encendido y regulación de las fuentes lumínicas evitando su uso cuando estas no son requeridas
- Esta propuesta tiene un carácter autosustentable, permitiéndose la amortización con los mismos ahorros que se obtienen con la implementación en un tiempo prudencial

- El desarrollo de esta alternativa no solo permite obtener un beneficio económico sino que además, contribuye con el medio ambiente en la reducción de la contaminación ambiental dada por la energía que se dejaría de producir
- El empleo de estos modernos sistemas de iluminación deberán ser promovidos mediante la socialización de sus beneficios, ventajas a fin de promover nuevos proyectos
- La inversión necesaria para el proyecto es de USD 61,500.00 con una amortización de nueve años, siendo una tecnología costosa por no existir en el país

## RECOMENDACIONES

- Aprovechar la iluminación solar lo máximo posible ya que este es natural, gratuita y no contamina
- Cambiar las luminarias en estas edificaciones, ya nos permitiría obtener un ahorro del 31% en el consumo de energía
- Colocar en un servidor ubicado estratégicamente las herramientas de control y monitoreo de la red, que puede ser la sala del Cisco que tiene internet, para dar una rápida solución a los problemas
- Tener cuidado en el momento que se rompa una luminaria debido a que contiene ciertas cantidades de mercurio y otros que son dañinos para la salud de las personas
- Promover estrategias de reciclado para así evitar que estas al final de su vida útil se conviertan en otras alternativas peligrosas para el medio ambiente
- Poner en una funda plástica las lámparas enredadas en papel al momento de desechar
- Realizar la instalación y programación de cada uno de los elementos de control por el personal técnico calificado con el fin de obtener garantías y optimizar sus beneficios
- Concienciar a los usuarios de estos edificios sobre las ventajas que tiene el uso moderado de los sistemas de iluminación
- Preparar programas de mantenimiento de cada uno de los dispositivos que integran este diseño

- Considerar la implementación de este diseño a las autoridades de la Universidad a fin de tener el beneficio que esta inversión representa

## BIBLIOGRAFÍA

### LIBROS:

- CASTEJÓN, Agustín; HERRANZ, Germán. 1996. Tecnología Eléctrica. Madrid, Mc Graw-Hill, pp262-328
- ECUADOR. Manual Osram. 2005. Manual Osram. Guayaquil, Ecuador.314 p.
- FINK, Donald; BEATY, Wayne.1996. Manual de Ingeniería Eléctrica. 2ª. Ed. México, Mc Graw-Hill, pp1-26/26-102
- ROMERO, Cristobal; VAZQUEZ, Francisco; CASTRO, Carlos. 2007. Domótica e Inmótica. 2ª. Ed. México, Alfaomega Grupo Editor, pp 21-65/97-120

### INTERNET:

- AHORRO DE ENERGÍA EN ILUMINACIÓN, [<http://www.ahorrodeenergiaeniluminaciondeinteriores.com>] [Consulta: 2diciembre, 2008]
- VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LÁMPARAS, [<http://aquagarden.iespana.es/fluorescentes.htm>], [Consulta: 18 de mayo.2009]
- CATALOGO, OSRAM, [<http://catalog.myosram.com>], [Consulta: 20 de diciembre. 2008]
- CATÁLOGO OSRAM, [<http://catalog.myosram.com/zb2b/b2b/init.do>], [Consulta: 20 de marzo.2009]
- LUMINARIAS, [<http://www.carandini.com/>], [Consulta: 2 diciembre. 2008]
- C.I.E.: COMISIÓN INTERNACIONAL DE ILUMINACIÓN, [ [www.cie.com](http://www.cie.com)], [Consulta: 12 de marzo.2009]
- DALI, [<http://www.cogaprel.com/home.html>], [Consulta: 20 de marzo.2009]
- DALI, [[www.dali-ag.org](http://www.dali-ag.org)], [Consulta: 15 de mayo.2009]

