



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

**TEMA: “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO
DE CONTROL DE ILUMINACIÓN DE LAS ÁREAS COMUNALES DEL
EDIFICIO TORRE DE SUITE, MEDIANTE EL USO DEL
PLC SIEMENS (LOGO 230 RCE)”**

Autor:

Montaguano Fernando

Año

2018



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

**TEMA: “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO
DE CONTROL DE ILUMINACIÓN DE LAS ÁREAS COMUNALES DEL
EDIFICIO TORRE DE SUITE, MEDIANTE EL USO DEL
PLC SIEMENS (LOGO 230 RCE)”**

Trabajo de Titulación presentado en conformidad a los requisitos establecidos
para optar por el título de
Tecnólogo en Construcciones y Domótica

Profesor Guía:

Msc. Ing. Álava Jorge

Autor:

Montaguano Fernando

Año

2018

DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA

“Declaro haber dirigido este trabajo a través de reuniones periódicas con el estudiante, orientado el conocimiento y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y cumpliendo con todas las disposiciones vigentes que regulan el Trabajo de Titulación”

Msc. Ing. Álava Jorge

C.C 1706348073

DECLARACIÓN DEL PROFESOR CORRECTOR

“Declaro haber revisado este trabajo, dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”.

Ing. Carlos Augusto Aulestia Valencia

1714965041

DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

Declaro que este trabajo es original, de mí autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en la ejecución se representaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes.

Montaguano Fernando

C.C 1712751773

AGRADECIMIENTOS

A mis Padres por ser mí apoyo en cada etapa de mi vida.

Montaguano Fernando

DEDICATORIA

Dios que es mí soporte y guía en toda mi vida.

Montaguano Fernando

RESUMEN

Un edificio inteligente debe integrarse, fusionarse al medio ambiente tanto exterior como interiormente para producir un mínimo impacto visual, además debe aprovechar todos los sistemas pasivos de climatización, ventilación e iluminación en forma natural, ayudándose o utilizando para ello todos los sistemas que sean necesarios y entre ellos, los sistemas electromecánicos eficientes. El estudio tiene como objetivo: Diseñar e implementar un sistema automatizado de control de iluminación a través de un controlador lógico programable marca Siemens (Logo Modelo 230 RCE) para el ahorro de consumo de energía en áreas comunales del Edificio Torres de Suites. La metodología utilizada fue del tipo descriptiva, inductiva y deductiva, implementando satisfactoriamente el sistema de automatizado de control de iluminación en áreas comunales del Edificio Torres de Suites, diseñando y construyendo el nuevo tablero de control automático, cambiando y acondicionando las instalaciones eléctricas del edificio.

PALABRAS CLAVES: Sistema Automatizado, Control de Iluminación.

ABSTRACT

A smart building must be integrated, merged into the environment both externally and internally to produce a minimum visual impact, and must take advantage of all passive systems of air conditioning, ventilation and lighting in a natural way, using or using all the necessary systems and among them, efficient electromechanical systems. The aim for this case of study is: "Designing and Implementing an automated system for lighting control through a Siemens programmable logic controller (Logo Model 230 RCE). This system allows to reduce energy consumption in communal areas of the "Torres de Suites" Building. The methodology types implemented in this project are descriptive, inductive and deductive. Through them, the automated system was successfully implemented at "Torres de Suites" bulding.

KEY WORDS: Automated System, Lighting Control.

ÍNDICE

| | |
|---|----|
| INTRODUCCIÓN | 1 |
| 1. GENERALIDADES | 2 |
| 1.1. Antecedentes | 2 |
| 1.2. Planteamiento del problema | 4 |
| 1.3. Objetivos | 7 |
| 1.3.1. Objetivo General | 7 |
| 1.3.1.1. Objetivos Específicos | 7 |
| 1.4. Alcance | 8 |
| 1.5. Justificación del Proyecto | 9 |
| 1.5.1. Justificación teórica | 9 |
| 1.5.2. Justificación Práctica | 10 |
| 1.5.3. Justificación metodológica | 11 |
| 1.5.3.1. Método descriptivo | 11 |
| 1.5.3.2. Método inductivo | 11 |
| 1.5.3.3. Método Deductivo | 14 |
| 2. MARCO TEÓRICO | 17 |
| 2.1. Sistemas de iluminación | 17 |
| 2.1.1. Tipos de lámpara | 18 |
| 2.1.1.1. Lámparas incandescentes | 23 |
| 2.1.1.2. Lámparas HID (Alta Intensidad de Descarga) | 24 |
| 2.1.1.3. Lámparas a base Led | 25 |
| 2.1.1.4. Lámparas de inducción | 28 |
| 2.1.1.5. Lámparas fluorescentes | 30 |
| 2.1.2. Luminarios | 31 |
| 2.1.2.1. Componentes ópticos de los luminarios | 32 |
| 2.1.2.2. Reflectancias | 33 |
| 2.1.2.3. Flujo luminoso | 34 |
| 2.1.2.4. Iluminancia | 35 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 2.1.2.5. | Intensidad luminosa | 36 |
| 2.1.2.6. | Niveles de iluminación | 36 |
| 2.1.3. | Alumbrado..... | 37 |
| 2.1.3.1. | Iluminación uniforme | 39 |
| 2.1.3.2. | Iluminación directa | 39 |
| 2.1.3.3. | Iluminación semi-directa | 40 |
| 2.1.3.4. | Iluminación semi-indirecta..... | 40 |
| 2.1.3.5. | Iluminación indirecta | 40 |
| 2.1.4. | Medición de luminancia..... | 40 |
| 2.2. | Equipos | 41 |
| 2.2.1. | Balastos | 41 |
| 2.3. | Dispositivos de control..... | 42 |
| 2.3.1. | Sensores | 42 |
| 2.3.1.1. | Sensor ocupacional | 43 |
| 2.3.1.2. | Sensor fotoeléctrico | 44 |
| 2.3.1.3. | Sensor horario | 44 |
| 2.3.1.4. | Sensores de movimiento..... | 44 |
| 2.3.2. | Temporizadores | 45 |
| 2.4. | Sistema de control automatizado | 45 |
| 2.4.1. | Lógica Programable | 45 |
| 2.4.2. | Controlador Lógico Programable | 45 |
| 2.4.2.1. | Estructura básica | 46 |
| 2.4.3. | Programación del LOGO..... | 51 |
| 2.4.3.1. | Realización del circuito mediante LOGO | 58 |
| 2.4.3.2. | Modos de funcionamiento del LOGO | 53 |
| 2.4.3.3. | Software del LOGO..... | 54 |
| 2.4.3.4. | Ventajas del software del LOGO..... | 56 |
| 2.4.3.5. | Modo simulación | 56 |
| 2.4.3.6. | Funciones Específicas | 57 |
| 3. | EJECUCIÓN DEL PROYECTO | 58 |

| | |
|---|----|
| 3.1. Diagnóstico del estado real de las instalaciones eléctricas | 61 |
| 3.1.1. Procedimientos realizados en el diagnóstico del estado real de las instalaciones eléctricas | 62 |
| 3.1.1.1. Procedimiento de medida con el luxómetro | 63 |
| 3.1.2. Protocolo de medición de continuidad de la puesta tierra | 64 |
| 3.1.1.2. Ensayo en ambas polaridades | 65 |
| 3.1.1.3. Procedimiento en caso de fallar la continuidad | 66 |
| 3.2. Necesidades de niveles de iluminación de las áreas comunales del Edificio Torres de Suites..... | 67 |
| 3.3. Descripción del sistema eléctrico de las áreas comunales del Edificio Torres de Suite..... | 68 |
| 3.3.1. Descripción del sistema eléctrico del lobby | 68 |
| 3.3.1.1. Tablero LB- 1 | 68 |
| 3.3.1.2. Tablero CL-LB (Tablero Especial)..... | 70 |
| 3.3.1.3. Tablero TP- G1 (Tablero Especial) | 72 |
| 3.3.1.4. Tablero TP- G2 (Tablero Especial) | 74 |
| 3.3.2. Descripción del sistema de iluminación del lobby | 75 |
| 3.3.3. Descripción del sistema eléctrico del piso 1 y 2 | 77 |
| 3.3.3.1. Tablero S1-14 | 77 |
| 3.3.4. Descripción del sistema de iluminación del piso 1 y 2..... | 79 |
| 3.3.5. Encuesta para determinar los horarios de tránsito peatonal a utilizar en la programación del LOGO 230 RCE | 80 |
| 3.3.6. Encuesta | 84 |
| 3.4. Configuración y Programación del sistema automatizado de control de iluminación a través de un Logo Modelo 230 RCE | 86 |
| 3.4.1. Descripción técnica del Logo Modelo 230 RCE | 86 |
| 3.4.2. Requerimientos del sistema | 87 |
| 3.4.3. Descripción y ubicación de los registros de memoria de entrada/ salidas del LOGO 230 RCE sistema de iluminación del Lobby..... | 91 |

| | | |
|----------|---|------------|
| 3.4.4. | Descripción y ubicación de los registros de memoria de entrada/ salidas del LOGO 230 RCE sistema de iluminación del Piso 1..... | 92 |
| 3.4.5. | Programación del sistema de iluminación del Lobby mediante el LOGO 230 RCE | 93 |
| 3.4.6. | Programación del sistema de iluminación del Piso 1 mediante el LOGO 230 RCE | 94 |
| 3.4.7. | Simulación de la programación del Lobby..... | 95 |
| 3.4.8. | Simulación de la programación del Piso 1 y similares..... | 98 |
| 3.4.9. | Funcionamiento del sistema..... | 100 |
| 3.5. | Diseño de la caja de control automático para el sistema de iluminación del lobby y piso 1 | 101 |
| 3.5.1. | Materiales a utilizar | 101 |
| 3.5.2. | Diagrama de conexiones de la caja de control automático para el sistema de iluminación del Lobby y Piso 1 | 102 |
| 3.6. | Implementación del sistema automatizado de control de iluminación a través Logo Modelo 230 RCE..... | 104 |
| 3.6.1. | Pasos para la implementación del sistema automatizado de control de iluminación a través del logo Modelo 230 RCE | 104 |
| 3.6.1.1. | Montaje de la caja de control | 104 |
| 3.7. | Memoria técnica del proyecto..... | 109 |
| 3.7.1. | Aspectos Generales..... | 109 |
| 3.7.2. | Áreas automatizadas..... | 109 |
| 3.7.3. | Alcance del Estudio..... | 110 |
| 3.7.4. | Descripción del Estudio..... | 110 |
| 3.7.4.1. | Tablero principal | 110 |
| 3.7.4.2. | Iluminación..... | 110 |
| 3.7.4.3. | Normativa..... | 110 |
| 3.7.4.4. | Pruebas..... | 110 |
| 4. | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 112 |
| 4.1. | Conclusiones..... | 112 |
| 4.2. | Recomendaciones..... | 112 |

| | |
|------------------|-----|
| REFERENCIAS..... | 114 |
|------------------|-----|

ÍNDICE DE FIGURAS

| | | |
|-----------|--|----|
| Figura 1 | Árbol del Problema..... | 6 |
| Figura 2 | Actividades para el levantamiento de planos eléctricos. | 12 |
| Figura 3 | Tipos de Lámparas..... | 18 |
| Figura 4 | Lampara Incandescentes. | 23 |
| Figura 5 | Lampara de HID. | 25 |
| Figura 6 | Lamparas a base Led..... | 26 |
| Figura 7 | Beneficios de la Iluminación LEDs. | 27 |
| Figura 8 | Lámparas de inducción. | 28 |
| Figura 9 | Partes de una Lampara Fluorescente. | 30 |
| Figura 10 | Tipos de Luminarias. | 31 |
| Figura 11 | Partes de una Luminaria. | 31 |
| Figura 12 | Reflectores. | 32 |
| Figura 13 | Flujo Luminoso. | 34 |
| Figura 14 | Iluminancia. | 35 |
| Figura 15 | Intensidad luminosa de una lámpara..... | 36 |
| Figura 16 | Tipos de iluminación..... | 38 |
| Figura 17 | Luxómetro (instrumento de medición de iluminancia). | 41 |
| Figura 18 | Balastro de una lámpara de descarga..... | 42 |
| Figura 19 | Clasificación de Sensores. | 43 |
| Figura 20 | Tecnología de los sensores ocupacionales..... | 43 |
| Figura 21 | Funciones del Procesador..... | 47 |
| Figura 22 | Funciones de la Memoria de Usuario..... | 48 |
| Figura 23 | Aplicaciones de las Entradas/Salidas..... | 50 |
| Figura 24 | Tipos de Bus. | 50 |
| Figura 25 | Estructura del LOGO..... | 51 |
| Figura 26 | Diagrama de Contactos..... | 53 |
| Figura 31 | Modos de Funcionamiento. | 54 |
| Figura 32 | Funciones del LOGO Soft. | 55 |
| Figura 33 | Modo Simulación..... | 56 |
| Figura 34 | Funciones específicas del LOGO..... | 57 |

| | |
|--|----|
| Figura 27 Cableado y circuito en LOGO. | 58 |
| Figura 28 Bloque AND. | 59 |
| Figura 29 Bloque OR..... | 59 |
| Figura 30 Conexiones. | 60 |
| Figura 35 Características del Luxómetro..... | 62 |
| Figura 36 Procedimiento de medida con el Luxómetro. | 63 |
| Figura 37 Elementos de la puesta tierra de malla. | 64 |
| Figura 38 Componentes de una malla puesta tierra..... | 64 |
| Figura 39 Procedimiento en caso de fallar la continuidad. | 66 |
| Figura 40 Medición de continuidad conductores de protección y conductores equipotenciales LOW OHMIOS..... | 67 |
| Figura 41 Tablero LB-1. | 69 |
| Figura 42 Tablero CL-LB..... | 71 |
| Figura 43 Tablero TP-G1 (Tablero Especial)..... | 73 |
| Figura 44 Tablero TP-G2 (Tablero Especial)..... | 74 |
| Figura 45 Tablero S1-14. | 78 |
| Figura 46 Tránsito de 6:00 am hasta 6:00 pm en el lobby y el piso 1. | 81 |
| Figura 47 Tránsito de 6:00 pm hasta 12:00 am en el lobby y el piso 1. | 82 |
| Figura 48 Tránsito de 12:00 am hasta 6:00 am en el lobby y el piso 1. | 83 |
| Figura 49 Tránsito de 6:00 am hasta 8:00 am en el lobby y el piso 1. | 84 |
| Figura 50 Plano Isométrico Pasillo Norte. | 87 |
| Figura 51 Plano Isométrico Pasillo Sur | 88 |
| Figura 52 Plano Isométrico (vista superior)..... | 88 |
| Figura 53 Plano Isométrico (Vista Inferior). | 89 |
| Figura 54 Plano Isométrico (Lobby). | 89 |
| Figura 55 Vista frontal del lobby..... | 90 |
| Figura 56 Vista superior del Lobby..... | 90 |
| Figura 57 Vista inferior del Lobby..... | 91 |
| Figura 58 Programación del sistema de iluminación del lobby..... | 93 |
| Figura 59 Programación del sistema de iluminación del piso 1..... | 94 |
| Figura 60 Rutina de simulación del Lobby 1..... | 95 |
| Figura 61 Rutina de simulación del Lobby 2..... | 96 |

| | |
|---|-----|
| Figura 62 Rutina de simulación del Lobby 3..... | 97 |
| Figura 63 Rutina de simulación del Piso 1 y similares 1. | 98 |
| Figura 64 Rutina de simulación del Piso 1 y similares 2. | 99 |
| Figura 65 Distribución interna de elementos. | 102 |
| Figura 66 Diagrama de Conexiones del Tablero de Control del lobby. | 103 |
| Figura 67 Puntos donde se conectarán las señalizaciones..... | 105 |
| Figura 68 Tableros. | 106 |
| Figura 69 Conexiones entre borneras, LOGO, protecciones y contactores ... | 107 |
| Figura 70 Verificación de las conexiones | 108 |
| Figura 71 Puesta en marcha del sistema | 109 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|-----|
| Tabla 1 Cronograma. | 15 |
| Tabla 2 Tipos de Lámparas..... | 19 |
| Tabla 3 Lóbulo de Radiación..... | 21 |
| Tabla 4 Reflexión en algunos colores y materiales. | 33 |
| Tabla 5 Flujo Luminoso según tipo de lámpara..... | 34 |
| Tabla 6 Ejemplo de luxes. | 35 |
| Tabla 7 Niveles de iluminancia..... | 37 |
| Tabla 8 Lista de verificación..... | 61 |
| Tabla 9 Encuesta para determinar los horarios de tránsito. | 80 |
| Tabla 10 Tránsito de 6:00 am hasta 6:00 pm en el lobby y el piso 1..... | 80 |
| Tabla 11 Tránsito de 6:00 pm hasta 12:00 am en el lobby y el piso 1..... | 81 |
| Tabla 12 Tránsito de 12:00 am hasta 6:00 am en el lobby y el piso 1..... | 82 |
| Tabla 13 Tránsito de 6:00 am hasta 8:00 am en el lobby y el piso 1..... | 83 |
| Tabla 14 Datos Técnicos del LOGO 230 RCE. | 86 |
| Tabla 15 Descripción y ubicación de los registros de memoria de entrada / salidas del LOGO RCE 230 V del sistema de iluminación del Lobby..... | 91 |
| Tabla 16 Descripción y ubicación de los registros de memoria de entrada/ salidas del LOGO RCE 230 V del sistema de iluminación del Piso 1..... | 92 |
| Tabla 17 Materiales para la caja de control automático. | 101 |
| Tabla 18 Fallas..... | 111 |

INTRODUCCIÓN

La ciencia y la tecnología seguirán evolucionando con el transcurrir del tiempo y poco a poco seguirá afectando y se irá relacionando con todos los aspectos del diario vivir de todos los seres humanos, con ayuda de programas computacionales los arquitectos hoy en día pueden diseñar modernas edificaciones que contemplan no solo el aspecto estético, sino también los contextos de la telemática, tecnológico, diseñando sistemas de comunicación y control modernos y acordes a los requerimientos de los usuarios, por ello, la interrelación y combinación en las edificaciones han llevado a que surja el concepto de “edificios inteligentes”, los que deben reunir cuatro características para que se distingan de otras edificaciones y son: Flexibilidad, Seguridad, Confort y Altamente redituables y ecológicos.

De igual manera, toma gran importancia el aprovechamiento de todos los elementos pasivos tales como: la iluminación de forma natural, ventilación y climatización en los edificios inteligentes a través de sistemas electromecánicos eficientes, integrándose al medio ambiente tanto interiormente como exteriormente para producir un mínimo impacto visual.

Para diseñar un edificio inteligente se debe considerar el entorno en donde va a estar localizado, que orientación y uso se le va a dar al edificio, que diseño estructural y acabados tendrá, esto para poder planificar los sistemas necesarios para ese tipo de edificación, pues, no es igual un edificio solo de oficinas que uno que tenga oficinas y departamentos, por ejemplo. También una de las particularidades que debe poseer un edificio inteligente es el confort, se debe considerar para el diseño las necesidades de los usuarios, las actividades, niveles idóneos de iluminación y sistemas de comunicación.

1. GENERALIDADES

1.1. Antecedentes

Los edificios inteligentes surgen entre otras novedades, de la crisis energética mundial durante los años setenta, motivando a los ingenieros y arquitectos a instaurar maneras de construir edificaciones tomando en cuenta los sistemas automatizados de control. De igual manera, el ahorro y la eficiencia energética, ha sido desarrollado por los Estados Unidos desde la década de los 30 y 40 en estudios de casas solares. Así, surgen las primeras construcciones que utilizaron un mínimo consumo de energético en operación y al transcurrir el tiempo se fueron integrando servicios para optimizar la funcionalidad.

La automatización en edificaciones es una práctica muy común en Estados Unidos y en Europa. Sin embargo, en Latinoamérica no se ha difundido tan rápido como debiera. En teoría, es el ideal ámbito anteriormente descrito para el progreso de los popularmente conocidos edificios inteligentes, pero ciertamente esta no es una constante que pueda aplicarse a todo el planeta, pues no en todas las regiones se ha generado una conciencia generalizada sobre la importancia de controlar el consumo energético producto de la maniobra de los sistemas de climatización e iluminación en las edificaciones.

Particularmente, en Latinoamérica, la deficiente uniformidad en las conceptualizaciones se deriva de la ausencia de normativas que conduzcan a los dueños de nuevas edificaciones mostrar inquietud por el control energético en tiempos en donde es conocido que las temperaturas promedio del planeta han incrementado, que los índices de inseguridad aumentan (factor que invita a pensar en mayor seguridad) y que para competir en área del negocio actuales se requiere un mayor uso de las TICS (tecnologías de la comunicación y la información).

En Latinoamérica, es notoria la discrepancia de circunstancias que inician en un bajo índice de automatización, tal como sucede en América Central, a un avance progresivo que se observa en Perú. Brasil y Uruguay, toman la automatización como una moda. Mientras que Colombia, Argentina y México, mantienen una ideal directriz hacia la construcción de edificios inteligentes (Arcila, 2007).

En la Región Andina, existe un interesante desarrollo de nuevos proyectos de construcción que involucran algún grado de automatización. Un elemento definitivo la situación antes descrita es la inversión realizada por las transnacionales, instalando edificios corporativos a estas naciones, primordialmente a Colombia y a Perú, donde las políticas macroeconómicas han generado un movimiento relevante de inversiones extranjeras.

En Ecuador, el diseño y construcción de las edificaciones son realizadas de manera tradicional, es decir posee una infraestructura con instalaciones no monitoreadas, ni controladas que pueden representar aparentemente un servicio de calidad pero en comparación con los avances existentes en la actualidad en el área de la domótica, existe una gran diferencia por la eficiencia que estos representan tanto para la calidad de vida y el ahorro económico que implica para los usuarios en la vida cotidiana. Sin embargo, a corto plazo en el país surge paulatinamente edificaciones tanto públicas como privadas, con ciertas características inteligentes aún en un grado menor, consiguiendo así una mayor calidad de vida para los usuarios mediante la implementación de tecnología obteniendo una reducción del tiempo empleado en tareas, un incremento de la seguridad y ahorros en el gasto de agua, energía eléctrica.

Así mismo, la automatización en los sistemas de iluminación residenciales ha ido evolucionando con el desarrollo tecnológico, en la búsqueda del mejoramiento constante de las tecnologías y la integración de diversas plataformas de información, como parte del desarrollo en el contexto de la eficiencia energética, partiendo de la optimización de los procedimientos de operación. Inicialmente este proceso era realizado mediante sistemas controlados por relés, debido al

alto costo de instalación que estos poseían se busca una alternativa de menor costo de diseño y que cumpliera con la plena automatización, de ahí surge la lógica programada mediante el empleo del Controlador Lógico Programable (PLC), esta forma de automatizar minimiza la cantidad de relés a utilizar reduciendo los costos de diseño e instalación. Además, las nuevas funciones y necesidades de las edificaciones y usuarios, han conducido a desarrollar sistemas capaces de satisfacerlas, abriendo la posibilidad de niveles de automatización que están en capacidad de almacenar información derivada de diversas entradas (sensores, mandos, etc.), procesándolas y emitiendo órdenes a diversos actuadores, con el objetivo de conseguir seguridad, comodidad, ahorro energético y comunicaciones.

1.2. Planteamiento del problema

En la actualidad, los edificios de uso residencial han tenido que adaptarse a las nuevas necesidades de seguridad, confort y comunicación. El racional y eficiente uso de la energía ha avanzado en dirección a la eficacia energética como una definición de una cadena productiva, uno de los elementos relevantes en el desarrollo del mercado energético, son los costos relacionados con el manejo de los impactos ambientales, razón por la cual es considerado que las tecnologías limpias convocadas a satisfacer un papel primordial para garantizar el desarrollo. El problema energético en distintos países del mundo, ya no es ficción sino una realidad. Enfrentándose así, a la búsqueda de distintas posibilidades energéticas que den solución la problemática, contribuyendo con disminución de la contaminación eléctrica en la atmosfera.

En el caso del Edificio Torre de Suites, en los últimos años se ha trabajado con luces incandescentes y algunas luces fluorescentes en diferentes sectores, la edificación posee áreas: comunales, de accesos tanto vehicular como peatonal donde existe una cantidad grande de iluminación. Sin embargo, la iluminación existente, genera un consumo de energía totalmente elevado, trayendo en consecuencia un alto costo en las facturas de la empresa eléctrica para los

dueños del edificio. De igual manera, las áreas comunales están alumbradas defectuosamente, incidiendo en posibles cortocircuitos en diferentes áreas y posibles daños en luminarias. Esta situación se presenta por: materiales defectuosos, fin de la vida útil del material, falta de cultura de eficiencia energética, diseños que no coinciden con la normativa, falla del diseño, mantenimiento no realizado adecuadamente y equipos insuficientes; causando: pérdida de dinero, áreas no alumbradas idóneamente, posibles cortos circuitos en el sistema eléctrico y un sistema de iluminación ineficiente.

Tomando en cuenta, esta problemática y las necesidades de confort y eficiencia de energía se propone un sistema de iluminación automatizado a través de un controlador lógico programable (PLC), que cuente con lámparas led, sensores de movimiento y encendido automático mediante horario programados, permitiendo ahorrar energía eléctrica y regular la utilización de estas. Para que de esta forma se pueda disminuir el alto consumo de energía en las diferentes zonas del edificio y lograr con esto un ambiente eficaz y de confort para los usuarios del edificio.

Árbol de Problemas

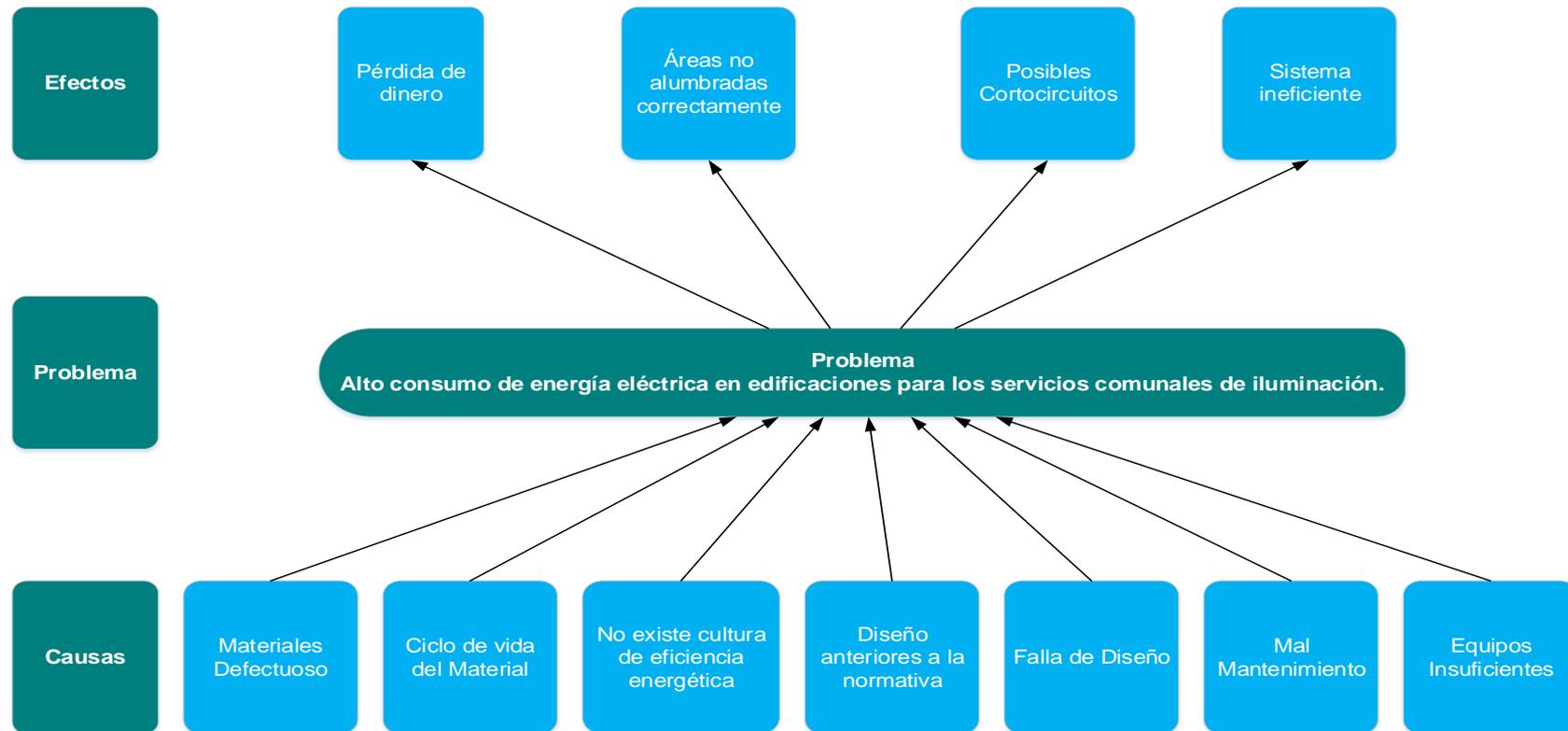


Figura 1 Árbol del Problema.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Modificar el diseño existente, implementando un sistema automatizado de control de iluminación a través de un controlador lógico programable marca Siemens (Logo Modelo 230 RCE) para optimizar el consumo de energía eléctrica en áreas comunales del Edificio Torres de Suites.

1.3.1.1. Objetivos Específicos

- Diagnosticar el estado real en las instalaciones eléctricas de las áreas comunales del Edificio Torres de Suites.
- Elaborar el levantamiento de las necesidades de iluminación de las áreas comunales del Edificio Torres de Suites.
- Realizar el levantamiento de los planos eléctrico de los circuitos actuales de las áreas comunales del Edificio Torres de Suites.
- Programar e implementar un sistema automatizado de control de iluminación a través de un controlador lógico programable marca Siemens (Logo Modelo 230 RCE) en las áreas comunales del Edificio Torres de Suites.
- Adecuar el diseño y Construir una caja de control automático para el sistema automatizado de control de iluminación en las áreas comunales del Edificio Torres de Suites.
- Elaborar la memoria técnica del sistema automatizado de control de iluminación en las áreas comunales del Edificio Torres de Suites.

1.4. Alcance

La utilización de un PLC en el control de la iluminación de ambientes residenciales permite ser flexibles en los efectos lumínicos o requerimientos de iluminación que se espera obtener debido a la flexibilidad que se tiene para el cambio de programación, menor espacio a ocupar, alta confiabilidad y la posibilidad a futuras expansión, requerimientos que caracterizan a un edificio inteligente (automatizado) que se adaptan a las transformaciones tecnológicas y estructurales. Por ello, el proyecto tiene como finalidad el mejoramiento del sistema de control para la iluminación, mediante un modelo automatizado en función a las especificaciones y necesidades de las distintas áreas comunales, ya que de esta manera se puede disminuir los costos en energía eléctrica y el funcionamiento de los sistemas de extracción del edificio.

Para el logro de este fin se diseñará e implementará un sistema automatizado de control de iluminación a través de un controlador lógico programable marca Siemens (Logo Modelo 230 RCE) en las áreas comunales del Edificio Torres de Suites. El LOGO Modelo 230 RCE será programado mediante de una interfaz ethernet que permite realizar comunicación entre el Logo y el PC. Así mismo, posee la opción de ser controlado remotamente mediante un módem local (la empresa siemens recomienda el módem INSYS). En la automatización del sistema de control de iluminación del Edificio Torres de Suites se considerará las siguientes áreas comunales específicamente: Lobby, pasillos del piso 1-2 y el estacionamiento. De igual manera, se diseñará y construirá una caja de control automático para el sistema automatizado de control de iluminación aislada. Por último, se elaborará la memoria técnica y manual de usuarios del sistema automatizado de control de iluminación. No obstante, para él estudio no se realizará conexión en red del logo.

1.5. Justificación del Proyecto

1.5.1. Justificación teórica

Toda investigación está dirigida a solucionar alguna clase de problemas, por tanto, se requiere exponer las razones que merecen ser indagadas.

Mediante los procesos obtenidos durante la formación académica, donde se ha logrado asimilar los conocimientos suficientes en la rama de domótica, control y automatización tanto industrial, comercial y residencial. Así como también, conocimientos en: Electricidad Básica, Cableado de sistemas domóticos y aplicaciones con PIC'S entre otros, los cuales han sido de beneficio para la implementación de sistemas de control y la domotización de casas y edificios en los que se logrará minimizar el consumo de energía y se mejorará la vida del usuario y se brindará un confort y en algunos casos la elegancia en los hogares.

Mediante las clases recibidas, las investigaciones y las prácticas realizadas en los distintos talleres, se logra plasmar el aprendizaje adquirido en cada una de las prácticas, se puede dar soluciones a imprevistos reales. Tales como son la iluminación de edificios, la mala distribución o inadecuada adquisición de luminarias que dan al lugar a una pérdida de consumo eléctrico en las viviendas, implicando una tarifa muy elevada, sin embargo, para el estudio se implementara la domótica en los sistemas requeridos, y con esto se lograra reducir el consumo eléctrico y bajar las planillas de pago.

A través de los estudios de cableado domóticos se espera realizar un trabajo eficiente y de los resultados esperados, ya que dicho estudio enseña la forma de cablear y conectar tanto dispositivos domóticos como los elementos de control que podemos colocar en cajas de control ubicados estratégicamente en lugares accesibles para un buen monitoreo y mantenimiento tanto preventivo como correctivo de los elementos instalados.

Mediante los conocimientos de programación (PLC) se puede diseñar varios esquemas de funcionamientos de acuerdo al requerimiento de los trabajos a realizar, se puede simular y verificar el funcionamiento antes de aplicarlo, esto sirve para comprobar si dichos circuitos cumplen con los requerimientos solicitados de ahorro de energía y de funcionalidad de las luminarias a instalar.

Se puede hacer varios circuitos de los cuales se verá el que más sea favorable para la ejecución de los requerimientos necesarios para que el edificio sea beneficiado con el ahorro de energía y de esta manera disminuir el consumo de energía eléctrica.

