

219
29.



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN**

**"ILUMINACION E INSTALACIONES ELECTRICAS
ESTUDIO PARA LA IMPLEMENTACION DEL
CONTROL INTELIGENTE DE LAS LUMINARIAS
DE LOS SALONES DE CLASE "**

TRABAJO DE SEMINARIO

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**

P R E S E N T A :

ANTONIO LEONARDO GONZALEZ ANTONINO

ASESOR: ING. PEDRO GUZMAN TINAJERO

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEXICO.

1998.

267520

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES CUAUTITLÁN

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO
DIRECTOR DE LA FES-CUAUTITLÁN
PRESENTE.

DEPARTAMENTO DE
EXAMENES PROFESIONALES

AT'N: Q. MA. DEL CARMEN GARCIA MIJARES
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES-C.

Con base en el art. 51 del Reglamento de Exámenes Profesionales de la FES-Cuautilán, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el Trabajo de Seminario:

Iluminación e Instalaciones Eléctricas
Estudio para la Implementación del Control
Inteligente de las Luminarias de los Salones de Clase

que presenta el pasante: Antonio Leonardo González Antonino,
con número de cuenta: 8637614-9 para obtener el Título de:
Ingeniero Mecánico Electricista.

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VISTO BUENO.

ATENTAMENTE.

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautilán Izcalli, Edo. de México, a 23 de junio de 19 98

MODULO:	PROFESOR:	FIRMA:
<u>I</u>	<u>Ing. Jaime Rodríguez Martínez</u>	<u>[Firma]</u>
<u>II</u>	<u>Ing. Pedro Guzmán Tinajero</u>	<u>[Firma]</u>
<u>IV</u>	<u>Ing. Benjamín Contreras Santacruz</u>	<u>[Firma]</u>

*Dedico este trabajo con mucho
Cariño y respeto a mis padres:*

*Josefina Antonino Luciano
Antonio González García*

*Quienes siempre me han dado lo mejor
Y son los verdaderos autores de este trabajo
De lo que ahora soy, y de lo que seré... los amo*

*A mis hermanas: Luisa y Olivia, por ayudarme
Incondicionalmente en todo momento, y ser
Mis mejores amigas, las quiero mucho*

*A usted señora: Por permitirme entrar en sus vidas
Y haber compartido su mundo de amor...
Siempre estará en mi corazón*

*Un agradecimiento muy especial a Maribel:
Que siempre me brinda su apoyo, y sus consejos
Y en los momentos más difíciles me alienta a seguir
Te admiro, te adoro, te quiero... pero más te amo*

*A mis tías y tíos: Que siempre me han consentido
Y me enseñan a amar al prójimo y a Dios
Por sus sabios consejos y ayuda desinteresada*

*A mis amigos, y a toda persona que de alguna manera
Ha contribuido en mi desarrollo personal y profesional*

Por esto y más, a Dios y a ustedes... muchas gracias

Antonio Leonardo

PREFACIO:

La iluminación y el control electrónico, son ramas de la ingeniería que han venido evolucionando en sus diseños y aplicaciones a través de los años, y por consecuencia, se han logrado beneficios para la sociedad, tales como la seguridad y comodidad de las personas en sus diferentes actividades cotidianas e incluso en actividades industriales.

Con esta evolución, se llegó a la creación de diferentes equipos de control que se han convertido en parte integral de la automatización y de control de procesos. Básicamente estos equipos son computadoras industrialmente adaptadas que han venido a remplazar otros dispositivos de control como interruptores de pasos, relevadores y otros dispositivos similares.

Este trabajo pretende combinar diferentes tecnologías avanzadas de ingeniería en iluminación, eléctrica, electrónica y control, para responder a los cambios en los requerimientos de aplicación que actualmente enfrentan diversos sistemas de producción, alumbrado, ensamble, etc.

Se espera también, que este trabajo de la pauta para aprovechar la tecnología en favor de la Universidad Nacional Autónoma de México, e implantar el ahorro de energía en todos los campos universitarios.

INTRODUCCIÓN:

La iluminación siempre ha jugado un papel muy importante en la sociedad, y en general en toda la humanidad; desde hace miles de años se ha utilizado la luz para efectuar tareas y actividades que difícilmente podrían ejecutarse en la oscuridad. tales como la caza, construcción, diseño, y casi toda actividad que un hombre pueda realizar durante el día, gracias a la luz solar (luz natural).

Y en décadas más recientes, ya contamos con la luz artificial para prolongar y en muchos casos mejorar las actividades que realizamos durante el día. Ya que un sistema de alumbrado bien calculado, nos brinda suficiente iluminación para realizar una tarea visual específica; logrando una iluminación balanceada en toda el área de trabajo, y la sensación de bienestar al no tener que forzar la vista para enfocar un objeto, y al no tener que cerrar los ojos para protegerse de un exceso de luminosidad en las diferentes áreas de trabajo, obteniendo una comodidad visual.

Nuestra fuente de energía natural más preciada es sin lugar a duda el sol, esta estrella nos irradia de su energía en forma de luz solar o radiación visible, aunque también nos llegan radiaciones de longitud de onda invisible. Esta energía que emana del sol, también se manifiesta en forma de calor; siendo estas dos manifestaciones de energía (luz y calor) las más preciadas en la tierra, que por si fuera poco y teniendo en cuenta que estamos hablando de energía, no nos cuesta nada, es un obsequio finito de la naturaleza.

Pero en la actualidad, es sin duda la luz artificial la que juega un papel estelar. dado que sin esta, no se podrían efectuar muchas de las actividades nocturnas, ni algunas que se realizan durante el día: cabe mencionar que además se tienen ciertos beneficios relacionados con la iluminación artificial, según sea su aplicación.

Como por ejemplo al contar con calles iluminadas, tenemos la seguridad de caminar en estas en un horario nocturno, sin el temor de tropezarnos o caer en algún bache, además de las señalizaciones, lámparas de mano, y demás objetos en las que utilizamos la iluminación, otro ejemplo: al tener oficinas y cuartos iluminados, podemos asociar la comodidad que tenemos para leer, hacer trabajos manuales, trabajos escritos, etc.

Estos cuartos, pueden verse mejor como salones de aprendizaje, donde se pueden impartir clases en un horario nocturno, cuando la luz natural ya no puede beneficiarnos tanto como en un horario diurno. Así como el sol es la fuente luminosa natural más conocida, las lámparas eléctricas son la fuente luminosa artificial más conocida en la actualidad, y se tiene una gama muy amplia de lámparas, como son las incandescentes, las fluorescentes, y de descarga; dependiendo del trabajo visual que se lleve a cabo, se debe escoger la más adecuada para dicha especificación.

La tecnología humana busca traspasar las barreras impuestas por la naturaleza, durante todo este siglo, y hasta hace apenas unos cuantos años, nuestros esfuerzos estuvieron encaminados a la construcción de grandes máquinas que hicieran el trabajo pesado y repetitivo, aumentando el potencial físico del Hombre.

Hoy nos comenzamos a concentrar en la creación de máquinas inteligentes, microchips de silicio y programas de cómputo que nos ayuden a organizar el trabajo y enriquecer nuestra inteligencia, solo así aprovecharemos los beneficios inherentes a la tecnología que hemos creado a lo largo del siglo XX.

Con esta tecnología se creó el controlador programable, o controlador lógico programable PLC (por sus siglas en inglés de programmable logic controller), que es un dispositivo basado en un microprocesador, que puede ser programado para desarrollar una función de control, como por ejemplo: el encendido de un equipo eléctrico, una apertura o cierre de válvulas, el arranque o paro de motores, el accionamiento de alarmas, la activación de señalizaciones, etc.

OBJETIVOS:

Una de las aplicaciones de estos dispositivos, es la que se utiliza para el control de edificios inteligentes. en estos se controla el encendido y apagado de las luminarias de diferentes secciones, como oficinas, baños, salas de conferencias, etcétera; se controla también el aire acondicionado de las oficinas, el llenado de tanques de agua, apertura y cierre de puertas, y diversos sistemas de seguridad entre otros.

El propósito del presente trabajo es plantear los principios y beneficios del uso del PLC en sistemas de control para el encendido y apagado de luminarias en diferentes secciones de un edificio, y así se puedan obtener considerables ahorros de energía eléctrica, por el uso eficaz de la energía en las luminarias, y hablando específicamente: los salones de clase del edificio A-9 de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán.

ÍNDICE

PREFACIO	i
INTRODUCCIÓN	ii
OBJETIVOS	iv
CAPITULO 1	
CONCEPTOS BÁSICOS DE ILUMINACIÓN	1
1.1 PRINCIPIOS	1
1.2 LA LUZ	3
1.3 MEDICIÓN DE LA ILUMINACIÓN	5
1.4 LÁMPARAS	10
1.5 LUMINARIAS	16
CAPITULO 2	
EI PLC	18
2.1 HISTORIA	18
2.2 HARDWARE	26
2.2.1 LA CPU	29
2.2.2 LA MEMORIA	32

2.2.3 LA FUENTE DE PODER	35
2.2.4 SECCIÓN DE ENTRADA	35
2.2.5 SECCIÓN DE SALIDA	36
2.3 SOFTWARE	37
2.3.1 CONTACTOS	37
2.3.2 BOBINAS	38
2.3.3 PROGRAMACIÓN	39
CAPITULO 3	
ILUMINACIÓN EN LOS SALONES DE CLASE	42
3.1 EVALUACIÓN TEÓRICA	43
3.2 EVALUACIÓN PRÁCTICA	53
3.3 COMPARATIVO	56
CAPITULO 4	
CONTROL INTELIGENTE DE LAS LUMINARIAS	58
4.1 TABLERO DE ALUMBRADO	58
4.2 LAS CONEXIONES	65
4.3 AHORRO DE ENERGÍA	67

CAPITULO 5	
ESTUDIO ECONÓMICO	69
5.1 ESTADO ACTUAL	69
5.2 MEJORA Y COSTO TOTAL DEL PROYECTO	69
5.3 RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN	71
CONCLUSIONES	72
BIBLIOGRAFÍA	73

CAPITULO 1

***CONCEPTOS BÁSICOS DE
ILUMINACIÓN***

CONCEPTOS BÁSICOS DE ILUMINACIÓN**1.1 PRINCIPIOS:**

El ojo humano es un mecanismo que recoge y enfoca la luz. los rayos luminosos que entran en el cristalino a través de la pupila caen sobre unas células fotosensibles, localizadas en la superficie interna del globo ocular, que forman lo que se llama la retina; existen dos tipos de células fotosensibles: los bastones y los conos.

La mayoría de los conos están agrupados en una pequeña área cerca de la retina, llamada fovea (foco) donde los rayos luminosos enfocados por el cristalino forman una imagen como la de una cámara fotográfica, el agrupamiento de estos bastones se va reduciendo a medida que aumenta su distancia a la fovea, su disposición en mosaico permite que se vayan formando imágenes claras y nítidas, que se envían por el nervio óptico al cerebro. que la percibe como una idea consciente. Los conos nos permiten leer, inspeccionar objetos cercanos, distinguir colores y hacer comparaciones visuales precisas en los pequeños detalles, pero necesitan de una iluminación relativamente elevada.

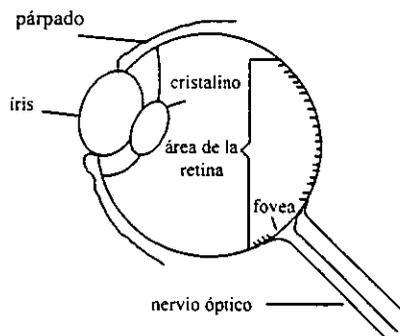


Figura 1.1.- El ojo humano

Los bastones desempeñan otra función, igual de importante que los conos, los bastones están menos densos que los conos, y se encuentran dispersos por toda la pared interna del globo ocular, son mucho más sensibles a la luz, pero por su tosca disposición en mosaico no producen una imagen finamente enfocada, además muchos bastones están conectados por nervios, no al cerebro como los conos, sino directamente a los músculos en distintas partes del cuerpo.

Los bastones nos permiten ver a muy bajos volúmenes de iluminación, y por lo tanto tienen poca o ninguna percepción a los colores. Al estar conectados directamente a los músculos, producen reflejos automáticos sobre estos para la protección del cuerpo o de los propios ojos, de objetos en el aire. Estas reacciones son mucho más rápidas que las generadas por un pensamiento deliberado.

También determina el equilibrio, la comodidad, y el sentido inconsciente de tranquilidad o intranquilidad en un ambiente iluminado, convirtiéndose por esto en auxiliares importantes de sobrevivencia y en un parámetro importante para el diseño de alumbrados.

En general, un sistema de alumbrado debe suministrar una iluminación equilibrada, suficiente para la visión con los conos, pero con un balanceo adecuado de brillantez en todo el campo visual, que incluye a los bastones; ya que con la dualidad de percepción visual de los conos y los bastones se relaciona la luz útil que llega a los ojos.

Un buen sistema de alumbrado, nos proporciona suficiente iluminación para desarrollar nuestra tarea visual, y que esta sea sostenida (conos), y que además sea una iluminación balanceada en los alrededores para dar una sensación de comodidad, bienestar y hasta de seguridad (bastones).

Es por eso que se debe tener mucho cuidado en no darle mayor importancia ni a la tarea visual (conos), ni a un alumbrado que favorezca la visión con los bastones, sino que se debe tener un equilibrio adecuado para evitar por un lado, sensaciones de intranquilidad e incomodidad (mayor importancia a los conos), o por el otro falta de concentración y dificultad de enfoque a la tarea visual (mayor importancia a los bastones).

1.2 LA LUZ:

Aproximadamente el 80% de las impresiones sensoriales humanas son de naturaleza óptica, esto pone en evidencia la importancia de la luz natural y artificial. La luz es la sensación producida en el ojo humano por las ondas electromagnéticas, se trata de campos electromagnéticos alternativos que transportan energía a través del espacio y se propagan bajo la forma de oscilaciones, que se caracterizan por una longitud de onda (λ), y por una frecuencia (f); Estas dos magnitudes se relacionan con la velocidad de propagación: $v = \lambda f$

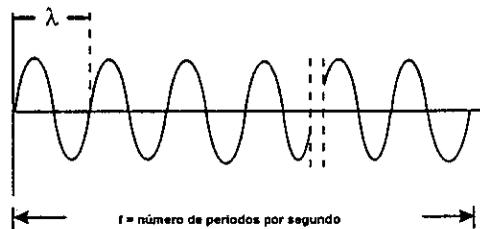


Figura 1.2.- Onda electromagnética

La longitud de las ondas visibles se suelen medir en nanómetros, y el rango de ondas visibles por el ojo humano, es decir las que actúan sobre el ojo esta comprendida aproximadamente entre las longitudes de onda de 380 a 780 nanómetros, o bien de 3800 a 7800 Angstroms.

$$1 \text{ metro} = 10^9 \text{ nm (Nanometros)}$$

$$1 \text{ metro} = 10^{10} \text{ A (Angstroms)}$$

De estas ondas las más largas corresponden al extremo visible rojo (que se encuentra colindando con las radiaciones infrarrojas, que ya no son visibles y tienen propiedades caloríficas), y las ondas más cortas corresponden al extremo visible violeta (que colinda con las radiaciones ultravioleta, que ya no son visibles, pero favorecen reacciones químicas).