- DOMÓTICA, [<http://www.domoarch.com/2007/11/07/%c2%bfque-es-dali/>],[Consulta: 12 de marzo.2009]
- DALI, [ [www.domotica.net](http://www.domotica.net)], [Consulta: 15 de mayo.2009]
- CÁLCULOS DE INTERIORES, [<http://edison.upc.edu/curs/llum/interior/iluint2.html#mlum>], [Consulta: 18 de mayo.2009]
- SENSORES DE PRESENCIA, [[http://www.electrocentro.com.mx/Conc\\_Ctrl\\_Ilum.htm](http://www.electrocentro.com.mx/Conc_Ctrl_Ilum.htm)], [Consulta: 18 de junio .2009]
- LUMINOTECNIA, [<http://www.elt.es/>], [Consulta: 8 de diciembre. 2008]
- CÁLCULOS DE INTERIORES, [<http://www.emagister.com>], [Consulta: 18 de mayo.2009]
- ETHERNET, [<http://es.kioskea.net/contents/technologies/ethernet.php3>], [Consulta: 18 de junio]
- ETHERNET, [<http://es.wikipedia.org/wiki/Ethernet#Historia>], [Consulta: 18 de junio]
- PHILIPS ILUMINACIÓN, [<http://www.eur.lighting.philips.com/>], [Consulta: 6 de diciembre. 2008]
- VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LÁMPARAS, [<http://www.geiluminacion.com/mx/home/cfl...>], [Consulta: 18 de mayo.2009]
- CONTAMINACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE, [<http://www.hoy.com.ec/noticias-ecuador/osram-propone-un-ahorro-eficiente-de-energia-296467-296467.html>], [Consulta: 25 de junio]
- ILUMINACIÓN GENERAL, [<http://www. Iluminación General, lámparas incandescentes, lámparas fluorescentes compactas, lámparas fluorescentes.htm>], [Consulta: 2 diciembre. 2008]
- ALUMBRADO TÉCNICO, [<http://www.indal.es/>], [Consulta: 8 de diciembre. 2008]

- DALI, [www.La-tecnologia-DALI--Interface-de-Iluminacion-Direccionable-Digitalmente.html], [Consulta: 2 de abril .2009]
- ARMÓNICOS, [http://www.leonardo-energy.org/espanol/lee-guia\_calidad/Guia%20Calidad%203-1%20Armonicos.pdf], [Consulta: 18 de junio]
- PHILIPS ILUMINACIÓN, [http://www.lighting.philips.com/], [Consulta: 6 diciembre. 2008]
- PHILIPS ILUMINACIÓN, [http://www.luz.philips.com/], [Consulta: 2 diciembre. 2008]
- OSRAM ILUMINACIÓN, [http://www.osram.com/], [Consulta:8 de diciembre. 2008]
- DALI, [ www.osram.de/dali], [Consulta: 15 de mayo.2009]
- GRADOS DE PROTECCIÓN (IP), [www.supertronic.com/archivos/d\_tecnicos/standarts.doc], [Consulta:18 de junio]
- MANUAL HTML, [http://www.uca.es/manual-html/indice.html], [Consulta: 8 de diciembre. 2008]
- DALI, [http://www.voltimum.es/news/820/La-tecnologia-DALI--Interface-de-Iluminacion-Direccionable-Digitalmente.html], [Consulta: 2 de abril .2009]
- LÁMPARAS FLUORESCENTES COMPACTAS, [http://www.voltimum.es/news/4814/manufacturer.mannews.brand/Nueva-familia-de-lamparas-fluorescentes-compactas-Osram-DULUXSTAR--.html], [Consulta: 18 de junio]
- DAL, [http://www.voltimum.es/news/5319/manufacturer.mannews.brand/Sistemas-de-gestion-de-la-iluminacion-de-Osram--soluciones-inteligentes--flexibles-y-completas.html], [Consulta: 02 abril.2009]
- MANUAL HTML, [http://www.wmaestro.com/webmaestro], [Consulta: 8 de diciembre. 2008]