1.5.2. Justificación Práctica

La automatización del Edificio Torres de Suites, propone aspectos funcionales y técnicos, desde la perspectiva funcional no plantea únicamente qué funciones realizar, sino de cuándo realizarlas (en el tiempo) y cómo se realizan físicamente. Desde el aspecto técnico, se plantean aspectos como la estandarización del sistema y periféricos, así como la compatibilidad con dispositivos de otros fabricantes. El grado en el que una solución cumpla en gran o menor medida estos aspectos establecerá la capacidad de un sistema de automatización. Considerando estos factores, un diseño de iluminación para que sea eficiente debe tener las siguientes características: a) Menos puntos de iluminación respecto al diseño tradicional o respecto al sitio, actual, se reduce el menor costo de aplicación y mantenimiento. b) Uso de lámparas y luminarias más eficientes, significa menor consumo. c) Niveles de iluminación óptimos y equilibrio apropiado en los espacios, eleva la comodidad y productividad. d) Aprovechar al máximo la luz solar sin molestar a los usuarios, implicando ahorro energético y comodidad. De esta manera se beneficia a la empresa y huéspedes que reciben los servicios, garantizando un servicio de calidad en relación a la visibilidad, seguridad y el aspecto estético.

1.5.3. Justificación metodológica

1.5.3.1. Método descriptivo

Para realizar el diagnóstico del estado real en las instalaciones eléctricas de las áreas comunales del Edificio Torres de Suites. Se procederá a realizar una lista de verificación donde se revise el estado de las luminarias de las áreas comunales con el fin de conocer las condiciones de operación y manejar los horarios de mayor tránsito estableciendo los horarios de demanda máxima del servicio.

1.5.3.2. Método inductivo

Como siguiente paso se elaborará el levantamiento de las necesidades de iluminación de las áreas comunales del Edificio Torres de Suites. En esta etapa se procederá analizar la información obtenida mediante la lista de verificación, clasificando las áreas que poseen mayor necesidad y los horarios que en los que se necesita tener encendido el sistema de iluminación.

Posteriormente se realizará el levantamiento de los planos eléctrico de los circuitos actuales de las áreas comunales del Edificio Torres de Suites. Para ello se realizarán las siguientes actividades:

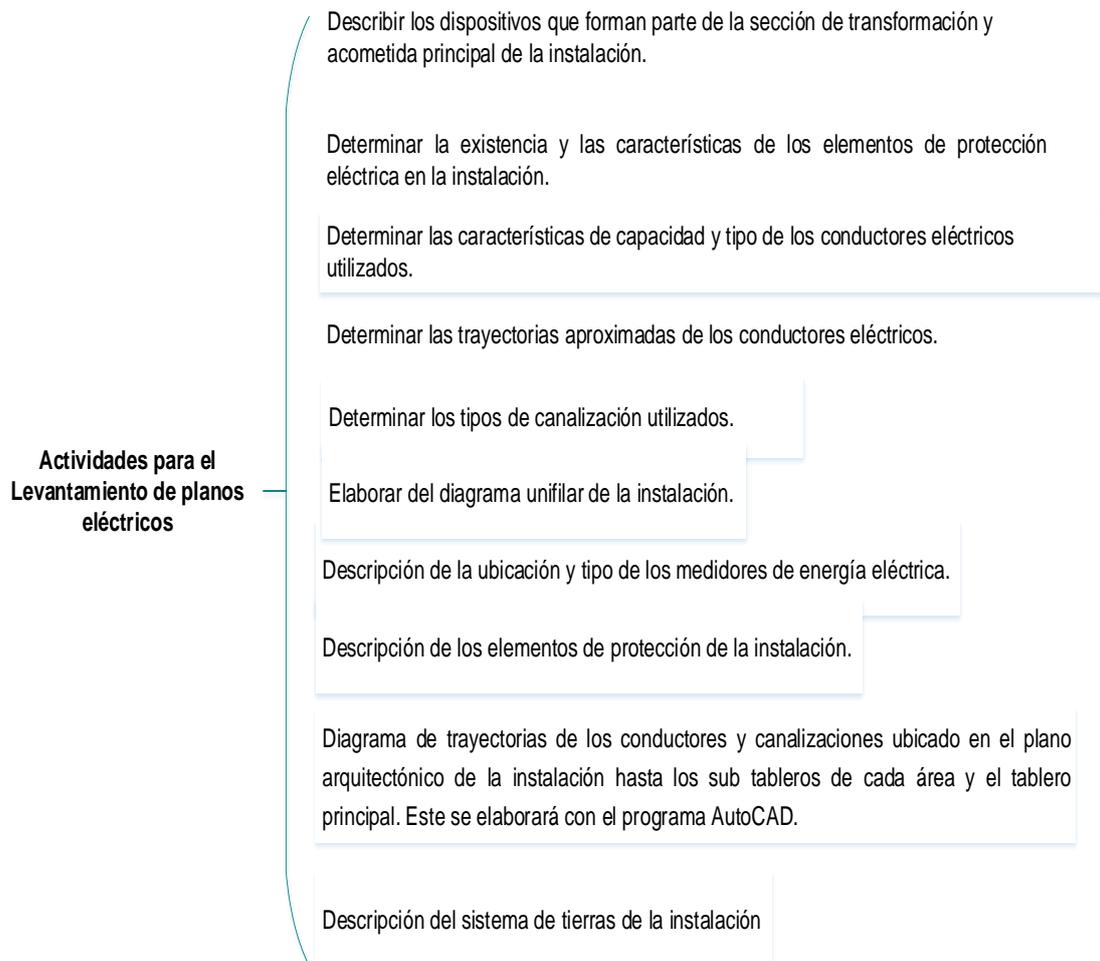


Figura 2 Actividades para el levantamiento de planos eléctricos.

De igual manera, se diseñará un sistema automatizado de control de iluminación mediante de un controlador lógico programable marca Siemens (Logo Modelo 230 RCE) en las áreas comunales del Edificio Torres de Suites. Para el diseño se considerará, cada una de las condiciones presentes en función a las áreas señaladas como problema, iniciando con una revisión por piso y sector considerando el tiempo de permanencia de la iluminación y la medición del tránsito. Posteriormente, se hará el levantamiento de los circuitos a analizar para así ejecutar un trabajo eficiente y de esta manera lograr el ahorro de consumo de energía que se plantea.

Se realizará investigaciones de los distintos PLC necesarios, luminarias y todos elemento que con lleva al buen funcionamiento del sistema. Esto se hará

conforme vaya avanzando el estudio, ya que dicha investigación abarca un gran estudio de los elementos mencionados, los cuales se detallarán si es necesario.

El diseño del sistema que permite controlar el nivel de iluminación proporcionado por las luminarias en relación al nivel de la luz natural, validando la cantidad de tránsito de los usuarios de cada una de las áreas, monitoreando todos los parámetros de operación desde un computador. De igual manera, se empleará detectores de presencia en pro de favorecer el ahorro energético, debido a que activa o desactiva servicios impidiendo que se realice un uso indiscriminado de la energía eléctrica, manteniendo encendida solo las luces y los espacios donde haya personas.

Así como también, se empleará detectores de presencias que activan o desactivan el servicio, permitiendo contar el número de activaciones para las estadísticas de tránsito. Por ejemplo, solo se mantendrán encendidas las luces y servicios en espacio donde haya presencias de personas. Dentro de las funciones de mayor relevancia que el sistema ejecutara están las siguientes:

- a) Apagado automático de fuentes de luz temporizado en función de las pausas de trabajo o fines de semanas.
- b) Ajuste de la iluminación en relación a la luz natural para condiciones óptimas de trabajo por medio de la regulación de luz constante.
- c) Iluminación automática de las áreas comunes del edificio que son pocas frecuentadas.

Posteriormente, se procederá a diseñar y construir la caja de control automático de iluminación en las áreas comunales del Edificio Torres de Suites. Implementado mediante de un controlador lógico programable marca Siemens (Logo Modelo 230 RCE).

Por último, se procederá a elaborar la memoria técnica y el manual de usuarios del sistema automatizado de control de iluminación en las áreas comunales del Edificio Torres de Suites.

1.5.3.3. Método Deductivo

En el Edificio Torre Suites se presentan las siguientes condiciones en relación al funcionamiento eléctrico:

- Encuestas
- Sectores con poca iluminación
- Aumento elevado del consumo de energía eléctrica
- Condiciones inadecuadas en las instalaciones eléctricas.
- Estadísticas de tránsito

En relación a estos aspectos, las fallas que se detectan tanto en los sistemas de control de iluminación, como en la mala distribución de las luminarias en los espacios de las áreas comunales, inciden en la satisfacción de las necesidades de los usuarios por ello, se busca corregir mediante un sistema automatizado a través de logo PLC que brindara el confort que se busca tener los edificios.

Tabla 1 Cronograma.

| Proyecto Sistema automatizado de control de iluminación para el consumo energético de las áreas comunales del Edificio Torres de Suites | MES | | | MES | | | MES | | | MES | | |
|--|-----|--|--|-----|--|--|-----|--|--|-----|--|--|
| | | | | | | | | | | | | |
| Realizar lista de verificación del estado de las luminarias | | | | | | | | | | | | |
| Revisión de áreas a rectificar | | | | | | | | | | | | |
| Investigación de sistema de control | | | | | | | | | | | | |
| Revisión de las instalaciones eléctricas actuales | | | | | | | | | | | | |
| Revisión de luminarias generales | | | | | | | | | | | | |
| Informe de levantamiento de luminarias | | | | | | | | | | | | |
| Realizar el levantamiento de los planos eléctrico de los circuitos actuales de las áreas comunales | | | | | | | | | | | | |
| a. Describir los elementos que componen la acometida principal de la instalación. | | | | | | | | | | | | |
| b. Determinar la existencia y las características de los elementos de protección eléctrica en la instalación. | | | | | | | | | | | | |
| c. Determinar las características de capacidad y tipo de los conductores eléctricos utilizados. | | | | | | | | | | | | |
| d. Determinar las trayectorias aproximadas de los conductores eléctricos. | | | | | | | | | | | | |
| e. Determinar los tipos de canalización utilizados. | | | | | | | | | | | | |
| f. Elaborar del diagrama unifilar de la instalación. | | | | | | | | | | | | |
| g. Descripción de la ubicación y tipo de los medidores de energía eléctrica. | | | | | | | | | | | | |
| h. Descripción de los elementos de protección de la instalación. | | | | | | | | | | | | |
| i. Diagrama de trayectorias de los conductores y canalizaciones ubicado en el plano arquitectónico de la instalación hasta los sub tableros de cada área y el tablero principal. Este se elaborará con el programa | | | | | | | | | | | | |
| j. Descripción del sistema de tierras de la instalación | | | | | | | | | | | | |

| Proyecto Sistema automatizado de control de iluminación para el consumo energético de las áreas comunales del Edificio Torres de Suites | MES | | | |
|--|-----|--|--|--|
| | | | | |
| Avance del trabajo | | | | |
| Diseño del sistema automatizado de control de iluminación a través de un controlador lógico programable marca Siemens (Logo Modelo 230 RCE) | | | | |
| Implementación de circuitos (Sensores) | | | | |
| Reubicación de lámparas | | | | |
| Rediseñar sistema lumínico | | | | |
| Implementar diagramas para el mantenimiento | | | | |
| Revisar cajas de distribución | | | | |
| Avance del trabajo | | | | |
| Configuración / Programación del LOGO PLC | | | | |
| Pruebas | | | | |
| Elaboración de la memoria técnica y el manual de usuarios del sistema automatizado de control de iluminación | | | | |

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Sistemas de iluminación

Un sistema de iluminación es un grupo de dispositivos, que proporcionan un alcance importante para lograr la eficiencia energética en el diseño mediante la incorporación de modernas lámparas, luminarias y engranajes eficientes energéticamente, aparte de prácticas operacionales (Dossier Control de iluminación, 2013).

Está integrado por los siguientes elementos (Dossier Control de iluminación, 2013):

- a. **Lámparas:** Son las encargadas de transformar la energía eléctrica en luminosa.
- b. **Luminarias:** son componentes que incluyen la lámpara y todos los componentes directamente asociados con la distribución, el posicionamiento y la protección de la unidad de luz. Los principios físicos básicos utilizados en las luminarias ópticas son la reflexión, absorción, transmisión y refracción.
- c. **Balastro:** Es un dispositivo limitador de corriente, para contrarrestar las características de resistencia negativa de cualquier lámpara de descarga. En el caso de lámparas fluorescentes, ayuda a la acumulación inicial de tensión, necesaria para el arranque.
- d. **Dispositivos de control:** Los dispositivos de control se utilizan para "encender" o "apagar" el flujo de corriente en un circuito eléctrico. Los dispositivos de control incluyen una variedad de interruptores, relés y solenoides. (Dossier Control de iluminación, 2013).

2.1.1. Tipos de lámpara

Las lámparas son la parte fundamental de un sistema de iluminación, se clasifican en (Dossier Control de iluminación, 2013):

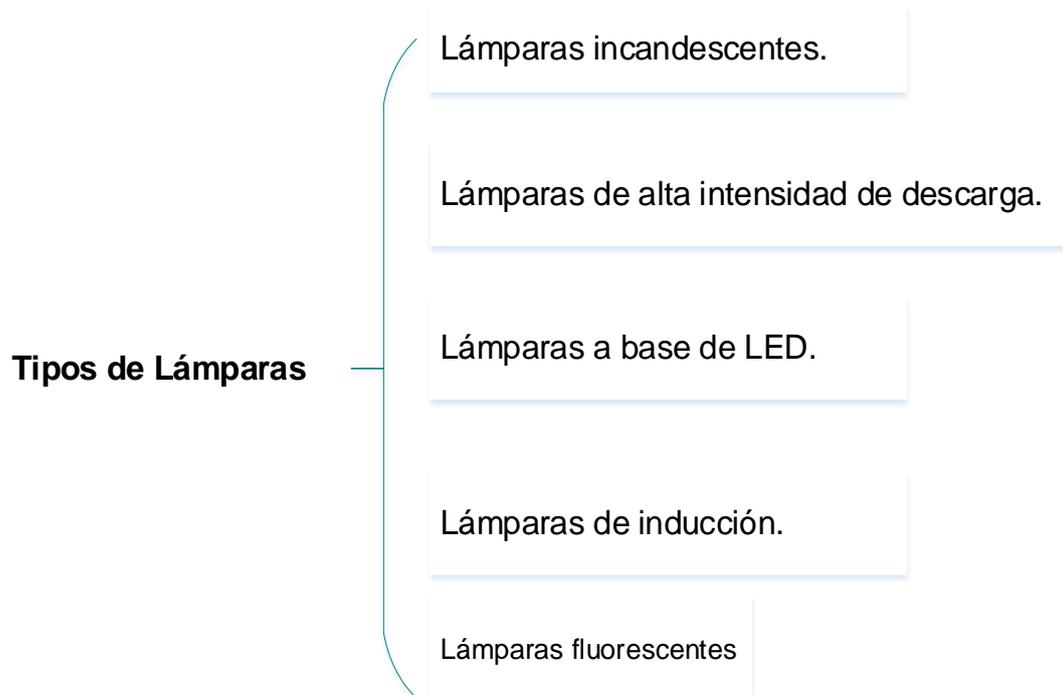


Figura 3 Tipos de Lámparas
Tomado de: Dossier Control de iluminación (2013).

Tabla 2 Tipos de Lámparas.

| Tipo de Lámparas | Eficacia (Lúmenes/Watt) | Vida de la lámpara (Horas) | Temperatura de Color (Kelvin) | Índice de rendimiento de color | Tiempo de Encendido (min) | Mantenimiento de flujo luminoso (%) | Capacidad para regular el flujo luminoso | Efectos de la Temperatura | Costo Inicial |
|---------------------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------------------|--------------------------------|---------------------------|-------------------------------------|--|--|---------------|
| Fluorescente compacta | 60 - 75 | 10000 | 2700 - 4100 | 82 | 0 | 83 - 87 | Con balastro dimeable | A bajas temperaturas aumenta el tiempo de encendido | Regular |
| Fluorescente lineal T8 | 80 - 95 | 20000 | 2700 - 4100 | 75 - 85 | 0 | 83 - 87 | Con balastro dimeable | A bajas temperaturas aumenta el tiempo de encendido | Bajo |
| Fluorescente lineal T5HO | 80 - 95 | 20000 | 2700 - 4100 | 75 - 85 | 0 | 90 - 95 | Con balastro dimeable | Salida completa a 35 °C, a menores temperaturas se incrementa el tiempo de encendido | Regular |
| Inducción | 60 - 75 | 100000 | 3000 - 4000 | 80+ | 0 | 80 | En desarrollo | Las bajas temperaturas hacen que disminuya el flujo luminoso | Muy alto |
| Aditivos metálicos | 80 - 90 | 10000 - 20000 | 3000 - 4200 | 65 - 90 | 5 a 10 | 80 - 85 | Si, pero muy caro | Ninguno | Alto |
| Sodio alta presión | 90 - 105 | 24000 | 1900 - 2100 | 21 - 85 | < 5 | 88 - 92 | No | Ninguno | Alto |
| Sodio baja presión | 100 - 160 | 16000 | 1800 | muy pobre | 7 a 15 | 100 | No | Ninguno | Regular |

| Tipo de Lamparas | Eficacia (Lúmenes/Watt) | Vida de la lámpara (Horas) | Temperatura de Color (Kelvin) | Índice de rendimiento de color | Tiempo de Encendido (min) | Mantenimiento de flujo luminoso (%) | Capacidad para regular el flujo luminoso | Efectos de la Temperatura | Costo Inicial |
|-------------------|---------------------------|----------------------------|-------------------------------|--------------------------------|---------------------------|-------------------------------------|--|---|---------------|
| Vapor de Mercurio | 35 - 55 | 24000 | 4000 - 5900 | 20 - 45 | < 10 | 60 - 65 | No | Ninguno | Regular |
| LED | Varía de acuerdo al color | 100000 | Varía de acuerdo al color | Varía de acuerdo al color | 0 | | Con fuerte variable | Las altas o bajas temperaturas ocasionan que aumente la depreciación de flujo luminoso y disminuya el tiempo de vida útil | Alto |
| Halógena | 18 - 22 | 2000 - 4000 | 2800 - 3100 | 100 | 0 | 93 - 97 | Con dimmer | Ninguno | Bajo |
| Incandescente | 15 - 18 | 1000 | 2700 - 3000 | 100 | 0 | 83 - 87 | Con dimmer | Ninguno | Bajo |

Tomado de: Dossier Control de Iluminación, (2013)

Tabla 3 Lóbulo de Radiación.

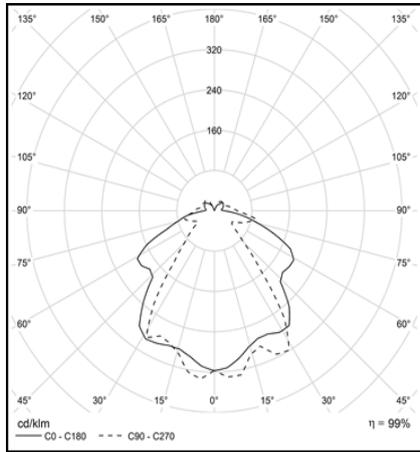
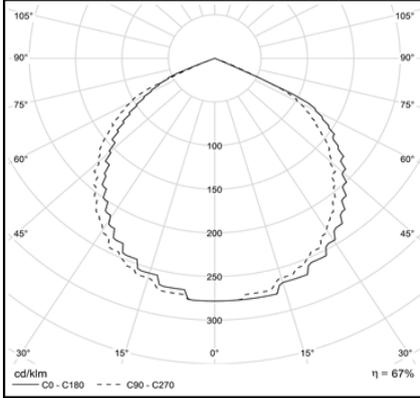
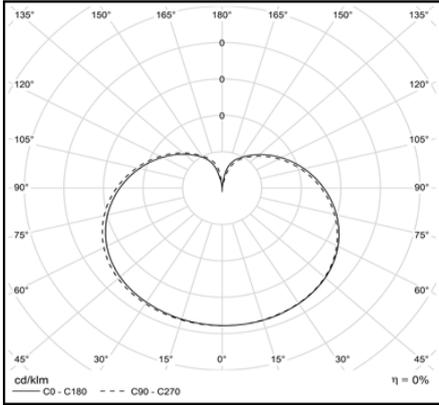
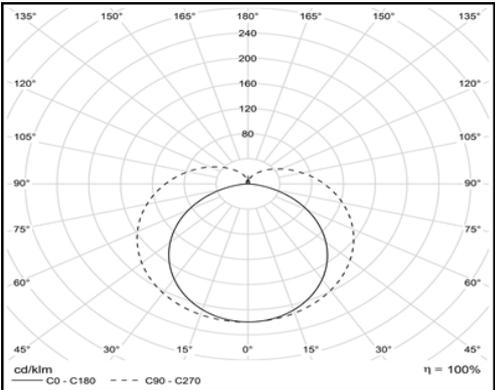
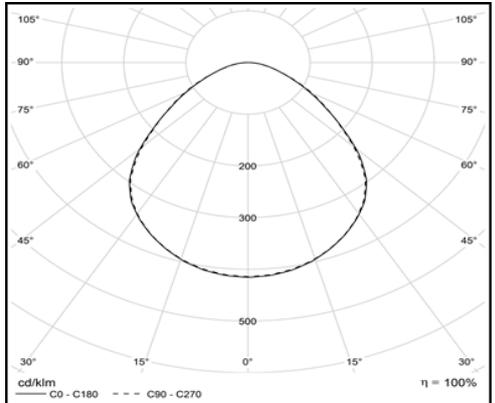
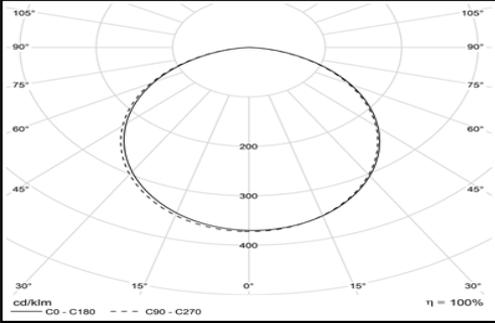
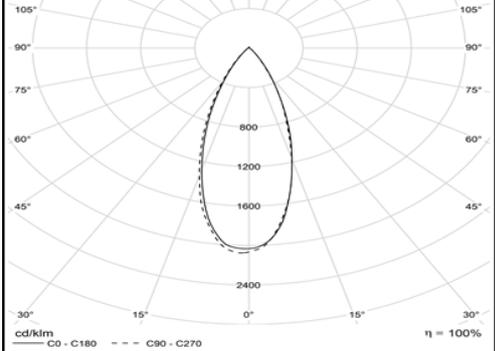
| Tipo de Lámpara | Lóbulo de Radiación |
|---|--|
| <p data-bbox="331 472 662 539">Cápsula LED G4 de 1 W de Verbatim</p>  |  |
| <p data-bbox="304 994 692 1061">Cápsula redonda LED G4 de 1,5 W de Verbatim</p>  |  |
| <p data-bbox="300 1476 695 1543">Bombilla Verbatim LED Classic A E27 7,5w</p>  |  |

Tabla 3 Lóbulo de Radiación (Continuación).

| Tipo de Lámpara | Lóbulo de Radiación |
|---|--|
| <p data-bbox="268 405 756 465">Verbatim LED Tube T8 G13 1500 mm 23 W 2950 lm</p>  |  |
| <p data-bbox="296 831 727 891">Verbatim LED Panel 40W 4000 K 4000 lm 600 x 600 PRISM</p>  |  |
| <p data-bbox="264 1196 759 1256">Verbatim LED Slim Downlight 160 mm 16 W 3000 K</p>  |  |
| <p data-bbox="280 1644 740 1675">LED PAR16 GU10 5 w de Verbatim</p>  |  |

Tomado de: Dossier Control de Iluminación, (2013)

2.1.1.1. Lámparas incandescentes

Las lámparas incandescentes producen luz por medio de un filamento calentado a incandescencia por el flujo de corriente eléctrica a través de él. Las partes principales de una lámpara incandescente, conocida como lámpara GLS (General Lighting Service) incluye el filamento, la bombilla, el gas de llenado y la tapa. Esta produce luz al calentar un filamento de alambre dentro de un bulbo con una corriente eléctrica. Debido a que el filamento, generalmente de tungsteno, se quema del calor, el bulbo se llena con un gas no reactivo, como el argón, que protege el alambre de la quema. Las lámparas incandescentes sólo convierten alrededor del 5% de su energía en luz, con la energía restante convertida en calor. La lámpara incandescente se suele medir como una producción de 16 lúmenes por vatio. Una bombilla fluorescente compacta a velocidades de 60 lúmenes por vatio, en comparación con hasta 150 lúmenes para algunas lámparas LED. (Caminos, 2011).

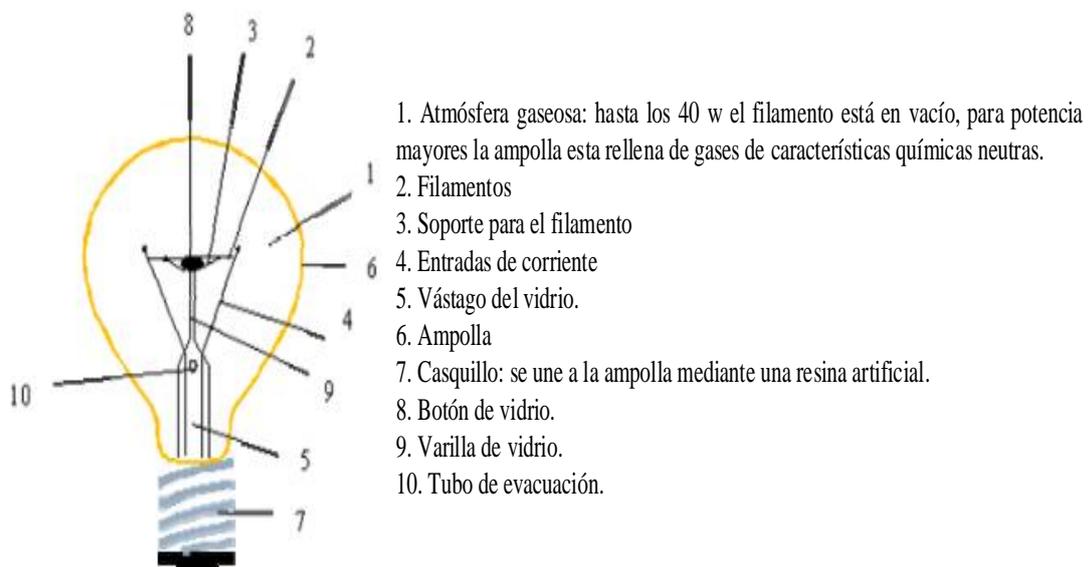


Figura 4 Lámpara Incandescentes.
 Tomado de: Caminos, (2011).

Características de duración de una lámpara incandescentes

Las lámparas eléctricas incandescentes producen luz porque los filamentos se calientan eléctricamente a temperaturas elevadas que una parte de la energía radiante que emiten es visible a los ojos. Según las leyes conocidas de la radiación, la mayor la temperatura de funcionamiento, mayor energía radiada y dentro de los límites de filamentos, cuanto mayor sea la temperatura, la mayor proporción de la energía radiante es visible para el ojo humano. Estas leyes fundamentales de la incandescencia conducen a la utilización de filamentos de lámparas de alto punto de fusión punto. El primer filamento práctico era el carbono. Luego vinieron filamentos de metal de osmio, tántalo y finalmente tungsteno. El carbono, aunque tiene un punto de fusión muy alto está limitado como un filamento debido al alto vapor presión. De hecho, en vacío y bajo corriente presiones, pasa directamente del sólido a vapor. Los filamentos de carbono se subliman rápidamente en la incandescencia y esto acorta la vida de la lámpara en alto temperaturas del filamento. Por un período razonable de vida, es necesario mantener pulsada la temperatura de los filamentos de carbono (Caminos, 2011).

Normalmente operan a una temperatura de aproximadamente 2000 °K a que producirán alrededor de cuatro lúmenes de luz por cada vatio de electricidad consumida. La vida útil, consumo de luz y potencia de las características varían relativamente poco en voltaje. Todos estos hechos que favorecen el tungsteno revelar por qué sigue siendo la luz más importante fuente y será por algún tiempo por venir (Caminos, 2011).

2.1.1.2. Lámparas HID (Alta Intensidad de Descarga)

Contienen gases nobles como el neón, Kriptón o argón, para producir niveles muy altos de salida de luz, manteniendo una larga vida media. Las bombillas HID se utilizan en conjunción con un lastre para permitirles iniciar y regular la potencia mientras están en funcionamiento. Las lámparas HID son a menudo la primera

opción para el uso en ambientes que requieren tanta potencia luminosa por vatio como sea posible en una gran área, como en gimnasios y almacenes y para uso en iluminación de calles. Las lámparas HID tienen típicamente una representación baja del color, y emitirán un blanco muy fresco o muy caliente. Esta familia de lámparas contiene algunas de las lámparas más eficaces. Todas son fuentes de luz no direccionales, y todos requieren un lastre para la operación. Algunas lámparas de vapor de mercurio blanco tienen revestimientos de fósforo y tienen mejores cualidades de color que las lámparas claras. Aunque son más eficaces y económicas que las lámparas incandescentes, lámparas de vapor de mercurio no son tan eficaces como la mayoría de las lámparas HID de salida de luz equivalente (García E. , 2006).

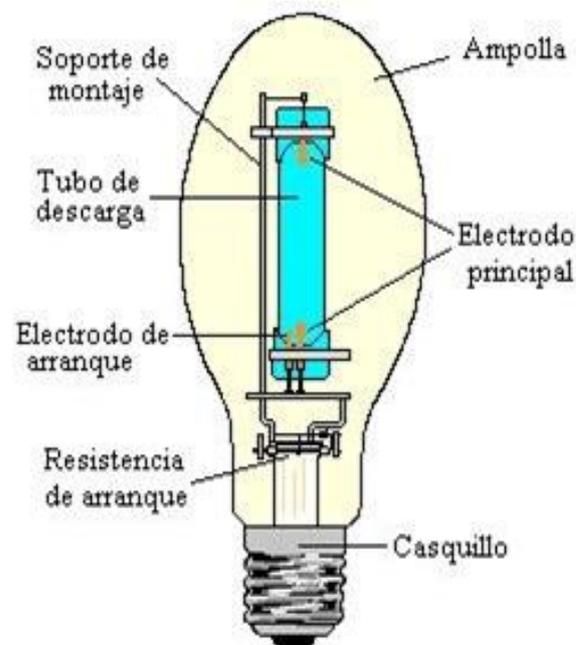


Figura 5 Lámpara de HID.
Tomado de: García, (2006)

2.1.1.3. Lámparas a base Led

Es un componente electrónico que emite luz, se puede decir que es una pequeña lámpara de estado sólido. Los LED operan con CD (corriente directa) por tanto se requiere tener una fuente especial para el funcionamiento. Los LED producen

un haz estrecho y direccional lo que los hace ideales para iluminación de emergencia, decorativa y señales de tránsito. Sin embargo, con el incremento de la eficacia y el progreso de luminarios han hecho que la aplicación de los LEDS sea posible en otras áreas, ya que actualmente existen diversos tipos de lámparas hechas a base de LEDS, se realizan arreglos de estos y se disponen dentro de un bulbo para tener un equivalente a las lámparas existentes y con temperaturas de color mayores a los 3000 K (GREENPEACE, 2008).



Figura 6 Lámparas a base Led.
Tomado de: General Electric, (2017).

La iluminación por LED es de gran provecho en relación a otras variedades de iluminación (GREENPEACE, 2008):

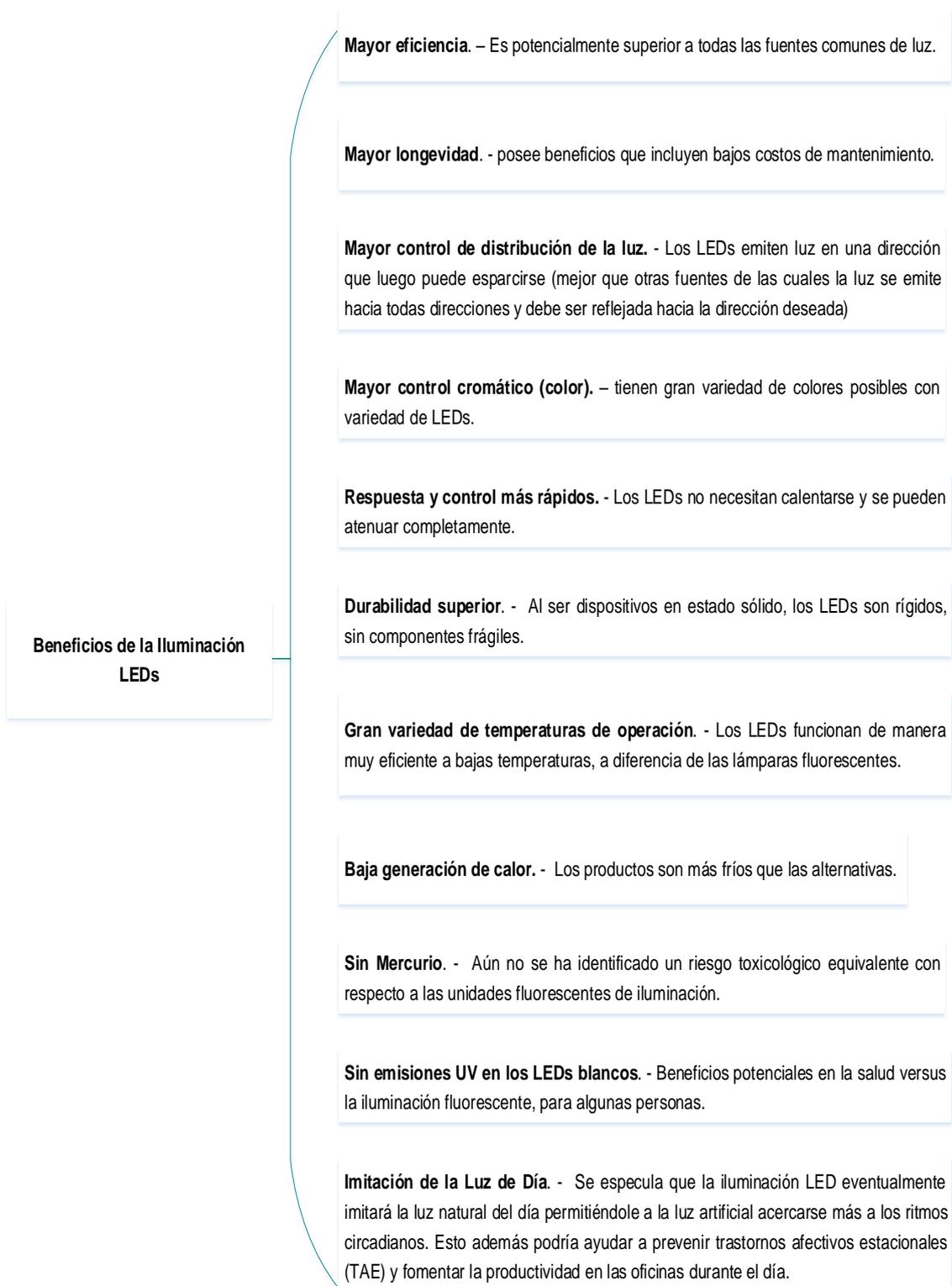


Figura 7 Beneficios de la Iluminación LEDs.
Tomado de: GREENPEACE, (2008).