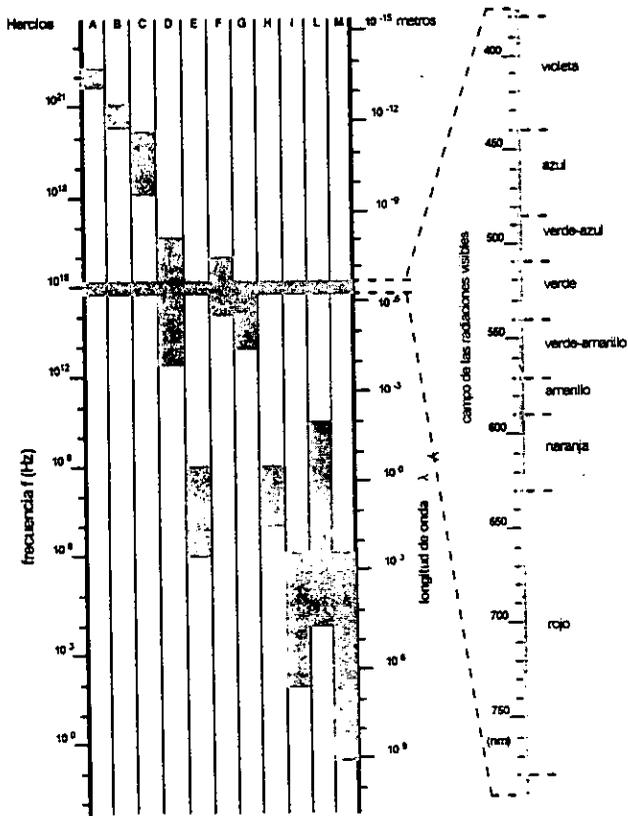


Figura 1.3.- Campos de radiaciones electromagnéticas

El color es una manifestación óptica que depende del conjunto de las longitudes de onda que un cuerpo es incapaz de absorber, o sea que refleja. La sensibilidad máxima del ojo humano es para el color verde-amarillo (550 nm) y cae rápidamente tanto del lado ultravioleta, como del lado infrarrojo.

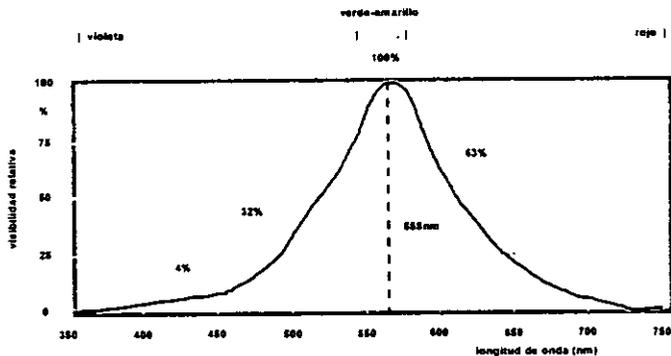


Figura 1.4.- Ondas visibles

La luz solar es de espectro continuo (luz blanca), que comprende toda la gama de longitudes de onda visibles; los colores del espectro solar son siete (7): violeta, morado, azul, verde, amarillo, anaranjado y rojo.

Tal vez se pueda confundir el término de luz con el de iluminación, pero para diferenciarlos, se pueden considerar de la siguiente manera: la luz es la causa y la iluminación el efecto de la luz en las superficies sobre las cuales incide.

1.3 MEDICIÓN DE LA ILUMINACIÓN:

Flujo luminoso: Es la cantidad de luz emitida por una fuente luminosa en la unidad de tiempo (segundo), su unidad el lumen (lm) y su símbolo Φ .

Intensidad luminosa: Es una parte del flujo emitido por una fuente luminosa, en una dirección dada por el ángulo sólido que lo contiene; imaginemos que tenemos una esfera de cristal translucido cuyo radio sea de 1m, y en el centro se coloca una fuente luminosa puntiforme, y si el área de la zona iluminada (S) equivale a 1m^2 , el ángulo del cono de luz se identifica con la unidad de ángulo sólido (ω , léase omega). La unidad de medida del ángulo sólido es el steradian.

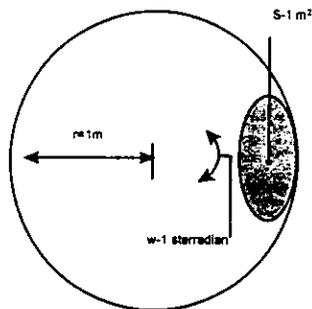


Figura 1.5.- Steradian

La candela (cd) es la unidad de la intensidad luminosa y es igual a un lumen por steradian $\left(\frac{\text{lm}}{\text{sr}}\right)$ ya definida como la intensidad luminosa en una dirección dada, de una fuente dada.

Iluminación: Se define como el flujo luminoso (ϕ) por unidad de superficie (S), su símbolo es E; su unidad de medida es el lux:

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

$$\text{lux} = \text{candela-metro}$$

Se ve que un lux no solo es la iluminación producida por un lumen incidente sobre una superficie de un metro cuadrado, o sea un lumen por metro cuadrado, sino también es una candela a un metro de distancia.

Si la fuente es puntiforme, la iluminación toma valores inversamente proporcionales al cuadrado de la distancia. No se aplica para fuentes de iluminación extensas como techos luminosos, etc.

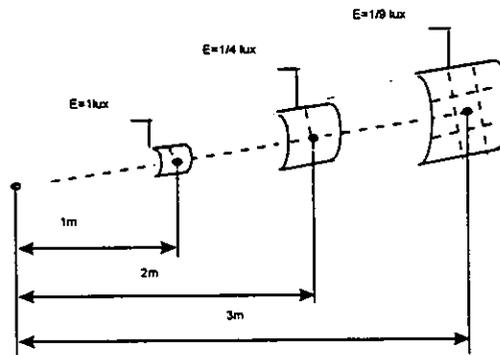


Figura 1.6.- Fuente puntiforme

Luminancia: Se define como la intensidad luminosa emitida en una dirección dada por una superficie luminosa o iluminada; expresa el efecto de luminosidad que una superficie produce en el ojo humano, ya sea dicha fuente primaria como una lámpara, o secundaria como una mesa que refleja la luz; su unidad de medida es la candela por metro cuadrado (cd/m^2).

Reflexión: Se produce cuando los rayos luminosos chocan con la superficie de un medio opaco.

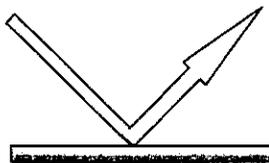


Figura 1.7.- Reflexión

Transmisión. Cuando un rayo luminoso pasa de un medio transparente a otro de distinta naturaleza (ej. aire-cristal y viceversa) sufre una desviación en su trayectoria rectilínea: la magnitud de la desviación depende del ángulo de incidencia del rayo sobre la superficie.

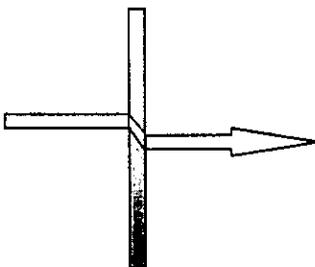


Figura 1.8.- Transmisión

Absorción: Al chocar con medios opacos, transparentes o traslúcidos, los rayos luminosos son absorbidos en parte (transformándose en calor) y en parte son reflejados, transmitidos o refractados.

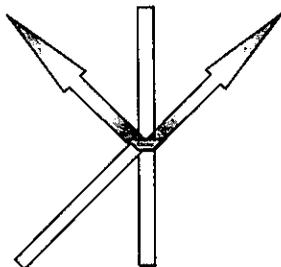


Figura 1.9.- Absorción

Las fuentes luminosas eléctricas se pueden clasificar en dos grandes categorías:

- 1.- De irradiación por efecto térmico (lámparas de incandescencia).
- 2.- De descarga en gas o vapores (lámparas fluorescentes, de vapor de sodio, de mercurio, etc.)

Para decidir que tipo de lámparas se va a utilizar en un proyecto, es necesario tener en cuenta las siguientes características:

- a) Potencia nominal: condiciona el flujo luminoso y las proporciones de la instalación bajo el punto de vista eléctrico (sección de los conductores, tipo de protección, etc.).
- b) Eficiencia luminosa y degeneración del flujo luminoso durante el funcionamiento, promedio de vida y el costo de la lámpara; estos factores condicionan la economía de la instalación.
- c) Rendimiento cromático: condiciona la mayor o menor apreciación de los colores respecto a la observación con luz natural.
- d) Temperatura del color: condiciona la tonalidad de la luz, se dice que la lámpara proporciona una luz “cálida” o “fría” si prevalecen las radiaciones luminosas de color rojizo o azulado.
- e) Tamaño: condiciona la construcción de los aparatos de iluminación.

1.4 LÁMPARAS:

Existen diferentes tipos de lámparas, entre las más usadas tenemos las de incandescencia, y las de descarga en atmósfera gaseosa, en donde entran las fluorescentes, y las lámparas de vapor de mercurio o de sodio. A continuación se presenta una tabla con características de cada una de las lámparas más usadas que existen hoy en día

Tipo de Lámpara	Potencia nominal (W)	Eficiencia luminosa (lm/W)	Vida útil (horas)	Tonalidad de la luz	Rendimiento cromático	Tamaño
Incandescente	40	10.8	1000	blanca	óptimo	pequeño
Fluorescente	40	50	6000	blanca	bueno	grande
Vapor de mercurio	250	52	6000	verde azulada	discreto	pequeño
Vapor de Sodio Baja presión	200	132	6000	amarilla	solamente amarillo	mediano
Vapor de Sodio Alta presión	250	73	9000	oro	discreto	pequeño

Tabla 1.1.- Características de las diferentes lámparas más usadas

Para la iluminación de un salón de clases, generalmente se ocupan dos tipos de lámparas: la incandescente (en muy pocos casos), y la fluorescente (en la mayoría de los casos).

Las lámparas **incandescentes** funcionan de la siguiente manera: a través de un delgado filamento metálico (generalmente tungsteno) se hace circular la corriente eléctrica haciendo que el filamento llegue a su punto de incandescencia emitiendo así radiaciones luminosas y caloríficas.

La vida media de estas lámparas es de 1000 horas, y emiten en su mayor parte calor (un 90% aproximadamente) y muy poco de luz (10 %). Por décadas este tipo de lámpara fué la más usada y se tiene integrada a nuestra vida cotidiana, por que aparte es un producto económico, de encendido inmediato que no requiere de equipo auxiliar para su funcionamiento, con dimensiones reducidas y sin limitaciones en cuanto a la posición de funcionamiento.

Sus desventajas son: su baja eficiencia luminosa, y por lo tanto un costo de funcionamiento algo elevado, su elevada producción de calor, elevada luminancia, con su respectivo deslumbramiento, y su duración de vida limitada.

El uso de este tipo de lámparas es universal, ya que existen diversas presentaciones, voltajes, formas, y ofrecen una luz de calidad bastante aceptable.

El grupo de las lámparas de descarga en atmósfera gaseosa comprende las lámparas fluorescentes tubulares, y las lámparas de vapor de sodio y de vapor de mercurio.

Los principios de funcionamiento varían de una a otra lámpara, así como el tipo de luz y por tanto sus aplicaciones, aunque todas operen por el fenómeno del paso de corriente eléctrica a través de un gas.

En las lámparas **fluorescentes** la luz se genera por el fenómeno de fluorescencia; esto es debido a una descarga eléctrica en una atmósfera de vapor de mercurio a baja presión, que se lleva a cabo en el interior de un tubo de longitud grande a comparación de su diámetro, y en cuya pared interior lleva una fina capa de sustancias minerales fluorescentes, además contiene un gas noble, generalmente argón. Existen lámparas fluorescentes en forma de "u", rectas (más usadas), y circulares.

Las lámparas fluorescentes se utilizan primordialmente en oficinas, despachos, escuelas, ascensores, transportes, bibliotecas, y tiendas comerciales entre otros, debido a que son lámparas que proporcionan una buena iluminación y emiten poco calor, logrando que sean agradables a la vista y de un gran confort.

Los componentes de una lámpara fluorescente son los siguientes:

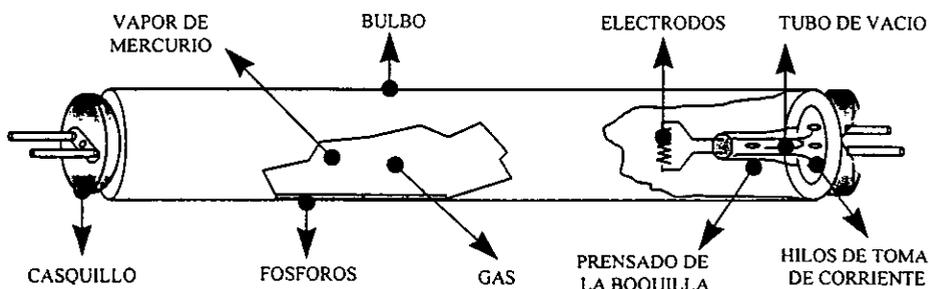


Figura 1.10.- Componentes de una lámpara fluorescente

1.- BULBO: Mediante una clave que consiste en la letra T se determina la forma y tamaño del mismo, esta letra va seguida de un número que expresa el diámetro del bulbo en octavos de pulgada, ej. T-8, T-12.

2.- FOSFOROS: El color de la luz producida por una lámpara fluorescente depende de la composición química del fósforo utilizado en el revestimiento interno del tubo. Dependiendo de las mezclas de los diferentes tipos de fósforo, se produce una amplia variedad de colores.

3.- ELECTRODOS: Consiste generalmente en un alambre de tungsteno de doble o triple enrollamiento en espiral, esta espiral lleva un revestimiento de un material emisor de electrones, como el bario o el estroncio, cuya emisión tiene lugar a una temperatura de 950°C.

4.- TUBO DE VACIO: Este tubo se utiliza para la extracción del aire, cuando la lámpara está en fabricación y para introducir el gas en el tubo.

5.- GAS: El gas que se utiliza generalmente es el argón.

6.- MERCURIO: Este va colocado en el bulbo en muy pequeñas cantidades para proveer el vapor de mercurio.

7.- CASQUILLO: Se utilizan diferentes tipos de casquillos que generalmente son:

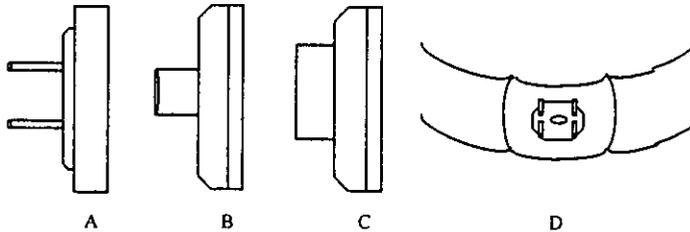


Figura 1.11.- Casquillos de lámpara fluorescentes

A) Para encendido normal, lámparas de precalentamiento y arranque rápido.

B) Slim-line (arranque instantáneo).

C) HO y VHO (alta y muy alta luminosidad).

D) Para lámparas circulares.

8.- PRENSADO DE LA BOQUILLA: Los hilos de toma corriente van en este punto fusionados en el vidrio de la boquilla.

9.- HILOS DE LA TOMA DE CORRIENTE: Estos van conectados a los pernos del casquillo y conducen la corriente hasta el cátodo.