# ANEXOS

## BLOQUE 1 PLANTA BAJA\_TESORERÍA

### 1.1 Información Luminarias/Ensayos

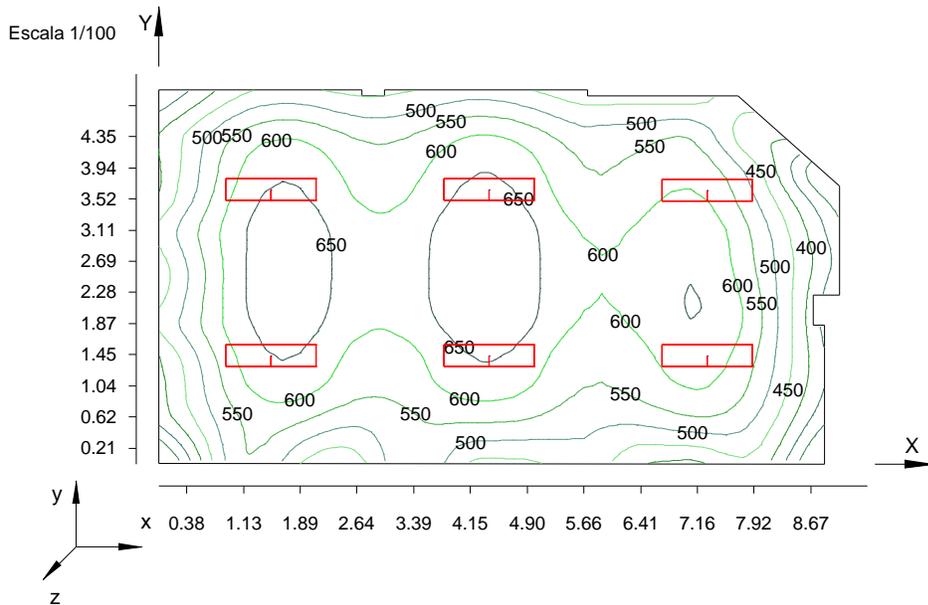
Ref.	Línea	Nombre Luminaria (Nombre Ensayo )	Código Luminaria (Código Ensayo )	Luminarias N.	Ref.Lamp.	Lámparas N.
A	LUMINARIAS: MODULAR	LUM.MODULAR T-5 2x28w (LUM. SLIM 2x28w doble parabola)	6542600 (9143200)	6	LMP-A	2

### 1.2 Información Lámparas

Ref.Lamp.	Tipo	Código	Flujo [lm]	Potencia [W]	Color [°K]	N.
LMP-A	FD 28	FH 28 W/840 HE	2600	28	4000	12

### 1.3 Curvas Isolux sobre:Plano de Trabajo

O (x:6.31 y:4.15 z:0.85)	Resultados	Medio	Mínimo	Máximo	Mín/Medio	Mín/Máx	Medio/Máx
DX:0.75 DY:0.41	Illuminancia Horizontal (E)	555 lux	284 lux	690 lux	0.51 1:1.96	0.41 1:2.43	0.80 1:1.24