2.1.1.4. Lámparas de inducción

Lámparas que producen luz como resultado de una descarga eléctrica, generada por una bobina de inducción, en un vapor de mercurio de baja presión que está contenido en un tubo transparente o recipiente cuyo interior está recubierto con polvo fluorescente que convierte la parte ultravioleta de la radiación emitida de la descarga en luz visible. Las lámparas de inducción, como las lámparas fluorescentes, pertenecen a la familia de las lámparas de descarga de gas de mercurio de baja presión. A diferencia de otras lámparas de descarga no tienen electrodos, por lo que también se les llama "lámparas sin electrodos". La consecuencia de no tener electrodos es una vida económica muy larga de alrededor de 60.000-75.000 h. Esta larga vida es también la característica principal de las lámparas de inducción. Encuentran su aplicación en situaciones donde el reemplazo de la lámpara es casi imposible o muy costoso. (LUZTECO, 2016).

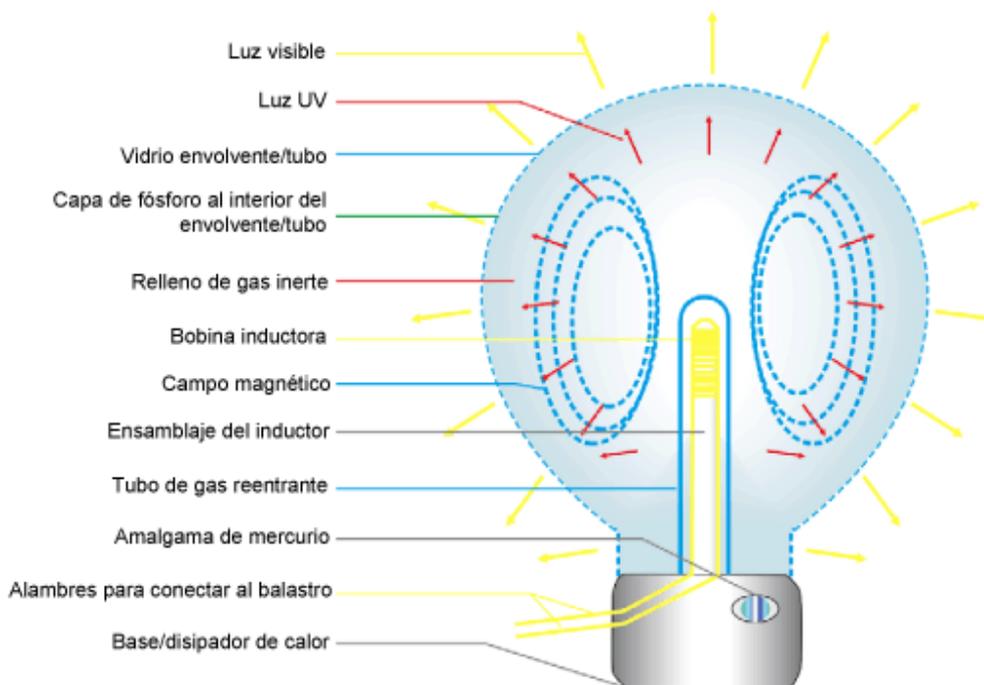


Figura 8 Lámparas de inducción.
Tomado de: LUZTECO, (2016).

Ventajas de las lámparas de inducción magnética

- Vida útil más larga, sin electrodos, los electrodos fallan en lámparas fluorescentes normales acortando la vida, el tungsteno se adelgaza y frena.
- El tubo sellado, por no tener electrodos el tubo puede ser perfectamente sellado, cuando los sellos van mal en las lámparas fluorescentes regulares escapes del gas a través de la debilidad y de la lámpara falla.
- Energía eficiente, a menudo 80+ lúmenes por vatio.
- No parpadeo
- Dimmable 30 -100%
- Poder de luz en áreas pequeñas y grandes dependiendo de qué tipo de lámpara de inducción se utiliza.

Desventajas de las lámparas de inducción magnética

- Elevado precio inicial.
- Voluminoso diseño para la iluminación de gran área, el tubo de descarga es grande en comparación con las lámparas HID.
- Nueva y antigua tecnología: es nuevo: todavía es caro comprar las lámparas. Es viejo: la mayoría de las empresas que fabrican las lámparas están usando una tecnología de lastre de 20 años copiada de OSRAM y Philips. Los balastos tienen una alta tasa de fracaso.
- La tecnología es de baja comercialización.

- La interferencia radioelétrica es un problema importante que debe resolverse. Las lámparas están limitadas en uso debido a este problema.

2.1.1.5. Lámparas fluorescentes

Las lámparas fluorescentes son tubos de vidrio cilíndricos que están revestidos en el interior con fósforos. Contienen una cantidad mínima de mercurio y argón, una combinación de gases argón y neón o criptón. Durante el funcionamiento, la intensidad de corriente eléctrica pasa a través de la lámpara y el mercurio se vaporiza, produciendo luz ultravioleta. El fósforo el recubrimiento absorbe la luz ultravioleta y la re-irradia como luz visible. Las lámparas fluorescentes requieren balastos para proporcionar el voltaje de limitar la corriente eléctrica durante el funcionamiento de la misma (Castro & Posligua, 2015).

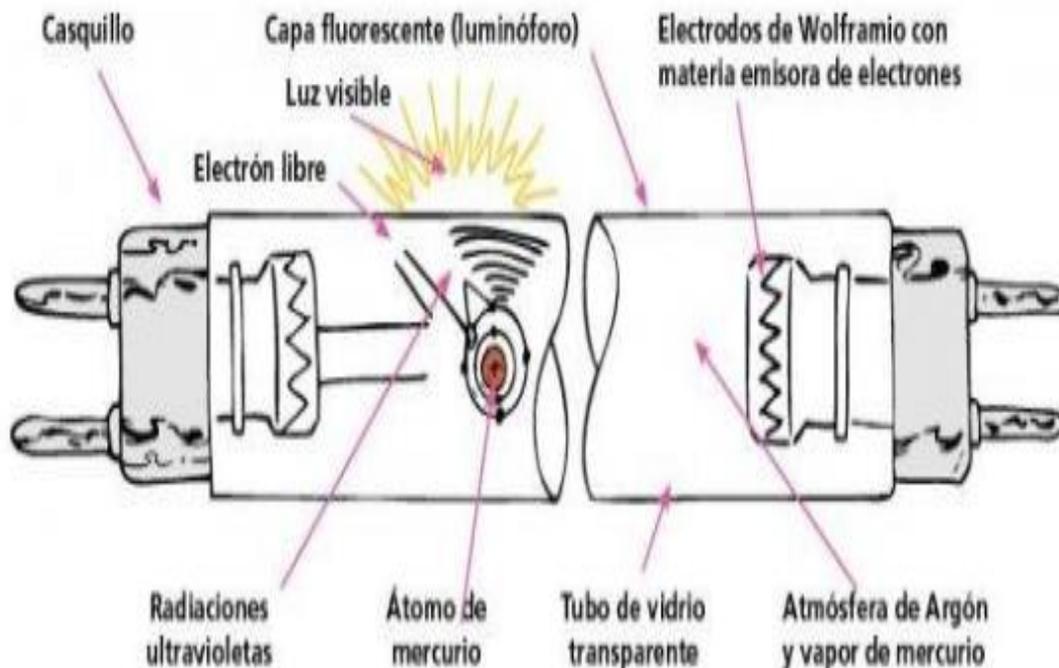


Figura 9 Partes de una Lámpara Fluorescente.
Tomado de: Castro & Posligua, (2015).

2.1.2. Luminarios

son componentes que incluyen la lámpara y todos los componentes directamente asociados con la distribución, el posicionamiento y la protección de la unidad de luz. Los principios físicos básicos utilizados en las luminarias ópticas son la reflexión, absorción, transmisión y refracción (Quilumbaqui, 2016).

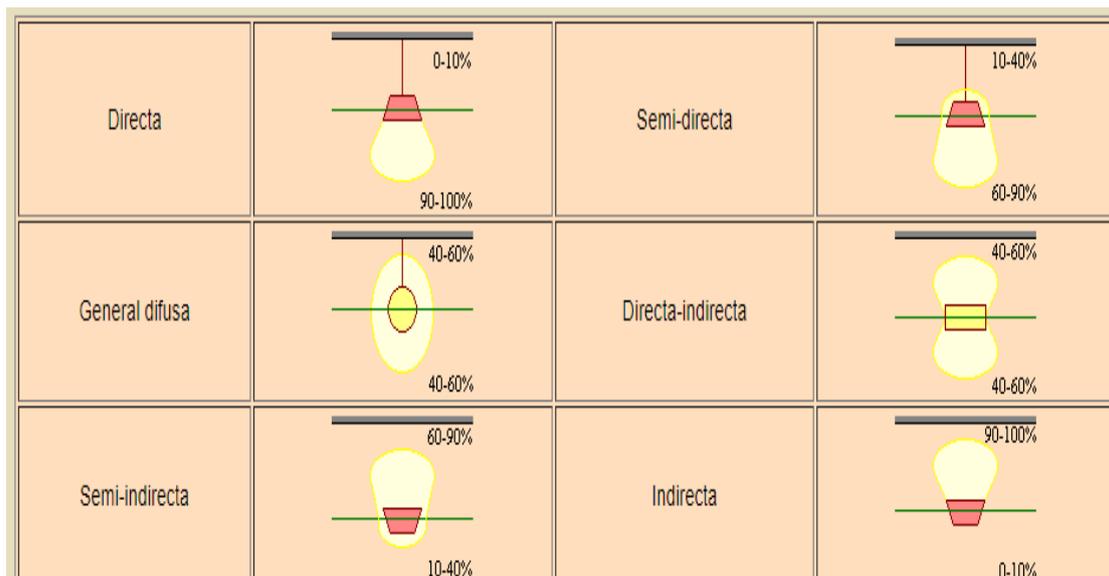


Figura 10 Tipos de Luminarias.
Tomado de: Quilumbaqui, (2016).



Figura 11 Partes de una Luminaria.
Tomado de: Quilumbaqui, (2016).

2.1.2.1. Componentes ópticos de los luminarios

En una luminaria se alojan todos los componentes eléctricos y ópticos por encima de la línea del techo. Las luminarias dirigen la luz hacia abajo y hacia una pared. El patrón de distribución de luz puede ser estrecho o ancho, intenso o difuso y proporcionar luz ambiente, pared lavado. Estas las luminarias difieren en tamaño y forma, montaje y opciones de acabado. Los principales componentes para el control de luz son los siguientes (Quilumbaqui, 2016):

- a. Reflector:** Es un componente que está diseñado ópticamente y para maximizar la eficiencia de la luminaria para un tipo particular de la lámpara dirigiendo la luz fuera de la luminaria. El reflector es típicamente hecho de aluminio especular o acero pintado de blanco. Están disponibles en varios colores, incluyendo plata, oro, bronce y blanco. Los reflectores de color claro hacen que una luminaria sea más eficiente que el color oscuro reflectores.



Figura 12 Reflectores.
Tomado de: Quilumbaqui, (2016).

- b. Refractores:** Las ondas de luz de diferentes longitudes de onda se doblan por diferentes cantidades a medida que pasan a través del vidrio u otro material, de modo que cada longitud de onda tiene un enfoque ligeramente diferente que los otros.
- c. Difusores:** Los lentes y difusores están ópticamente diseñados para crear patrones específicos de distribución de luz. Se forman de vidrio o plástico

y se sitúan en la abertura, o abertura, de la luminaria. Varios las opciones pueden ser ofrecidas por el fabricante para cada luminaria. El uso de una lente reduce la eficiencia de una luminaria.

- d. Deflectores y rejillas:** es un componente que se inserta en una luminaria empotrada que no tiene una lente o difusor. La rejilla protege las lámparas de la luminaria desde la vista directa del residente. Las repisas son de delgado metal o plástico, y consisten en tiras paralelas orientadas verticalmente, huecas cubos, panal o forma parabólica.

2.1.2.2. Reflectancias

Los valores de reflectancia expresan el porcentaje de luz que se refleja de nuevo desde una superficie, siendo la diferencia absorbida o transmitida por la superficie. Las reflectancias de las superficies de la sala se utilizan para determinar los coeficientes de utilización de las luminarias. La reflectancia también se utiliza comúnmente como criterio de evaluación para los reflectores de luminarias (Laszlo, 2015).

Tabla 4 Reflexión en algunos colores y materiales.

| Color | Refl. % | Material | Refl. % |
|-----------------|---------|-----------------|---------|
| Blanco | 70-75 | Revoque claro | 35 - 55 |
| Crema claro | 70 -80 | Revoque oscuro | 20 -30 |
| Amarillo claro | 50-70 | Hormigón claro | 30-50 |
| Verde claro | 45-70 | Hormigón oscuro | 15-25 |
| Gris claro | 45-70 | Ladrillo claro | 30-40 |
| Celeste claro | 50-70 | Ladrillo oscuro | 15-25 |
| Rosa claro | 45-70 | Mármol blanco | 60-70 |
| Marrón claro | 30-50 | Granito | 15-25 |
| negro | 04-jun | Madera clara | 30-50 |
| Gris oscuro | oct-20 | Madera oscura | oct-25 |
| Amarillo oscuro | 40-50 | Vidrio plateado | 80-90 |
| Verde oscuro | oct-20 | Aluminio mate | 55-60 |
| Azul oscuro | oct-20 | Aluminio pulido | 80-90 |
| Rojo oscuro | oct-20 | Acero pulido | 55-65 |

Tomado de: Laszlo, (2015).

2.1.2.3. Flujo luminoso

El flujo luminoso es una expresión cuantitativa del brillo de una fuente de luz visible, que es energía electromagnética dentro del rango de longitudes de onda de aproximadamente 390 nanómetros (nm) a 770 nm. Esta cantidad se mide en términos de la potencia emitida por unidad de ángulo sólido de un radiador isotrópico, una fuente teórica punto que irradia por igual en todas las direcciones en el espacio tridimensional. La unidad estándar de flujo luminoso es el lumen (lm). Reducido a unidades de base en el Sistema Internacional de Unidades (SI), 1 lm equivale a 1 candela esteradiana ($\text{cd} \cdot \text{sr}$). Esto es lo mismo que $1,46 \text{ mW}$ ($1,46 \times 10^{-3} \text{ W}$) de potencia radiante a una longitud de onda de 555 nm, que se encuentra en el centro del espectro visible. (Obralux, 2014).

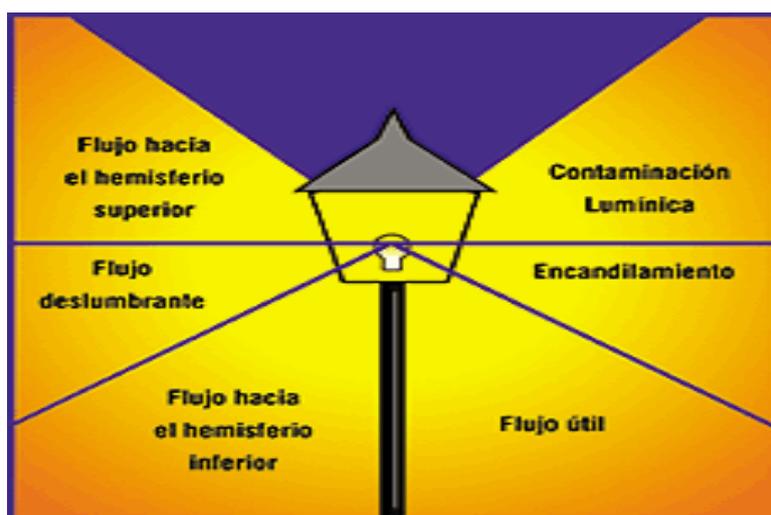


Figura 13 Flujo Luminoso.
Tomado de: Tarea de Física, (2009).

Tabla 5 Flujo Luminoso según tipo de lámpara.

| Tipo de Lámpara | Flujo luminoso (lm) |
|----------------------------------|---------------------|
| Lámpara incandescente 100 W | 1380 |
| Lámpara Fluorescente 40 W | 3200 |
| Lámpara Mercurio 400 W | 23000 |
| Lámpara Metal Halide 400 W | 35000 |
| Lámpara Sodio Baja Presión 180 W | 33000 |
| Lámpara Sodio Alta Presión 400 W | 48000 |

Tomado de: Obralux, (2014).

2.1.2.4. Iluminancia

Es el flujo luminoso por unidad de superficie. (Densidad de luz sobre una superficie dada), la simbología utilizada es E y la unidad de medida LUX (Lux= Lumen/m²) (Laszlo, 2015).

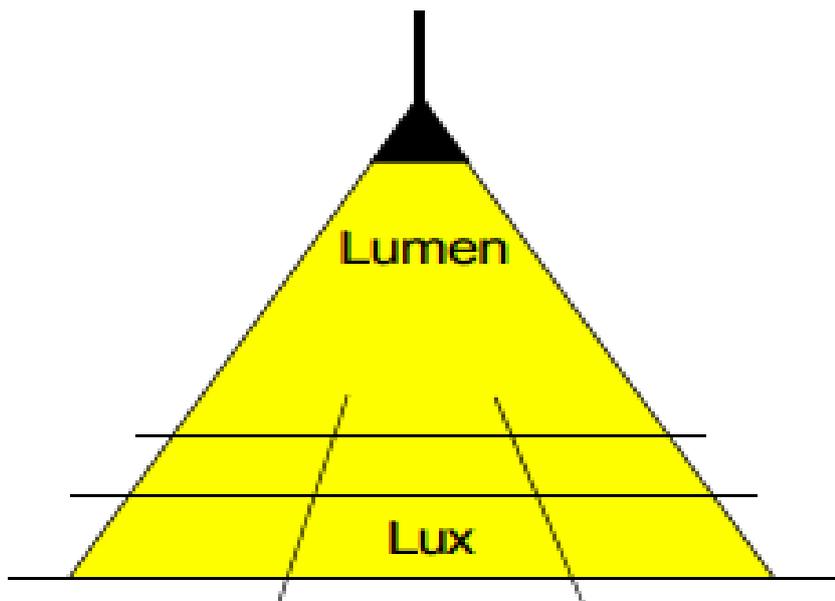


Figura 14 Iluminancia.
Tomado de: Laszlo, (2015).

Tabla 6 Ejemplo de luxes.

| | |
|----------------------------------|-------------------|
| Luna llena | 0,2 Lux |
| Iluminación de emergencia escape | 1 Lux |
| Calle con buena iluminación | 15 a 25 Lux |
| Dormitorio | 70 a 100 Lux |
| Oficina de uso general | 500 Lux |
| Salas de dibujo y cartografía | 1000 Lux |
| Quirófano (campo operatorio) | 15000 a 25000 Lux |
| Pasillos, Vestíbulos | 50 a 200 Lux |

Tomado de: Laszlo, (2015).

2.1.2.5. Intensidad luminosa

La intensidad de luz (I) se refiere a la intensidad o cantidad de luz producida por una fuente de lámpara específica. Es la medida de la potencia ponderada en longitud de onda emitida por una fuente de luz. La unidad es la candela (cd), que equivale a 1 lumen por estereoradián (lm/sr) (Laszlo, 2015).

La intensidad de la luz varía dependiendo de la fuente de la lámpara y hay luminarias, lámparas y bombillas de intensidad luminosa alta y baja específicas. Por ejemplo, las lámparas de descarga de alta intensidad emiten una alta intensidad de luz, mientras que las lámparas fluorescentes se consideran una fuente de luz "fría" o de baja intensidad.

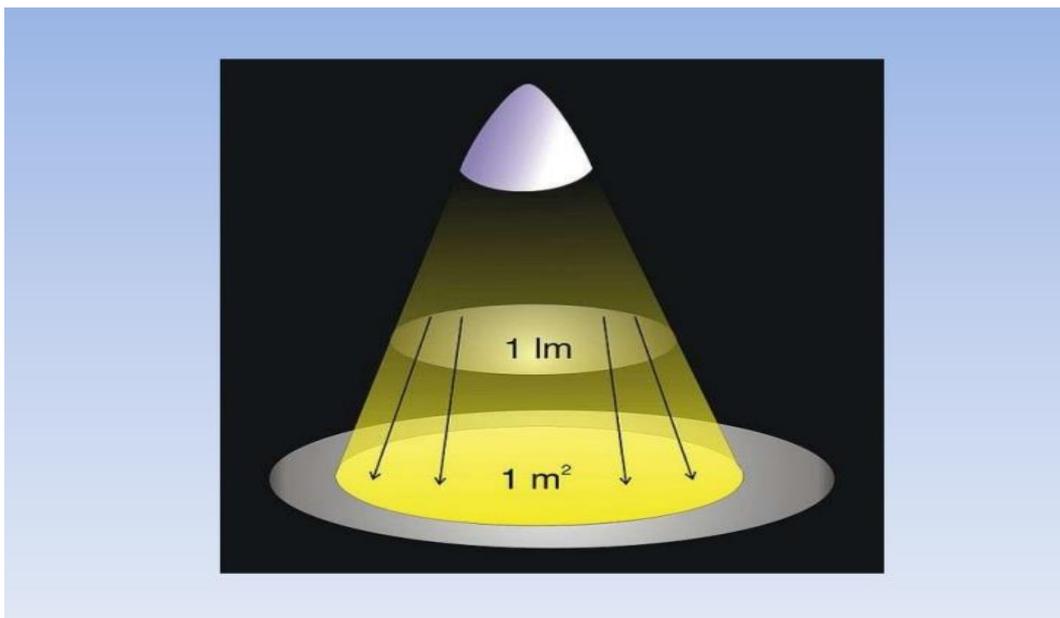


Figura 15 Intensidad luminosa de una lámpara.
Tomado de: Laszlo, (2015).

2.1.2.6. Niveles de iluminación

Aspectos psicológicos

Es interesante observar la influencia psicológica de la iluminación en el rendimiento humano, la preferencia ambiental, la percepción, las impresiones y

el comportamiento en los entornos de trabajo. Se entiende que la luz produce efectos fisiológicos, y la gente necesita un nivel de luz mínimo para realizar una tarea de manera eficiente, precisa y segura. Más interesante para los profesionales de la iluminación ahora, la investigación apoya la toma de decisiones en lo que podría llamarse el arte de la iluminación: dónde colocar la luz en un espacio de trabajo y qué intensidades relativas influyen en la percepción. (Laszlo, 2015).

Tabla 7 Niveles de iluminancia.

| | |
|--|---------------|
| INTERIORES: Residencial | |
| Estar: iluminación general | 100 Lux |
| iluminación localizada | 200 Lux |
| lectura, escritura, etc. | 400 Lux |
| Dormitorio: iluminación general | 200 Lux |
| Cocina: iluminación general | 200 Lux |
| iluminación de la mesada | 500 a 800 Lux |
| Baño: iluminación general | 100 Lux |
| iluminación sobre el espejo (nivel vertical) | 200 Lux |
| INTERIORES: Oficinas | |
| Halls y lobbys | 200 Lux |
| Circulaciones | 200 Lux |
| Salas de reuniones | 300 Lux |
| Trabajo normal de oficina | 500 Lux |
| INTERIORES: Varios | |
| Restaurantes: íntimo | 80 a 100 Lux |
| tipo gril | 300 Lux |

Tomado de: Laszlo, (2015).

2.1.3. Alumbrado

El alumbrado general, también conocido como iluminación ambiental, proporciona un área con iluminación general, no específica. Al irradiar un nivel cómodo de brillo, la iluminación general permite usar y ver un espacio según la

función. Se utiliza en una variedad de ambientes, incluyendo atrios, espacios de oficinas, instalaciones educativas y residencias (García M. , 2014).

Se puede clasificar en función de la distribución espacial del flujo, de la siguiente manera: directa, semi-directa, uniforme, semi-indirecta e indirecta.

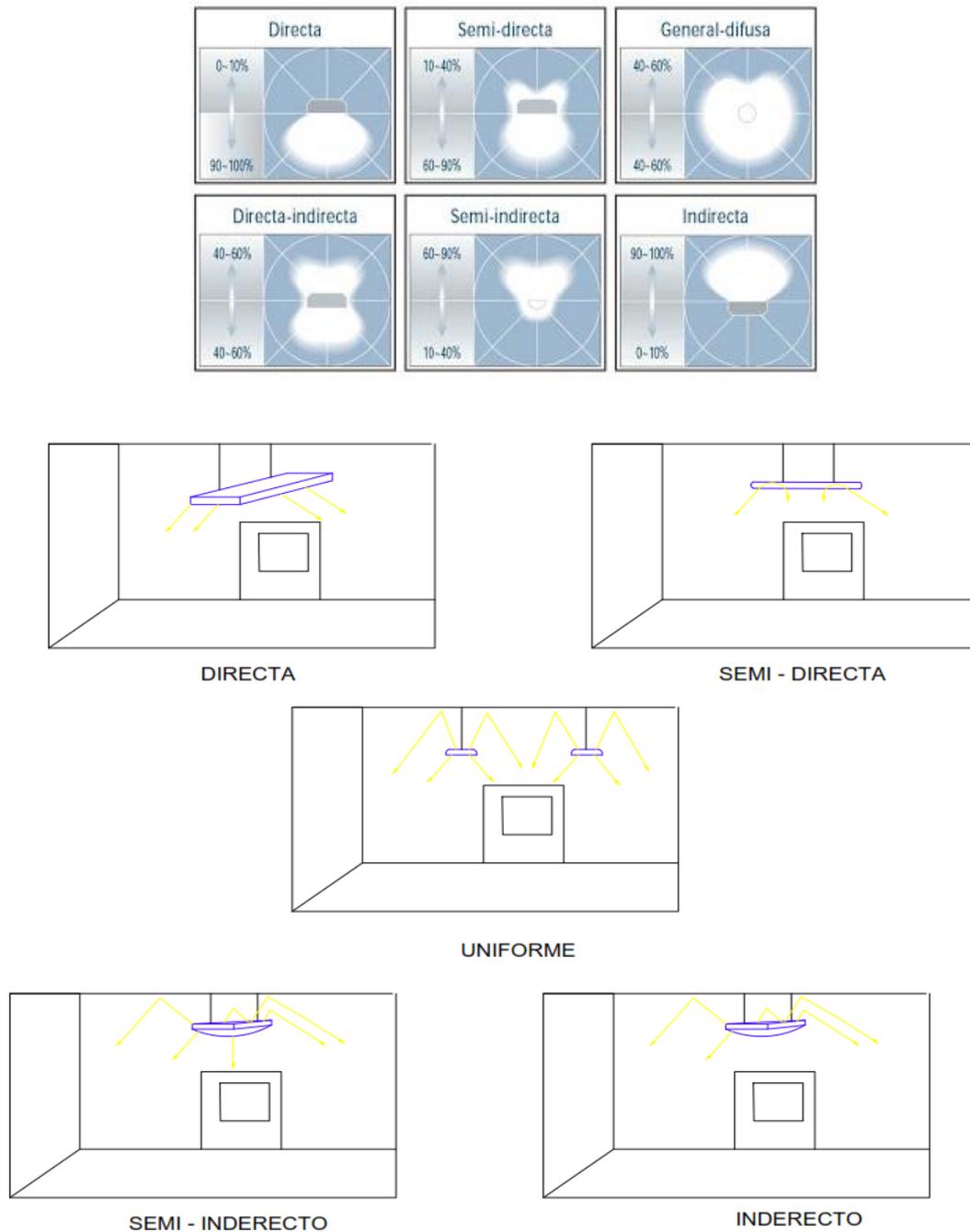


Figura 16 Tipos de iluminación.
Tomado de: García, (2014).

2.1.3.1. Iluminación uniforme

La iluminación uniforme sobre una determinada zona objetivo es un requisito común en muchas aplicaciones y a menudo, deben diseñarse esquemas para asegurar que se cumpla este requisito. En sistemas de visualización, por ejemplo, la luz que ilumina una interfaz de visualización tal como una pantalla debe aparecer uniforme y carente de cualquier artefacto de imagen que distraiga. Dependiendo de las particularidades del sistema, se deben desarrollar diferentes enfoques para proporcionar una iluminación uniforme sin sacrificar la eficiencia. Las pantallas retroiluminadas con iluminación lateral utilizan puntos pintados y microestructuras para extraer la luz guiada de manera controlada para que la pantalla sea visualmente uniforme; los sistemas de iluminación litográfica a menudo usan matrices de microlentes de ojo de mosca para generar iluminación uniforme, a veces en combinación con difusores adicionales y movimiento para minimizar los artefactos de difracción inducidos por las matrices de lente periódica; las pantallas láser hacen uso de difusores ópticos para dar forma y distribución uniforme de la luz, así como la gestión del moteado; la iluminación general ha recurrido rutinariamente a simples difusores y películas prismáticas que, aunque no son las más eficientes o estéticamente agradables, son baratas y se encuentran comúnmente en luminarias.

2.1.3.2. Iluminación directa

El flujo luminoso se dirige directamente a la zona que se desea iluminar. En este esquema de iluminación la luz no llega a la superficie directamente desde la fuente, la luz máxima se lanza hacia arriba al techo desde el cual se distribuye por toda la habitación por reflexión difusa. El brillo que se reduce la iluminación resultante se vuelve más suave. Se utiliza para fines decorativos en cines, teatros, hoteles, etc., y en talleres donde grandes máquinas y otras obstrucciones causan sombras problemáticas si se emplea iluminación directa.

2.1.3.3. Iluminación semi-directa

En este esquema de iluminación el flujo luminoso total se hace caer hacia abajo directamente con la ayuda del reflector semi-directo sobre la superficie de trabajo y también para iluminar los techos y paredes. Se adapta mejor a las habitaciones con techos altos donde es deseable un alto nivel de iluminación uniformemente distribuida.

2.1.3.4. Iluminación semi-indirecta

En este esquema de iluminación la luz proviene en parte del techo por reflexión difusa y parte directa desde la fuente sobre la superficie de trabajo. Como es libre de deslumbramiento con sombras suaves se utiliza principalmente para fines de decoración de interiores luz.

2.1.3.5. Iluminación indirecta

Es una fuente indirecta de luz que se proyecta hacia arriba desde una luminaria y rebotó para proporcionar iluminación con un brillo mínimo y niveles más uniformes de iluminación. Una fuente de luz en la cual la luz es echada hacia arriba y hacia abajo de un accesorio para proporcionar una combinación de iluminación indirecta directa dirigida de la iluminación. En este esquema de iluminación se emplean lámparas de vidrio difusor que proporcionan una distribución casi equitativa de la luz en todas las direcciones.

2.1.4. Medición de luminancia

La luminancia se mide mediante el Luxómetro. es un instrumento de medición de luz especializado que tiene un ángulo de aceptación. Considere un puntero láser que produce un haz muy estrecho e ilumina un área pequeña en una lámpara. Ahora considere el equivalente en un instrumento de medición de luz: puede muestrear un área muy pequeña a cierta distancia lejos. El medidor

generalmente incluye algún tipo de visor para que el operador pueda apuntar el instrumento en el área a ser medurado. Observe que el nivel de luminancia no depende de la distancia al punto de medición. La luminancia es una propiedad de la fuente de luz del brillo de la superficie. En efecto, un medidor de luminancia compensa la distancia. (Castro & Posligua, 2015).



Figura 17 Luxómetro (instrumento de medición de iluminancia).
Nota: La iluminancia, es el flujo luminoso por unidad de superficie.
Tomado de: Castro & Polisgua, (2015)

2.2. Equipos

2.2.1. Balastos

En un sistema de iluminación fluorescente, el balastro regula la corriente a las lámparas y proporciona suficiente voltaje para encender las lámparas. Sin un balastro para limitar la corriente, una lámpara fluorescente conectada directamente a una fuente de alimentación de alta tensión aumentaría rápida e incontrolablemente la corriente. Dentro de un segundo la lámpara se sobrecalentaría y se quemaría. Durante el arranque de la lámpara, el lastre debe suministrar brevemente alta tensión para establecer un arco entre los dos electrodos de la lámpara. Una vez que se establece el arco, el lastre reduce rápidamente el voltaje y regula la corriente eléctrica para producir una salida de luz constante. Mantener una temperatura óptima del electrodo es la clave para una larga vida útil de la lámpara. Así, algunos balastos tienen un circuito separado que proporciona un voltaje bajo para calentar los electrodos de la

lámpara durante el arranque de la lámpara y típicamente durante el funcionamiento de la lámpara. Para lograr una salida de luz nominal completa y una duración nominal de la lámpara de un sistema de iluminación fluorescente, las características de salida de un balastro deben coincidir exactamente con los requisitos eléctricos de las lámparas que opera (Márquez, 2005).