Para que las lámparas puedan funcionar necesitan de un equipo auxiliar llamado balastro, que además de limitar o controlar la intensidad de corriente, tiene también la función de regular la corriente necesaria para el precalentamiento de los electrodos y de proveer la tensión que ayude al encendido de la lámpara.

El cebador es un dispositivo auxiliar que utilizan las lámparas de precalentamiento, para que junto con el balastro provean la tensión de encendido. Las lámparas fluorescentes por su tipo de arranque se pueden dividir en tres grupos:

1.- **Arranque por precalentamiento:** Estas lámparas utilizan un circuito de arranque con dispositivo arrancador que sirve para precalentar a los electrodos, estas lámparas requieren del balastro (reactor), un cebador.

2.- **Arranque instantáneo:** Este tipo se diseñó para eliminar el dispositivo de arranque y conseguir un dispositivo más rápido. el dispositivo de arranque se eliminó al utilizar un balastro que suministra a la lámpara una elevada tensión de arranque, y solo llevan un perno de contacto en cada extremo y se les conoce como slim-line (línea delgada).

3.- **Arranque rápido:** En este tipo de lámparas el precalentamiento se obtiene a través de un devanado de calentamiento por cada electrodo, incluido el balastro, no requieren de arrancador pues encienden rápidamente, casi como las de arranque instantáneo.

El rendimiento luminoso que se obtienen de las lámparas fluorescentes es elevado, aproximadamente de 96 lm/W. Debido a las sustancias fluorescentes que se mezclan dentro de las lámparas, se tienen diferentes tonos de color, siendo los más comúnmente usados los siguientes:

- a) **Luz de día:** Esta lámpara se denomina así debido a que el espectro luminoso se asemeja bastante a la luz natural y tiene una temperatura de calor de 6000 K. Estas lámparas se aplican en lugares en donde se desee apreciar mejor los colores, sin importar la hora ni las condiciones meteorológicas, por ejemplo en tiendas, supermercados, estudios fotográficos, relojerías, joyerías, fabricas textiles, artes gráficas, laboratorios, carpinterías, museos, galerías de arte, clínicas, consultorios, etc.

- b) *Blanco frío*: Tiene la ventaja práctica de poderse combinar indistintamente con la luz natural y con la luz de las lámparas de incandescencia, y tiene una temperatura de color de 4300 K. Esta es la lámpara fluorescente mas usada, y su campo de aplicación es prácticamente ilimitado. Se usa en alumbrados industriales, de garajes y hangares, oficinas y archivos, talleres, escuelas, etc.
- c) *Blanco cálido*: En estas lámparas la temperatura de color es de 3000 K, y debido a la gran cantidad de radiaciones rojas hace que sea mas parecida a las lámparas de incandescencia. Esta lámpara es adecuada en aquellos lugares donde sea esencial una perfecta reproducción de colores, sobre todo en expendios de víveres, despachos, oficinas, pasillos, salas de reunión, aulas, auditorios, bibliotecas, panaderías, teatros, restaurantes, hoteles, cocinas, bodegas, etc.

Este tipo de lámparas tienen una buena eficiencia luminosa (de 4 a 6 veces mejor que las lámparas incandescentes) y por tanto un costo más bajo de operación. Tiene baja luminancia, de forma que se reducen sensiblemente los problemas de deslumbramiento, bueno y óptimo rendimiento cromático (variando según el tipo), con un tiempo de vida elevado (6000 a 9000 horas), y sin ninguna limitación en cuanto a la posición de funcionamiento.

Su desventaja principal es de que necesita de un equipo auxiliar para el arranque, es de grandes dimensiones, el costo de esta lámpara es mayor, entre 10 o más veces que una lámpara de incandescencia de potencia similar (según tamaños y tipos).

Las instalaciones de alumbrado son una importante fuente de calor, desde hace mucho tiempo ha sido un factor a considerar en el diseño de sistemas de iluminación. El calor generado se entrega a las zonas contiguas en diversas formas, con una distribución para las lámparas fluorescentes e incandescentes como se ilustra en la siguiente figura.

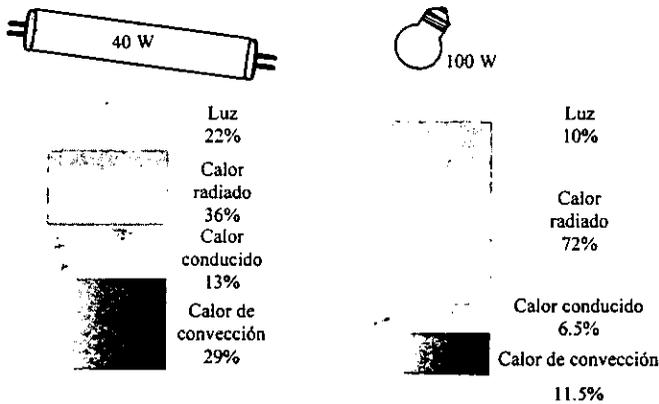


Figura 1.12.- Distribución de la energía de las lámparas.

1.5 LAS LUMINARIAS:

Se emplean para modificar la distribución del flujo luminoso emitido por las fuentes de luz a los objetos que lo dirigen a determinadas direcciones (reflectores), o para atenuar el deslumbramiento, ocultando parcial o totalmente la visión de la lámpara (difusores).

También protegen a las lámparas de los posibles daños mecánicos o ambientales, e impiden el acceso a las partes sometidas a tensión, evitando posibles accidentes.

Difusores: Son las opalinas envolturas de acrílico o vidrio, en cuyo interior se coloca la lámpara, con este aditamento el flujo luminoso se distribuye de un modo uniforme en todas direcciones; disminuye la luminancia de la lámpara y por lo tanto atenúa el deslumbramiento.

Parte del flujo emitido, es absorbido por el material empleado (entre un 10% y un 20%). No son adecuados para grandes potencias, generalmente se usan en lámparas incandescentes de 40-200 W., o bien en fluorescentes tubulares normales (lineales, circulares o en "u").

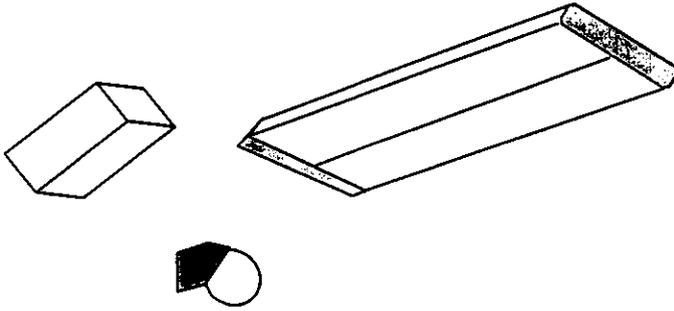


Figura 1.13.- Difusores

Reflectores: Están formados por superficies especulares (aluminio pulido, vidrio plateado, etc.) que reflejan en determinadas direcciones la luz emitida por la lámpara , y según el diseño en un haz ancho o estrecho, logrando un elevado rendimiento.

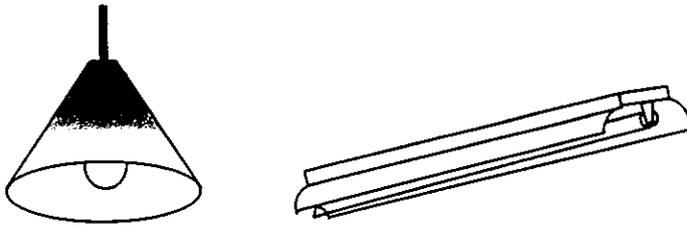


Figura 1.14.- Reflectores

CAPITULO 2

EL PLC

2.1 HISTORIA

Los controladores lógicos programables (PLC's), son dispositivos que pueden ser programados para llevar a cabo una función de control, como por ejemplo una apertura o cierre de válvulas, el arranque o paro de motores, el accionamiento de alarmas, la activación de señalizaciones, etc. y se han convertido en una herramienta invaluable para la industria en general, su uso ayuda en la transformación y actualización de los diferentes procesos industriales, específicamente en el control de máquinas y herramientas involucradas en la mayoría de los sistemas, ya sean de producción, ensamble, o cualquier otro. Estos equipos empezaron a incursionar en la industria hace más de 25 años, y desde entonces han tenido una gran aceptación como dispositivos de control en todo tipo de industria.

Antes de que surgieran estos controladores, el problema del control industrial se resolvía normalmente con el uso de relevadores electromecánicos ó con bloques lógicos de estado sólido. Estos sistemas involucraban una vasta red de cableado para hacer las conexiones de relevador a relevador, y de bloque lógico a bloque lógico. Para que el costo de cableado se minimizara, los relevadores y bloques lógicos tenían que mantenerse lo más cerca posible, dando lugar al desarrollo del concepto panel de control, en sistemas lógicos de control.

Otro factor importante en el desarrollo del panel de control, fue la necesidad de unir las terminales de los elementos de campo (sensores, interruptores, etc.) en un punto común. Un sistema de control con 1000 sensores, interruptores de límite, pulsadores, y elementos de salida podrían fácilmente cubrir una extensa área en una planta manufacturera, y hacer muy difícil y tardada su verificación. Aún ahora, le tomaría a un técnico un tiempo considerable el revisar cada elemento en su lugar de instalación. Pero al tener los elementos cableados a un punto común, se tiene la facilidad de verificarlos rápidamente.

Estos paneles de control podían cubrir una pared entera, y dentro del panel había enjambres de relevadores electromecánicos y cables. Un ingeniero diseñaba la lógica del sistema y los técnicos o eléctricos instalaban y alambraban los componentes.

Al diagrama que los eléctricos manejaban para hacer las conexiones de los relevadores en los paneles de control se les llamó diagrama de escalera (ver figura 2.1); se les llamaron escaleras por el parecido a una escalera en apariencia. La escalera mostraba, en una representación gráfica, todos los interruptores, sensores, motores, válvulas, relevadores, etc., que estaban involucrados en un sistema. Era trabajo del eléctrico alambrar todos los elementos mencionados.

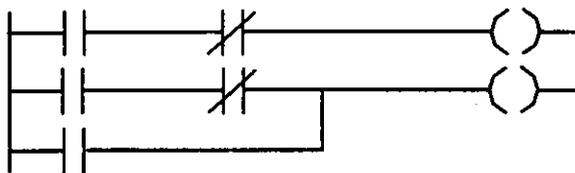


Figura 2.1.- Diagrama de escalera

Era concebible que los ingenieros cometieran pequeños errores en el diseño del sistema de control. Además, no es difícil imaginar que los técnicos tuvieran algunos errores en el cableado de los relevadores, y aunado a esto la posibilidad de que algunos de estos relevadores o sus componentes se encontraran en mal estado, el sistema de control no era perfecto en sus primeras pruebas.

Por lo que las desventajas de este tipo de control eran considerables, existían cientos de relevadores en un sistema de control típico, si una falla mecánica ocurría en un relevador, los técnicos tenían que revisar toda la instalación hasta detectar y corregir el problema, mientras tanto, todo el personal asociado con la línea de producción se quedaba sin trabajo hasta que el sistema se pusiera en marcha nuevamente, y por lo tanto la producción se detenía por largos periodos de tiempo.

Otro problema radicaba en la lógica del cableado, si era necesario hacer un cambio en la secuencia de operación, por mínimo que este fuera, se tenía que detener la producción y volver a cablear el panel de control. Este tipo de problemas involucraban un gasto excesivo en salarios y una gran pérdida de producción.

General Motors, al ver incrementada la fuerza de otras compañías automotrices, tanto en calidad como en productividad, tuvo la necesidad de mejorar su propio sistema de producción, por lo que se volvió imperativo lograr que su línea de producción tuviera una gran flexibilidad; tenían que hacer posible un cambio rápido en cualquier proceso involucrado en la producción, y lograr reducir el tiempo perdido al mínimo, mejorar la calidad e incrementar la productividad principalmente. Y fue entonces cuando se penso en cambiar los paneles de control de relevadores, por otro equipo más flexible y eficiente, y fue así que surgieron los primeros controladores programables para la industria.

GM pensó que una computadora podría utilizarse en la creación de la lógica de control, en vez de los relevadores, la computadora podría tomar el lugar del enorme, costoso e inflexible panel de control. Si los cambios en los sistemas lógicos o secuencias de operación fueran necesarios, el programa en la computadora podría cambiarse en lugar de realamburar todos los relevadores, eliminando todo el tiempo perdido asociado con estos cambios de alambrado, logrando con esto, un cambio radical en el modo de operación de un proceso, con tan solo modificar el software de la computadora.

Fue así que en 1968, los ingenieros de General Motors, escribieron los siguientes criterios de diseño, para lo que sería el primer controlador lógico programable:

1. El dispositivo se debe programar fácilmente. Debe permitir cambios rápidos en sus secuencias de operación, preferiblemente en la planta.
2. Debe ser de fácil mantenimiento y reparación usando un formato modular de colocar y operar.

3. La unidad debe ser capaz de operar en la planta con tiempos más reales que los de un panel de control de relevadores.
4. Debe ser físicamente más pequeño que un panel de control de relevadores, para minimizar el caro espacio de suelo.
5. La unidad debe ser capaz de mandar información a un sistema central de recolección de datos.
6. La unidad debe ser competitiva en costo, con los paneles presentes de relevadores y elementos de estado sólido.

Además las especificaciones requerían que el nuevo elemento fuera un elemento de estado sólido (operando electrónicamente, no mecánicamente). Debía tener la flexibilidad de una computadora. Debía ser capaz de funcionar en un ambiente industrial (vibraciones, calor, polvo, etc.), y con la capacidad de ser reprogramado para usarlo en otras tareas.

General Motors le solicitó esta tarea a compañías interesadas, y les encargo que desarrollaran un dispositivo que cumpliera con las especificaciones de este diseño. La compañía Gould Modicon, desarrollo el primer dispositivo que cumplió con estas especificaciones, y a la par de otras compañías comenzaron a desarrollar controladores más avanzados y mejorados, en base a las necesidades de cada tipo de industria.

La base del éxito de los controladores lógicos programables, fue en esencia que el controlador se programa usando el mismo lenguaje que los técnicos y eléctricos ya usaban para el desarrollo de la lógica de operación de los relevadores: el lenguaje de escalera. De esta manera los eléctricos y técnicos podían entender fácilmente el principio de estos nuevos equipos, por que la lógica era muy parecida a la que ellos habían estado utilizando, y no tuvieron que aprender un nuevo lenguaje de programación.

En 1968 la primera aplicación de los PLCs fue muy sencilla, simplemente reemplazar a los relevadores en las funciones que estos tenían, convirtiéndose simplemente en equipos de control ON/OFF. Podían tomar entradas de elementos como interruptores, sensores digitales, etc., y generar una señal de salida que activara un elemento final de control.

En un diagrama de escalera de relevadores, un contacto tiene dos estados de operación, cerrado o abierto, por lo tanto fue conveniente crear instrucciones que permitieran al controlador examinar un contacto en particular, y poder determinar la condición en la cuál se encuentra (cerrado o abierto). De esta manera, se crearon dos instrucciones principales, una para energizar o activar, y otra para desenergizar o desactivar los relevadores.

A mediados de los 70's, el método de programación se mejoró al utilizar un dispositivo de programación con pantalla, este dispositivo permitió una programación gráfica de alto nivel, que facilitó al usuario el editar, modificar, documentar y guardar los diagramas de escalera.