## BLOQUE 1 SEGUNDA PLANTA ALTA\_CISCO

### 1.1 Información Luminarias/Ensayos

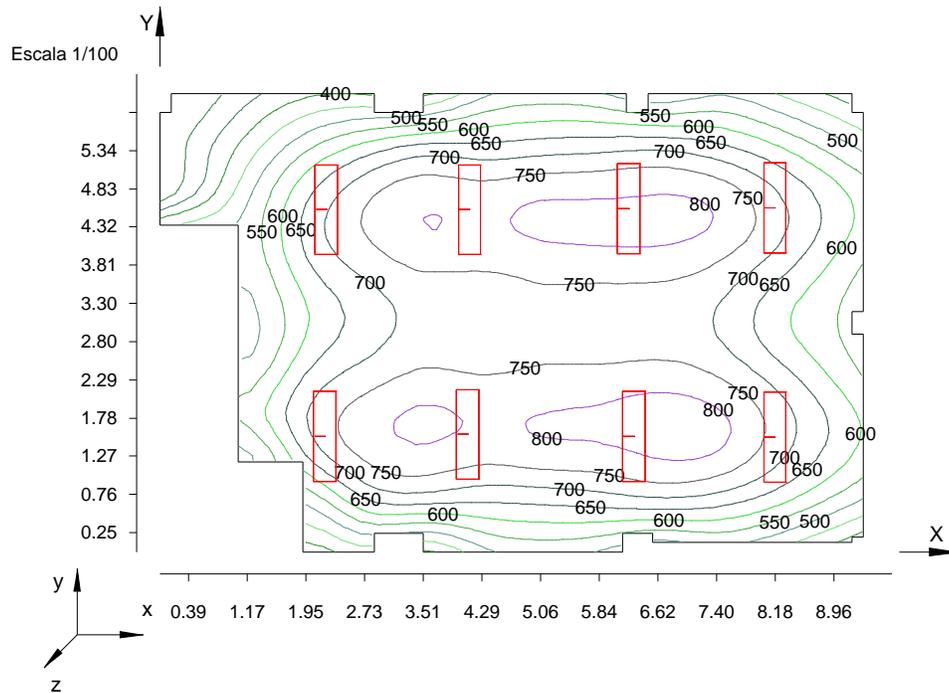
Ref.	Línea	Nombre Luminaria (Nombre Ensayo )	Código Luminaria (Código Ensayo )	Luminarias N.	Ref.Lamp.	Lámparas N.
A	LUMINARIAS: MODULAR	LUM.MODULAR T-5 2x28w (LUM. SLIM 2x28w doble parabola)	6542600 (9143200)	8	LMP-A	2

### 1.2 Información Lámparas

Ref.Lamp.	Tipo	Código	Flujo [lm]	Potencia [W]	Color [°K]	N.
LMP-A	FD 28	FH 28 W/840 HE	2600	28	4000	16

### 1.3 Curvas Isolux sobre:Plano de Trabajo

O (x:12.15 y:6.15 z:0.85)	Resultados	Medio	Mínimo	Máximo	Mín/Medio	Mín/Máx	Medio/Máx
DX:0.78 DY:0.51	Iluminancia Horizontal (E)	655 lux	271 lux	825 lux	0.41 1:2.42	0.33 1:3.05	0.79 1:1.26