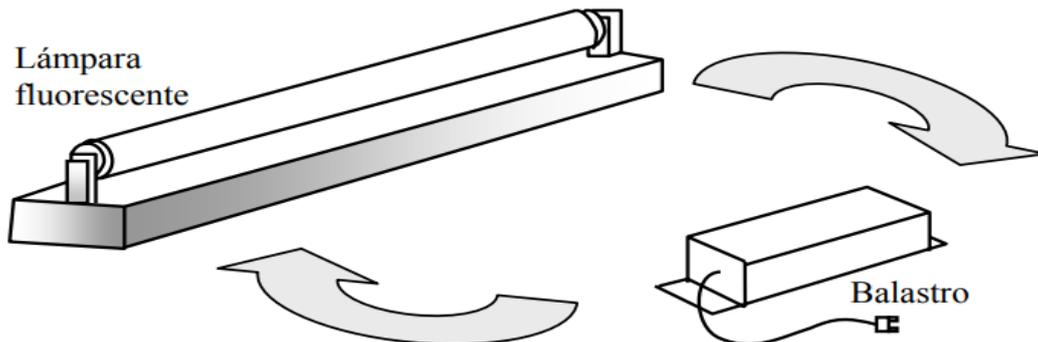


Figura 18 Balastro de una lámpara de descarga.
Tomado de: Márquez, (2005)

2.3. Dispositivos de control

2.3.1. Sensores

Un sensor es un dispositivo que detecta y responde a algún tipo de entrada desde el entorno físico. La entrada específica podría ser luz, calor, movimiento, humedad, presión, o cualquiera de un gran número de otros fenómenos ambientales. La salida es generalmente una señal que se convierte en visualización legible por el ser humano en la ubicación del sensor o se transmite electrónicamente sobre una red para lectura o procesamiento posterior. Estos se clasifican en (Assaf & Ruttkay, 2003):

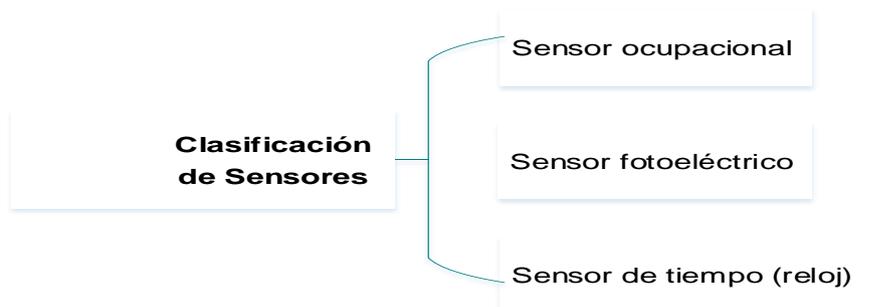


Figura 19 Clasificación de Sensores.
Tomado de: (Assaf & Ruttkay, 2003).

2.3.1.1. Sensor ocupacional

Los sensores de ocupación son ideales para aplicaciones que requieren mayor granularidad de control de la que se puede lograr económicamente usando la programación (por ejemplo, un piso de un edificio de oficinas con oficinas perimetrales que se deben controlar individualmente). Los sensores también se consideran más adecuados cuando el espacio está intermitentemente ocupado, lo que significa que está desocupado durante dos o más horas al día, y donde las luces se suelen dejar cuando el espacio está desocupado. Las aplicaciones apropiadas incluyen oficinas, aulas, salas de copia, baños, áreas de almacenamiento, salas de conferencias, almacenes, salas de descanso, pasillos, áreas de archivo y otros espacios (Assaf & Ruttkay, 2003).

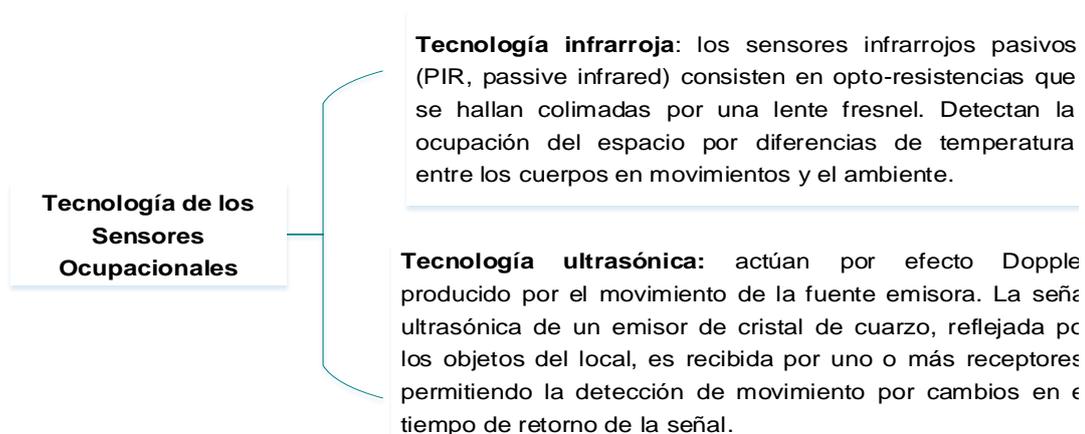


Figura 20 Tecnología de los sensores ocupacionales
Tomado de: (Assaf & Ruttkay, 2003).

2.3.1.2. Sensor fotoeléctrico

Es capaz de emitir un haz de luz (visible o infrarrojo) desde el componente que emite luz. El sensor fotoeléctrico de tipo reflectante se utiliza para detectar el haz de luz reflejado desde el objetivo. Además, es usado para medir el cambio en la cantidad de luz causada por el objetivo que cruza el eje óptico.

2.3.1.3. Sensor horario

Es un sensor con una precisión muy alta y el tiempo que toma para acercarse a la salida real cuando se somete a una entrada escalonada se denomina a veces tiempo de respuesta. Sin embargo, es más usual citar a un sensor como teniendo una respuesta plana entre límites de frecuencia especificados. Esto se conoce como respuesta de frecuencia e indica que, si el sensor se somete a una entrada oscilante sinusoidal de amplitud constante, la salida reproducirá fielmente una señal proporcional a la entrada. (Assaf & Ruttkay, 2003).

2.3.1.4. Sensores de movimiento

Es un dispositivo que detecta objetos en movimiento, principalmente personas. Se incorporan frecuentemente como componente de un sistema que realiza rutinariamente una tarea o bien alerta a un usuario de movimiento en una región. Estos sensores forman un componente relevante de seguridad, control de hogar, eficiencia energética, control automático de iluminación y otros sistemas útiles. El principio principal del sensor de movimiento es detectar un ladrón y enviar una alerta a su panel de control, lo que da una alerta al centro de monitoreo. Los sensores de movimiento reaccionan a diferentes situaciones como el movimiento en su sala de estar, las puertas, ventanas que se desenrollan o se cierran (Owlet, 2013).

2.3.2. Temporizadores

Es un tipo especializado de reloj para medir intervalos de tiempo. Un temporizador que cuenta hacia arriba a partir de cero para medir el tiempo transcurrido es a menudo llamado cronómetro, un dispositivo que cuenta desde un intervalo de tiempo especificado es más comúnmente llamado temporizador. Un ejemplo simple es un reloj de arena. Algunos temporizadores sonarán una indicación audible de que el intervalo de tiempo ha expirado. Interruptores horarios, mecanismos de temporización que activan un interruptor". Los temporizadores pueden ser independientes o incorporados en aparatos y máquinas. El mecanismo de funcionamiento puede ser mecánico, electromecánico o puramente electrónico. La funcionalidad de temporización puede ser proporcionada por software, típicamente en un ordenador; el programa se llama a menudo un "temporizador". (Owlet, 2013).

2.4. Sistema de control automatizado

2.4.1. Lógica Programable

La lógica programable permite usar unidades electrónicas para el procesamiento de datos (Schneider Electric, 2013).

2.4.2. Controlador Lógico Programable

Un controlador lógico programable (PLC) es un ordenador modular de estado sólido con programación personalizada. Los sistemas se utilizan en sistemas de control industrial (ICS) para maquinaria en una amplia gama de industrias, incluyendo muchos de los involucrados en infraestructura crítica. Los PLC reemplazaron a muchos sistemas anticuados tales como relés, secuenciadores de tambor y temporizadores de leva, así como otros controladores. En muchas áreas tales como plantas de procesamiento, líneas de montaje y fabricación (especialmente automotriz), paseos de carnaval y controladores de iluminación,

los PLC han reemplazado en gran parte a las tecnologías precursoras (Schneider Electric, 2013).

Los PLC permiten procesos repetibles y recolección de información. La información recopilada puede utilizarse como retroalimentación para orientar los cambios y mejoras necesarios en los procesos, algunos de los cuales pueden realizarse automáticamente según la codificación del dispositivo. Si se desea un cambio adicional, se puede reprogramar un PLU, a diferencia de un relé que necesitaría volver a cablearse. Los PLC ocupan menos espacio, realizan tareas más complejas y son más personalizables que las tecnologías que reemplazan. Como resultado, han tenido un gran impacto en la industria. Los PLC se construyen a partir de procesadores centrales complementados con memoria que está respaldada por batería o memoria no volátil. Los sistemas toman numerosas entradas y producen muchas funciones, mientras supervisan las condiciones y proporcionan retroalimentación. La CPU de un PLC realiza continuamente un bucle de exploración de entrada, exploración de programa, exploración de salida y modos de limpieza (Schneider Electric, 2013).

2.4.2.1. Estructura básica

La estructura básica de un PLC, está basada en tres dispositivos de operación principal: CPU, entradas/salidas y almacenamiento. El enlace eléctrico de estos elementos se ejecuta mediante un bus. Además, el bloque de alimentación suministra los voltajes requeridos para la operación del conjunto (Schneider Electric, 2013).

Procesador

La función de la unidad central de procesamiento (CPU) es almacenar y ejecutar los programas de software del PLC. También se interconecta con los módulos de co-procesador, los módulos de E / S, el dispositivo periférico y ejecuta

diagnósticos. Es esencialmente el "cerebro" del PLC. Las funciones que ejecuta son las siguientes (Schneider Electric, 2013):

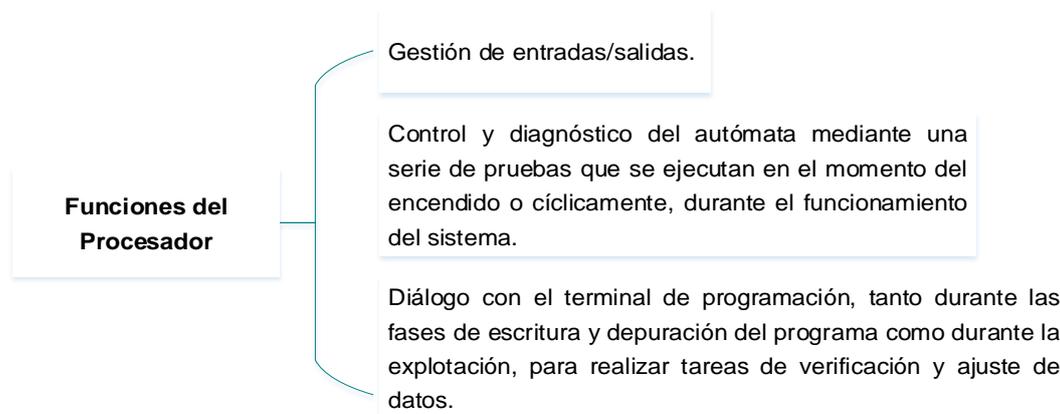


Figura 21 Funciones del Procesador.
Tomado de: Schneider Electric, (2013).

Memoria de usuario

La memoria de usuario se divide en bloques que tienen funciones especiales. Algunas partes de una memoria se utilizan para almacenar el estado de entrada y salida. El estado real de una entrada se almacena como "1" o como "0" en un bit de memoria específico. Cada entrada o salida tiene un bit correspondiente en la memoria. Otras partes de la memoria se utilizan para almacenar el contenido de las variables utilizadas en el programa de usuario. Por ejemplo, el valor del temporizador o el valor del contador se almacenarían en esta parte de la memoria (Schneider Electric, 2013).

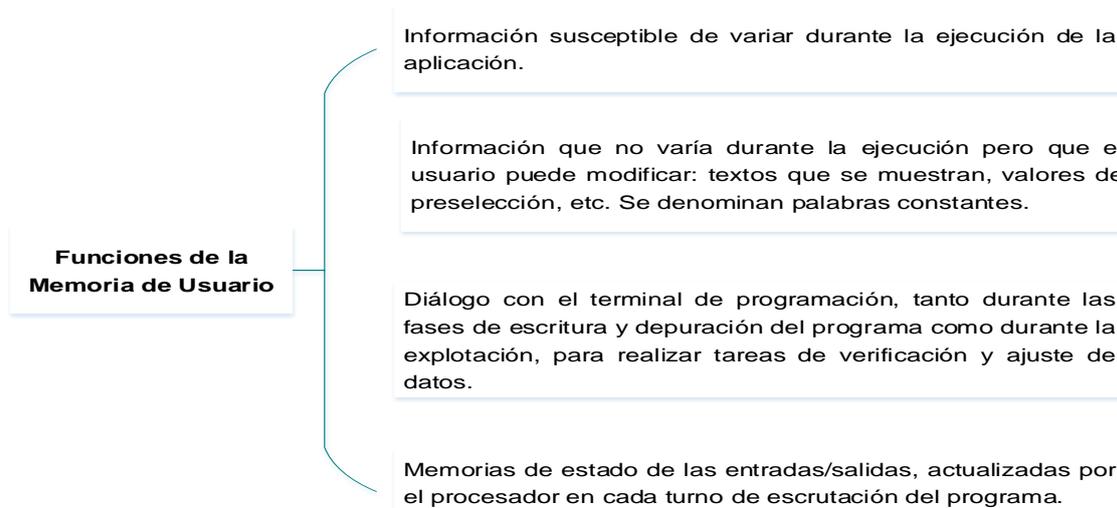


Figura 22 Funciones de la Memoria de Usuario.
Tomado de: Schneider Electric, (2013).

Los PLC se dividen en dos tipos de memorias (Schneider Electric, 2013):

Memoria Datos Siempre que se requieran temporizadores, contadores, matemáticas y parámetros de proceso, se la memoria debe ser reservada para el almacenamiento de datos. La porción de memoria de almacenamiento de datos se el almacenamiento de elementos tales como temporizadores o valores predeterminados / acumulados del contador, matemáticas datos de instrucción y resultados, y otros datos e información misceláneos que se utilizarán por cualquier función de manipulación de datos en el programa de usuario. Algunos fabricantes subdividen el área de memoria de datos en dos sub-memorias, una para datos y otros datos variables. La parte de datos fijos sólo se puede programar a través del dispositivo de programación. La CPU no puede colocar valores de datos en esta área. La variable parte de la memoria de datos está disponible para la CPU para el almacenamiento de datos (Schneider Electric, 2013).

Memoria Programa, El área final de memoria en un PLC se asigna al almacenamiento del programa de usuario. Esta área de memoria que el programa ejecutivo instruye al microprocesador para examinar o encuentre las instrucciones del usuario. El área del programa de usuario puede subdividirse si la CPU asigna una parte de esta área de memoria para el almacenamiento de

mensajes ASCII, programas de subrutina u otras funciones de programación especiales o rutinas. En la mayoría de los PLC, el almacenamiento interno las áreas del programa de usuario se encuentran en la RAM. Varios sistemas ofrecen una opción que coloca tanto el programa de usuario como los datos fijos almacenamiento en memoria tipo EPROM. El usuario puede desarrollar un programa en RAM y sistema para asegurar el funcionamiento correcto. Una vez que el usuario esté convencido de que la conjunto de EPROM es entonces duplicado de la RAM. Entonces el usuario puede apagar la CPU y reemplaza la memoria RAM con la EPROM recién programada. Cualquier cambio a futuro requeriría que se reprogramen las EPROM (Schneider Electric, 2013).

Entradas/salidas TON

La unidad de entrada / salida del PLC se encargan del trabajo de la interfaz de alta potencia industrial dispositivos a la circuitería electrónica de baja potencia que almacena y ejecuta el programa de control. La mayoría de los PLC funcionan internamente entre 5 y 15V DC. (TTL común y CMOS voltajes), mientras que la señal de los dispositivos de entrada puede ser mucho mayor, típicamente 24V DC a 240 V AC. Las unidades de módulos de E / S forman la interfaz entre la microelectrónica de la programable y el mundo real exterior y por lo tanto debe proporcionar todo el acondicionamiento de señales y funciones de aislamiento. Esto a menudo permite que un PLC se conecte directamente a actuadores de proceso y dispositivos de entrada sin necesidad de circuitos o relés intermedios. Para proporcionar esta conversión de señal, los controladores programables están disponibles con una opción de unidades de entrada / salida para satisfacer diferentes requisitos (Schneider Electric, 2013).

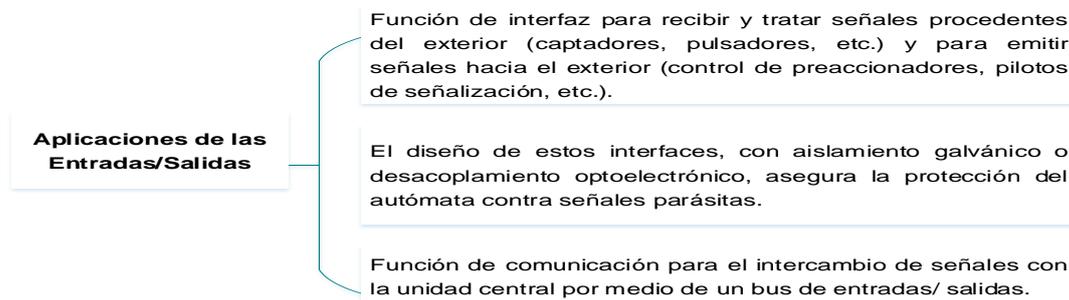


Figura 23 Aplicaciones de las Entradas/Salidas.
Tomado de: Schneider Electric, (2013)

Bus

Está integrado por una serie de conductores enlazados a las diferentes partes del PLC. Es decir, las trayectorias internas a lo largo de las cuales fluyen las señales digitales dentro del PLC se llaman bus. El sistema tiene cuatro buses (Schneider Electric, 2013):

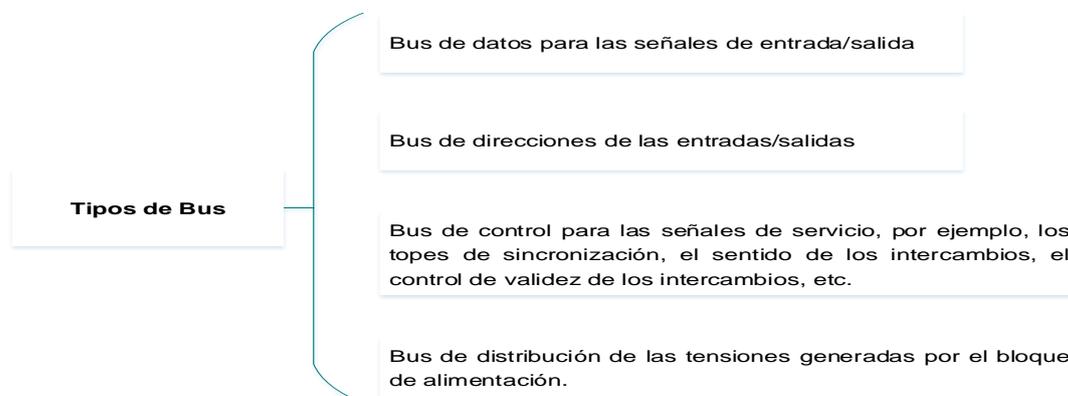


Figura 24 Tipos de Bus.
Tomado de: Schneider Electric, (2013)

Alimentación

Las tensiones de línea son de 115 V AC y 230 V AC y para alimentación de 24 V CC y 12 V CC. Además, tiene integrado dispositivos de protección en caso de caídas de tensión o cortes del servicio eléctrico (Schneider Electric, 2013).

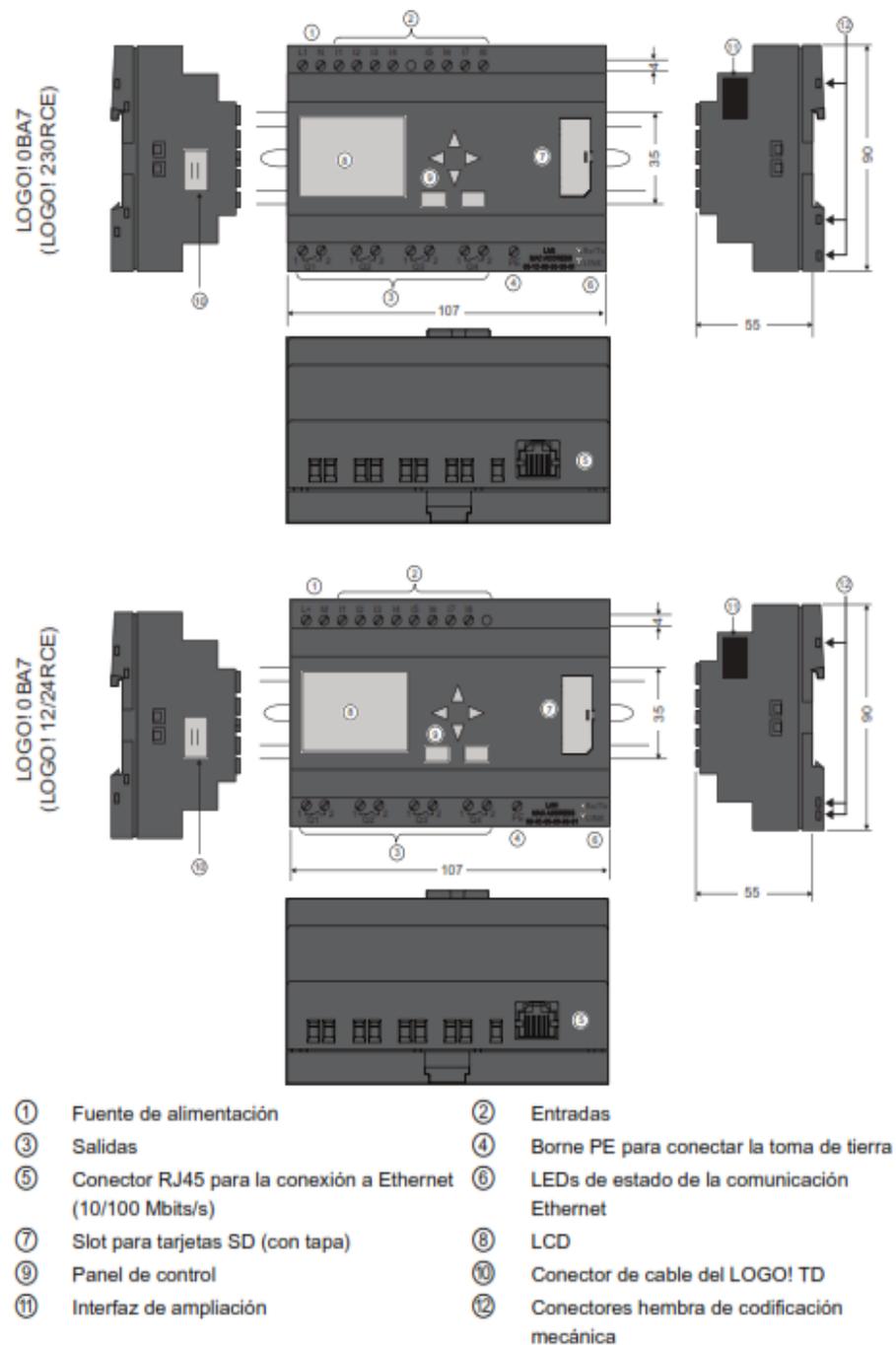


Figura 25 Estructura del LOGO.
Tomado de: SIEMENS, (2011).

2.4.3. Programación del LOGO

La programación en este contexto se refiere a la creación de un circuito o programa. UN LOGO, programa de circuito es en realidad no más que un

diagrama de circuito presentado en una forma de bloques de funciones electrónicas o escalera (KOP), mediante un software o de forma manual. En este se puede realizar funciones tales como (SIEMENS, 2011):

Interfaz gráfica para la creación fuera de línea de su programa de circuito por medio de Diagrama de Ladder (carta de contacto / circuito diagrama) o Diagrama de bloques funcionales (diagrama de funciones).

- Simulación del programa de circuitos en el PC.
- Generación e impresión de una tabla de resumen del circuito o programa.
- Guardar una copia de seguridad del programa de circuito en el disco duro u otros medios.
- Comparación de programas de circuitos
- Transferencia del programa de circuitos desde el LOGO al PC y desde el PC a LOGO.
- Lectura de los valores del contador de horas
- Estableciendo el TOD
- Conversión de verano / invierno
- Prueba en línea: Visualización de cambios de estado y variables de proceso de LOGO en el modo RUN
- Estado de una E / S digital, banderas, bits de registro de desplazamiento y teclas de cursor

- Los valores de todas las E / S analógicas y banderas
- Detención de la ejecución del programa de circuito a través del PC (STOP).

Los circuitos se representan de la siguiente manera:

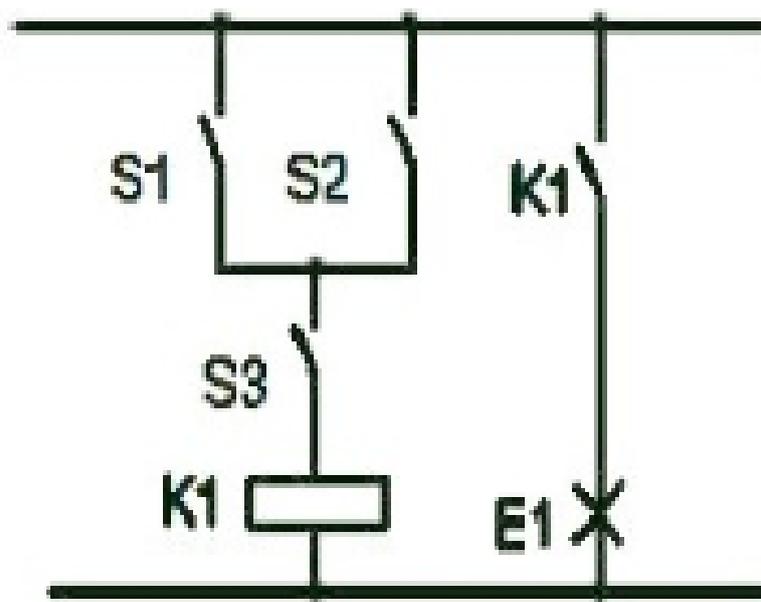


Figura 26 Diagrama de Contactos.
Tomado de: SIEMENS, (2011).

El usuario E1 se energiza y desenergiza mediante los interruptores (S1 o S2) y S3 (O= OR; Y=AND). Excitando el relé K1 al cerrar S1 o S2 y S3.

2.4.3.1. Modos de funcionamiento del LOGO

El LOGO funciona de tres formas:

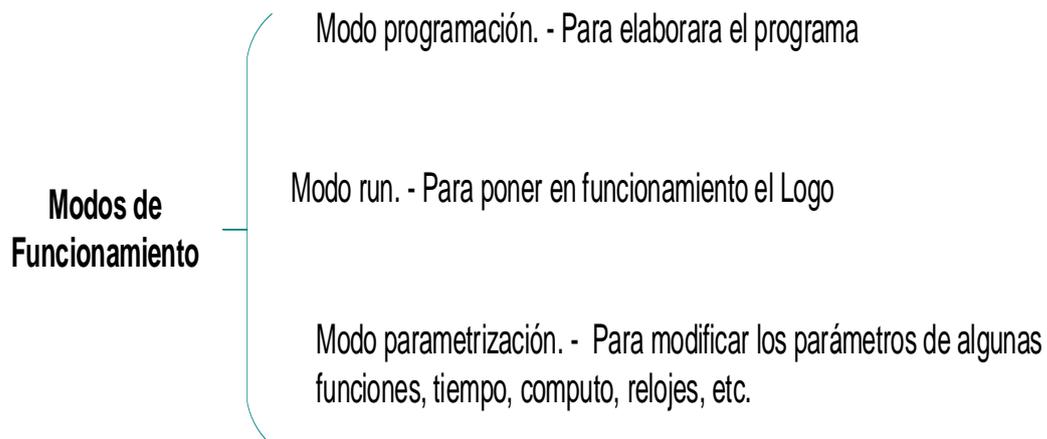


Figura 27 Modos de Funcionamiento.
Tomado de: SIEMENS, (2011).

2.4.3.2. Software del LOGO

El paquete de programación desde el PC que utiliza el LOGO 230 RCE es el LOGO Soft Comfort, el cual tiene las siguientes funciones (SIEMENS, 2011):

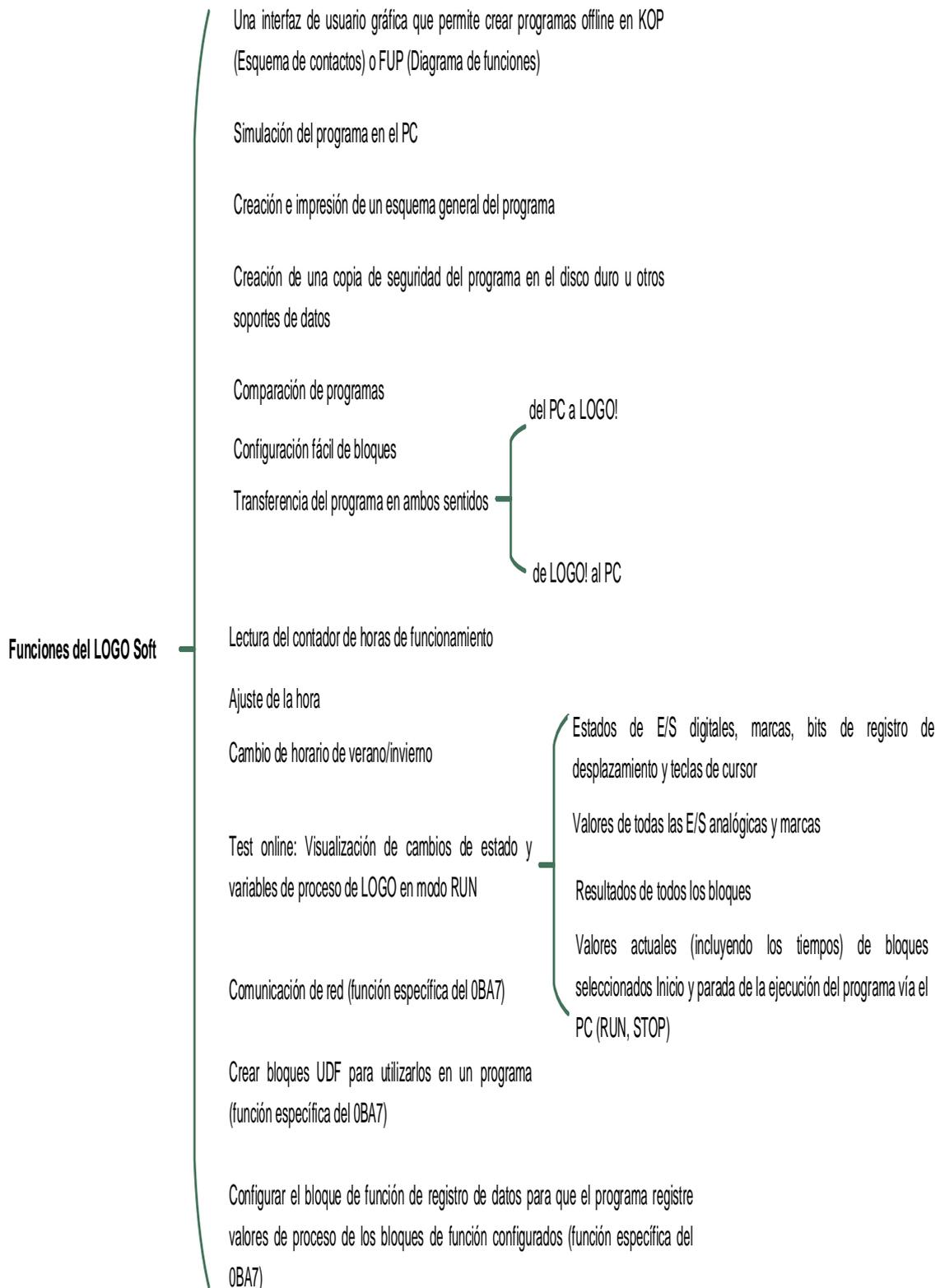


Figura 28 Funciones del LOGO Soft.
Tomado de: SIEMENS, (2011).

2.4.3.3. Ventajas del software del LOGO

En cuanto, a la programación del LOGO las principales ventajas son:

- Permite visualizar e imprimir las programaciones.
- Se puede realizar la simulación, de manera gráfica, permitiendo comprobar el funcionamiento sin tener en línea el circuito. En función, a los requerimientos del sistema las entradas se definen como interruptores o pulsadores.

2.4.3.4. Modo simulación

Este modo tiene las siguientes características:

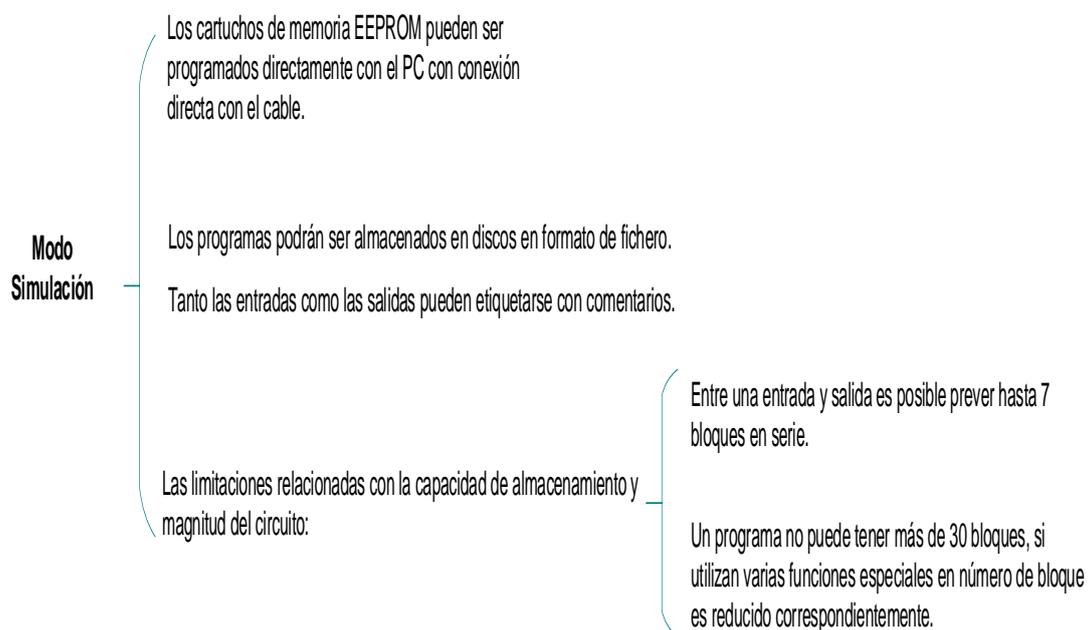


Figura 29 Modo Simulación.
Tomado de: SIEMENS, (2011).