El PLC, simplificó las tareas de mantenimiento y gracias al dispositivo de programación con pantalla, todas las salidas y entradas podían monitorearse, y por lo tanto los problemas en el sistema podían encontrarse con facilidad, además se minimizaron las compras del equipo y refacciones que debían tenerse en almacén, también permitió una instalación y una puesta en servicio más rápida a través de la programación, en vez del cableado. Si se requería cambiar o modificar un proceso, ya se podían hacer los cambios sin necesidad de interrumpir el proceso actual (modificación en fuera de línea), el sistema seguía en operación, mientras se efectuaban los cambios en la programación del equipo, y con esto, el sistema solo tenía que parar algunos minutos, para cargar el nuevo programa al PLC y modificar su operación.

En sus inicios los PLCs solo reemplazaban a los paneles de control basados en relevadores y no eran buenos sustitutos para controles complejos como de temperatura, posición, presión, etc. Desde aquellos días los fabricantes de PLCs, le han agregado numerosas ventajas y mejoras. Los PLCs han permitido la capacidad de manejar tareas complejas como el control de posición, control total de procesos y otras aplicaciones difíciles. Su velocidad de operación ha mejorado drásticamente, su facilidad de programación ha sido mejorada, y se han creado nuevas maneras de programarlos (nuevos lenguajes de programación).

Módulos de propósito especial se han desarrollado para aplicaciones tales como comunicación vía radio, inspección de procesos con videocámara, y también la reproducción de instrucciones verbales, en pequeñas grabaciones. Sería difícil imaginar una tarea que un PLC no pueda soportar.

En 1978 la Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos (NEMA por sus siglas en inglés) publicó una definición estándar para los controladores programables (NEMA Standard ICS3-1978 part ICS3-304), estableciendo que:

“Un Controlador Programable es un aparato electrónico que opera digitalmente, el cual utiliza una memoria programable para el almacenamiento interno de instrucciones para implementar funciones específicas, tales como lógicas, secuenciales, de temporización, conteo y aritméticas para controlar varios tipos de máquinas o procesos a través de módulos digitales o analógicos de entrada / salida”.

Una computadora digital que se usa para realizar las funciones de un PLC esta considerada en éste campo. Quedan excluidos los tambores y dispositivos mecánicos del tipo de control secuencial.

Llevó varios años desarrollar la definición y actualmente es bien aceptada. Sin importar el tamaño, complejidad o estado evolutivo, todos los PLCs presentan un funcionamiento similar.

A continuación se describe brevemente, como ha evolucionado el PLC desde su aparición en 1968.

EVOLUCIÓN DEL PLC

- 1968 Se desarrollaron diseños de los PLCs para General Motors eliminando el costo en la modificación de la lógica de relevadores en la línea de producción durante el cambio de modelo cada año.
 - 1969 Hardware basado en una unidad central de procesamiento, instrucciones lógicas, 1K de memoria y 128 entradas y salidas.
 - 1971 Primera aplicación de los PLCs fuera de la industria automotriz, como equivalente electrónico de los relevadores.
 - 1974 Se introducen en los PLCs además de operaciones lógicas, operaciones aritméticas, temporizadores, contadores, movimiento de datos, 12K de memoria, y 1024 entradas y salidas.
 - 1975 Se introduce el control analógico de tipo PID (proporcional integral derivativo) que hizo posible la realización de un control analógico por medio de transductores como termopares, sensores de presión, de nivel, de velocidad, etc.
 - 1976 Se utilizan por primera vez en configuración jerarquizada como parte de un sistema de manufactura integrado, sistemas de entradas/salidas remotas.
 - 1977 Introducción al mercado de un pequeño PLC basado en la tecnología de los microprocesadores, con un coprocesador lógico.
 - 1978 Los PLCs son ampliamente aceptados. Las ventas ascienden a los ochenta millones de dólares.
 - 1979 Integración total de una planta industrial a través de una red de PLCs.
 - 1980 Introducción de módulos inteligentes de entrada y salida que proporcionan alta velocidad y control preciso en aplicaciones de posicionamiento.
 - 1981 Los canales de datos permiten al usuario interconectar varios PLCs en distancias de hasta 5 km. entre uno y otro.
- Introducción de circuitos de comunicación, permitiendo a los PLCs comunicarse con cualquier sistema inteligente como computadoras, lectoras de código, etc.

- 1982 Se dispone de PLCs mas grandes con capacidad de hasta 8192 entradas / salidas.
- 1983 Introducción de las redes de control permitiendo a los PLCs el acceso a cada una de las diferentes entradas / salidas, en una nueva modalidad: la transparencia. Periféricos de terceros, interfaces de operador, redes de entradas / salidas inteligentes, paneles de desplegados y paquetes de documentación, llegan a estar disponibles de diversas fuentes.
- 1985 Expansión de sistemas modulares, permitiendo la expansión requerida de la máxima flexibilidad.
- 1988 Introducción de mini y micro PLCs con una potencia de operación de sistemas más potentes.
- 1989 Incremento en el número de paquetes de software para PLCs.
- 1990 Generación de sistemas de control industrial basados en PLCs de mayor capacidad para unir las comunicaciones entre la planta y las oficinas de administración.
- 1992 Sistemas de administración de bases de datos relacionales en tiempo real (RDBMS) unifican la tecnología de los PLCs la comunicación y los ambientes de ventanas.

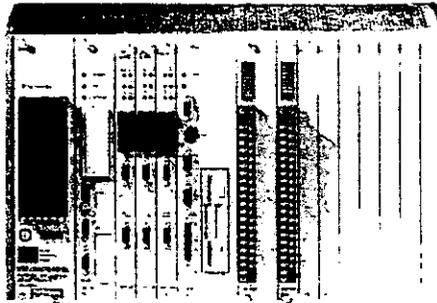


Figura 2.2.- Un PLC con diferentes módulos de E/S.

Actualmente se han identificado más de 25 fabricantes de controladores programables, estos fabricantes cada vez los mejoran y les agregan nuevas funciones, de acuerdo a las necesidades que la industria demande. Sería difícil imaginar una tarea que un PLC no pueda soportar.

2.2 HARDWARE

Todos los PLC contienen una misma base de componentes o partes para su buen funcionamiento, sin importar el tamaño, la complejidad, o el costo. Algunas de estas partes se les denomina hardware, y otras representan las funciones características del software o programas. Todos los controladores programables tienen interfaces de entrada y de salida, memoria, un método de programación, una unidad central de procesamiento (CPU, por sus siglas en inglés), y una fuente de energía, estas funciones se observan en la siguiente figura:

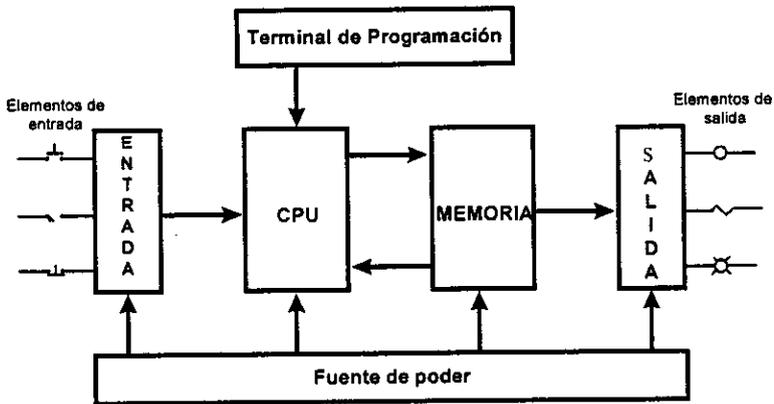


Figura 2.3.- Diagrama de bloques de un PLC

En forma representativa podemos verlo de la siguiente manera:

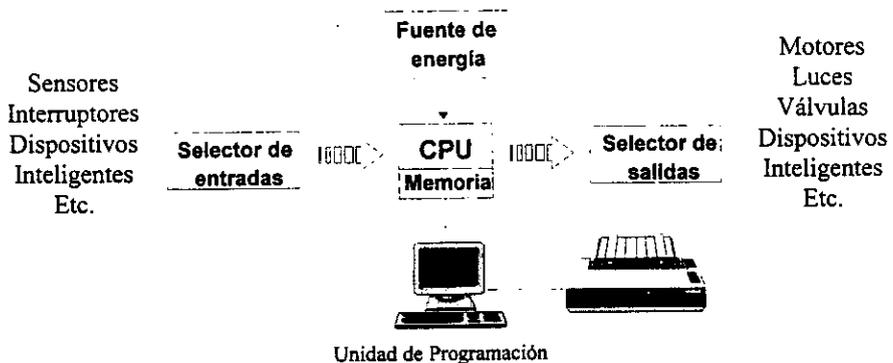


Figura 2.4.- Arquitectura de un PLC

La CPU o unidad central de procesamiento es el cerebro de un PLC, puede contener uno o varios microprocesadores para hacer el control, además la CPU soporta las tareas de comunicación, e interacción con los diferentes componentes del sistema.

La CPU contiene el mismo tipo de microprocesador que se puede encontrar en una computadora, la diferencia es que el programa que se usa con el microprocesador solo permite acomodar lógica de escalera en lugar de otros lenguajes de programación. La CPU ejecuta el sistema operativo, maneja la memoria, monitorea las entradas, evalúa la lógica del usuario (diagrama de escalera) y activa o desactiva las salidas apropiadas.

Las interfaces de entrada permiten una conexión a la máquina o proceso que se esta controlando, su función principal es la de recibir y transformar señales de campo en una forma que pueda usar la CPU. Esta conversión involucra el cambio de cierre de contactos, señales de corriente, voltajes analógicos, etc., en niveles de voltaje simples que pueda entender la CPU. En la mayoría de los casos la interface de entrada es modular y puede expandirse y permitir un aumento de entradas cuando el sistema de control crezca. El número de entradas que puede soportar un dispositivo depende mucho de la CPU, y del tamaño de la memoria.

La interface de salida desarrolla la función opuesta a la interface de entrada, toma las señales de la CPU y la traduce en señales que son apropiadas para producir acciones de control activando elementos de control como arrancadores de motores, activación de solenoides, etc. Esta interface de salida al igual que la de entrada es modular y puede incrementarse dependiendo de las necesidades de la tarea de control.

La CPU y la memoria son la parte principal de un PLC; la información fundamental para la operación del PLC se almacena en la memoria como un patrón de cargas eléctricas (bits) organizadas de tal manera que cada grupo de bits forman pedazos de datos, instrucciones, o partes de una instrucción.

Los datos provienen de la sección de entrada y basados en el programa almacenado, la CPU obtiene resultados del algoritmo aplicado tomando decisiones que manda a los elementos de salida.

La CPU continuamente toma valores almacenados en la memoria para realizar las instrucciones que realizara a continuación, y para tomar datos de referencia; también usa a la memoria para almacenar momentáneamente resultados de operaciones que realiza y se ocuparán después en otros cálculos.

La fuente de energía provee al equipo los distintos niveles de voltaje que se necesita para la operación del PLC. Esta fuente de energía transforma el voltaje de entrada de 120V o 240V de CA en los voltajes necesarios de CD, para que operen la CPU, la memoria, los módulos de entrada de salida, y demás elementos.

Un programa que escribe un usuario, y almacena en la memoria del PLC, es una representación de las acciones necesarias para producir una señal de control de salida, para una condición dada del proceso.

Los lenguajes de programación tienen diferentes formas, pero como todos los programas el lenguaje de un PLC tiene sintaxis, gramática y un vocabulario que permite al usuario editar un programa de alto nivel de programación, para darle las instrucciones de control necesarias en el proceso a la CPU. Cada fabricante de PLCs tiene su propia herramienta de programación, muy parecidas entre sí, con pequeños cambios en algunos vocablos, sintaxis, o gramática, pero se mantiene la estructura general.

Todos, o casi todos los lenguajes de programación de PLCs se basan en la lógica de escalera, que es una forma avanzada de la lógica de relevadores.

Además de especificar cierres o aperturas de contactos, o bobinas, la programación con lógica de escalera permite funciones matemáticas, control analógico, conteo y operaciones con temporizadores. Otros PLCs utilizan lenguajes alternativos, como las instrucciones booleanas, diagramas de flujo, y otros.

Un elemento de programación, o terminal de programación, es el medio por el cual el usuario puede introducir sus programas, o instrucciones a la memoria del equipo, esta terminal produce el patrón de señales eléctricas que corresponden a los símbolos, letras, o números que el usuario usa en el momento de editar su programa. Estos elementos pueden ser desde pequeños, en terminales portátiles, hasta industriales, semejantes a una computadora personal.

2.2.1 LA UNIDAD CENTRAL DE PROCESAMIENTO (CPU)

La unidad central de procesamiento es la parte principal del PLC, junto con su memoria asociada. A estas dos partes se les conoce normalmente como procesador, o microprocesador. Sin embargo la actual CPU incluye todos los elementos necesarios que forman el sistema de inteligencia, en donde el procesador o microprocesador es una parte de la CPU.

El microprocesador en un PLC esta controlado por un programa llamado sistema operativo, este programa esta cargado permanentemente en la memoria y es el que se encarga de adaptar la capacidad de uso del microprocesador ordinario en un PLC especializado, ejecutando las instrucciones del sistema operativo el microprocesador puede desarrollar todo el procesamiento de control, las comunicaciones entre dispositivos, y otras funciones relacionadas.

La CPU es capaz de desempeñar las siguientes tareas:

- Operaciones de entrada/salida. Esta operación permite al PLC comunicarse con los elementos periféricos o externos.
- Aritméticas y lógicas. Operaciones como suma, resta, funciones AND, OR, etc. se desarrollan en la CPU
- Leer o cambiar el contenido de una localidad de memoria. Estos patrones de bits pueden ser datos o instrucciones.
- Operaciones de salto. Esta función permite dar saltos en la secuencia del programa y por lo tanto permite omitir ciertos cálculos cuando sea necesario.

La siguiente figura muestra la arquitectura de un microprocesador:

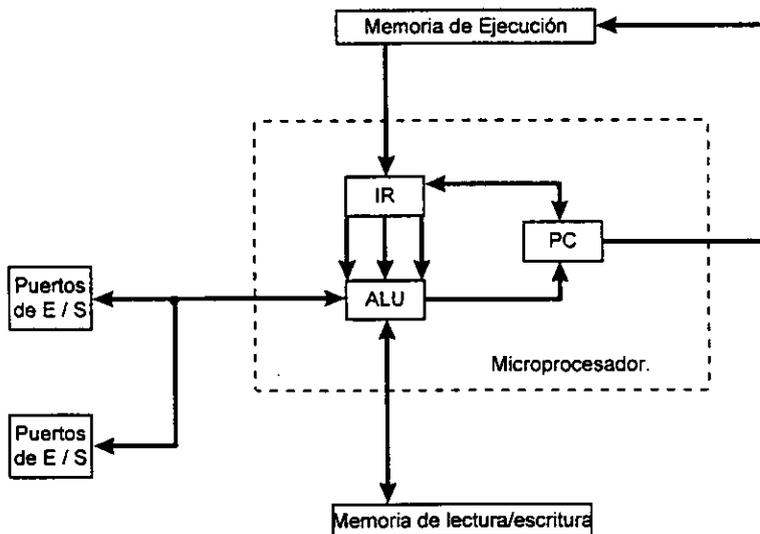


Figura 2.5.- Componentes básicos de un microprocesador.