## BLOQUE 1 TERCERA PLANTA ALTA\_AUDITORIO

### 1.1 Información Luminarias/Ensayos

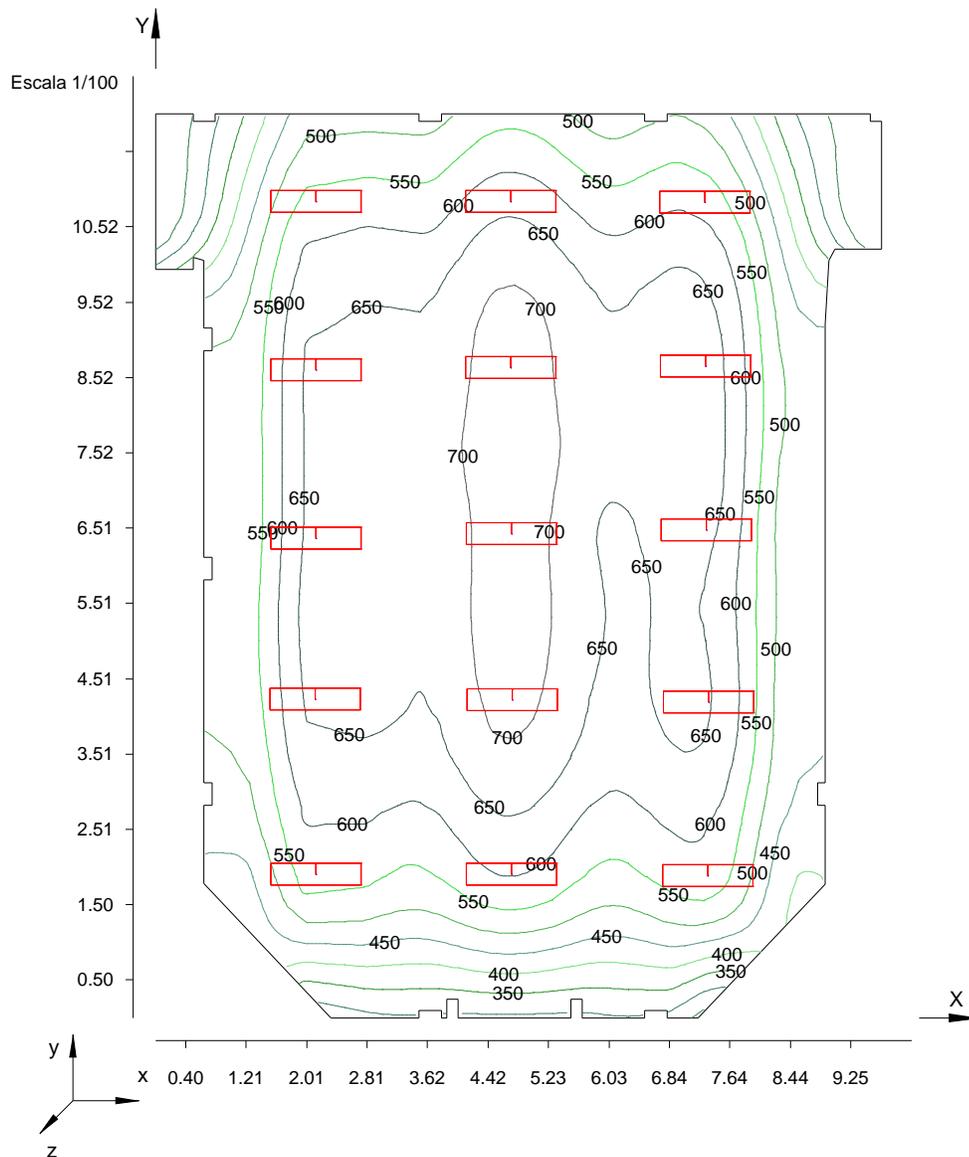
Ref.	Línea	Nombre Luminaria (Nombre Ensayo )	Código Luminaria (Código Ensayo )	Luminarias N.	Ref.Lamp.	Lámparas N.
A	LUMINARIAS: MODULAR	LUM.MODULAR T-5 2x28w (LUM. SLIM 2x28w doble parabola)	6542600 (9143200)	15	LMP-A	2

### 1.2 Información Lámparas

Ref.Lamp.	Tipo	Código	Flujo [lm]	Potencia [W]	Color [°K]	N.
LMP-A	FD 28	FH 28 W/840 HE	2600	28	4000	30

### 1.3 Curvas Isolux sobre:Plano de Trabajo

O (x:14.85 y:0.15 z:0.85)	Resultados	Medio	Mínimo	Máximo	Mín/Medio	Mín/Máx	Medio/Máx
DX:0.80 DY:1.00	Illuminancia Horizontal (E)	568 lux	222 lux	722 lux	0.39 1:2.56	0.31 1:3.26	0.79 1:1.27