2.4.3.5. Funciones Específicas

Las funciones específicas del LOGO son:

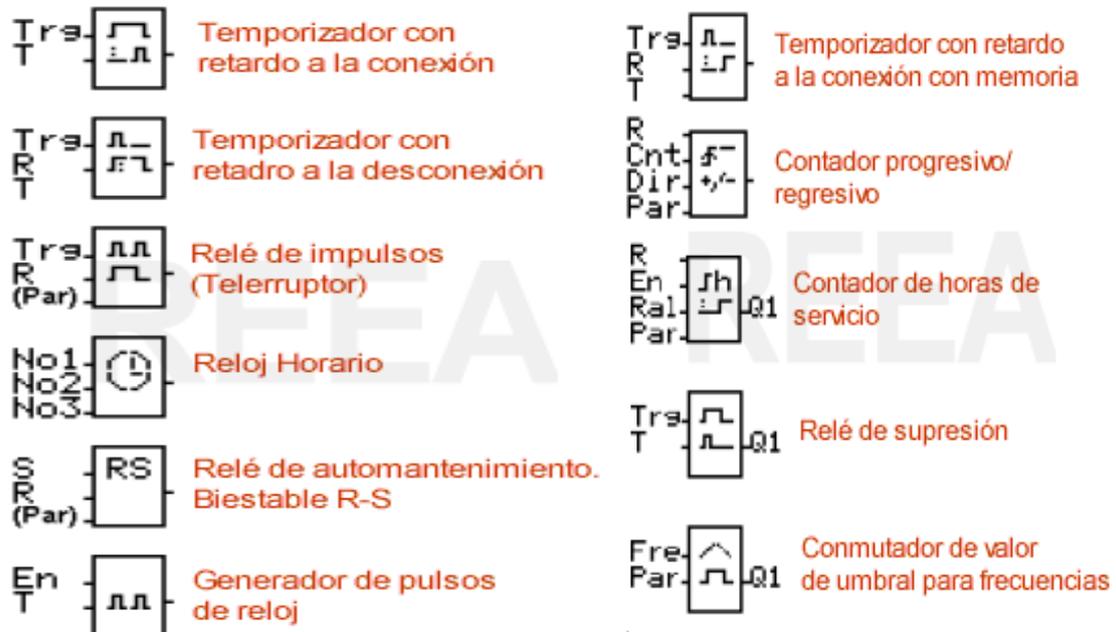


Figura 30 Funciones específicas del LOGO.
Tomado de: SIEMENS, (2011).

2.4.3.6. Realización del circuito mediante LOGO

El LOGO generará un circuito en el que se ensamblaran bloques y bornes entre ellos:

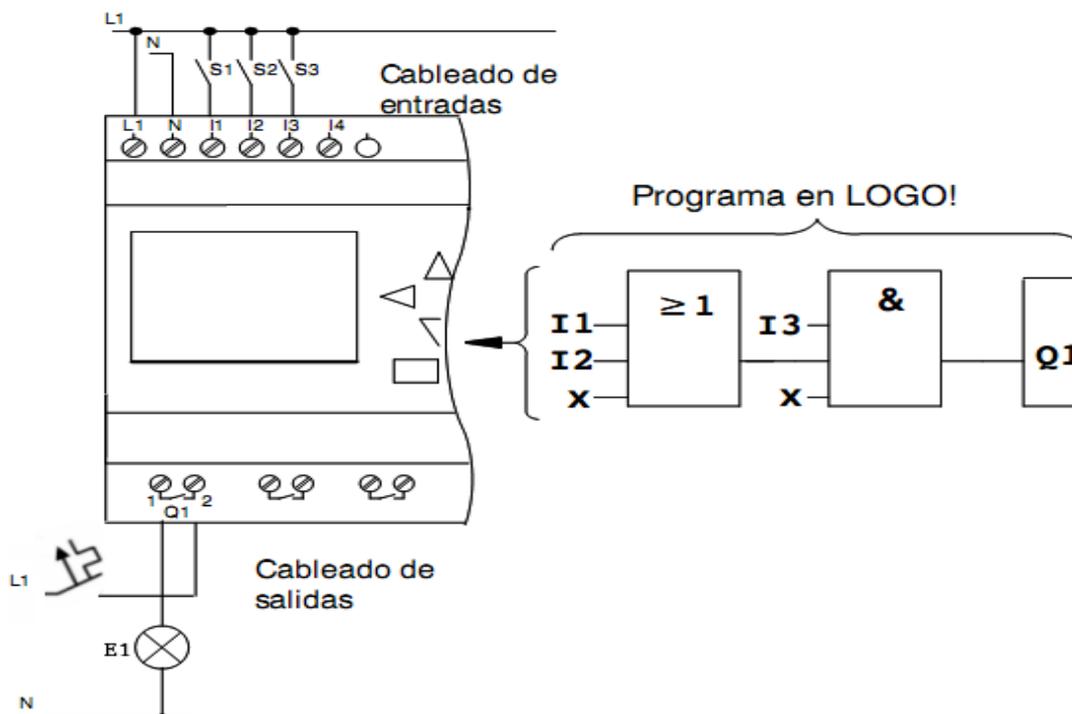


Figura 31 Cableado y circuito en LOGO.
Tomado de: SIEMENS, (2011).

Para transformar el circuito al LOGO se iniciará en la salida del diagrama eléctrico, que por lo general es un relé o la carga que ejecutara la conmutación. El procedimiento, para diseñar un esquema eléctrico completo (SIEMENS, 2011):

Paso 1: La conexión en serie es equivalente a un bloque de función AND. Entonces en la salida Q1, está conectado en serie el contacto de cerrado S3 con otro dispositivo del diagrama.

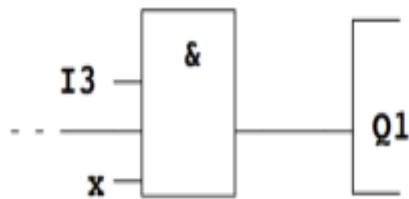


Figura 32 Bloque AND.
Tomado de: SIEMENS, (2011).

Paso 2: Las conexiones en paralelo es equivalente a un bloque de funciones OR. Entonces S2 y S1 se conectarán en paralelo.

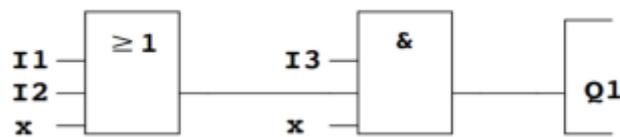


Figura 33 Bloque OR.
Tomado de: SIEMENS, (2011).

Como sólo se utilizan 2 entradas del bloque AND, se identifica la tercera entrada como “no utilizada” mediante x, de igual forma se marcan las 2 entradas no utilizadas del bloque OR.

Cableado

Los interruptores S1 a S3 se conectan a los bornes roscados de LOGO:

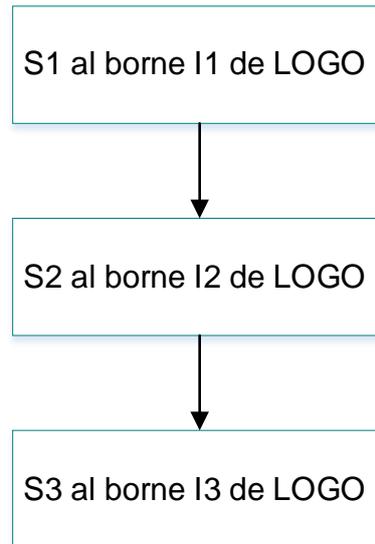


Figura 34 Conexiones.
Tomado de: SIEMENS, (2011).

El usuario E1 se conectará al borne roscado Q1. (Ver cableado en Figura 27).

3. EJECUCIÓN DEL PROYECTO

3.1. Diagnóstico del estado real de las instalaciones eléctricas

Para el diagnóstico de las instalaciones eléctricas se procedió a aplicar una lista de verificación. Esta tendrá como propósito diagnosticar las condiciones reales de funcionamiento de los circuitos eléctricos del Edificio Torre de Suite en el lobby, pasillos del piso 1 y 2.

A continuación, se muestra y detalla el instrumento:

Tabla 8 Lista de verificación.

| Ítem | Aspecto a Evaluar | Si | No | observaciones |
|------|--|----|----|-----------------------------|
| 1 | Existe planos eléctricos, esquemas, avisos y señalizaciones | X | | |
| 2 | Las instrucciones y leyendas en los planos eléctricos están hechos con claridad. | X | | |
| 3 | Las luces de emergencia, linternas, bengalas funcionan correctamente. | X | | |
| 4 | Esta la identificación de las áreas de acuerdo a como lo indica el plano | X | | |
| 5 | La iluminación en los pasillos es suficiente | | X | |
| 6 | En caso de corte de energía el sistema de iluminación de emergencia de los pasillos se habilita automáticamente. | X | | |
| 7 | Existe accesibilidad a todos los equipos de control y protección | X | | |
| 8 | Hay continuidad de los conductores de tierras y conexiones equipotenciales | X | | |
| 9 | Los conductores de neutro y tierras están identificados | X | | |
| 10 | Los circuitos y tuberías están identificados | X | | |
| 11 | Los niveles de iluminación son idóneos | | X | |
| 12 | Existe protección contra efectos térmicos | X | | |
| 13 | La selección de conductores utilizadas es adecuada | X | | |
| 14 | La selección de dispositivos de protección contra sobrecorrientes está acorde al sistema | X | | |
| 15 | Existen lamparas suficientes en cantidad y calidad | X | | |
| 16 | La iluminación esta estratégicamente localizada | X | | |
| 17 | La iluminación es utilizada de forma racionada y eficiente | | X | |
| 18 | La iluminación natural es suficiente | X | | |
| 19 | El uso de la iluminación en los pasillos es racionado | | X | No existe ahorro energético |

3.1.1. Procedimientos realizados en el diagnóstico del estado real de las instalaciones eléctricas

Para medir los niveles de luminancia se debe emplear un luxómetro con las siguientes características:

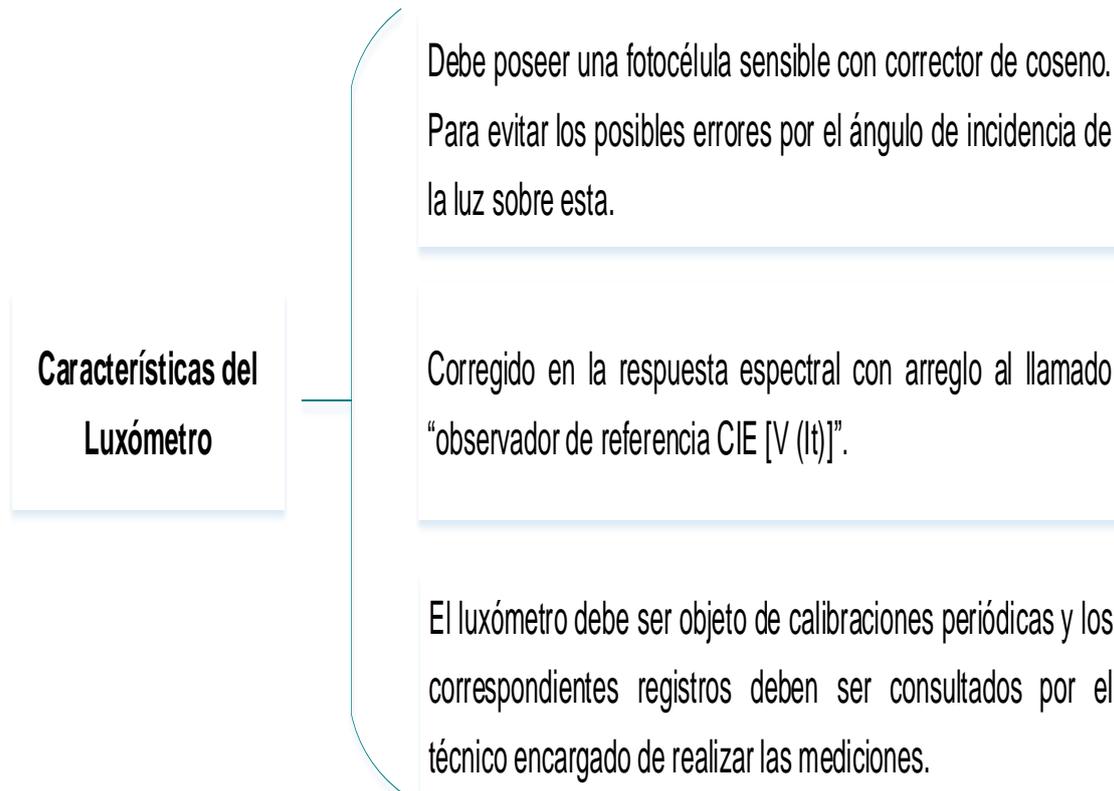


Figura 35 Características del Luxómetro.

3.1.1.1. Procedimiento de medida con el luxómetro

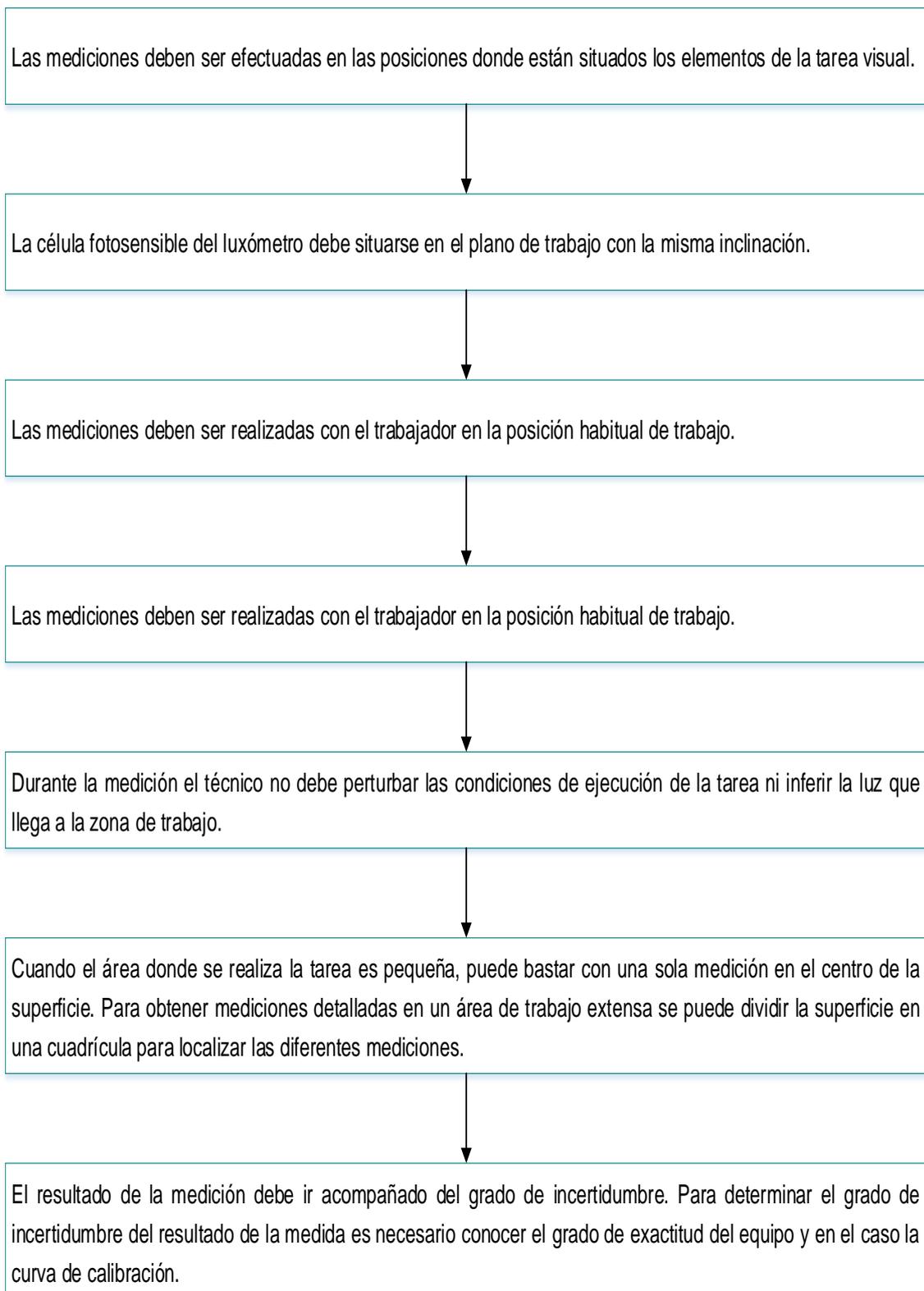


Figura 36 Procedimiento de medida con el Luxómetro.

3.1.2. Protocolo de medición de continuidad de la puesta tierra

El sistema de puesta a tierra es del tipo de malla, configurado por varias barras enterradas. El conductor enterrado horizontalmente utilizado para interconectar varillas de tierra o equipo similar que forman el electrodo de tierra. La puesta tierra de malla está dividida en tres elementos:

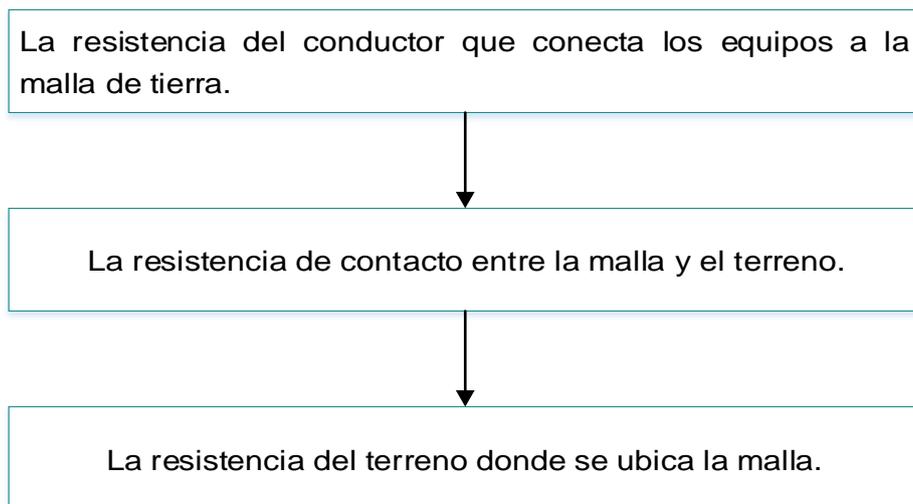


Figura 37 Elementos de la puesta tierra de malla.

Componentes de una malla de puesta a tierra:

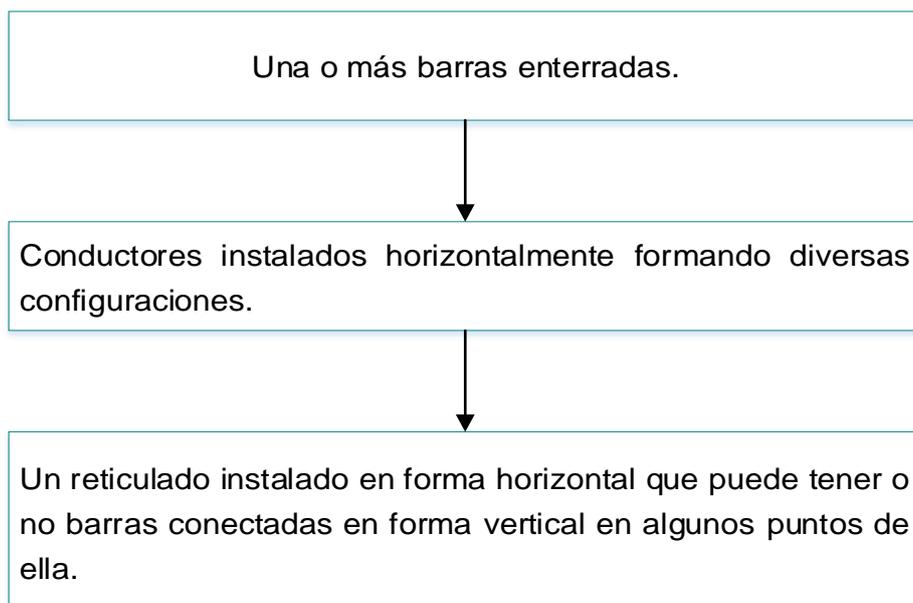


Figura 38 Componentes de una malla puesta tierra.

3.1.1.2. Ensayo en ambas polaridades

Los pasos para realizar el ensayo en ambas polaridades son:

1. Se comprobará que el comprobador de polaridad funciona correctamente utilizando dispositivo.
2. Si la tierra es fiable, cualquier enlace Neutro-Tierra en el corte debe desconectarse temporalmente, antes de que pueda realizarse la prueba de polaridad.
3. Retire el portafusibles, identifique y desconecte temporalmente el neutro y la tierra del consumidor cables - asumir que el bloque neutro / tierra es en vivo.
4. Prueba para identificar los conductores vivos usando un probador de polaridad.
5. Confirme la polaridad correcta conectando la sonda del probador de polaridad a:
 - a. El terminal inferior de la base del fusible (la pluma de prueba debe encenderse en rojo y el zumbador sonará)
 - b. El bloque neutro (la pluma de prueba no debe brillar en rojo y el zumbador no sonará)
6. Compruebe que el indicador de polaridad está funcionando repitiendo 1. arriba
7. Si el resultado de la prueba indica la polaridad correcta, el trabajo debe continuar hasta su conclusión.

8. Si no se obtienen las indicaciones correctas, entonces la situación debe ser reportada a la Falla como un incidente de polaridad cruzada. El trabajo en la mano puede proceder, que debe incluir rectificación de la polaridad cruzada.
9. Después de completar la rectificación requerida en las terminaciones de cable de red o de servicio, volver a se llevará a cabo cuando sea necesario. Si se obtienen las indicaciones correctas, vuelva a conectar el neutro del consumidor y los cables de tierra y reemplazar el portafusibles.
10. Selle el recorte.

3.1.1.3. Procedimiento en caso de fallar la continuidad

El procedimiento a realizar en caso de fallar la continuidad:

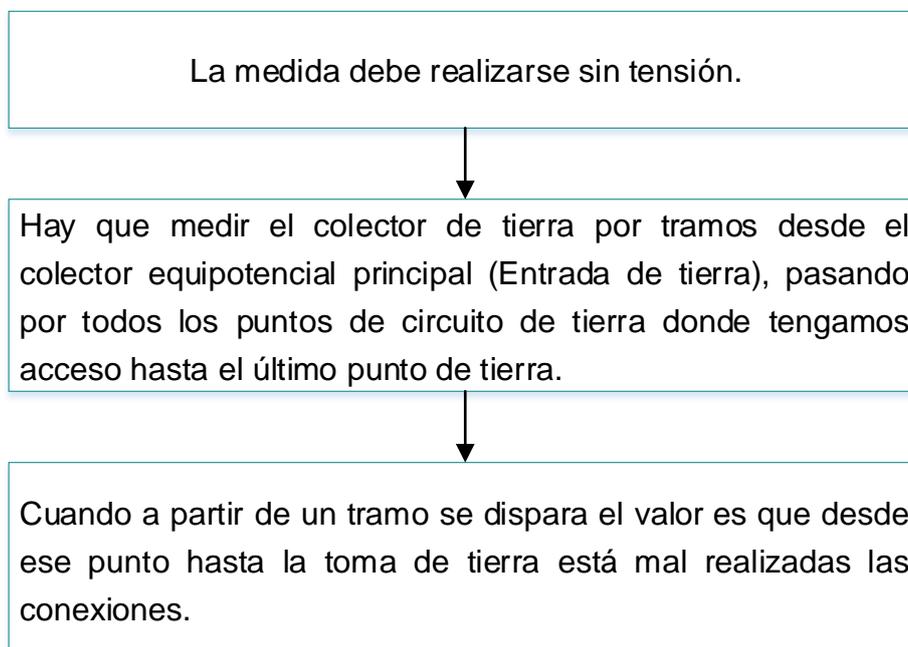


Figura 39 Procedimiento en caso de fallar la continuidad.

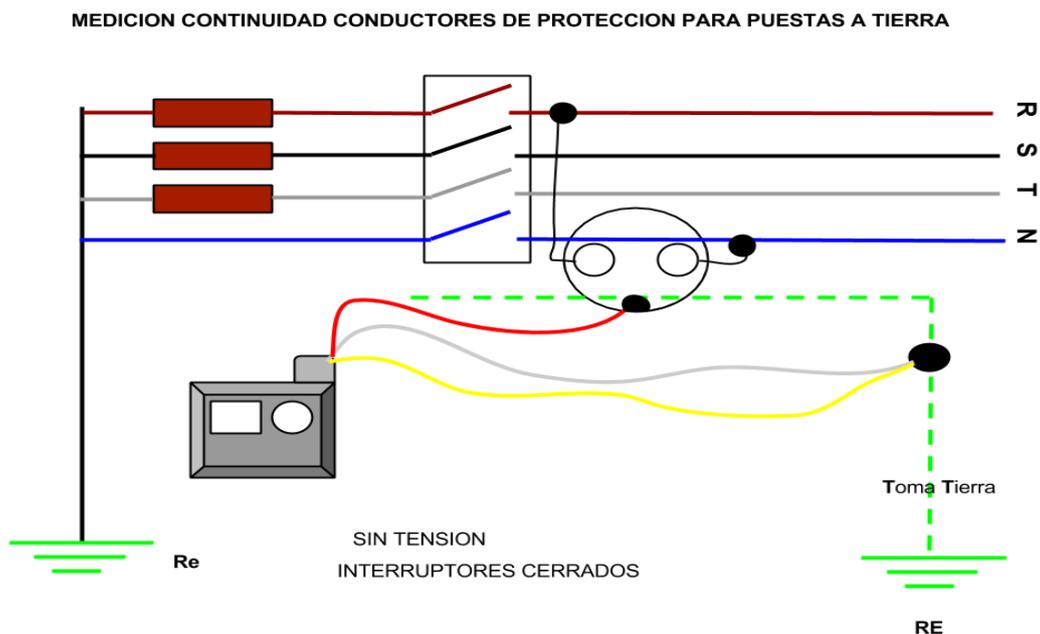


Figura 40 Medición de continuidad conductores de protección y conductores equipotenciales LOW OHMIOS.

De los datos recolectados en la tabla 7 lista de verificación, se obtuvo que el funcionamiento de las instalaciones eléctricas está idóneo en funcionamiento y para los fines de la propuesta no es necesario realizar un rediseño en el sistema de iluminación (en cuanto, a la ubicación de las luminarias y acometidas eléctricas). Sin embargo, el uso de la energía eléctrica no se realiza de forma eficiente representando un problema, debido a que aumenta el consumo eléctrico. Por consiguiente, para efecto del diseño se tomará la misma distribución solo se adaptará la automatización mediante el Logo 230 RCE, sin cambiar la distribución de luminarias.

3.2. Necesidades de niveles de iluminación de las áreas comunales del Edificio Torres de Suites

Las necesidades de las áreas comunales del Edificio Torres de Suite son las siguientes:

- a. Establecer horarios de encendido y apagado de las luces en función a las necesidades de tránsito de los usuarios.
- b. Seleccionar lámparas que permitan minimizar el consumo de energía eléctrica.
- c. Seleccionar lámparas que iluminen los espacios de manera eficiente para garantizar el confort de acuerdo a la tabla 5.

3.3. Descripción del sistema eléctrico de las áreas comunales del Edificio Torres de Suite

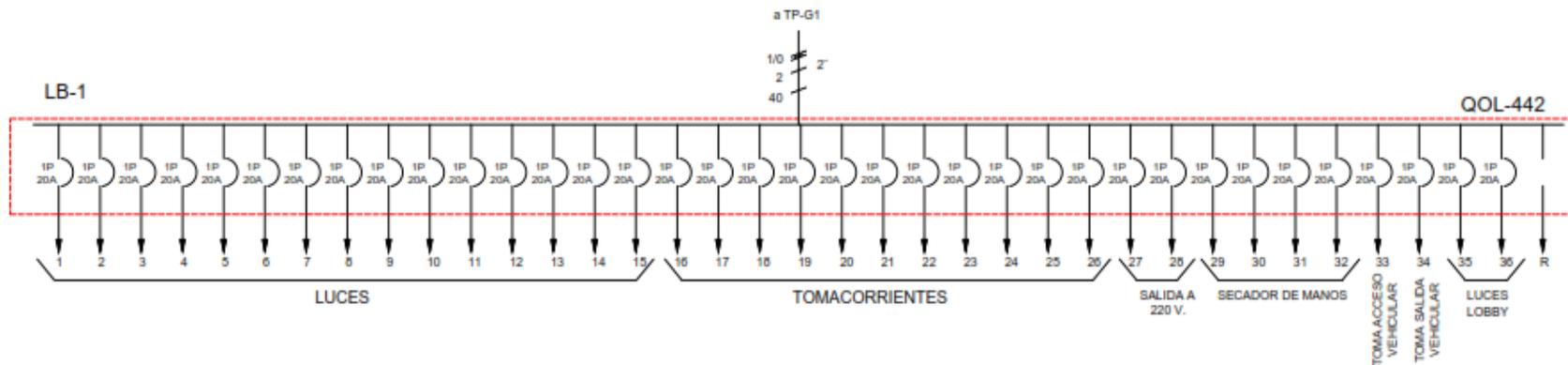
3.3.1. Descripción del sistema eléctrico del lobby

3.3.1.1. Tablero LB- 1

El tablero LB-1 tiene conexión Línea-Línea- Neutro, de 36 circuitos conectados, 1 de reserva, con 2 conductores THN calibre 1/0, 1 conductor THW calibre 2 y 1 conductor calibre 4/0, en tubería de 2 pulgada, el cual está distribuido como se muestra a continuación:

- 17 circuitos de iluminación, que utilizan breakers monopoles de 20 A, conectados a 110 V.
- 11 circuitos para toma corrientes, con breakers monopoles de 20 A, conectados a 110 V.
- 2 breakers monopoles de 20 A, con salida a 220 V.
- 4 circuitos para secadoras de manos, con breakers monopoles de 20 A.
- 1 circuito para toma de acceso vehicular, con breaker monopolar de 20 A.
- 1 circuito para toma de salida vehicular, con breaker monopolar de 20 A.

TABLERO LB1



- | | | | |
|--|-------------------|-------------------------------|-------------------------|
| | LEYENDA | TUBERIA 2" | 1 CIRCUITO DE RESERVA R |
| | BREAKERS 1 X 20 A | 2 CONDUCTORES THN CALIBRE 1/0 | |
| | | 1 CONDUCTOR THN 4/0 | |
| | TIERRA | 1 CONDUCTOR TWH CALIBRE 2 | |

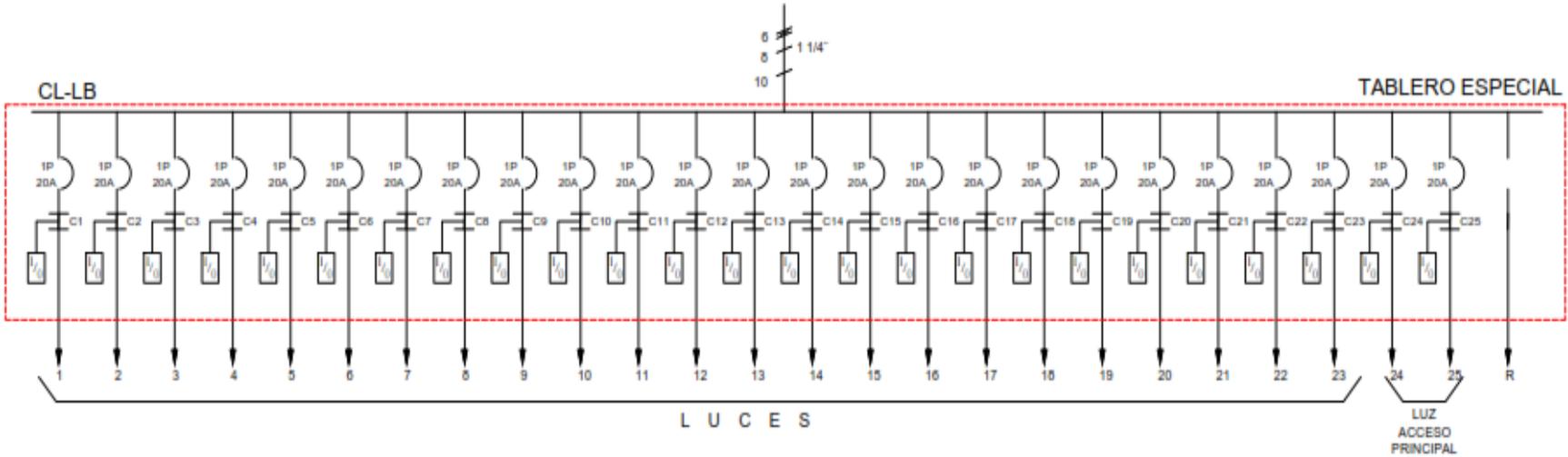
Figura 41 Tablero LB-1.

3.3.1.2. Tablero CL-LB (Tablero Especial)

El tablero CL-LB tiene conexión Línea-Línea- Neutro, de 25 circuitos conectados, 1 de reserva, con 2 conductores THW calibre 6, 1 conductor THW calibre 8 y 1 conductor THW calibre 10, en tubería de 1 ¼ pulgada, el cual está distribuido como se muestra a continuación:

- 23 circuitos de iluminación, que utilizan breakers monopolares de 20 A, conectados a 110 V.
- 2 circuito para luces de acceso principal, con breaker monopolar de 20 A.

TABLERO CL - LB (TABLERO ESPECIAL)



- LEYENDA**
-  BREAKERS 1 X 20 A
 -  TIERRA
 - TUBERIA 1 1/4"
 - 1 CONDUCTORES TWN CALIBRE 10
 - 1 CONDUCTORES TWN CALIBRE 8
 - 2 CONDUCTOR TWH CALIBRE 6
 - 1 CIRCUITO DE RESERVA R

Figura 42 Tablero CL-LB.

3.3.1.3. Tablero TP- G1 (Tablero Especial)

El tablero TP-G1 tiene conexión Línea-Línea-Línea Neutro, de 14 circuitos conectados, 1 de reserva, con conductores $4x(3x500MCM + 1x1/0)$, el cual está distribuido como se muestra a continuación:

- 1 circuito para el tablero F-TE1, con breaker de tres polos de 350 A.
- 1 circuito para el tablero SG13-1, con breaker de tres polos de 40 A.
- 1 circuito para el tablero SG10-1, con breaker de tres polos de 60 A.
- 1 circuito para el tablero SG6-1, con breaker de tres polos de 50 A.
- 1 circuito para el tablero SG2-1, con breaker de tres polos de 70 A.
- 1 circuito para el tablero LB-1, con breaker de tres polos de 60 A.
- 1 circuito para el tablero CL-LB, con breaker de tres polos de 100 A.
- 2 circuito para extractores de 25 Hp, con breaker de tres polos de 100 A.
- 2 circuito para incendio de 20 Hp, con breaker de tres polos de 100 A.
- 1 circuito para el tablero SG-S2, con breaker de tres polos de 60 A.
- 1 circuito para el tablero F-S2, con breaker de tres polos de 300 A.
- 1 circuito para bomba de incendio de 75 Hp, con breaker de tres polos de 300 A.