La memoria de sistema es la que almacena el sistema operativo. La unidad lógica aritmética (ALU) desarrolla todas las operaciones lógicas y aritméticas. Además dentro del microprocesador se localiza el programa de conteo (PC). Este elemento guarda la secuencia de las instrucciones del programa ejecutadas por el microprocesador. Cuando una ramificación o salto se efectúa en el programa, el PC se sintoniza hacia atrás o adelante, para mantener la secuencia de ejecución del programa en todo momento.

El registro interno (IR) del microprocesador almacena datos que la ALU le solicita, el IR recibe información de la memoria de sistema y almacena los datos hasta que la ALU los requiere.

La memoria de lectura y escritura almacena el programa que el usuario escribió, además se almacena en esta memoria los parámetros generales para la operación total del sistema. A otras unidades de la memoria de lectura y escritura se les conoce típicamente como registros.

Los puertos de entrada/salida los usa el microprocesador para comunicarse con otros circuitos en el sistema del PLC. La información o datos se transfieren por estos puertos usando buses. La figura 5 muestra las conexiones de los buses que ocupa el microprocesador. Los buses principales asociados al microprocesador son los de datos y direcciones. Un bus de direcciones típico, contiene 16 líneas unidireccionales (los datos solo pueden fluir en una dirección), este bus permite al microprocesador escoger una dirección, la cual se decodifica, y se escoge la localidad de memoria adecuada, o el elemento de entrada/salida. El único propósito de un bus de direcciones es el de activar elementos y localidades de memoria en los tiempos necesarios para que lo use el bus de datos.

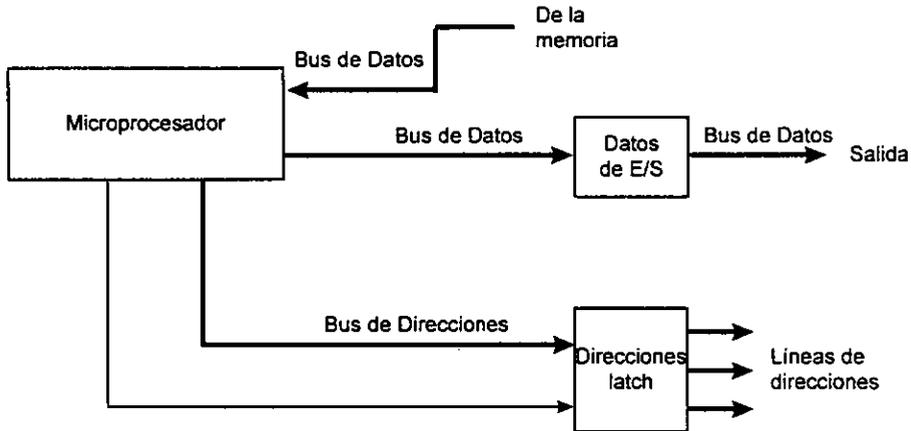


Figura 2.6.- Buses de datos y direcciones

2.2.2 LA MEMORIA

La memoria de un PLC puede ser de diferentes tipos. Parte de la memoria del PLC se utiliza para almacenar el sistema operativo, y otra parte para almacenar datos que el usuario necesita. A continuación se mencionan las más comunes:

Memoria para el sistema operativo

Memoria de solo lectura ROM (Read Only Memory)

Este tipo de memoria se utiliza en un PLC para almacenar el sistema operativo, el cuál es un programa que se almacena en un circuito integrado (CI) por el fabricante, y su función principal es la de traducir el programa que el usuario desarrolla en un lenguaje de alto nivel a instrucciones que el microprocesador pueda entender, esta memoria no puede ser alterada por el usuario y es una memoria no volátil, lo que significa que aunque no exista energía (el equipo este apagado), la información contenida en la memoria permanece.

Memoria para el usuario

La memoria de un PLC se divide en bloques que tienen una función específica, parte de esta memoria se utiliza para almacenar los estados de las entradas y salidas del sistema, y normalmente se le conocen como imagen de E/S. El estado real de una entrada se almacena en la memoria como un dígito, ya sea 1 o sea 0, en un bit de la memoria; así cada entrada o salida tiene un bit correspondiente en la memoria.

Otra parte de la memoria se utiliza para almacenar datos generados por el programa que el usuario desarrolla, por ejemplo si puso en su programa contadores o temporizadores, entonces el conteo o tiempo transcurrido, en estas instrucciones, se verán reflejadas en esta porción de la memoria.

A este arreglo de memoria que se genera, donde se conoce para que uso esta reservada esa localidad de memoria y entre que direcciones se encuentra, se le conoce como mapa de memoria.

Memoria de acceso aleatorio RAM (Random Access Memory)

Este tipo de memoria se diseñó para que el usuario pueda escribir o leer datos en la memoria, y es la más común para las necesidades del usuario, y es aquí donde se almacena el programa desarrollado, los valores de los contadores y los temporizadores, estados de las entradas y las salidas, etcétera.

Esta RAM es volátil, lo que significa que si no hay alimentación, (equipo apagado), la información contenida en esta memoria se pierde, como estas memorias necesitan muy poca energía eléctrica para operar, el problema se resuelve conectando una pila de litio, para que en caso de interrupción de energía en el PLC, la pila este alimentando a la memoria.

Memoria borrable y programable de solo lectura EPROM (Erasable Programmable Read Only Memory)

Es un caso especial de la memoria ROM, normalmente una ROM no se puede alterar, solamente se puede leer. Pero la EPROM es una memoria no volátil, que puede modificar un usuario. Esto es borrando y volviendo a escribir en la memoria. La memoria se puede borrar exponiéndola a luz ultravioleta.

La EPROM tiene una pequeña ventana que esta cubierta, pero se puede descubrir y exponer a una fuente de luz ultravioleta, que borra el contenido de la memoria, para que pueda ser reprogramada, como es no volátil, no necesita de pilas para mantener su información.

Memoria borrable y programable eléctricamente de solo lectura EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read Only Memory)

Esta memoria es de alguna manera similar a la memoria RAM, ya que se puede acceder a ella para escribir o leer datos, pues estas operaciones de lectura escritura se realizan en ambos casos con pulsos eléctricos, y como esta memoria (EEPROM) es no volátil, no pierde la información almacenada y no necesita de pilas de respaldo.

Este tipo de memoria esta disponible para los PLC's de gran capacidad de señales de E/S, y se usa generalmente como respaldo del programa desarrollado por el usuario, en caso de alguna falla en la energía eléctrica.

Es importante hacer una correcta elección de la memoria que se va a ocupar, según las necesidades del sistema a controlar, pues al incrementar las ventajas que presentan algunas memorias también incrementa el costo de las mismas.

2.2.3 LA FUENTE DE PODER

La fuente de poder o fuente de energía, es la que provee a la CPU el voltaje necesario para operar, la mayoría de los PLC's operan a un voltaje de 115 Vca. Esto significa que la fuente de poder transforma los 115 Vca en otros voltajes que el equipo necesita para operar, por ejemplo en diferentes valores de voltaje de corriente continua Vcc, que necesitan los componentes electrónicos para operar.

Dependiendo del tamaño del PLC la fuente de poder puede estar incluida internamente (PLC's pequeños); o puede ser un módulo aparte (PLC's grandes) este caso es normalmente usado cuando se necesita más de un chasis. El usuario debe determinar que corriente será consumida por el equipo, o los módulos de entrada y salida, para asegurar que la fuente de poder pueda suministrar la corriente necesaria.

2.2.4 SECCIÓN DE ENTRADA

La parte de entrada de un PLC , canaliza las entradas del sistema que se este controlando a la CPU, convirtiendo el nivel lógico del sistema controlado, a niveles lógicos requeridos por la CPU; elementos que pueden actuar como entradas son: sensores, interruptores de posición, botoneras, etcétera.

Estas entradas se canalizan por módulos, siendo el usuario quien escoge el modulo necesario para su aplicación. Estos módulos se insertan en un chasis o rack del PLC; este chasis se usa físicamente para sostener la CPU, la fuente de poder, y los módulos de entrada salida.

Además el chasis es la conexión física para transmitir la energía eléctrica y permitir la comunicación entre los módulos, la fuente de poder y la CPU, a través de un plano interior, en donde tiene alojados algunos slots, o ranuras como las que tiene una computadora personal (PC).

Los módulos de entrada y salida, fuente de poder, CPU, y otros, se insertan fácilmente en las ranuras del chasis, permitiendo en caso de ser necesario, el cambio de un modulo en cuestión de segundos, para su reparación o mantenimiento; esta es una de las razones por las cuales el uso del PLC se ha vuelto muy popular.

Otra función de los módulos de entrada es el de aislar las señales del sistema, de la CPU, generalmente se hace con un dispositivo electrónico llamado opto aislador. Con este dispositivo no existe una conexión eléctrica entre el sistema y el CPU, sino una conexión óptica, esto es, la señal eléctrica del sistema al entrar al módulo se transforma en luz, y esta luz incide en un receptor, y el receptor se activa, no existiendo ninguna conexión entre los dos.

Los módulos de entrada normalmente traen en su parte frontal leds (light emissor diodes) para cada una de las señales de entrada. Si la señal de entrada esta activada, el led se prende y la CPU ve internamente una señal alta (un 1 binario), con la cuál puede hacer operaciones matemáticas.

2.2.5 SECCIÓN DE SALIDA

La sección de salida de un PLC, es la que nos permite la conexión a los elementos de salida del sistema. Estos elementos pueden ser entre otros: contactores, arrancadores de motores, luces, bobinas, válvulas, relevadores, switches en general, etc. Los módulos de salida pueden manejar voltajes de corriente directa y de corriente alterna, y pueden usarse para señales digitales y analógicas.

Una señal de salida digital se comporta como un interruptor, al energizar la salida se cierra un contacto, y al desenergizar se abre el contacto. Al igual que los módulos de entrada, los módulos de salida pueden tener diferentes configuraciones, como 4, 8 , 16, y 32 señales de salida por cada módulo, siendo el usuario quien debe elegir cuales y cuantos se utilizarán en el sistema a controlar

Un módulo de salida analógico se utiliza cuando se desea variar el voltaje de salida en diferentes periodos de tiempo, como por ejemplo al controlar la velocidad de un motor, si variamos el voltaje de alimentación del motor, (señal de salida), este girará mas rápido o más lento, según se necesite.

2.3 SOFTWARE

La programación de los PLC's generalmente se hace a través de una terminal de programación portátil, o mediante un software que se carga en una computadora personal. En cualquier forma que se programe, se tendrá como resultado un programa de control que se grabara en la memoria del PLC.

La función principal del programa es la de controlar las salidas del sistema, basándose en las condiciones de las señales de entrada. Como se había mencionado, el lenguaje de programación más utilizado por la industria en general, es el llamado lenguaje de escalera. Los símbolos utilizados para este tipo de programación son dos: el contacto (para las entradas) y la bobina (para las salidas).

2.3.1 CONTACTOS

La mayoría de las entradas a un PLC son simplemente elementos que están ya sea prendidos o apagados. Estos dispositivos son sensores o interruptores que detectan presencia o ausencia de algún objeto físico, si esta vacío o lleno un contenedor, cantidades de cuerpos físicos y cosas por el estilo. Los dos símbolos más comunes para los contactos son los siguientes:

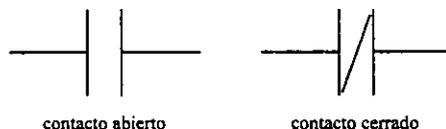


Figura 2.7.- Símbolos de contactos

Cuando estamos hablando de contactos, podemos pensar como si fueran interruptores, existen dos tipos básicos de interruptores, los normalmente abiertos y los normalmente cerrados.

En los normalmente abiertos no pasará la señal eléctrica hasta que se cierre el contacto, y cambie de abierto a cerrado; y en un normalmente cerrado pasará la señal continuamente, hasta que alguien abra el contacto, y pasar de cerrado a abierto.

2.3.2 BOBINAS

Los contactos son símbolos de entradas y las bobinas son los símbolos de las salidas, que pueden ser en el sistema dispositivos como: motores, lámparas, bombas, relevadores, válvulas, y en general cualquier dispositivo que funcione o dependa de la energía eléctrica.

Una bobina es simplemente una salida, El PLC al examinar los contactos (las entradas) que estén en el programa de escalera, activará o desactivará una bobina (elementos de salida), la bobina básica se muestra a continuación.

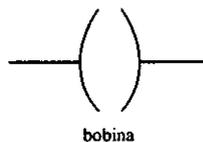


Figura 2.8.- Símbolo de la bobina

2.3.3 PROGRAMACIÓN:

Ya que entendimos la simbología de los contactos y las bobinas, podemos empezar a escribir un programa. Pero primero explicaré en forma simple como actúa un relevador. Se puede pensar en un relevador como un switch electromagnético, se aplica voltaje a una bobina y el campo generado atrae a un contacto haciendo que se cierre un circuito.

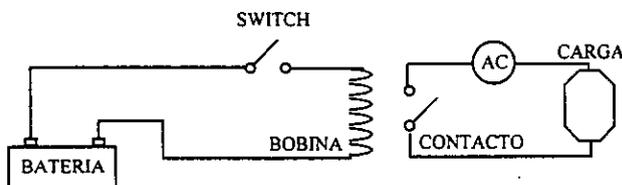


Figura 2.9.- Función de un relevador

La idea es utilizar un PLC en lugar de relevadores, lo primero que tenemos que hacer es crear un diagrama de escalera, debido a que un PLC no entiende un diagrama esquemático.

Primero.- Tenemos que traducir los términos que utilizamos en símbolos que entienda el PLC ya que el PLC no entiende términos como switch, sensor, campana, etc. Prefiere entrada, salida, bobina, contacto, etc.

No importa que elemento sea el de entrada o el de salida tan solo importa que se trata de una entrada o una salida. Primero reemplazamos a la batería con un símbolo que es común en todos los diagramas de escalera, dibujamos lo que se conoce como barras de energía, que no son más que dos barras verticales, una a cada lado del diagrama; se considera la barra izquierda como el voltaje positivo, y la derecha como tierra. Pensando de inmediato que la corriente (lógica) fluye de izquierda a derecha.

Segundo.- Debemos decirle al PLC donde se localizan los elementos, es decir tenemos que decirle que elementos se conectarán y que dirección ocuparán.

A donde se conectará físicamente el switch en el PLC ya que los módulos de entrada y salida pueden alojar hasta 32 señales por módulo (dependiendo del fabricante). Por esto puede ser que tengamos una entrada con llamada 000, y una salida 500.

Por último: Se convierte lo anterior en una secuencia lógica de eventos. El programa que escribiremos le dirá al PLC que tiene que hacer cuando ciertos eventos se lleven a cabo. En el siguiente ejemplo le tenemos que decir al PLC que hacer cuando un operador activa un switch, en nuestro ejemplo encenderá una campana.