### 1.1 Información Luminarias/Ensayos

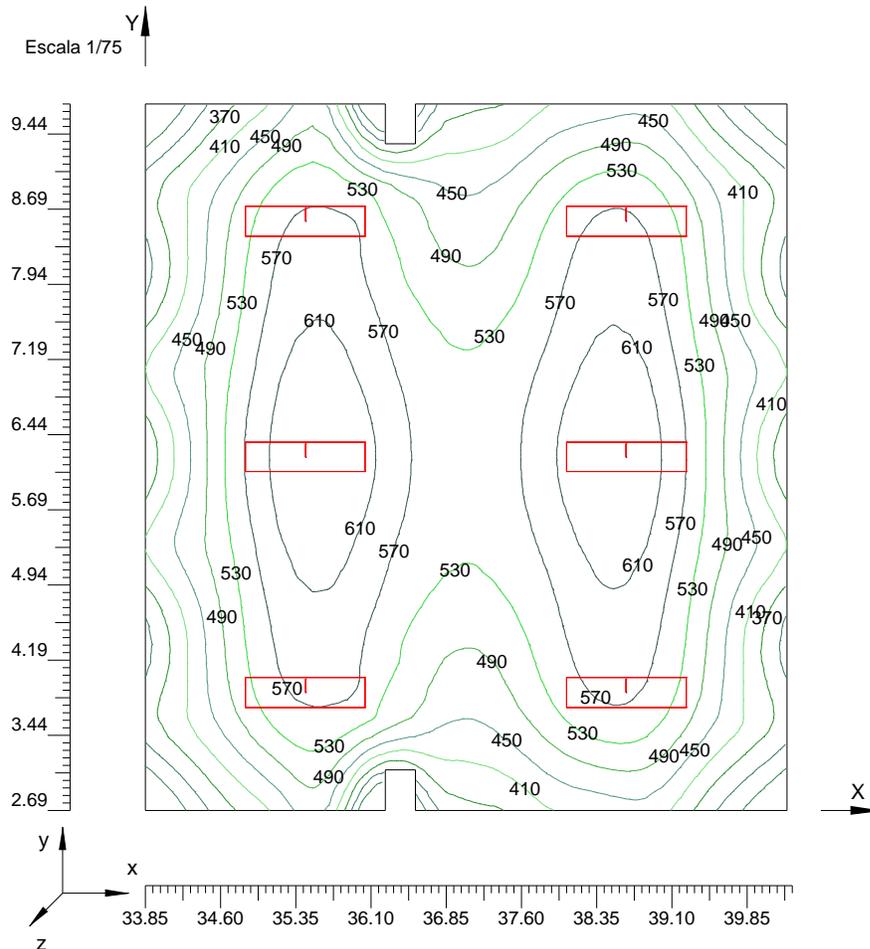
Ref.	Línea	Nombre Luminaria (Nombre Ensayo )	Código Luminaria (Código Ensayo )	Luminarias N.	Ref.Lamp.	Lámparas N.
A	LUMINARIAS: MODULAR	LUM.MODULAR T-5 2x28w (LUM. SLIM 2x28w doble parabola)	6542600 (9143200)	6	LMP-A	2

### 1.2 Información Lámparas

Ref.Lamp.	Tipo	Código	Flujo [lm]	Potencia [W]	Color [°K]	N.
LMP-A	FD 28	FH 28 W/840 HE	2600	28	4000	12

### 1.3 Curvas Isolux sobre:Plano de Trabajo

O (x:33.85 y:2.69 z:0.85)	Resultados	Medio	Mínimo	Máximo	Mín/Medio	Mín/Máx	Medio/Máx
DX:0.53 DY:0.59	Iluminancia Horizontal (E)	505 lux	288 lux	640 lux	0.57 1:1.75	0.45 1:2.22	0.79 1:1.27