TABLERO TP-G1 (TABLERO ESPECIAL)

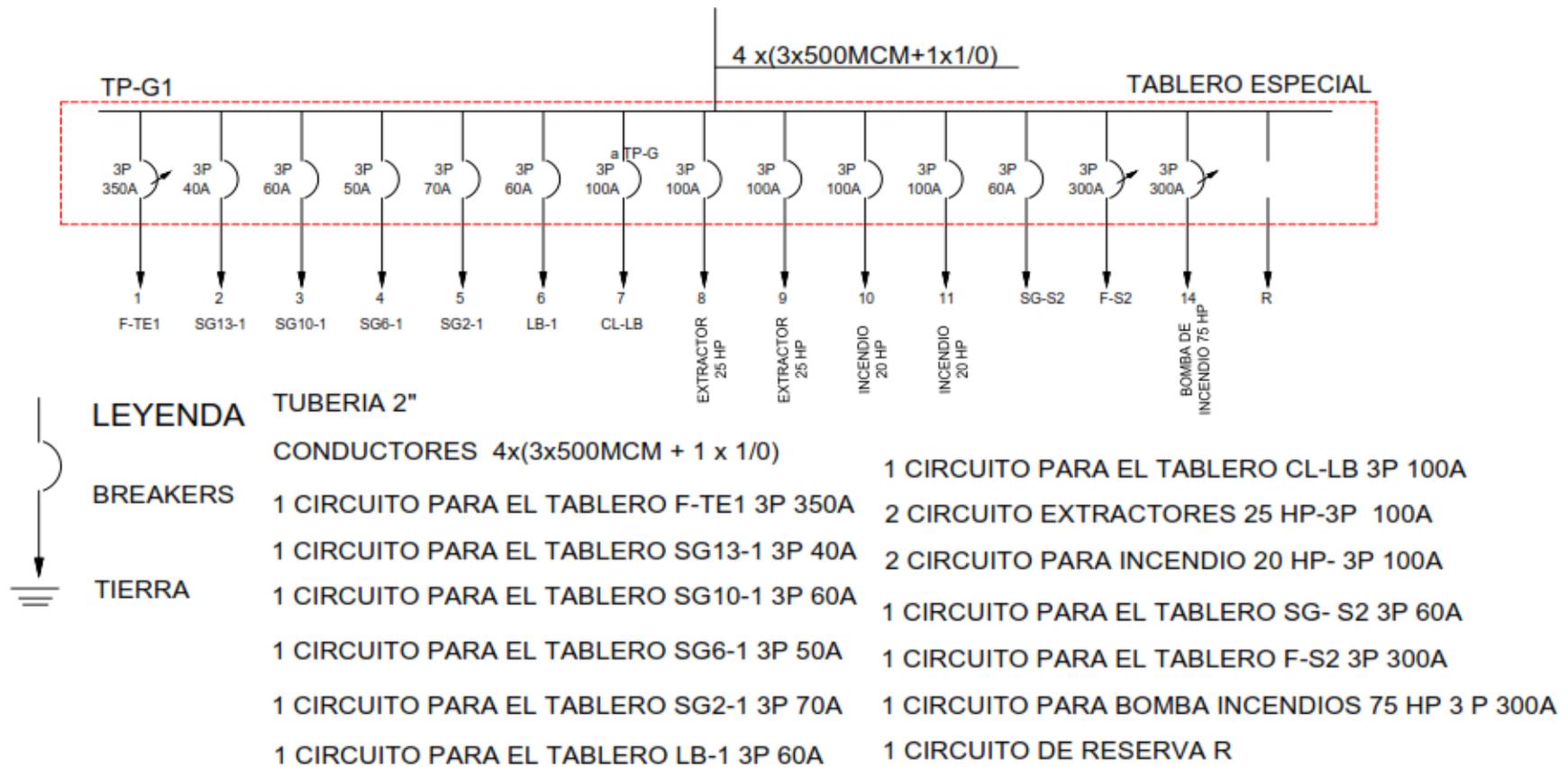


Figura 43 Tablero TP-G1 (Tablero Especial).

3.3.1.4. Tablero TP- G2 (Tablero Especial)

El tablero TP-G2 tiene conexión Línea-Línea-Línea Neutro, de 5 circuitos conectados, 1 de reserva, con 2 conductores de 350 MCM y 1 conductor 4/0 el cual está distribuido como se muestra a continuación:

- 1 circuito para el tablero F-TE1, con breaker de tres polos de 350 A.
- 1 circuito para el tablero SG13-2, con breaker de tres polos de 40 A.
- 1 circuito para el tablero SG10-2, con breaker de tres polos de 125 A.
- 1 circuito para el tablero SG6-2, con breaker de tres polos de 50 A.
- 1 circuito para el tablero SG2-2, con breaker de tres polos de 50 A.

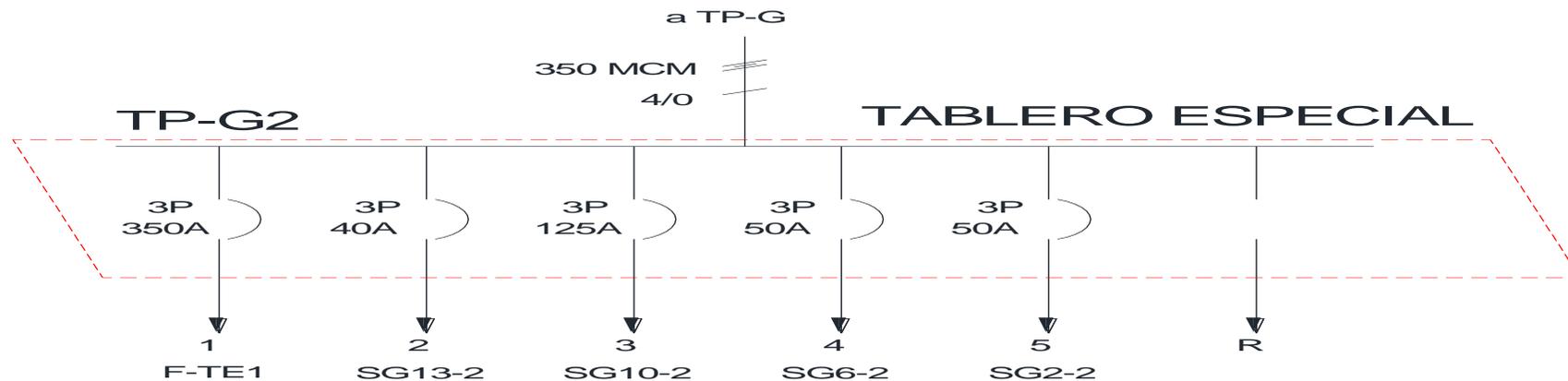


Figura 44 Tablero TP-G2 (Tablero Especial).

3.3.2. Descripción del sistema de iluminación del lobby

Los circuitos eléctricos de iluminación del lobby poseen una Tubería EMT ½", por el cielo raso con 2 conductores # 12 AWG y están distribuidos de la siguiente forma, es decir, L5₁₀, L5₂₅, CL-L5₁₁, CL-L5₉, CL-L5₅, CL-L5₂, CL-L5₉, CL-L5₆, CL-L5₈, CL-L5₃₅, CL-L5₁, CL-L5₁₅, CL-L5₁₆, CL-L5₁₀, LSE:

- El circuito L5₁₀, está compuesto por 9 (nueve) Luminarias incandescentes de 100 W.
- El circuito L5₂₅, está compuesto por 2 (dos) Luminarias incandescentes de 100 W y una lámpara de emergencia.
- El circuito CL-L5₁₁, está constituido por 30 (treinta) Luminarias tipo ojo de Buey Decorativa.
- El circuito CL-L5₉, está constituido por 30 (treinta) Luminarias tipo ojo de Buey Decorativa.
- El circuito CL-L5₅, está constituido por 30 (treinta) Luminarias tipo ojo de Buey Decorativa.
- El circuito CL-L5₂, está constituido por 9 (nueve) Luminarias tipo dicroico de 50 W.
- El circuito CL-L5₉, está conformado por 5 (cinco) Luminarias tipo dicroico de 50 W.
- El circuito CL-L5₆, tiene 19 (diecinueve) Luminarias tipo dicroico de 50 W.
- El circuito CL-L5₈, tiene 6 (seis) Luminarias tipo dicroico de 50 W.

- El circuito CL-L5₃₅, está compuesto por 11 (once) Luminarias tipo dicroico de 50 W.
- El circuito CL-L5₁, está compuesto por 12 (doce) Luminarias tipo dicroico de 50 W.
- El circuito CL-L5₁₅, está compuesto por 6 (seis) Luminarias tipo dicroico de 50 W.
- El circuito CL-L5₁₆, está compuesto por 3 (tres) Luminarias tipo dicroico de 50 W.
- El circuito CL-L5₁₀, está compuesto por 12 (doce) Luminarias tipo dicroico de 50 W.
- En el circuito LSE, está instalado el letrero de salida de emergencia.

En estos circuitos están conectadas las luminarias del lobby. El número de puntos de utilización para este circuito, no sobrepasa, en ningún caso, los 30 máximos permitidos. Se considera un punto de utilización, cada luminaria o conjunto de luminarias controladas por el mismo interruptor.

La suma de las cargas de iluminación instaladas luego de aplicar el coeficiente de iluminación (F_u) y el de simultaneidad (f_s) que son de 0,5 y 0,3 respectivamente, representa la potencia total. Para calcular las corrientes en los circuitos se utilizará un factor 1,8 en las intensidades de corrientes consumidas en las diferentes variedades de luminarias.

3.3.3. Descripción del sistema eléctrico del piso 1 y 2

3.3.3.1. Tablero S1-14

El tablero S1-14 tiene conexión Línea-Línea- Neutro, de 16 circuitos conectados, 1 de reserva, con 3 conductores TTH calibre 6, 1 conductor THW calibre 8, en tubería de 1 ¼ pulgada, el cual está distribuido como se muestra a continuación:

- 10 circuitos de iluminación, que utilizan breaker monopolar de 15 A, conectados a 110 V.
- 3 circuitos para toma corrientes, con breaker monopolar de 20 A, conectados a 110 V.
- 1 circuito para la iluminación tipo hongo, con breaker monopolar de 20 A.
- 2 circuitos para la iluminación de la cancha de tenis, con breaker monopolar de 20 A.
- 1 circuito de reserva.

TABLERO S1 - 14

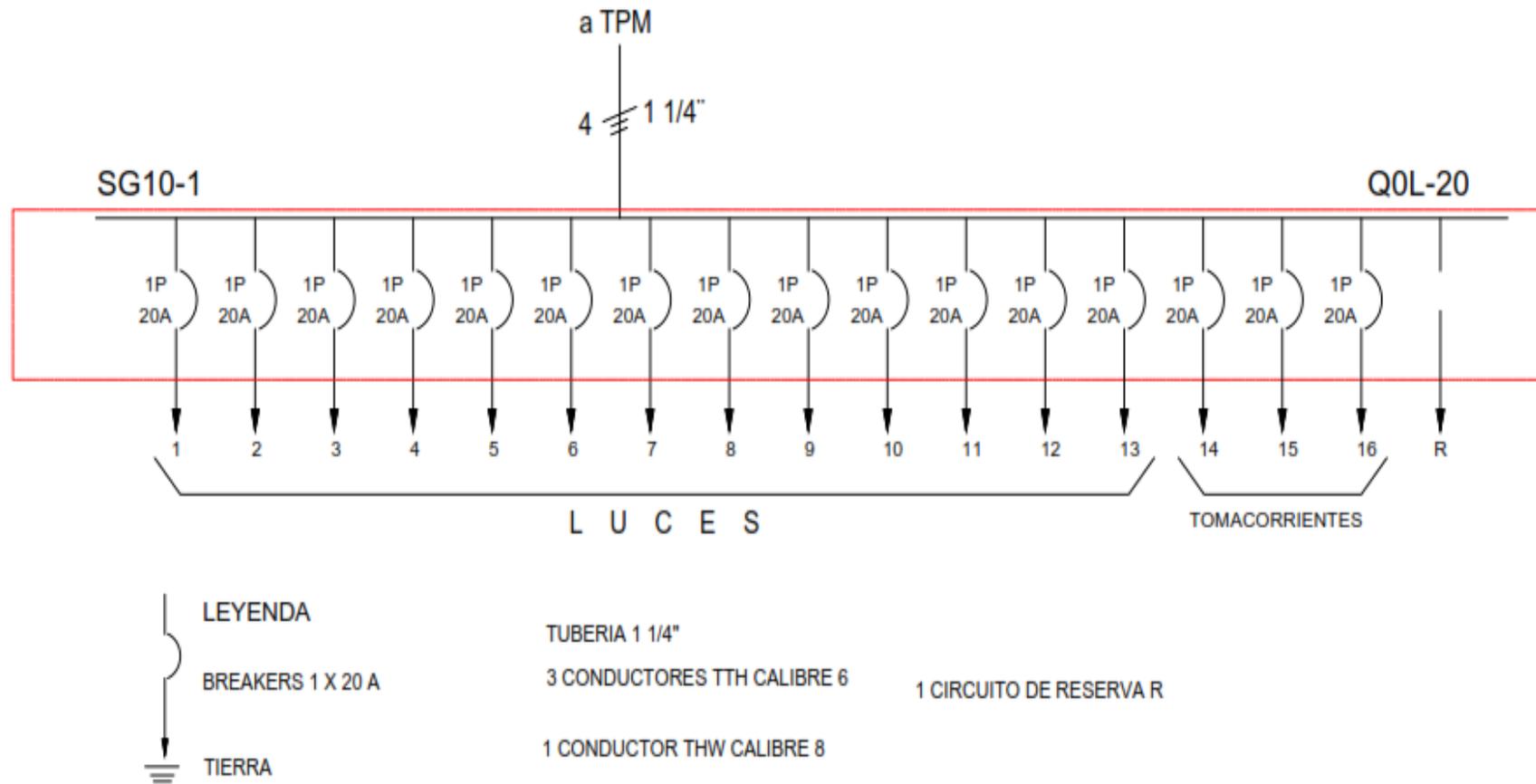


Figura 45 Tablero S1-14.

3.3.4. Descripción del sistema de iluminación del piso 1 y 2

Los circuitos eléctricos de iluminación del lobby poseen una Tubería EMT $\frac{1}{2}$ ", por el cielo raso con 2 conductores # 12 AWG y están distribuidos de la siguiente manera, es decir, L11₂, L12, L12₅, L12₃, L12₂, L12₄.

- El circuito L12, está compuesto por 8 (ocho) Luminarias incandescentes de 100 W.
- El circuito L11₂, está constituido por 3 (tres) Luminarias tipo dicroico de 50 W.
- El circuito L12₅, está conformado por 6 (seis) Luminarias tipo dicroico de 50 W.
- El circuito L12₃, tiene 3 (tres) Luminarias tipo dicroico de 50 W.
- El circuito L12₂, tiene 3 (tres) Luminarias tipo dicroico de 50 W.
- El circuito L12₄, está compuesto por 6 (seis) Luminarias tipo dicroico de 50 W.

En estos circuitos están conectadas las luminarias del piso 1 y 2. La cantidad de puntos utilizados para este circuito, no sobrepasa, en ningún caso, los 30 máximos permitidos. Se considera un punto de utilización, cada luminaria o conjunto de luminarias controladas por el mismo interruptor.

La sumatoria de las cargas de iluminación instaladas luego de aplicar el coeficiente de iluminación (F_u) y el de simultaneidad (f_s) que son de 0,5 y 0,3 respectivamente, representa la potencia total. Para calcular las corrientes en los circuitos se utilizará un factor 1,8 en las intensidades de corrientes consumidas en las diferentes variedades de luminarias.

3.3.5. Encuesta para determinar los horarios de tránsito peatonal a utilizar en la programación del LOGO 230 RCE

Para determinar los horarios de tránsito peatonal en las áreas comunales de edificio Torres de Suite, es necesario aplicar una encuesta para analizar los tiempos de uso del sistema iluminación y en función a ello realizar la programación del sistema.

Se procedió a encuestar a 8 técnicos que son los encargados del mantenimiento en el departamento de servicios generales del edificio Torres de Suite.

Tabla 9 Encuesta para determinar los horarios de tránsito.

| N ° | Aspectos a observar | Frecuente | Intermedio | Poco |
|-----|--|-----------|------------|------|
| 1 | El tránsito peatonal en el lobby y el piso 1 en el horario de 6:00 am hasta las 6: 00 pm es: | | | |
| 2 | El tránsito peatonal en el lobby y el piso 1 en el horario de 6:00 pm hasta las 12:00 am es: | | | |
| 3 | El tránsito peatonal en el lobby y el piso 1 en el horario de 12:00 am hasta las 6:00 am es: | | | |
| 4 | El tránsito peatonal en el lobby y el piso 1 en el horario de 6:00 am hasta las 8:00 am es: | | | |

1. El tránsito peatonal en el lobby y el piso 1 en el horario de 6:00 am hasta las 6: 00 pm es:

Tabla 10 Tránsito de 6:00 am hasta 6:00 pm en el lobby y el piso 1.

| | Frecuencia | Porcentaje |
|--------------|------------|-------------|
| Frecuente | 0 | 0% |
| Intermedio | 1 | 12,50% |
| Poco | 7 | 87,50% |
| Total | 8 | 100% |

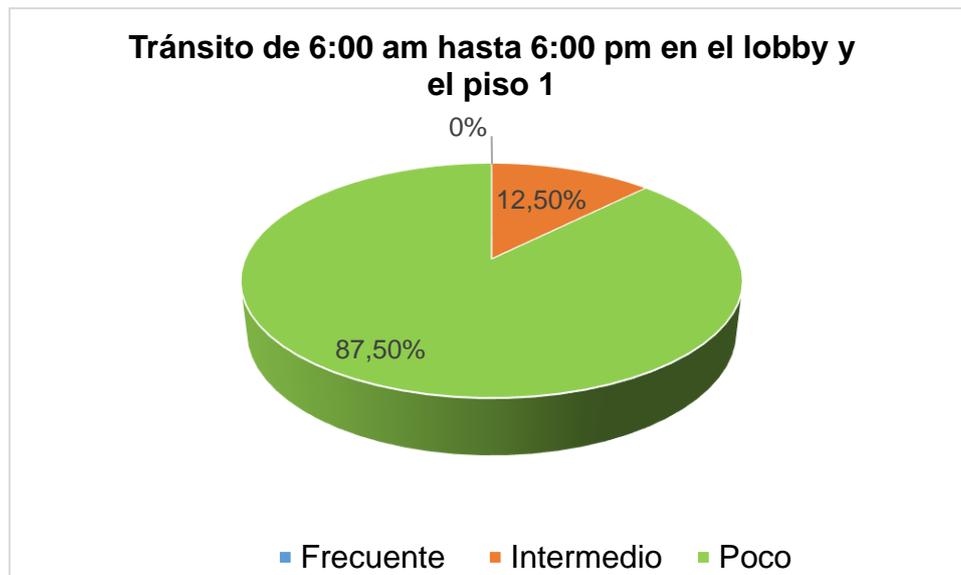


Figura 46 Tránsito de 6:00 am hasta 6:00 pm en el lobby y el piso 1.

Interpretación

El 87,50 % de los encuestados manifiestan que el tránsito peatonal en el lobby y el piso 1 en el horario de 6:00 am hasta las 6:00 pm es poco, mientras que el 12,5 % dice que es intermedio.

2. El tránsito peatonal en el lobby y el piso 1 en el horario de 6:00 pm hasta las 12:00 am es:

Tabla 11 Tránsito de 6:00 pm hasta 12:00 am en el lobby y el piso 1.

| | Frecuencia | Porcentaje |
|--------------|-------------------|-------------------|
| Frecuente | 8 | 100% |
| Intermedio | 0 | 0% |
| Poco | 0 | 0% |
| Total | 8 | 100% |

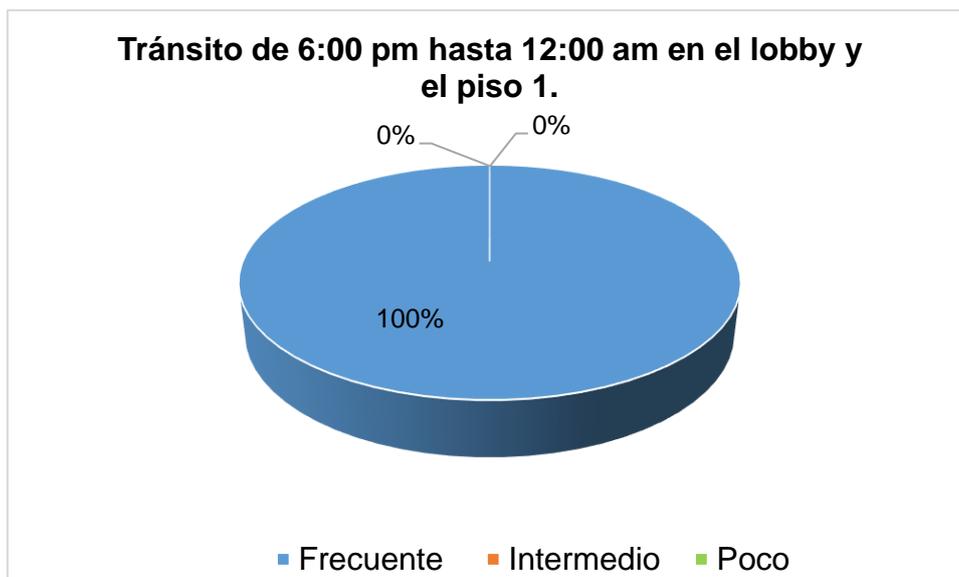


Figura 47 Tránsito de 6:00 pm hasta 12:00 am en el lobby y el piso 1.

Interpretación

El 100% de los encuestados dicen que el tránsito peatonal en el lobby y el piso 1 en el horario de 6:00 pm hasta las 12:00 am es frecuente en ese horario.

3. El tránsito peatonal en el lobby y el piso 1 en el horario de 12:00 am hasta las 6:00 am es:

Tabla 12 Tránsito de 12:00 am hasta 6:00 am en el lobby y el piso 1.

| | Frecuencia | Porcentaje |
|--------------|------------|-------------|
| Frecuente | 0 | 0% |
| Intermedio | 0 | 0% |
| Poco | 8 | 100% |
| Total | 8 | 100% |

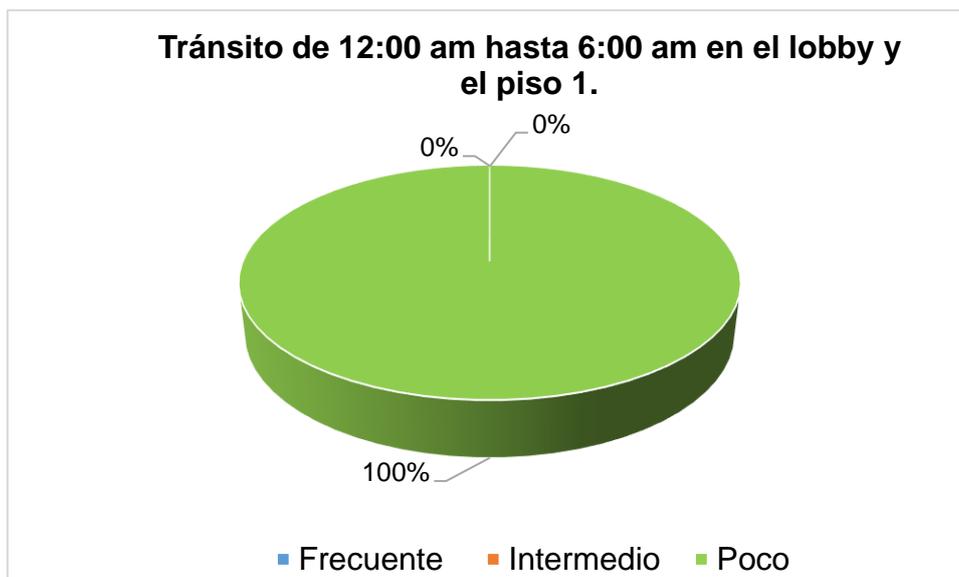


Figura 48 Tránsito de 12:00 am hasta 6:00 am en el lobby y el piso 1.

Interpretación

El 100% de los encuestados manifiestan que el tránsito peatonal en el lobby y el piso 1 en el horario de 12:00 am hasta las 6:00 am es poco en este horario.

4. El tránsito peatonal en el lobby y el piso 1 en el horario de 6:00 am hasta las 8:00 am es:

Tabla 13 Tránsito de 6:00 am hasta 8:00 am en el lobby y el piso 1.

| | Frecuencia | Porcentaje |
|--------------|------------|-------------|
| Frecuente | 2 | 25% |
| Intermedio | 4 | 50% |
| Poco | 2 | 25% |
| Total | 8 | 100% |

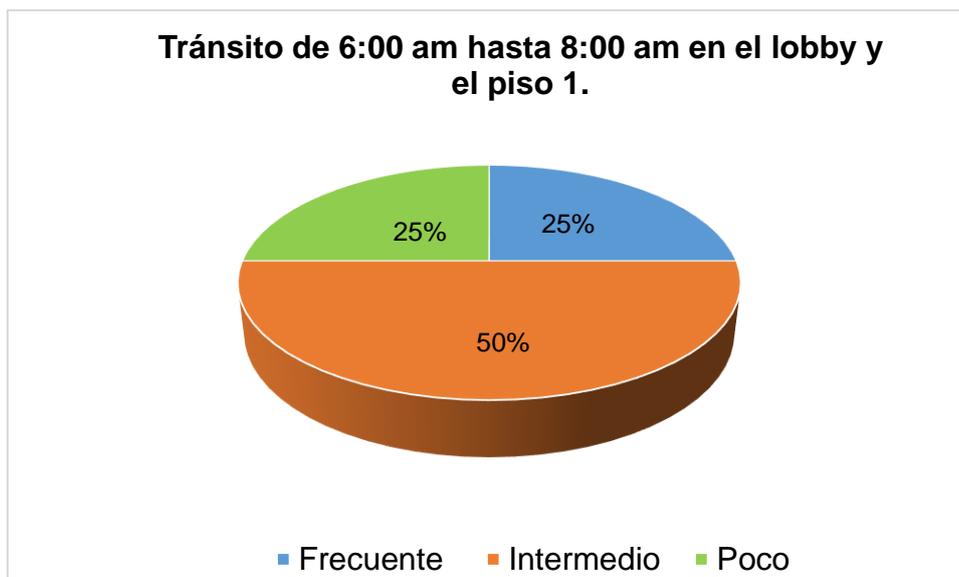


Figura 49 Tránsito de 6:00 am hasta 8:00 am en el lobby y el piso 1.

Interpretación

El 50 % de los encuestados manifiestan que el tránsito peatonal en el lobby y el piso 1 en el horario de 6:00 am hasta las 8:00 am es intermedio, mientras que el 25 % dice que es frecuente y otro 25% que es poco.

3.3.6. Encuesta

1. ¿Qué tiempo le gustaría que las luminarias estén encendidas cuando pase por el pasillo?

| | |
|-------------|---|
| 5 segundos | |
| 10 segundos | |
| 15 segundos | |
| 5 min | X |

2. ¿El nivel de iluminación en el pasillo es?

| | |
|--------|---|
| Alto | |
| Medio | X |
| Bajo | |
| Normal | |

3. **¿Qué tipo de luz le gustaría que existiera en los pasillos?**

| | |
|--------------|---|
| Luz blanca | X |
| Luz amarilla | |
| Otras | |

4. **¿Qué tipo de luz le gustaría que existiera en el hall principal entrada ascensores?**

| | |
|--------------|---|
| Luz blanca | X |
| Luz amarilla | |
| Otras | |

5. **¿Cree usted, con el cambio de luces incandescentes a luces led se reduciría el consumo energético?**

| | |
|----|---|
| Si | X |
| No | |

6. **¿Sabe usted si cuenta con algún generador de energía?**

| | |
|----|---|
| Si | X |
| No | |

7. **¿Utiliza iluminación led en su hogar?**

| | |
|----|---|
| Si | X |
| No | |

8. **¿Conoce usted sobre la eficiencia energética?**

| | |
|----|---|
| Si | X |
| No | |

3.4. Configuración y Programación del sistema automatizado de control de iluminación a través de un Logo Modelo 230 RCE

3.4.1. Descripción técnica del Logo Modelo 230 RCE

Tabla 14 Datos Técnicos del LOGO 230 RCE.

| Descripción técnica del Logo Modelo 230 RCE | |
|---|--|
| Visualización con pantalla | Si |
| Tipo de montaje / montaje | Montaje en carril DIN de 35 mm, 6 unidades de separación de ancho. |
| Tensión de alimentación Valor nominal (DC) | 115 V DC/ 230 V DC |
| Rango admisible, límite inferior (DC) | 100 V |
| Rango admisible, límite superior (DC) | 253 V |
| Valor nominal (CA) | 115 V AC/ 230 V AC |
| Frecuencia de línea | |
| Rango permitido, límite inferior | 47 Hz |
| Rango permitido, límite superior | 63 Hz |
| Hora del día | Relojes de conmutación de tiempo |
| Número | 333 |
| Reserva de marcha | 480 h |
| Entradas digitales | |
| Número de entradas digitales | 8 |
| Salidas digitales | |
| Número de salidas digitales | 4; relés |
| Protección contra cortocircuito | No; fusible externo necesario |
| Salidas de relé | |
| Capacidad de conmutación de contactos | Con carga inductiva, máx. 3 A. Con carga resistiva, máx. 10 A. |
| Dimensiones | Ancho 107 mm Altura 90 mm Profundidad 55 mm |
| <ul style="list-style-type: none"> • Interfaz Ethernet en vez de la actual interfaz de programación serie. • Tarjeta SD estándar o tarjeta de memoria SIMATIC (hasta 8 GB y Clase 4). • Registro de datos en la memoria interna o la tarjeta SD. • Conexión a red con hasta 8 equipos. • Comunicación con controladores Simatic, paneles Simatic y PCs (servidor OPC) basados en el protocolo S7 sobre Ethernet. • Macros (funciones definidas por el usuario) para el LOGO Soft Comfort V7. • 400 bloques de función. • 16 marcas analógicas. • 64 terminales abiertos. • 4 registros de desplazamiento de 8 bits. • Nuevas funciones: reloj astronómico, filtro analógico, cálculo del valor medio, valor min. / max., parar reloj. • Funciones de diagnóstico. • Compatible con los módulos de ampliación LOGO ya existentes y con el LOGO TD (misma funcionalidad que el LOGO 0BA6). | |

Tomado de: Siemens, (2011)

3.4.2. Requerimientos del sistema

Como se puede observar tanto el pasillo norte como el pasillo sur son similares, se controlará luminarias seleccionadas, a través de un sensor de movimiento el cual dará una señal al logo (PLC) para que encienda y apague las luminarias en determinados tiempos:

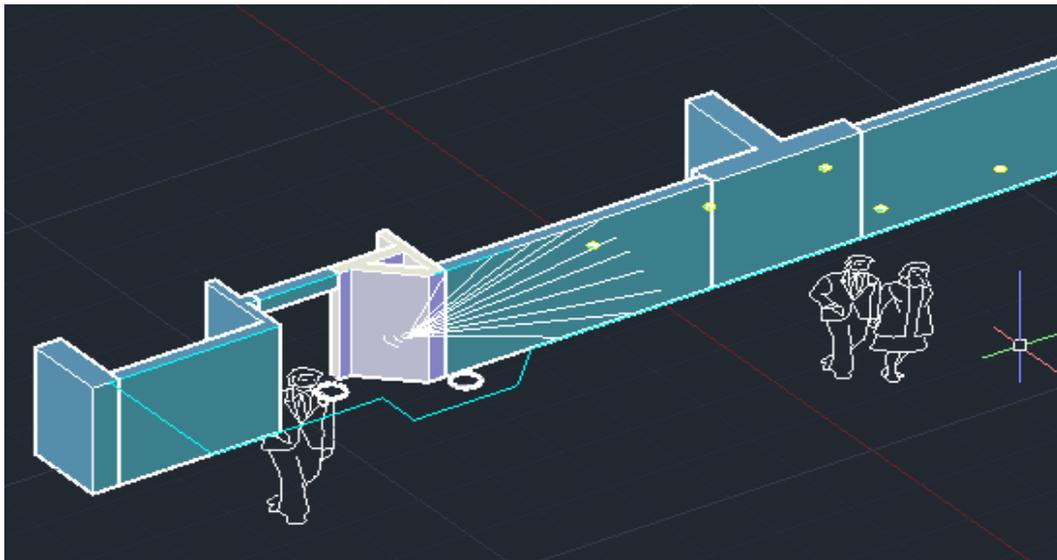


Figura 50 Plano Isométrico Pasillo Norte.