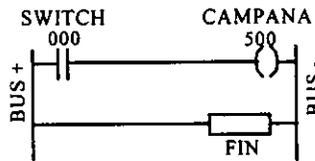


Figura 2.10.- Diagrama final

Ejemplo: Comparemos un circuito real con un diagrama de escalera y veamos las diferencias:

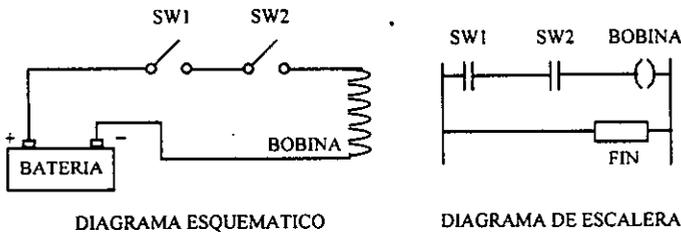


Figura 2.11.- Comparación de diagramas

En la figura vemos el parecido de los dos diagramas, notando también que el diagrama de escalera esta formado por peldaños, como en una escalera, y que en cada peldaño va una serie de eventos que se tienen que cumplir para que la bobina pueda ser energizada.

Como una herramienta extra a la programación en escalera, existen también bloques de funciones especiales que como su nombre lo menciona realizan funciones dedicadas o especiales como por ejemplo algunas operaciones matemáticas (sumas, restas, etc) que puede llevar a cabo el microprocesador de la CPU.

El PLC contiene en algunos de sus modelos un reloj que opera internamente y que nos proporciona la fecha y hora del día que esta transcurriendo, la fecha con mes y año, y la hora con minutos y segundos, además el día de la semana. Para aprovechar esta característica, existe una operación que nos permite leer todos estos datos y por consiguiente los podemos ocupar en nuestra programación.

Por ejemplo: si queremos que una señal de salida de nuestro PLC se active en un día y a una hora determinada, podemos hacer uso de esta función especial, que trabaja de la siguiente manera: al momento de leer la hora del reloj interno la compara con la hora especificada en nuestro programa, y si son iguales se activa una salida que puede accionar algún dispositivo de control.

Este ejemplo se ejemplifica en la siguiente figura:

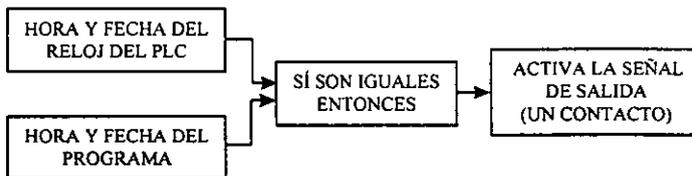


Figura 2.12.- Uso del reloj interno

CAPITULO 3

ILUMINACIÓN EN LOS SALONES DE CLASE

ILUMINACION EN LOS SALONES DE CLASE

El alumbrado es tanto un arte como una ciencia, aunque se han hecho estudios de lo que constituye un alumbrado adecuado y de calidad, el efecto final que se vaya a lograr depende del diseñador, que deberá mantener una iluminación adecuada, con sus limitaciones en el diseño como por ejemplo, un bajo presupuesto del cliente.

El enfoque del diseño es considerar el espacio que se va a iluminar, y la tarea visual que se va a elaborar; el tipo de iluminación y la luminaria a emplear.

1.- Nivel de iluminación. De acuerdo a la actividad que se vaya a desarrollar, ya sea en un local, bodega, oficina, etc.

2.- Tipo de lámpara. De acuerdo a la exigencias cromáticas de la tarea que se desempeñe, costos de instalación, condiciones de operación, y la posibilidad de un mantenimiento periódico.

3.- Tipo de iluminación (directa, semidirecta, mixta, semi indirecta o indirecta).

Tomando en cuenta dichos parámetros, se hacen los cálculos para determinar el número y distribución de las luminarias. Luego se comprueba la calidad global del arreglo, si no es satisfactoria, se hace una nueva distribución. Se efectúa un estudio económico para verificar los costos, y si son demasiado altos, se estudian nuevas distribuciones hasta satisfacer todas las limitaciones del diseño.

Para la selección de los niveles de iluminación, se tiene por parte de la sociedad de ingenieros en iluminación, IES (Illuminating Engineering Society), un rango de valores que permite a los diseñadores de iluminación adaptar los sistemas de alumbrado a necesidades específicas, ya que permite ajustar los niveles de iluminación, para una tarea visual en particular, y la edad promedio de los observadores, principalmente.

Los acabados del cuarto, muebles y equipo que se encuentren en el área a iluminar, son importantes para el diseño global de la iluminación; se logran mejores resultados cuando el diseñador de iluminación coordina su trabajo con el arquitecto, decorador de interiores o diseñador de la planta, para que en conjunto seleccionen una combinación de colores que produzcan aceptables valores de reflexión.

3.1 EVALUACIÓN TEÓRICA

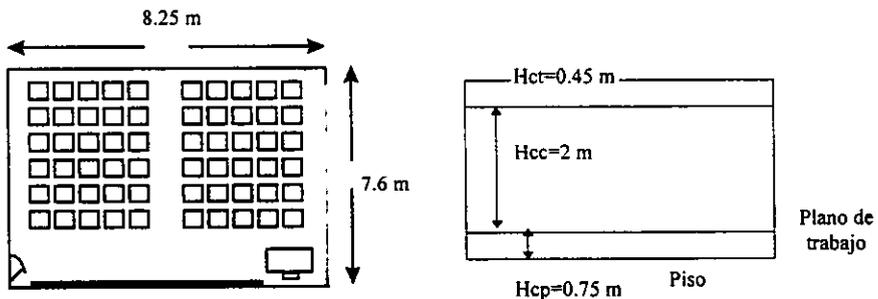
A continuación se realizará el proyecto de iluminación para un salón de clases de 8.25 m X 7.60 m, tomando en cuenta los acabados que actualmente se tienen en los salones, se considerará la siguiente reflexión:

Piso: 20%

Pared: 30%

Techo: 10%

De acuerdo a los niveles de iluminación recomendados por la IES, para esta tarea visual se considerarán 500 luxes promedio mantenidos, con buena definición cromática.



1) Definición de la lámpara a utilizar:

Como ya se menciono, para salones de clase en las escuelas se utiliza generalmente las lámparas fluorescentes y con un tono recomendado de blanco frío.

2) La potencia de la lámpara, e intensidad a 0° en candelas:

La potencia será de 40W por lámpara.

$$I_{0^\circ \text{ vertical}} = E \times hcc^2$$

$$I_{0^\circ \text{ vertical}} = 500 (2)^2 = 2,000 \text{ candelas}$$

3) Ver la información fotométrica en tablas:

Se considera la luminaria Holophane no. 6000-440 por tener una intensidad en cero grados de 3,013 candelas, con cuatro lámparas fluorescentes T-12 blanco frío de 40 watts cada una.

4) Determinar el C.U.

Por cavidad zonal:

De la gráfica que se anexa tenemos que:

$$RCR = \frac{5 \times Hcc \text{ (largo + ancho)}}{\text{Area}} = \frac{5(2)(8.25+7.6)}{8.25 \times 7.6} = 158.5/62.7 = 2.527$$

$$\underline{RCR \cong 2.527}$$

De tablas tenemos:

<u>RCR</u>	<u>CU</u>
2	0.52
2.53	X
3	0.45

E interpolando el valor:

$$X = C.U. = (0.527/1)(0.45-0.52) + 0.52$$

$$\underline{C.U. = 0.48311}$$

5) Determinar el factor de mantenimiento.

LLF = Light loose Factor = Factor de Mantenimiento (FM)

$$LLF = LLD \times LDD$$

Donde la depreciación de lumenes de la lámpara LLD (del inglés Lamp Lumen Depreciation) que es la pérdida de la emisión luminosa (lumenes), emitidos por la lámpara debido al uso normal de operación, este factor lo proporciona el fabricante.

La depreciación por suciedad en la luminaria LDD (del inglés Luminaire Dirt Depreciation) se calcula de la gráfica que se anexa, vemos que por ser una luminaria de 4 lámparas se tiene una categoría de mantenimiento V y considerando una curva "L" (limpio) de degradación de suciedad de los salones de clase, y considerando 18 meses para el mantenimiento periódico de las luminarias, tenemos:

$$LLD = 0.83; \quad LDD = 0.87 \quad \text{Entonces } LLF = 0.83 \times 0.87 = 0.72$$

6) Determinar el número de luminarias a utilizar:

$$\text{No. de lámparas} = \frac{E \times \text{Area}}{\text{lumenes/luminaria} \times CU \times FM}$$

$$\text{No. de lámparas} = 500 (8.25 \times 7.60) / 3013 (0.48311) (0.72)$$

$$\underline{\text{No. de lámparas} = 29.9 \cong 30 \text{ lámparas}}$$

usando la luminaria con cuatro lámparas:

$$30 / 4 = 7.5 \cong 8 \text{ luminarias}$$

7) Calcular el espaciamento teórico de las luminarias:

$$St = \sqrt{(8.25 \times 7.60) / 8} = 2.8 \text{ m}$$

8) Determinar el número de columnas:

$$\text{No. de columnas} = \text{ancho} / St = 8.25 / 2.8 = 2.94 \quad \underline{\text{No. de columnas}} \cong 3$$

9) Determinar el número de renglones:

$$3 \times 3 = 9, \quad \underline{\text{No de renglones}} = 3$$

10) Hacer la distribución de las luminarias:

Espacio entre columnas:

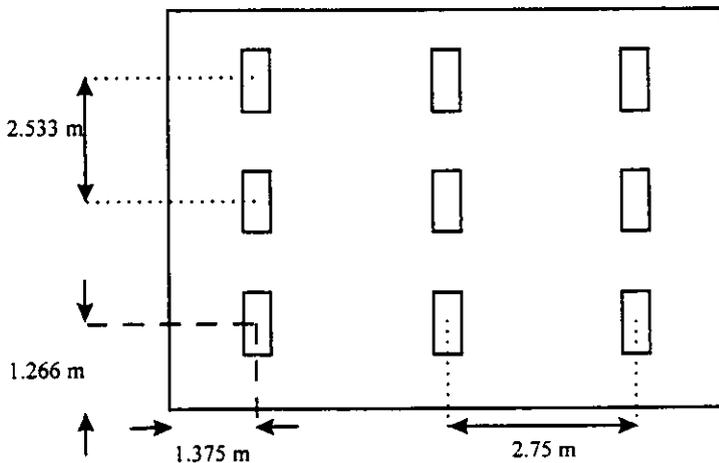
$$3 X = 8.25 \text{ m}; \Rightarrow X = 8.25 / 3 = 2.75 \text{ m.}$$

$$\text{Primera luminaria en columna: } X = 2.75 / 2 = 1.375 \text{ m.}$$

Y para renglones:

$$3 Y = 7.60 \text{ m}; \Rightarrow Y = 7.60 / 3 = 2.533 \text{ m.}$$

$$\text{Primera luminaria en renglón: } Y = 2.533 / 2 = 1.266 \text{ m.}$$



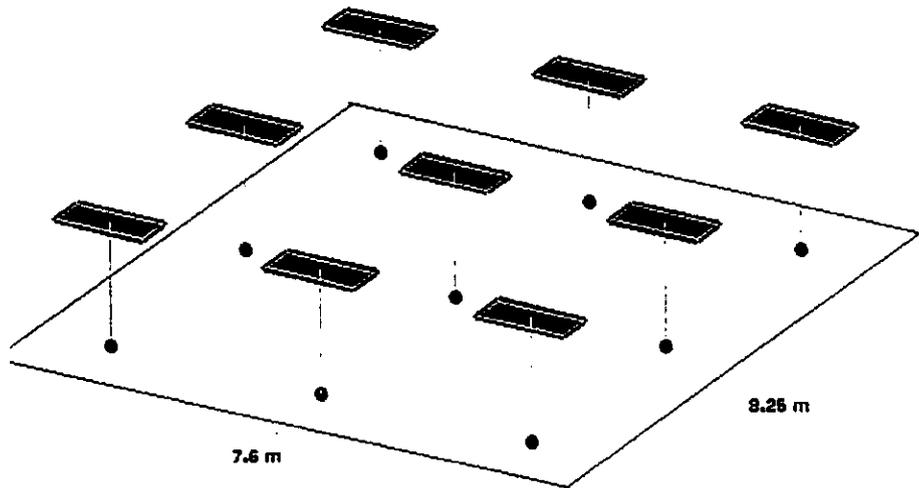


Figura 3.1.- Distribución de las luminarias

11) Verificar el espaciamiento real con el máximo:

$S_{max} = S.C. \times hcc$; donde S.C. nos lo da el fabricante.

$$S_{max} = 1.4 \times 2$$

$$S_{m\acute{a}x} = 2.8 \text{ m}$$

$$S_{real} : 3y = 8.25$$

$$y = 8.25/3 = 2.75$$

$$S_{m\acute{a}x} \geq S_{real}$$

$$2.8 \geq 2.75$$

Con este resultado se concluye que el proyecto entra en el rango, y por lo tanto es valido para su instalaci3n.

Actualmente se cuenta en muchas áreas de la ingeniería con paquetes para computadora que nos facilitan el análisis de problemas y ecuaciones, desde sencillas hasta complejas que si se hicieran a mano nos tardaríamos mucho tiempo en resolver.

La iluminación no es una excepción ya que existen en el mercado diferentes paquetes para el análisis de proyectos de iluminación, con los cuales se puede obtener de una manera sencilla los resultados de un análisis para iluminar un área definida, una oficina, calle, túnel, etc.

CALA® (del inglés Computer Aided Lighting Analysis) es el programa de análisis de iluminación asistido por computadora que pertenece a la compañía HOLOPHANE®, dedicada al control de luz; este programa analiza los datos y presenta resultados estadísticos que entre otras cosas nos calcula que punto del área analizada obtiene la menor iluminación, así como cuál la mayor. el promedio de iluminación sostenida en el área, la uniformidad de iluminación, y también nos muestra algunos de estos resultados en su forma gráficas, como son puntos de igual intensidad de iluminación, así como valores de iluminación dentro del área analizada (isolux y digitales).

A continuación se introducirán los datos obtenidos teóricamente en este programa, y de esta manera podremos obtener algunos datos que son de importancia para nosotros, como las gráficas isolux del salón de clases en cuestión y verificar la uniformidad de la iluminación del proyecto.

Las gráficas isolux son un conjunto de curvas que unen puntos de igual nivel de iluminación (luxes) sobre un plano de trabajo, estas son de gran importancia para el diseñador, pues gracias a ellas el diseñador puede mover las luminarias de su posición original o teórica a otra en donde pueda dar como resultado una mejor uniformidad en el plano de trabajo.

Con los datos obtenidos en la parte teórica, se obtiene la siguiente gráfica isolux, para valores de 400,500, 600, 700 y 800 luxes.