COLEGIO SEGUNDA PLANTA ALTA AULA9

1.1 Información Luminarias/Ensayos

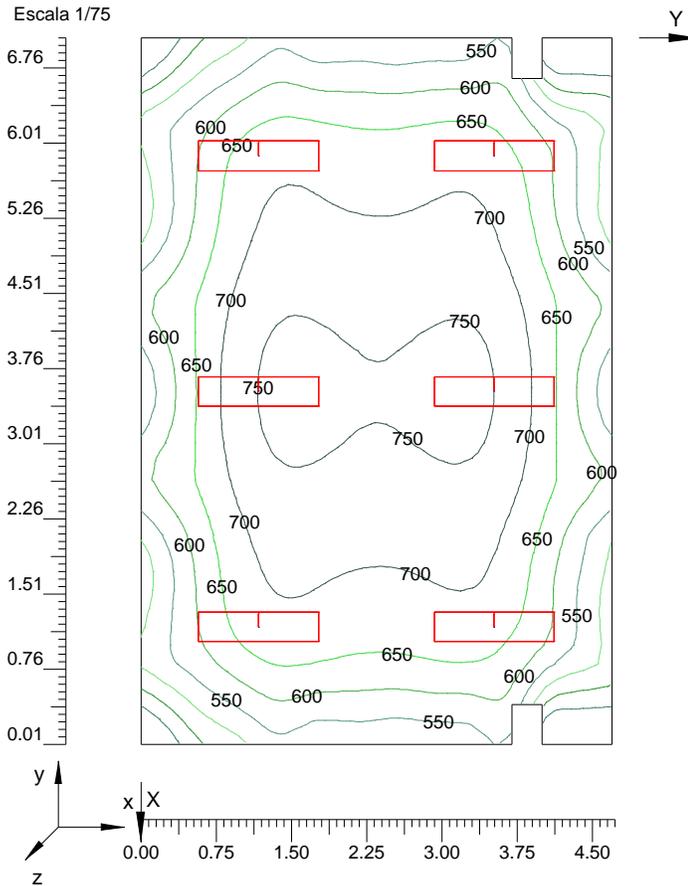
Ref.	Línea	Nombre Luminaria (Nombre Ensayo)	Código Luminaria (Código Ensayo)	Luminarias N.	Ref.Lamp.	Lámparas N.
A	LUMINARIAS: MODULAR	LUM.MODULAR T-5 2x28w (LUM. SLIM 2x28w doble parabola)	6542600 (9143200)	6	LMP-A	2

1.2 Información Lámparas

Ref.Lamp.	Tipo	Código	Flujo [lm]	Potencia [W]	Color [°K]	N.
LMP-A	FD 28	FH 28 W/840 HE	2600	28	4000	12

1.3 Curvas Isolux sobre:Plano de Trabajo

O (x:0.30 y:9.74 z:0.85)	Resultados	Medio	Mínimo	Máximo	Mín/Medio	Mín/Máx	Medio/Máx
DX:0.59 DY:0.39	Illuminancia Horizontal (E)	642 lux	380 lux	761 lux	0.59 1:1.69	0.50 1:2.00	0.84 1:1.19



COLEGIO TERCERA PLANTA ALTA AULA1

1.1 Información Luminarias/Ensayos

Ref.	Línea	Nombre Luminaria (Nombre Ensayo)	Código Luminaria (Código Ensayo)	Luminarias N.	Ref.Lamp.	Lámparas N.
A	LUMINARIAS: MODULAR	LUM.MODULAR T-5 2x28w (LUM. SLIM 2x28w doble parabola)	6542600 (9143200)	9	LMP-A	2

1.2 Información Lámparas

Ref.Lamp.	Tipo	Código	Flujo [lm]	Potencia [W]	Color [°K]	N.
LMP-A	FD 28	FH 28 W/840 HE	2600	28	4000	18

1.3 Curvas Isolux sobre:Plano de Trabajo

O (x:48.47 y:2.69 z:0.85)	Resultados	Medio	Mínimo	Máximo	Mín/Medio	Mín/Máx	Medio/Máx
DX:0.66 DY:0.59	Iluminancia Horizontal (E)	553 lux	318 lux	708 lux	0.58 1:1.74	0.45 1:2.22	0.78 1:1.28