Por ejemplo:

El sensor al detectar movimiento se encenderá por 1 minuto, dando al huésped o propietario tiempo suficiente para que pueda ingresar a su suite o departamento

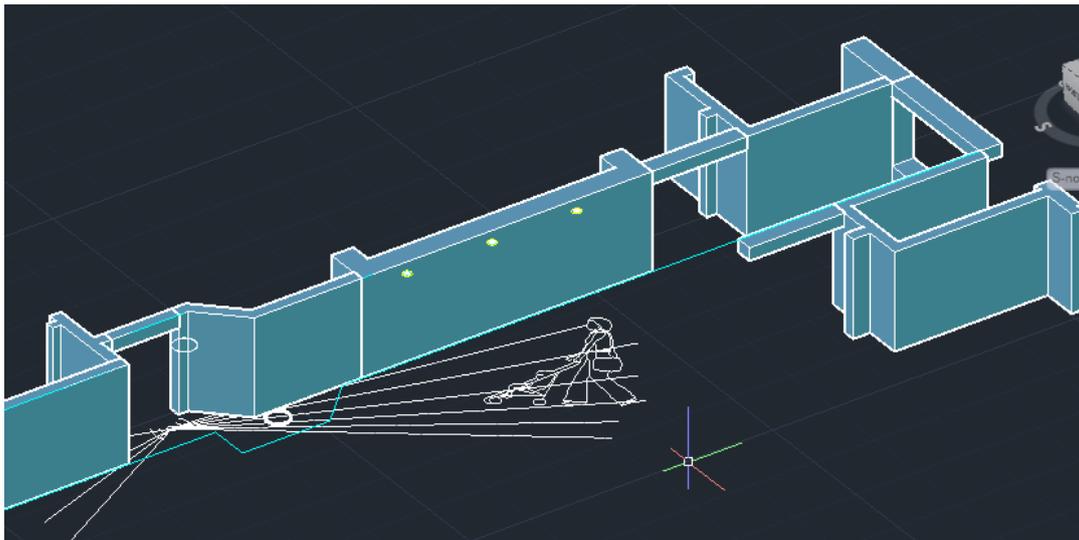


Figura 51 Plano Isométrico Pasillo Sur

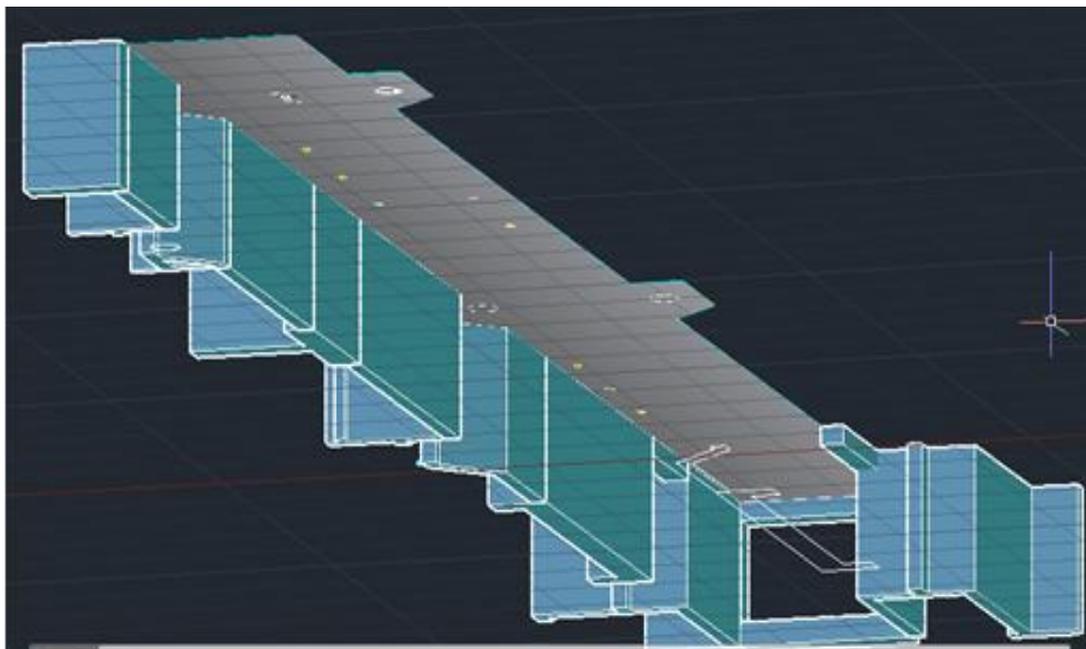


Figura 52 Plano Isométrico (vista superior).

Al salir desde cualquier departamento o suites, el sensor se encargará de encender el pasillo necesario para el tránsito.

Se coloca imágenes tridimensionales, para entender como quedara instalada, la distribución y funcionamiento de las luminarias en los pasillos.

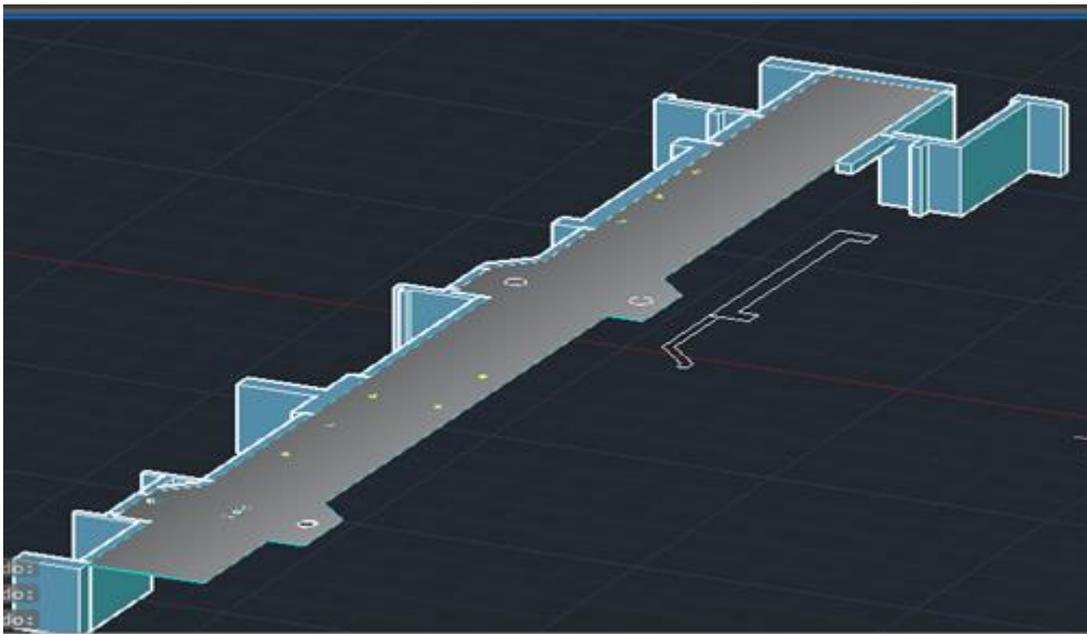


Figura 53 Plano Isométrico (Vista Inferior).

El cual encenderá las luminarias en un tiempo prudencial de 5 segundos a 1 minuto de acuerdo a las necesidades del lugar.

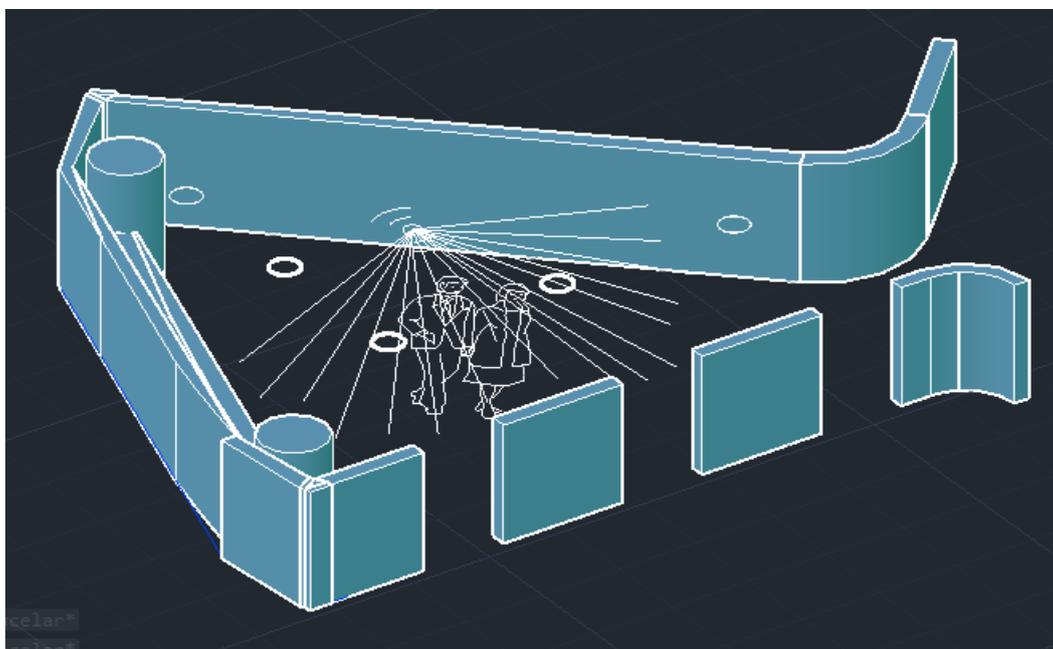


Figura 54 Plano Isométrico (Lobby).

En el lobby de ascensores en este caso se tomará el segundo piso, se tendrá un sensor el cual, de acuerdo a las condiciones de tránsito, funcionará en cuanto detecte algún huésped o propietario enviando una señal al logo (PLC).

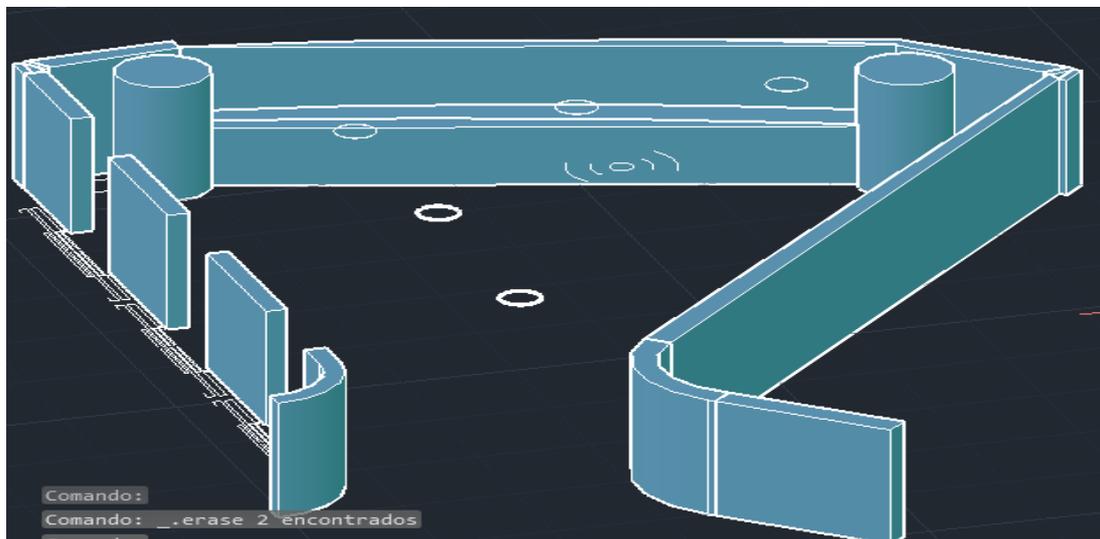


Figura 55 Vista frontal del lobby

Vista superior donde se puede ver la distribución de las luminarias y el sensor de movimiento con el cual controlaremos los tiempos de encendido y apagado de las mismas.

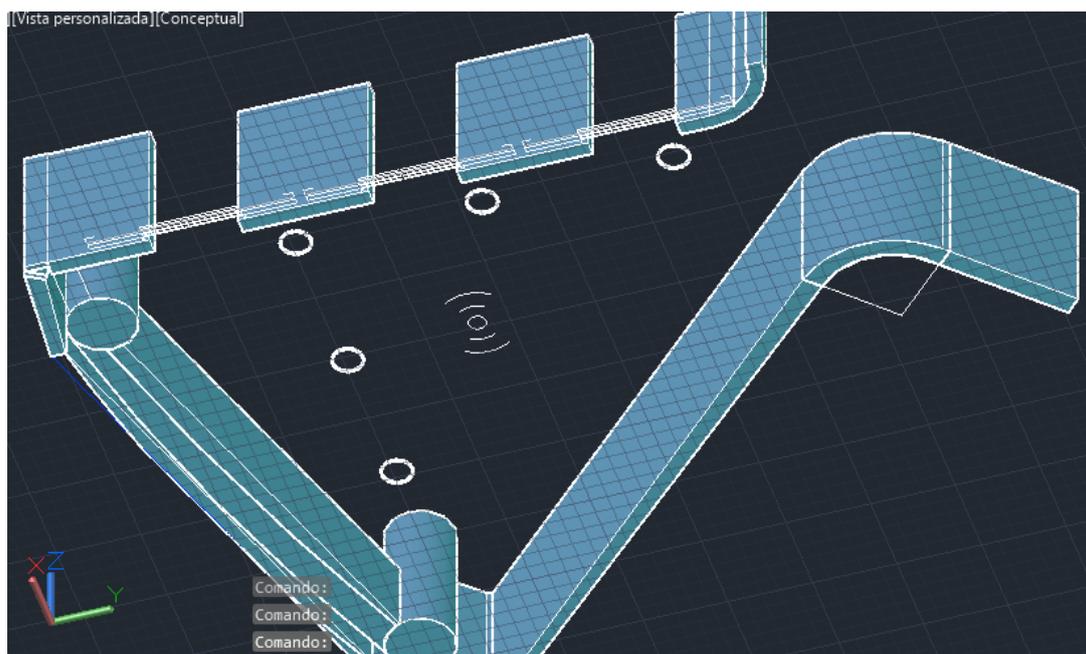


Figura 56 Vista superior del Lobby.

Vista inferior, donde se puede observar como quedaran las luminarias.

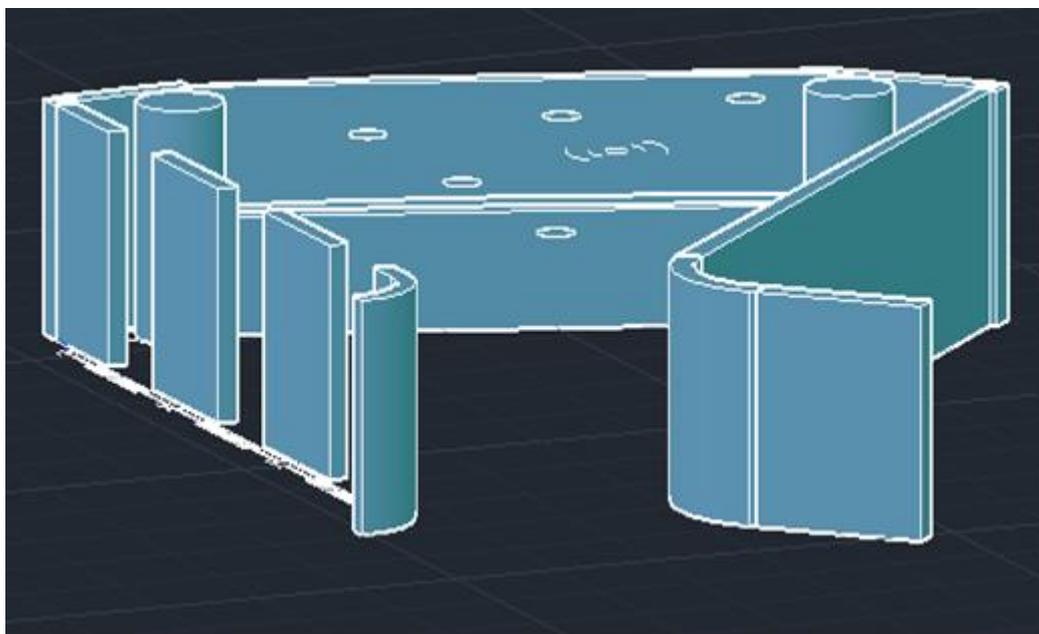


Figura 57 Vista inferior del Lobby.

3.4.3. Descripción y ubicación de los registros de memoria de entrada/ salidas del LOGO 230 RCE sistema de iluminación del Lobby.

Tabla 15 Descripción y ubicación de los registros de memoria de entrada/ salidas del LOGO RCE 230 V del sistema de iluminación del Lobby.

| | Descripción | Ubicación de registro de memoria |
|---------------------------|-----------------------|---|
| Módulo de Entradas | Sensor Norte | I ₁ (Entrada 1) |
| | Sensor Gradass | I ₂ (Entrada 2) |
| | Ascensores | I ₃ (Entrada 2) |
| | Alarma (emergencia) | I ₆ (Entrada 6) |
| | Apagado de Emergencia | I ₇ (Entrada 7) |
| Módulo de Salidas | Muebles Ventanas | Q ₁ (Salida 1) |
| | Gradass salón comunal | Q ₂ (Salida 2) |
| | Ascensores | Q ₃ (Salida 3) |
| | Iluminación exterior | Q ₄ (Salida 4) |

3.4.4. Descripción y ubicación de los registros de memoria de entrada/ salidas del LOGO 230 RCE sistema de iluminación del Piso 1.

Tabla 16 Descripción y ubicación de los registros de memoria de entrada/ salidas del LOGO RCE 230 V del sistema de iluminación del Piso 1.

| | Descripción | Ubicación de registro de memoria |
|---------------------------|-----------------------|---|
| Módulo de Entradas | Sensor Norte | I ₁ (Entrada 1) |
| | Sensor Norte | I ₂ (Entrada 2) |
| | Sensor Centro | I ₃ (Entrada 3) |
| | Sensor Sur | I ₄ (Entrada 4) |
| | Sensor Sur | I ₅ (Entrada 5) |
| | Alarma (emergencia) | I ₆ (Entrada 6) |
| | Apagado de emergencia | I ₇ (Entrada 7) |
| Módulo de Salidas | Luces pasillo norte | Q ₁ (Salida 1) |
| | Luces pasillo centro | Q ₂ (Salida 2) |
| | Luces pasillo sur | Q ₃ (Salida 3) |

3.4.5. Programación del sistema de iluminación del Lobby mediante el LOGO 230 RCE

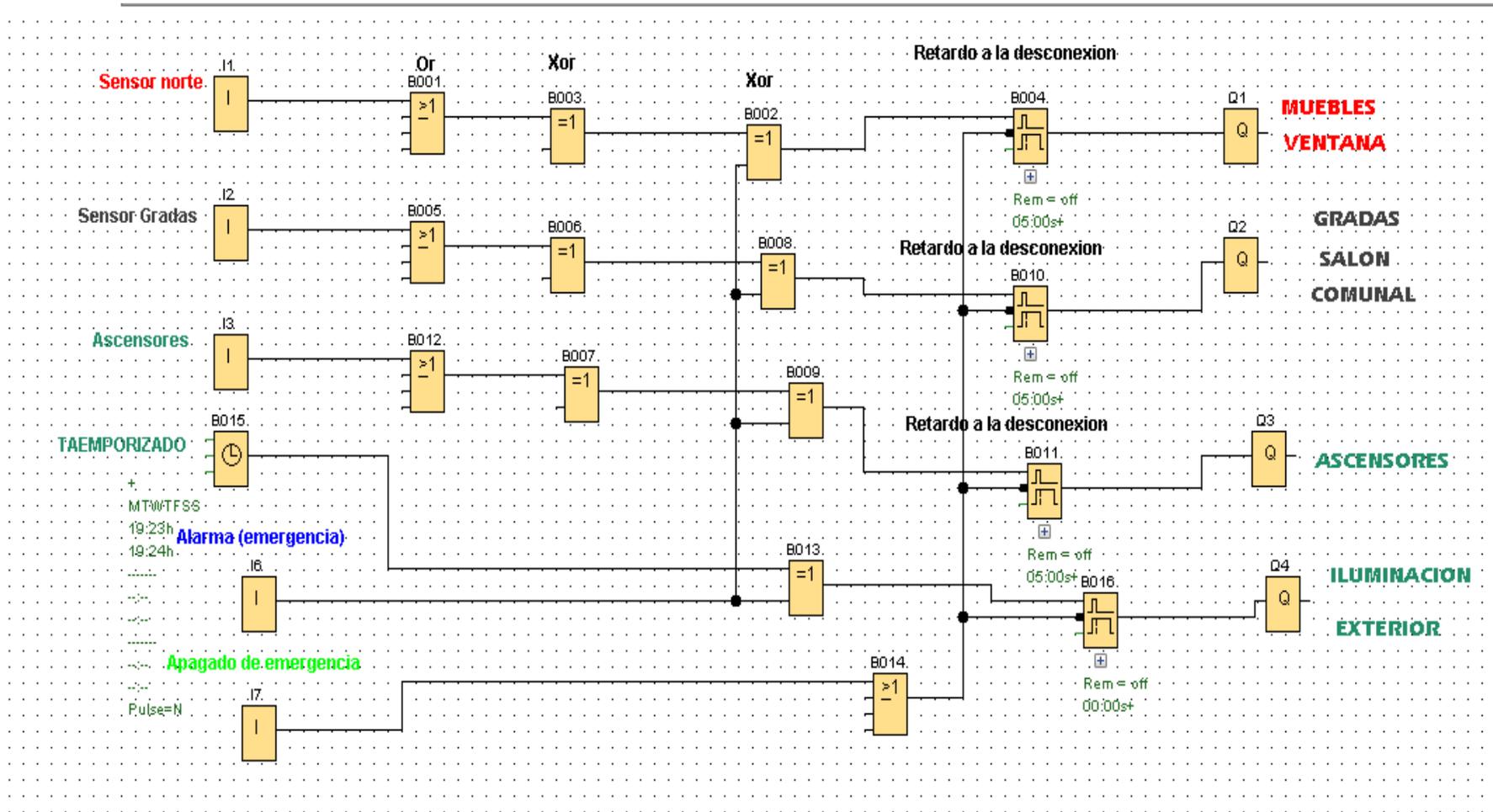


Figura 58 Programación del sistema de iluminación del lobby

3.4.6. Programación del sistema de iluminación del Piso 1 mediante el LOGO 230 RCE

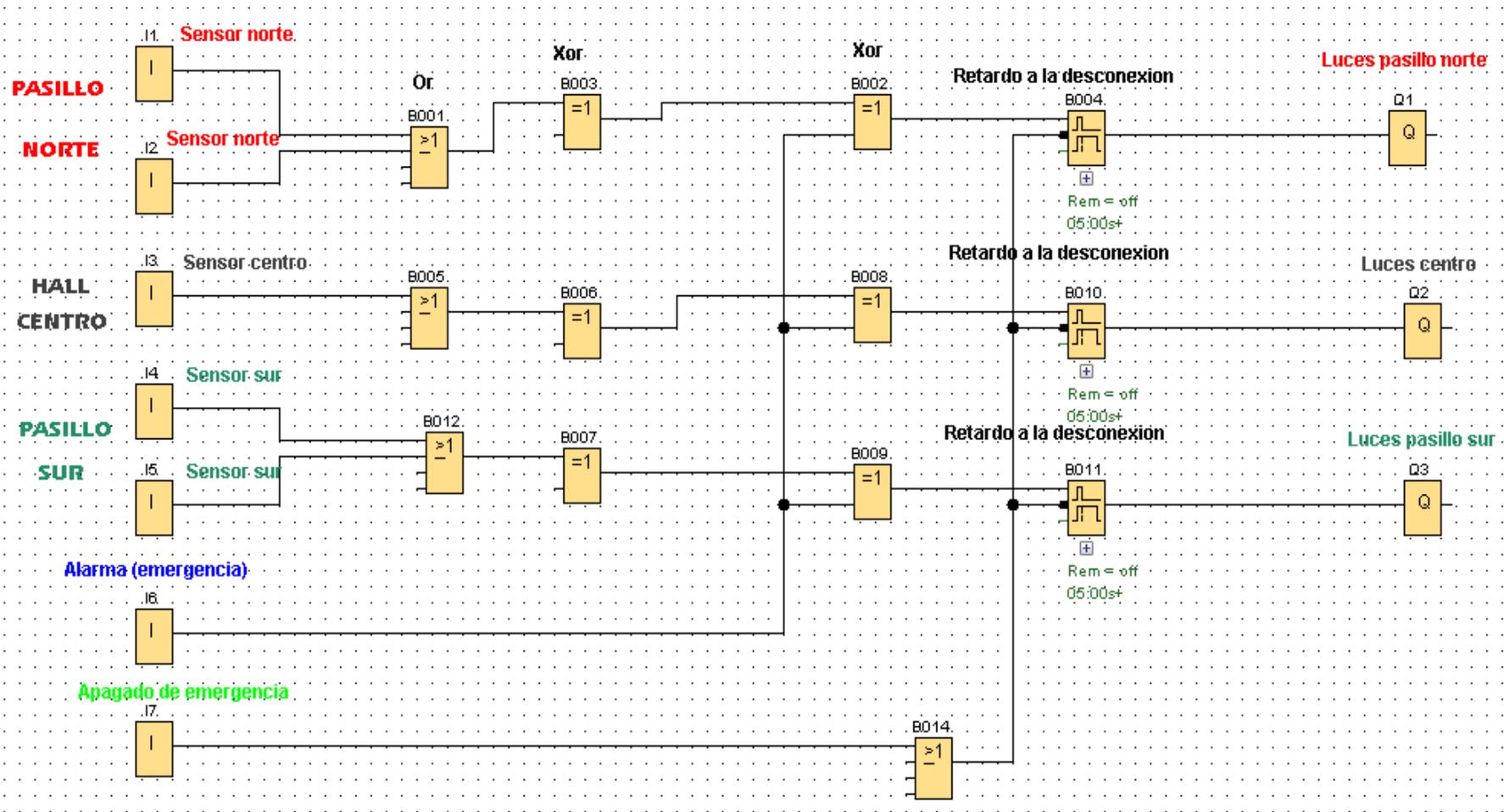


Figura 59 Programación del sistema de iluminación del piso 1

3.4.7. Simulación de la programación del Lobby

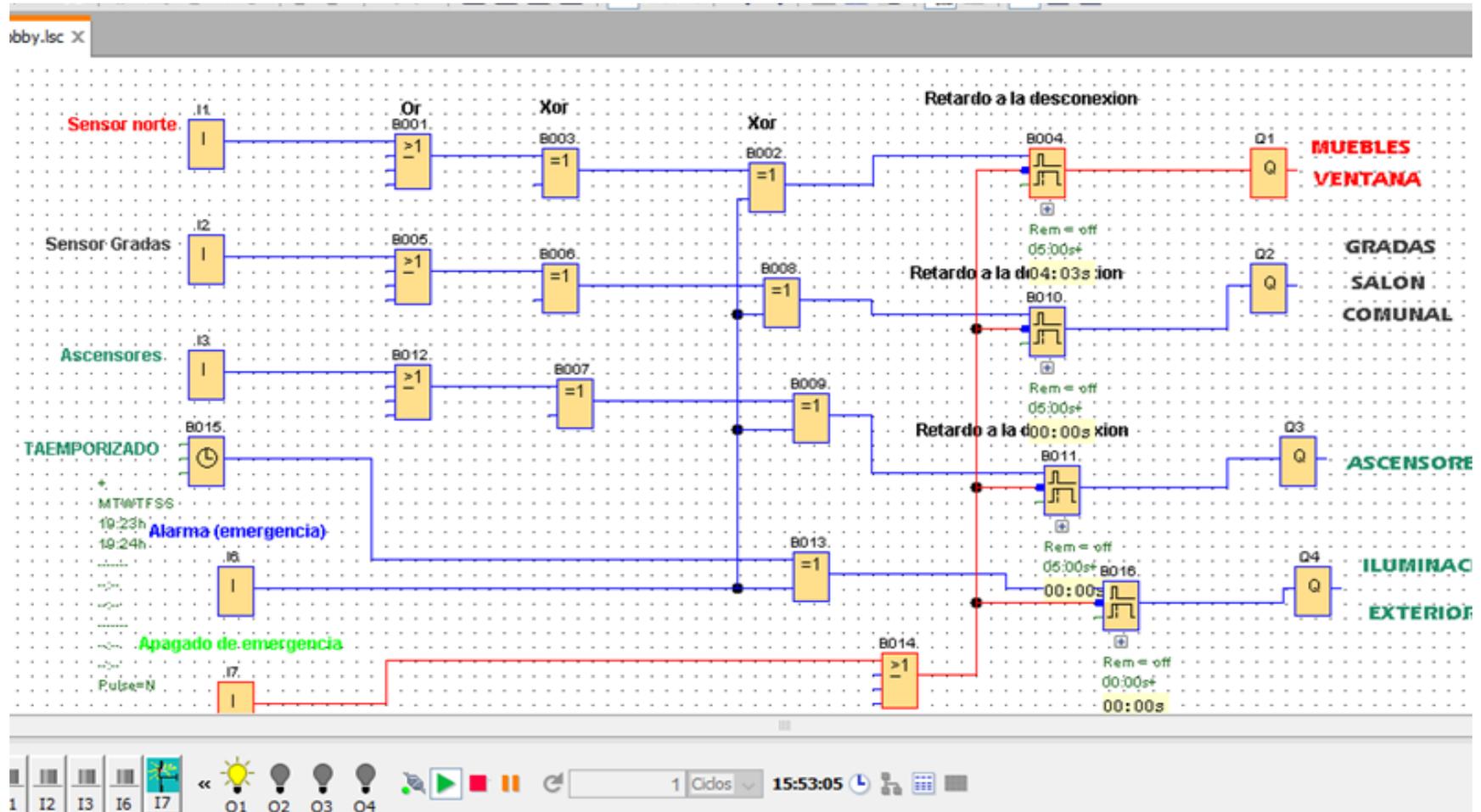


Figura 60 Rutina de simulación del Lobby 1.

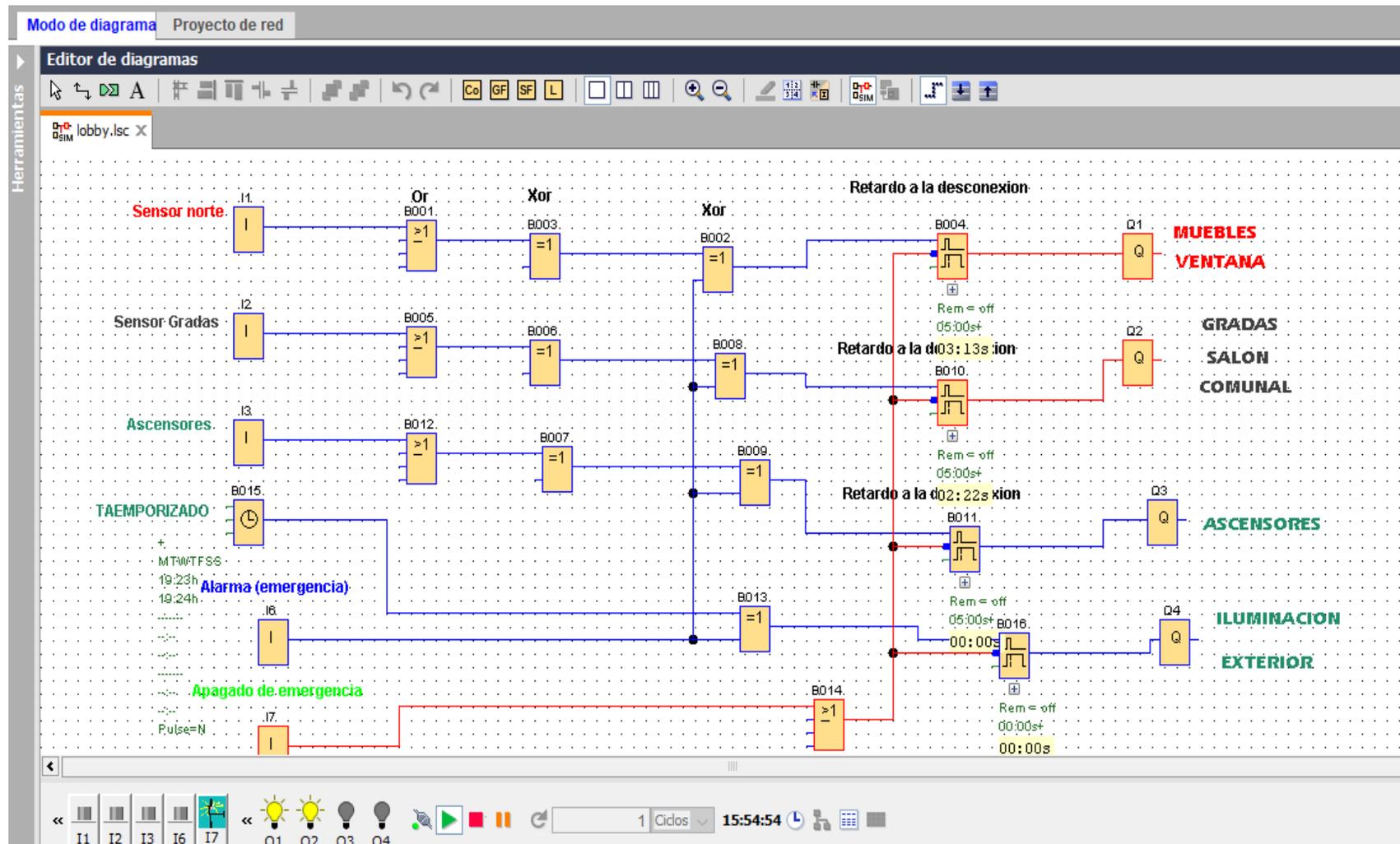


Figura 61 Rutina de simulación del Lobby 2.