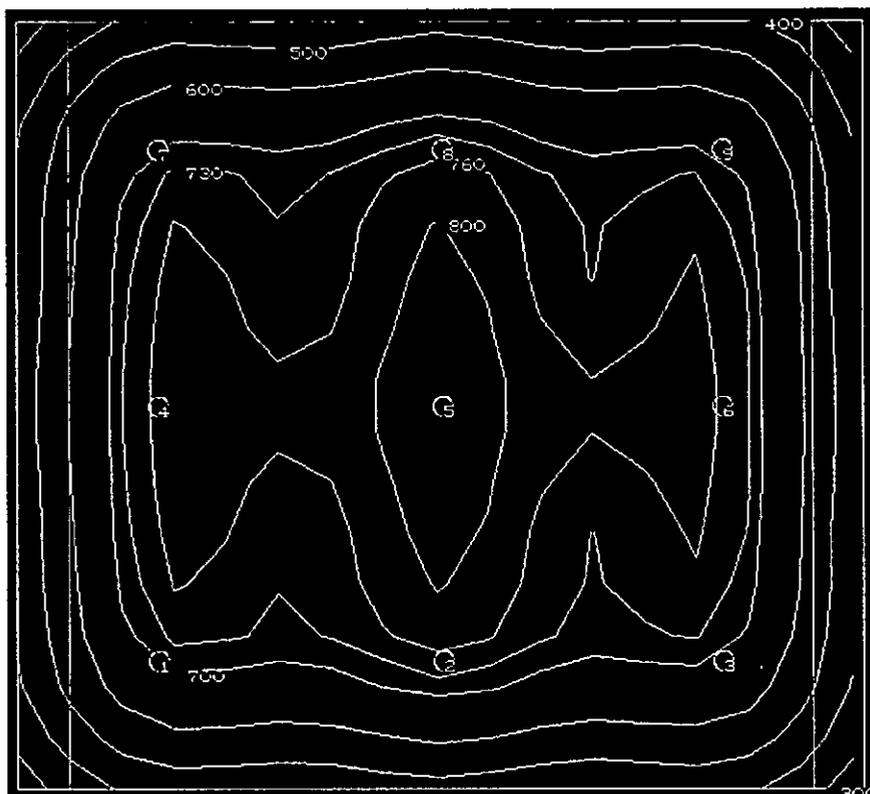


Figura 3.2.- Curvas isolux

En la gráfica observamos que en las orillas del salón de clases se obtienen niveles de iluminación del orden de los 400 luxes, y entre más se vaya acercando el área a analizar al centro del salón, la iluminación será mucho mejor.

La máxima iluminación estará en el centro, llegando a su nivel más alto en los 827 luxes y el más bajo en la esquina superior derecha con 249 luxes.

Y para poder ver mejor los diferentes rangos de iluminación, se presenta una gráfica digital con los datos obtenidos en el análisis:

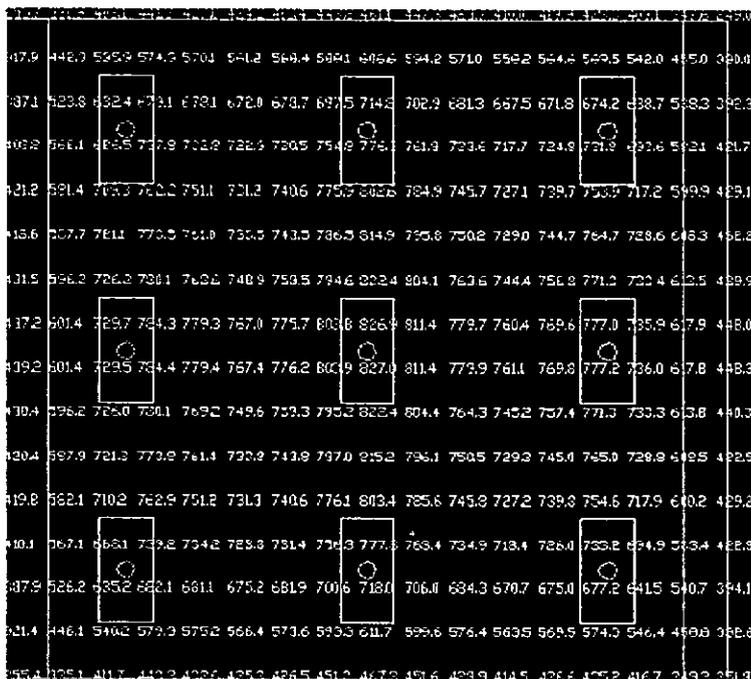


Figura 3.3.- Niveles digitales de iluminación.

En la siguiente tabla se muestran los resultados más importantes obtenidos por CALA®:

Puntos	Número	Iluminación Máxima	Iluminación Mínima	Iluminación Promedio	Uniformidad
Area principal	32	448.25	249.04	389.25	87
Sub - área	240	827.03	331.86	663.58	84
Area total	272	827.03	249.04	631.3	80

Tabla 3.1.- Resultados del análisis con CALA®.

Gracias al análisis que efectúa CALA®, se puede mejorar la uniformidad de los niveles de iluminación en el salón de clases, al mover las luminarias de su posición original (calculada teóricamente). Esto es que las luminarias que se encuentran en una zona donde es elevado el nivel de iluminación, se muevan hacia las zonas donde no estén tan concentrados los niveles.

De esta manera, y observando los cambios obtenidos en los niveles de iluminación gráficamente de CALA, se seguirán moviendo las luminarias de su nueva posición a otra diferente hasta obtener una buena uniformidad en todo el salón de clases; siguiendo estos pasos descritos anteriormente se obtuvieron los siguientes resultados:

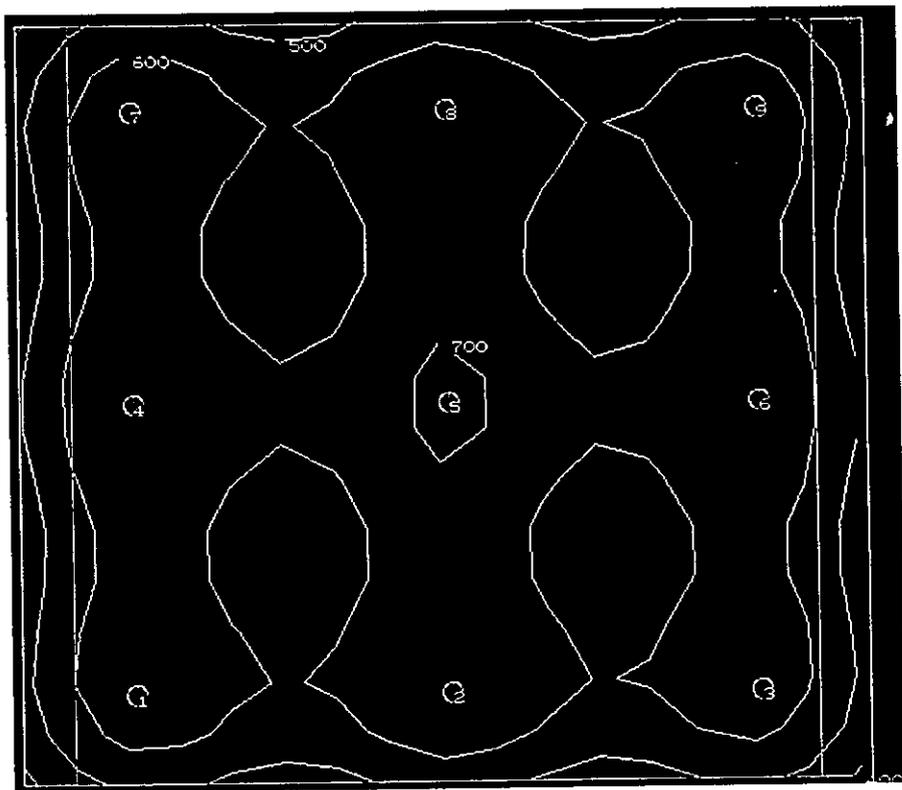


Figura 3.4.- Curvas isolux mejoradas

Y en forma digital tenemos:

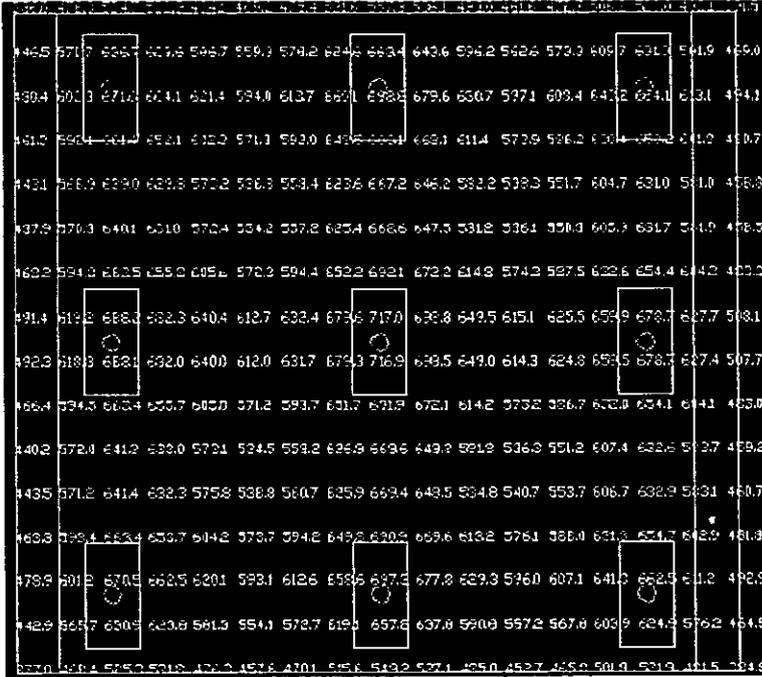


Figura 3.5.- Distribución de las luminarias

Puntos	Número	Iluminación Máxima	Iluminación Mínima	Iluminación Promedio	Uniformidad
Area principal	32	508.05	376.98	459.32	95
Sub - área	240	716.96	452.68	603.89	93
Area total	272	716.96	376.98	586.88	90

Tabla 3.2.- Resultados del análisis con CALA®.

3.2 EVALUACIÓN PRÁCTICA

Para poder medir los niveles de iluminación de un salón de clases, necesitaremos un instrumento llamado “luxómetro”, el cuál esta constituido por una celda que transforma la energía lumínica en corriente eléctrica, la cual puede medirse mediante un galvanómetro cuya escala se calibra en lux.

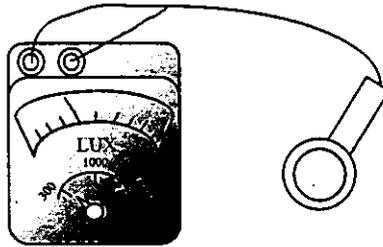


Figura 3.6.- El luxómetro y su fotocelda

La celda fotoeléctrica esta constituida por una capa de material semiconductor, depositada en una capa metálica sobre la cuál se aplica una fina película transparente; cuando la luz incide sobre el semiconductor provoca el desprendimiento de electrones pertenecientes a los átomos del material, originando una corriente eléctrica.

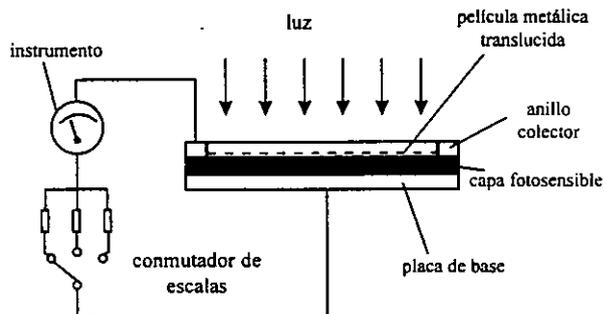


Figura 3.7.- Partes de un luxómetro

El empleo de un conmutador de escalas permite iniciar las medidas en una escala alta evitando que el cuadro móvil del instrumento se vea sometido a violentos esfuerzos en el fondo de la escala.

Procedimiento a seguir para efectuar las mediciones:

Antes de iniciar las lecturas, se tienen que tomar las siguientes precauciones para tomar las lecturas lo más exacto posible.

- 1.- Comprobar que no exista polvo o suciedad depositados en la fotocelda.
- 2.- Comprobar la puesta a cero del instrumento cubriendo la celda por completo con la mano o desconectándola por completo
- 3., Efectuar las mediciones a la altura del plano de trabajo. Teniendo cuidado de que ningún tipo de sombra producida por el cuerpo del operador debe proyectarse sobre la fotocelda, por que afectaría la medición; el operador no debería llevar puesta ropa blanca y evitar llevar encima objetos que puedan dar lugar a reflejos (relojes, plumas, etc.).
- 4.- Antes de comenzar las mediciones hay que asegurarse de que el conmutador de escalas del instrumento se halle situado en la del valor máximo, para evitar esfuerzos violentos como se menciona, desplazando el conmutador hasta la escala adecuada.
- 5.- Mantener inmóvil el instrumento y colocando la fotocelda en posición horizontal, evitando errores por mala orientación de la fotocelda.

Entonces procedemos a tomar las lecturas de un salón de clases, cuyos valores medidos se presentan a continuación:

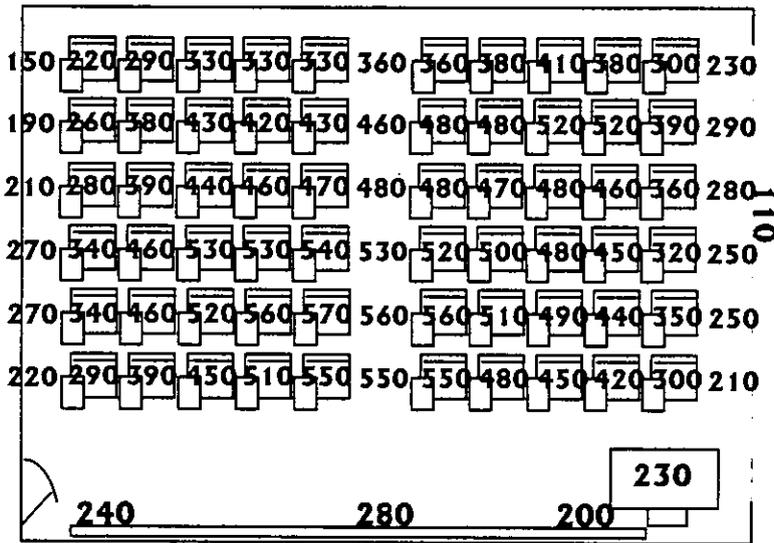


Figura 3.8.- Niveles de iluminación en un salón

De esta figura podemos ver que los niveles de iluminación varían de un rango menor de 110 luxes, a un rango mayor de 570 luxes, y sacando una media de iluminación tenemos:

$$E_m = \frac{E_1 + E_2 + E_3 + \dots + E_n}{n}$$

$$E_m = \frac{32520}{83} = 391.8 \text{ Lux}$$

Puntos	Número	Iluminación Máxima	Iluminación Mínima	Iluminación Promedio	Uniformidad
Area principal	13	290	110	225.38	82.09
Sub - área	70	570	200	424.28	81.90
Area total	83	570	110	391.8	81.86

Tabla 3.3.- Resultados del análisis práctico

3.3 COMPARATIVO DE EVALUACIONES

De las dos evaluaciones teórica y práctica, podemos ver grandes diferencias en las tablas de resultados rangos de iluminación, si hablamos del caso práctico tenemos que el nivel promedio de iluminación es bueno, pero la uniformidad no es muy buena en todo el salón de clases, ya que en algunas zonas los niveles son muy bajos (a las orillas) y en otras es muy alto; y lo que se busca es que en toda el área sea uniforme el nivel de iluminación.

Un nivel de 200 lux es suficiente para poder leer y escribir en los salones, pero no es lo recomendado, ya que forzamos la vista un poco, también vemos que el nivel de iluminación recomendado de 500 lux, esta alejado de algunos niveles medidos en el salón, que se encontraron en lo general por la periferia del salón, ya que son estos puntos los más alejados a las luminarias.