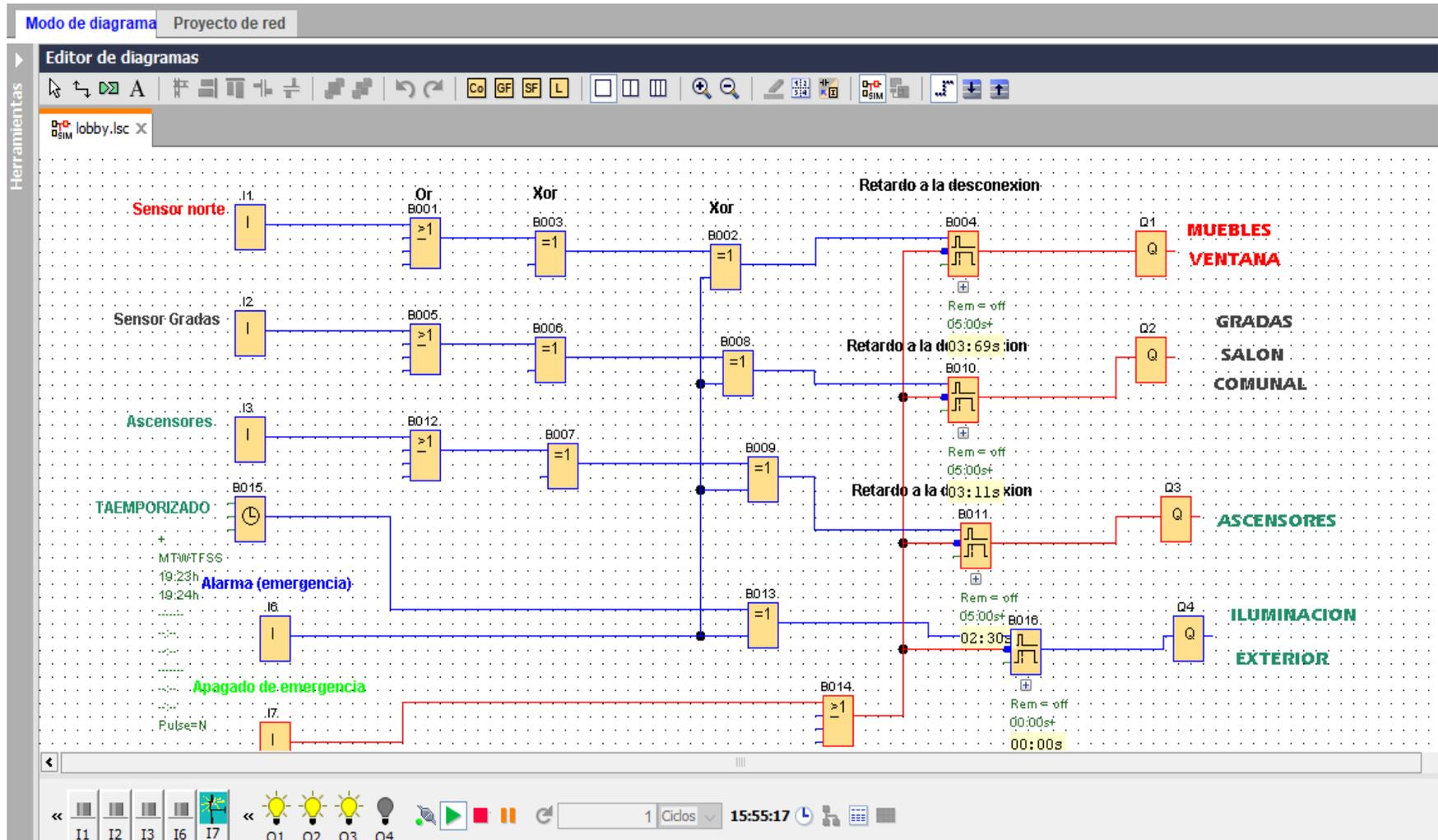


Figura 62 Rutina de simulación del Lobby 3.

3.4.8. Simulación de la programación del Piso 1 y similares

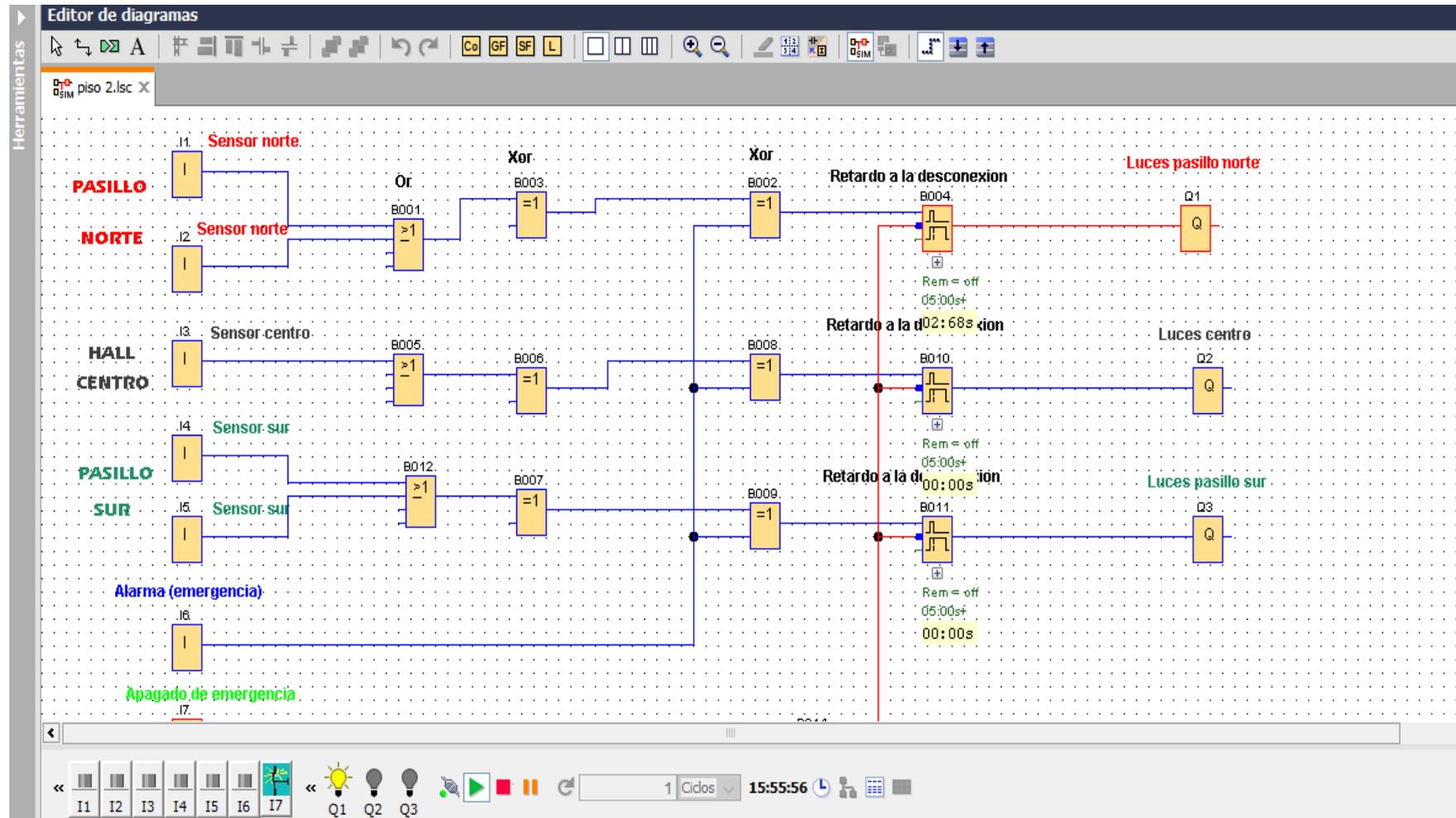


Figura 63 Rutina de simulación del Piso 1 y similares 1.

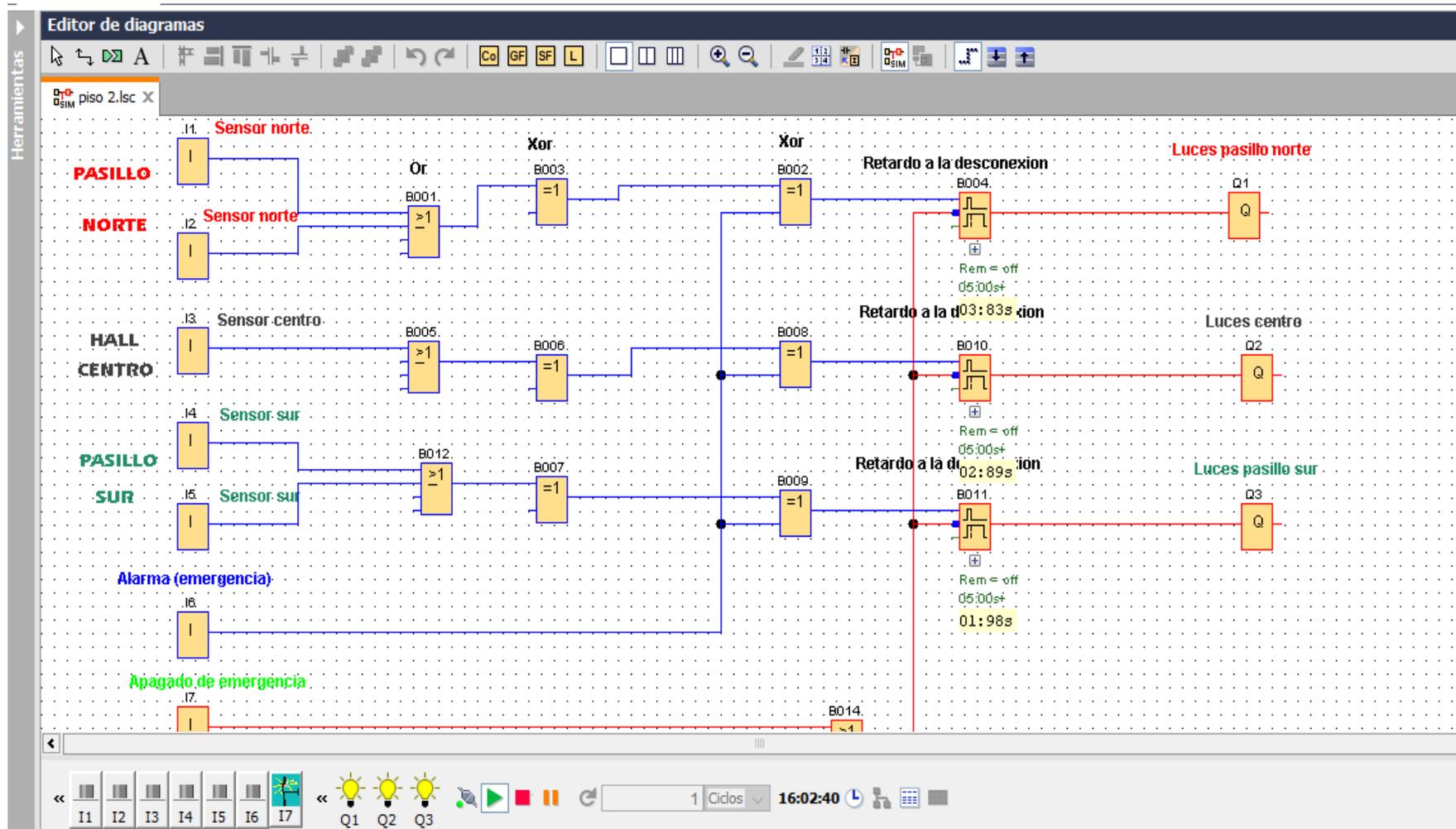


Figura 64 Rutina de simulación del Piso 1 y similares 2.

3.4.9. Funcionamiento del sistema

Para el lobby se realiza la programación semanal de lámparas, las cuales tendrán un horario desde las 18:00 horas hasta las 6:00 am, en cuanto a las salas de espera el horario es diferente porque encienden a las 18 horas hasta las 8: 00 am.

Para los muebles de la ventana se utilizó un sensor de movimiento conectado a una compuerta Or con salida a una Xor entrando a otra Xor la cual sale a un bloque temporizado con retardo a la desconexión de 5 segundos terminando de salida a salida Q1. Esta rutina se repite para las gradas del salón comunal los ascensores.

Para la alarma de emergencia, se coloca una compuerta lógica (xor), la cual hará encender las luces de los pasillos norte, central y sur, en caso de que suceda un siniestro o emergencia.

Para el paro de emergencia se utiliza una compuerta lógica (or), que se encargara de cortar el paso de energía evitando algún corto circuito. Con salida en la iluminación de exterior.

En cuanto a la programación del piso 1, se divide en tres bloques el pasillo norte, pasillo central y pasillo sur.

El pasillo norte está integrado por dos sensores de movimientos conectados a la entrada 1 y 2 respectivamente, los cuales dan un pulso eléctrico llegando a una compuerta lógica (or) que significa una o la otra la cual pasara por una compuerta (xor) que pasara por otra (xor), con punto de llegada a una compuerta de retardo a desconexión por un lapso de 5 segundos, para las practicas llegando a una (xor) y por último a las luces de los pasillos. Esta misma rutina de programación se repite para el pasillo central y sur.

Para la alarma de emergencia, se coloca una compuerta lógica (xor), la cual hará encender las luces de los pasillos norte, central y sur, en caso de que suceda un siniestro o emergencia.

Para el paro de emergencia se utiliza una compuerta lógica (or), que se encargara de cortar el paso de energía evitando algún corto circuito.

En el presente proyecto se procedio a diseñar un tablero prototipo, el cual tiene la capacidad de controlar tres aéreas específicas: Pasillo Norte, Pasillo Sur, y Luz Centro. Este será instalado en el piso #1, y el este puede ser replicado para los 13 pisos restantes con características similares, e incluso la misma programación.

Sin embargo el Lobby, consta de cuatro salidas, por lo cual es necesario considerarlos dentro del hardware y software del tablero de control prototipo.

3.5. Diseño de la caja de control automático para el sistema de iluminación del lobby y piso 1

3.5.1. Materiales a utilizar

Para el diseño de la caja de control automático de iluminación se utilizaron los siguientes materiales:

Tabla 17 Materiales para la caja de control automático.

| Descripción | Marca | Voltaje | Amp | Observaciones |
|----------------------|---------|---------|-----|--|
| PLC Logo RCE 230 | Siemens | 110 V | | Alimentación Logo |
| Protección (Breaker) | Siemens | 110 V | 10 | Protección Logo PLC RCE 230 Fase 110 V |
| Protección (Breaker) | Siemens | 110 V | 10 | Protección Circuito De Iluminación Fase 110 V |
| Protección (Breaker) | Siemens | 110 V | 10 | Protección Circuito De Iluminación Neutro 110 V |
| Porta Fusibles | Sassin | 110 V | 32 | Protección Entrada Circuito De Iluminación Norte |
| Porta Fusibles | Sassin | 110 V | 32 | Protección Entrada Circuito De Iluminación Sur |
| Porta Fusibles | Sassin | 110 V | 32 | Protección Entrada Circuito De Iluminación Gradass |
| Relé Indicador 1 | Finder | 110 V | 10 | Controlador De Luces Pasillo Norte |
| Relé Indicador 2 | Finder | 110 V | 10 | Controlador De Luces Pasillo Centro |
| Relé Indicador 3 | Finder | 110 V | 10 | Controlador De Luces Pasillo Sur |
| Relé Indicador 4 | Finder | 110 V | 10 | Controlador De Luces Pasillo Gradass |

3.5.2. Diagrama de conexiones de la caja de control automático para el sistema de iluminación del Lobby y Piso 1

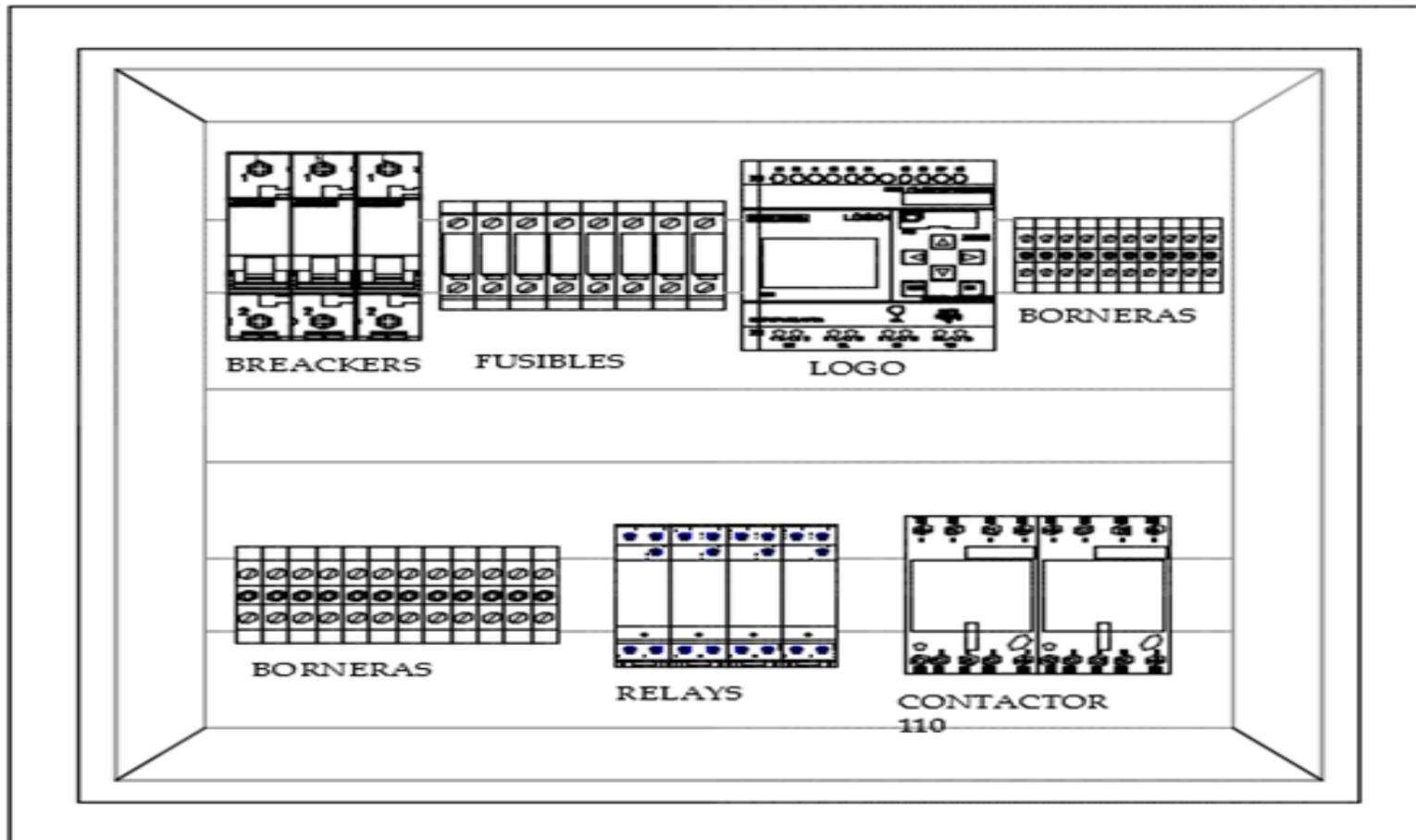


Figura 65 Distribución interna de elementos.

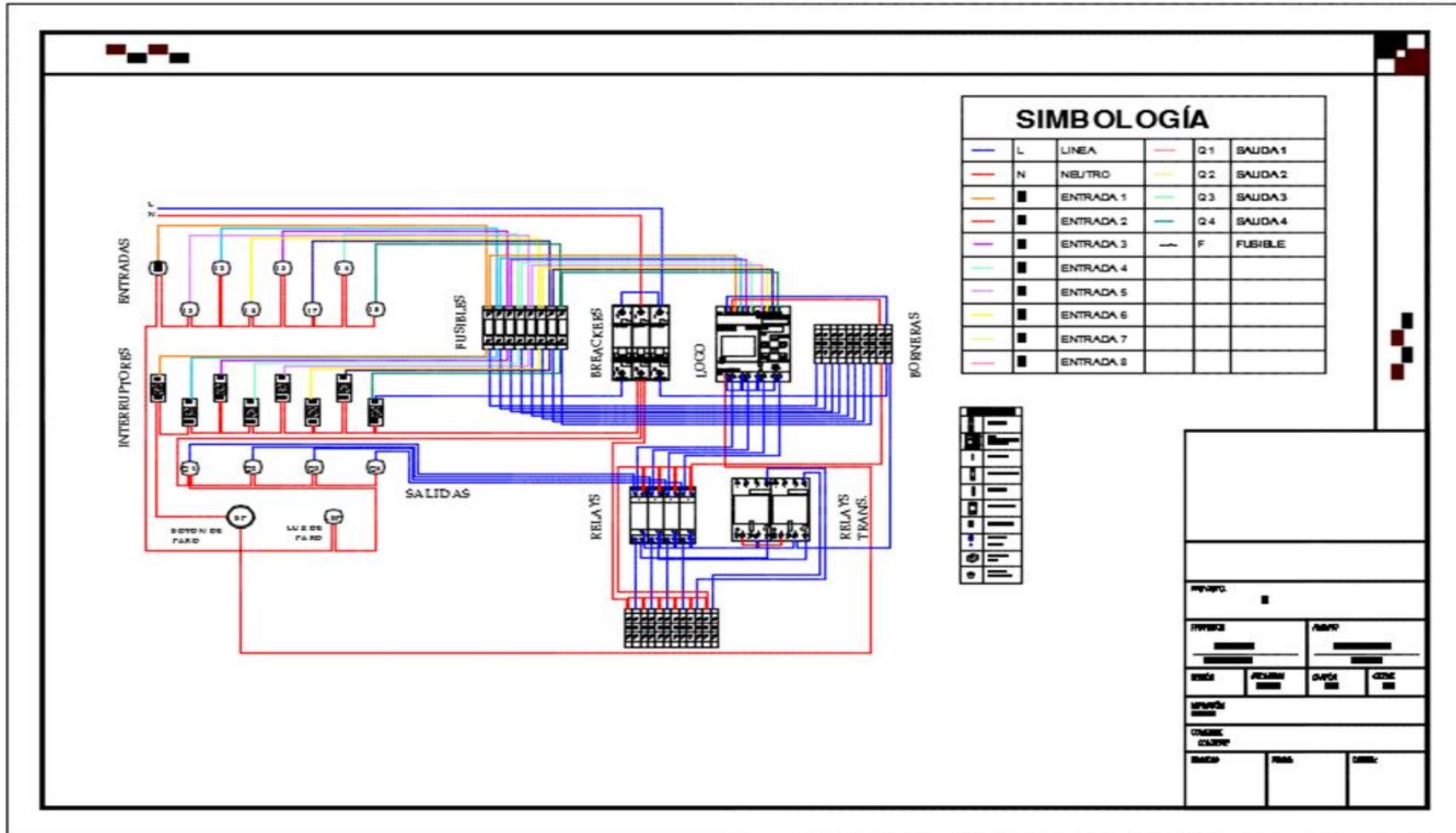


Figura 66 Diagrama de Conexiones del Tablero de Control del lobby.

3.6. Implementación del sistema automatizado de control de iluminación a través Logo Modelo 230 RCE

3.6.1. Pasos para la implementación del sistema automatizado de control de iluminación a través del logo Modelo 230 RCE

3.6.1.1. Montaje de la caja de control

Componentes que integraran el tablero de control General

| Descripción | Marca | Voltaje | Amp | Observaciones |
|----------------------|---------|---------|-----|---|
| PLC Logo RCE 230 | Siemens | 110 V | | Alimentación Logo |
| Protección (Breaker) | Siemens | 110 V | 10 | Protección Logo PLC RCE 230 Fase 110 V |
| Protección (Breaker) | Siemens | 110 V | 10 | Protección Circuito De Iluminación Fase 110 V |
| Protección (Breaker) | Siemens | 110 V | 10 | Protección Circuito De Iluminación Neutro 110 V |
| Porta Fusibles | Sassin | 110 V | 32 | Protección Entrada Circuito De Iluminación Norte |
| Porta Fusibles | Sassin | 110 V | 32 | Protección Entrada Circuito De Iluminación Centro |
| Porta Fusibles | Sassin | 110 V | 32 | Protección Entrada Circuito De Iluminación Sur |
| Porta Fusibles | Sassin | 110 V | 32 | Protección Entrada Circuito De Iluminación Gradas |
| Relé Indicador 1 | Finder | 110 V | 10 | Controlador De Luces Pasillo Norte |
| Relé Indicador 2 | Finder | 110 V | 10 | Controlador De Luces Pasillo Centro |
| Relé Indicador 3 | Finder | 110 V | 10 | Controlador De Luces Pasillo Sur |

Paso 1: Dibujar y cortar los puntos donde se conectarán las señalizaciones, interruptores y pulsadores en el tablero. Además, realizar las marcas donde se fijarán los rieles.



Figura 67 Puntos donde se conectarán las señalizaciones

Paso 2: Realizar las conexiones entre borneras, LOGO, protecciones y contactores.



Figura 68 Tableros.

Inicialmente se fijan todos los dispositivos en los rieles del tablero. Posteriormente se conecta la línea al (1) y el neutro al breaker, en salida del breaker (2) se conecta entrada del interruptor principal que al mismo tiempo se conecta a la entrada de un fusible que sale a la entrada I_8 del LOGO. De las entradas del LOGO (I_1 a la I_7) se conectan a las salidas de un fusible respectivamente, mientras que las entradas del fusible van a las entradas de un interruptor para cada entrada del LOGO y las salidas de este van al neutro. Las salidas del LOGO (Q_1 a Q_4) van conectadas a la entrada de un relays y las salidas de este a las salidas de otro relays de tránsito y las entradas de este a una bornera. La alimentación del LOGO se conecta a dos borneras una para la línea y otra para el neutro. La bornera que va a la línea se conecta a la salida (2) del Breakers. La bornera del neutro va conectada a la conexión de neutro del breakers.



Figura 69 Conexiones entre borneras, LOGO, protecciones y contactores
Nota: implementación del piso 1 y similares

Paso 3: Verificar las conexiones del sistema.



Figura 70 Verificación de las conexiones
Nota: implementación del lobby

Paso 4: Puesta en marcha del sistema



Figura 71 Puesta en marcha del sistema

3.7. Memoria técnica del proyecto

3.7.1. Aspectos Generales

El estudio tiene como finalidad automatizar el sistema de iluminación de las áreas comunes del Edificio Torres de Suites. En este se realizó la adaptación del sistema de iluminación existente que funcionaba de forma convencional a un tablero de control automático. Sin embargo, se realizará un tablero de control para el piso 1/ similares y uno para el lobby.

3.7.2. Áreas automatizadas

- **Lobby:** pasillo norte, pasillo central y pasillo sur.
- **Piso 1:** pasillo norte, pasillo central y pasillo sur.

3.7.3. Alcance del Estudio

En el estudio se realizó la programación del sistema de iluminación del lobby y el piso 1 mediante un LOGO marca SIEMENS modelo 230 RCE respectivamente para cada área. Además, se construyó un tablero de control para cada LOGO.

3.7.4. Descripción del Estudio

3.7.4.1. Tablero principal

El tablero principal se encarga de distribuir la energía eléctrica de las áreas estipuladas en el estudio, este es de metal empotrado, con protecciones termomagnéticas. La ubicación de este es como se indica en los planos eléctricos de cada ambiente.

3.7.4.2. Iluminación

Las luminarias utilizadas son adosadas al techo con lámparas LEDs y luminarias fluorescentes compactas dependiendo de la zona.

3.7.4.3. Normativa

En la ejecución práctica del estudio se utilizó la Norma Ecuatoriana de Construcción NEC-10, Capítulo 15 Instalaciones Electromecánicas, en estas se establecen las regulaciones y procedimientos en el desarrollo de una instalación eléctrica.

3.7.4.4. Pruebas

Antes de conectar el tablero de control, se ejecutó pruebas de aislamientos entre los conductores para evitar posibles fallas, de la misma forma se hizo con los los circuitos ramales de iluminación. Así como también, se probó el sistema a plena

carga. Todas estas pruebas se realizaron basadas en la Norma Ecuatoriana de Construcción NEC-10, Capítulo 15 Instalaciones Electromecánicas.

En el momento de realizar las pruebas se hallaron las siguientes fallas:

Tabla 18 Fallas

| Fallas | Solución |
|---|--|
| Luz piloto sin encender, pero el sistema está funcionando | Sustitución de foco por estar quemado |
| El sistema de iluminación sin energía | Sustitución de fusible por estar quemado |
| Las entradas del LOGO energizadas pero las salidas no tenían energía | Reconexión del neutro porque estaba desconectado |
| El sistema de iluminación energizado pero los contactores no se activan | Mala conexión en las bobinas |
| Presencia de energía solo en el interruptor | Sustitución del interruptor por estar dañado |

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

Se realizó satisfactoriamente la automatización del sistema de iluminación en el lobby del Edificio Torres de Suites, diseñando el nuevo tablero de control y potencia, cambio y acondicionamiento de las instalaciones eléctricas.

Se reducen los tiempos de mantenimiento debido a la organización del nuevo sistema de control.

Con la programación mediante el LOGO se logró reducir el tiempo de ejecución y permite tener un control de fallas en el sistema de automatizado de control de iluminación.

4.2. Recomendaciones

En función a los resultados obtenidos con la implementación del LOGO 230 RCE en las áreas comunes del Edificio Torres de Suites, se sugiere que se aplique en el resto del edificio para obtener un mayor ahorro energético.

Utilizar elementos del mismo fabricante para evitar problemas en la comunicación de los dispositivos.

Realizar un idóneo cálculo de las protecciones y conductores que se utilizan con el objetivo de evitar sobrecargas, cortocircuitos, caídas de voltaje o pérdidas de energía en los distintos tramos que conforman el sistema de control.

En el caso de realizar adaptaciones al programa debido a la implementación de otro PLC que no sea de marca SIEMENS, es importante respetar todas las consideraciones descritas en este trabajo para la elaboración del programa. Del

mismo modo, deben realizarse igualmente simulaciones previas para comprobar la operación de la adaptación del programa.

REFERENCIAS

- Arcila, J. (1 de agosto de 2007). *Mirada parcial a la automatización en Latinoamérica*. Recuperado el 22 de mayo de 2017, de <http://www.acrlatinoamerica.com>:
<http://www.acrlatinoamerica.com/2007080131/articulos/automatizacion-de-edificios/mirada-parcial-a-la-automatizacion-en-latinoamerica.html>
- Assaf, L., & Ruttkay, F. (noviembre de 2003). Perspectivas de la eficiencia energética en la iluminación: Desafíos para el desarrollo. *ENCAC-COTEDI*, 1(1), 26-42. Recuperado el 4 de julio de 2017, de https://www.researchgate.net/profile/Leonardo_Assaf/publication/267684206_PERSPECTIVAS_DE_LA_EFICIENCIA_ENERGETICA_EN_LA_ILUMINACION_DESAFIOS_PARA_EL_DESARROLLO/links/54cbdbbe0cf24601c089aec2/PERSPECTIVAS-DE-LA-EFICIENCIA-ENERGETICA-EN-LA-ILUMINACION-DESA
- Caminos, J. (2011). *Criterios de diseño en iluminación y color*. Universidad Tecnológica Nacional. Buenos Aires: Universidad Tecnológica Nacional. Recuperado el 3 de agosto de 2017, de http://www.edutecne.utn.edu.ar/monografias/criterios_iluminacion.pdf
- Castro, M., & Posligua, N. (2015). *Diseño de iluminación con luminarias tipo LED basado en el concepto eficiencia energética y confort visual, implementación de estructura para pruebas*. Facultad de Ingeniería. Guayaquil: Universidad Politécnica Salesiana. Recuperado el 4 de agosto de 2017, de <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/10253/1/UPS-GT001344.pdf>
- Dossier Control de iluminación. (1 de agosto de 2013). *Control de Iluminación*. Recuperado el 4 de agosto de 2017, de <http://www.etaplighting.com>:
http://www.etaplighting.com/uploadedFiles/Downloadable_documentation/documentatie/brochures_lichtregelsystemen/Brochure%20lichtregeling_ES.pdf

- García, E. (2 de noviembre de 2006). *Información técnica sobre equipos para lámparas de descarga*. Recuperado el 4 de agosto de 2017, de <http://www.elt.es>: <http://www.elt.es/documentos/dossier.pdf>
- García, M. (30 de marzo de 2014). *Iluminación en el puesto de trabajo. Criterios para su evaluación y acondicionamiento*. Recuperado el 5 de junio de 2017, de <http://www.insht.es>: <http://www.insht.es/Ergonomia2/Contenidos/Promocionales/Iluminacion/ficheros/IluminacionPuestosTrabajoN.pdf>
- General Electric. (3 de febrero de 2017). *Iluminación Led*. Recuperado el 2 de junio de 2017, de <http://www.gelighting.com>: <http://www.gelighting.com/LightingWeb/la/north/productos/tecnologias/led/led-mr16-6w-7w-base-gu5-3/descripcion/>
- GREENPEACE. (1 de abril de 2008). *LED: Diodos Emisores de Luz Información de la Tecnología*. Recuperado el 3 de agosto de 2017, de <http://www.greenpeace.org>: <http://www.greenpeace.org/argentina/Global/argentina/report/2008/4/leds.pdf>
- Laszlo, C. (5 de febrero de 2015). *Manual de Luminotecnia para interiores*. Recuperado el 5 de junio de 2017, de <http://www.laszlo.com.ar>: http://www.laszlo.com.ar/Items/ManLumi/issue/Manual_de_Luminotecnia.PDF
- LUZTECO. (5 de mayo de 2016). *Lámparas de inducción magnética*. Obtenido de <https://ingemecanica.com>: <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/objetos/figutut281/doc2tut281.pdf>
- Márquez, N. (2005). *Diseño y construcción de un balastro electrónico alimentado con CD para encender una lámpara fluorescente de 21 Watts*. Huajuapán: Universidad Tecnológica de la Mixteca. Recuperado el 3 de agosto de 2017, de http://jupiter.utm.mx/~tesis_dig/9555.pdf
- Obralux. (5 de junio de 2014). *Luminotecnia*. Recuperado el 2 de junio de 2017, de <http://www.obralux.com>: <http://www.obralux.com/pdf/luminotecnia.pdf>

- Owlet. (1 de febrero de 2013). *El control inteligente para una iluminación eficiente*. Recuperado el 3 de agosto de 2017, de <http://www.schreder.com>:
<http://www.schreder.com/globalassets/sitecollectiondocuments/additional-content/schreder-owlet-sistemas-de-control.pdf>
- Quilumbaqui, C. (2016). *Propuesta de mejoramiento del sistema de instalaciones eléctricas en vivienda existentes, para la instalación de dispositivos domóticos de tecnologías abiertas que permitan el control de seguridad de iluminación*. Universidad de las Américas, Facultad de Ingeniería y Ciencias Agropecuarias. Quito: Universidad de las Américas. Recuperado el 2 de junio de 2017, de <http://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/4972/1/UDLA-EC-TTCD-2016-04.pdf>
- Schneider Electric. (2 de febrero de 2013). *Manual Electromecánico*. Recuperado el 3 de agosto de 2017, de <http://www.schneider-electric.com.co>:
<http://www.schneider-electric.com.co/documents/soporte/telesquemario.pdf>
- SIEMENS. (1 de abril de 2011). *LOGO! Manual de Producto referencia 6ED1050-1AA00-0DE8*. Recuperado el 3 de agosto de 2017, de mall.industry.siemens.com:
http://www.produktinfo.conrad.com/datenblaetter/450000-474999/456622-an-01-es-SIEMENS_LOGO____KP300_BASIC_STARTERKIT.pdf
- Tarea de Física. (25 de noviembre de 2009). *Definición de flujo luminoso, Intensidad luminosa, iluminación*. Recuperado el 2 de junio de 2017, de isicasantosjosejavier.blogspot.com:
<http://fisicasantosjosejavier.blogspot.com/2009/11/definicion-de-flujo-luminosointensidad.html>