La distribución actual de las luminarias, cambia en cuanto a la evaluación teórica por algunos decímetros, ya que las distancias que tienen actualmente son las siguientes:

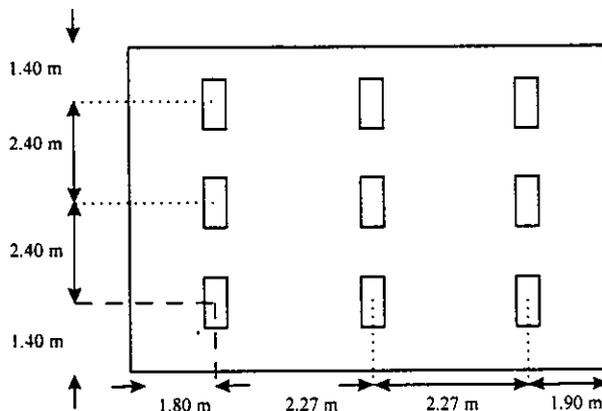


Figura 3.9.- Distribución de las luminarias actualmente

Las luminarias que se encuentran instaladas son muy parecidas a las que se emplearon en el cálculo teórico, pues tienen cuatro lámparas por luminaria y cada lámpara es de 40 watts, lo que cambia es el modelo de la luminaria, por ser un fabricante diferente tiene su propio diseño de reflectores y difusores.

Es necesario mencionar que el salón que se uso como prototipo para la medición de los valores de iluminación, fue uno que tenía todas sus lamparas en funcionamiento, pero a dos de ellas les faltaba el difusor; las luminarias estaban más limpias que otras de otros salones, pero no del todo limpias. El salón prototipo fue el A-907 del edificio de I.M.E.

Por necesidades de la escuela, se han modificado algunos salones y se han reducido su tamaño, otras espacios del edificio de I.M.E. tienen usos diferentes a los de un salón de clase (salones de dibujo, oficinas, baños, etc.), pero para este estudio en particular el área a estudiar es un salón de clases, por lo que el estudio solo se baso en un salón prototipo con las dimensiones detalladas en este capitulo.

CAPITULO 4

CONTROL INTELIGENTE DE LAS LUMINARIAS

**CONTROL INTELIGENTE DE LAS LUMINARIAS
EN LOS SALONES DE CLASE**

Para automatizar un sistema es indispensable la adecuada selección del equipo que se utilice para el control. Dos objetivos deseables son la reducción sustancial de los costos de operación y mantenimiento, y la obtención de un alto índice de confiabilidad en el sistema. Los PLC's modernos brindan un control preciso y confiable, que permite cubrir los estándares actuales de calidad y confiabilidad.

Si hablamos de un sistema de alumbrado, tenemos que considerar dos partes esenciales: las luminarias y el tablero de alumbrado. Las luminarias como hemos visto, se encargan de iluminar una área deseada o definida; el tablero de alumbrado es el equipo eléctrico que distribuye la energía eléctrica a las diferentes áreas de consumo (donde se encuentran las luminarias).

4.1 TABLERO DE ALUMBRADO:

Un tablero de alumbrado recibe este nombre por encontrar su mayor aplicación en el área de la iluminación, sin embargo pueden emplearse en cualquier sistema de distribución liviana de energía eléctrica, se surten sin interruptores derivados, mismos que se instalan en el campo. Esto permite modificar los sistemas en cualquier momento con inversión moderada y ahorro de tiempo.

Los interruptores derivados, son interruptores termomagnéticos que protegen contra sobre carga o sobre corriente al circuito asociado al mismo, este circuito puede ser un salón de clases, una sección de pasillos, y en general cualquier sección o grupo de luminarias que se deseen controlar por medio de un interruptor.

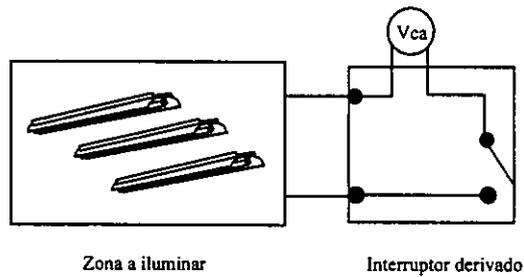


Figura 4.1.- Circuito básico

Los interruptores que actualmente se tienen instalados en el edificio de IME, son comunes y se accionan manualmente; cuando oscurece y llega la hora de encender las luminarias, un encargado tiene que ir a donde se encuentra el tablero de alumbrado y abrirlo con la llave de seguridad para proceder a prender los interruptores; este mismo procedimiento se debe repetir a la hora de apagar los interruptores.



Figura 4.2.- Interruptor derivado común.

Con el uso del PLC, se automatizaría el sistema de encendido y apagado de las luminarias sin la necesidad de que un encargado fuera al tablero de alumbrado y activará o desactivará los interruptores a una hora específica, con el programa que se tendría en el PLC, las luminarias se prenderían y apagarían automáticamente a la hora deseada por el programador.

Para lograr esta automatización necesitamos cambiar equipo eléctrico, en especial los interruptores derivados. Existen hoy en día interruptores derivados que internamente contienen un pequeño motor de CD, el cual se encarga de activar o desactivar internamente el interruptor derivado, haciendo que este encienda o que se apague, todo esto remotamente o automáticamente.

Con el uso de estos interruptores y el PLC podemos programar la hora a la que se desee encender y apagar los salones de clase, ya sea por zonas o uno por uno. Por zonas podemos designar varios salones para que pertenezcan a una zona , por ejemplo zona 1, zona 2, etc.

Cuando hablamos de uno por uno, podemos encender los salones independientemente, logrando una gran flexibilidad del sistema automatizado. A parte de cambiar los interruptores derivados por los interruptores con motor integrado, debemos utilizar otros elementos extra para el control. Los elementos a utilizar para el sistema inteligente, aparte del PLC son los siguientes:

Interruptores inteligentes (motor incluido)

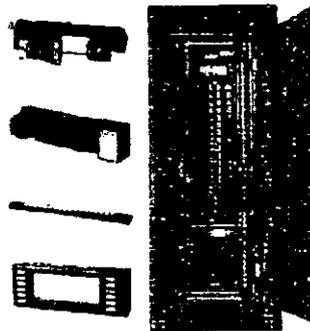
Interfaz de voltaje

Bus de control

Módulo de control

Tablero (gabinete)

Tubo flexible para cableado de control



Los interruptores inteligentes: tienen la capacidad de combinar las capacidades del switcheo automático y la protección contra sobrecarga y sobre corriente, teniendo las siguientes características:



Figura 4.3.- Interruptor derivado inteligente

Pueden ser montados en tableros de alumbrado de 100A y 225A con cajas de 20" de ancho. Un conector en la parte de abajo le permite el contacto con el bus de control para recibir las señales ON/OFF (encendido/apagado). Una ventana de estado del interruptor (bandera) muestra el estado del mismo, ON, OFF o disparado. Un selector de modo, que permite que el interruptor trabaje en forma automática o manual.

Un motor interno de 24 Vcd, proporciona una operación confiable; además que estos interruptores tienen una vida útil de 200,000 operaciones automáticas.

Interfaz de voltaje: Este módulo obtiene su energía directamente de las barras del bus principal del tablero. Su elección depende del voltaje del sistema. La interfaz de voltaje abarca el espacio de seis polos y se monta sobre el interior del tablero.

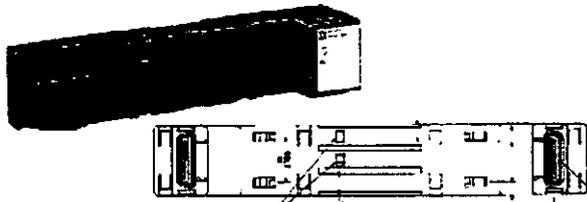


Figura 4.4.- Interfaz de voltaje

Sus características principales son las siguientes: Proporciona la fuente de voltaje para los interruptores, y para la electrónica del sistema, además contiene los conectores para las entradas de las señales de control del PLC.

Contiene una fuente de 24 Vcd para el switcheo de los interruptores, y una segunda fuente de 5V cd para la electrónica del módulo. El módulo opera en forma secuencial, de esta manera evita que todos los interruptores entren en operación a un solo tiempo, para evitar sobre corrientes. Una memoria EEPROM para almacenar las zonas a las que pertenece cada interruptor.

La tarjeta de entrada de este módulo acepta hasta 16 entradas de un PLC, las entradas tienen una fuente interna, la cuál elimina la necesidad de un transformador de control adicional

Bus de control: Este dispositivo se usa para evitar el cableado entre la interfaz de voltaje y los interruptores, evitando errores de cableado y cualquier problemática que pueda suceder con el mismo, el bus tiene las siguientes características:

Proporciona la interconexión entre los interruptores y la interfaz de voltaje sin necesidad de cableado adicional. Específicamente distribuye 24 Vcd a lo largo del tablero de alumbrado, los cuales sirven:

Para switchear individualmente el estado de los interruptores y reporta el estado de los mismos al PLC. La instalación es simplificada ya que los buses de control residen dentro del gabinete del tablero de alumbrado y se monta sin necesidad de tornillos. Una herramienta de alineación para el equipo ahorra tiempo en la instalación.

Contiene dos pares de conectores de 25 pines que proporcionan la facilidad de conectar la interfaz de voltaje en la parte superior o inferior del tablero. Cada conector viene con una cubierta de hule para proteger al conector contra el polvo excesivo. Esta fabricado en pares bidireccionales por lo que evita errores de instalación.

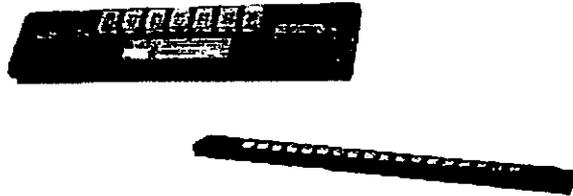


Figura 4.5.- Bus de control

Módulo de control: La inteligencia del PLC se une a la de este módulo para crear el concepto del sistema inteligente, este módulo permite la configuración de la memoria EEPROM de módulo de voltaje, permitiendo el control de zonas o el control punto por punto. Para nuestro sistema de control basado en las entradas de un PLC, se crean con este módulo lo que se conoce como matriz de switcheo, que se refieren al total de las entradas que puede soportar.

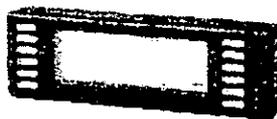


Figura 4.6.- Módulo de control

Simple control matrix

Inputs	Circuito				Zonas			
	1	2	3...41	42	1	2	3...41	42
1	On	Off		On				
2...15								
16					Off	On		
17								
18...43								
64	On							On

(*) Requires optional input expanders

Figura 4.7.- Ejemplo de una matriz de switcheo

El Tablero o gabinete: es el elemento físico donde se va a alojar todo el equipo mencionado, excepto el PLC, y que debe cumplir con las normas de protección según sea la aplicación y el ambiente donde se instalará el tablero.

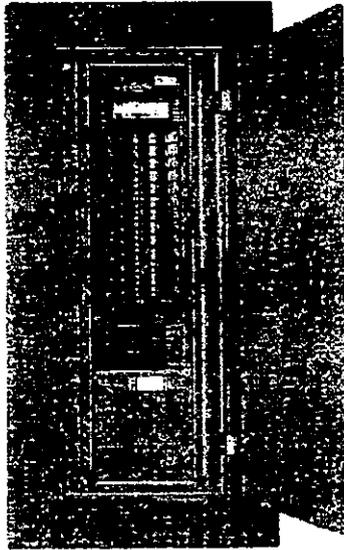


Figura 4.8.- Tablero completo

El tubo flexible: separa el cableado de control externo de bajo voltaje de los conductores de fuerza dentro del tablero de alumbrado.



Figura 4.9.- Conduit para señales de control.

4.2 LAS CONEXIONES:

Después de que se han descrito los elementos a utilizar, procederé a describir la conexión física del PLC, el tablero y las luminarias:

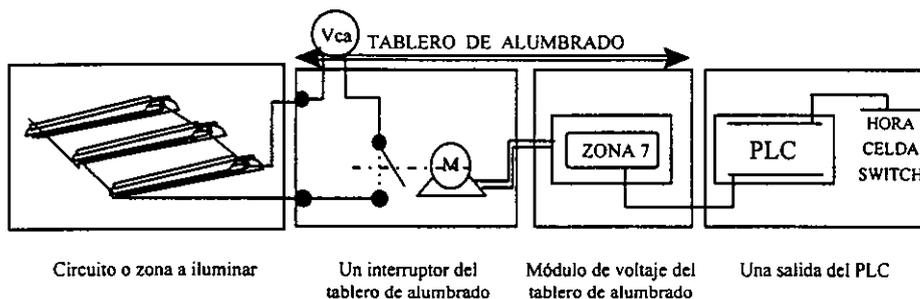


Figura 4.10.- Sistema de control.

El sistema es muy sencillo; el PLC se encarga de mandar señales al módulo de voltaje que se encuentra dentro del tablero de alumbrado, a su vez este módulo se encarga de mandar las señales de 24 VCD a través del bus de control para que prenda o apague los motores internos de los interruptores derivados que tengan asociados a la señal procedente del PLC.

El módulo de control se debe instalar momentáneamente sobre el módulo de voltaje para configurar la matriz de switcheo, esta matriz se refiere al mapeo de entradas para prender o apagar circuitos asignados a una entrada del PLC.

Cualquier circuito o zona puede asociarse a cualquier entrada, una entrada puede controlar todos los circuitos y zonas del sistema de alumbrado; un circuito puede controlarse por diferentes entradas, o muchas otras combinaciones se pueden realizar.

En la matriz de switcheo asignamos de una manera sencilla que zonas y que circuitos se deben encender o apagar, según lo requiera el sistema.

De esta manera, cuando llega una señal de salida generada en el PLC (que se convierte en señal de entrada para el módulo de voltaje), y habiendo asignado con el módulo de control, los circuitos y/o las zonas que activará cada señal del PLC, todos los motores internos de los interruptores derivados asociados se activaran, prendiendo o apagando los circuitos de alumbrado deseados.

ENTRADAS	CIRCUITOS				ZONAS			
	1	2	...	42	1	2	...	42
1	ON			ON				
2		OFF						
3								
4					OFF	ON		
15								
16								

Figura 4.11.- Ejemplo de una matriz de switcheo.

En el ejemplo anterior al activarse la salida uno del PLC se prenderá el circuito 1, y el circuito 42 del tablero de alumbrado, los cuáles pueden asignarse a las luminarias de un salón de clases, o las de una sala de lectura, o cierta área del alumbrado del pasillo, etc.

De la misma manera al recibir la señal dos del PLC se apagará el circuito 2 del tablero, el cuál podría estar asignado a una sala de juntas, o cualquier área a iluminar.

En caso de que llegue la entrada cuatro proveniente del PLC, se apagarán todos los circuitos asignados a la zona 1 y se prenderán todos los circuitos asignados a la zona 2.

Cada zona puede estar asociada a 1 circuito o a varios, por ejemplo la zona 1 puede constituirse con los circuitos 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 10, que bien podrían ser todas las luminarias de un primer piso; de esta misma manera se puede construir la zona 2, y en general cualquier zona deseada.

4.3 AHORRO DE ENERGÍA:

El sistema que se tiene implementado actualmente para el control de las luminarias del edificio de I.M.E. es muy básico y sencillo, se tienen dos tableros de alumbrado, uno que controla todo el edificio A-9, y otro que controla el edificio A-8.

Los tableros son de 42 circuitos o polos, y cada uno tiene la siguiente distribución y características:

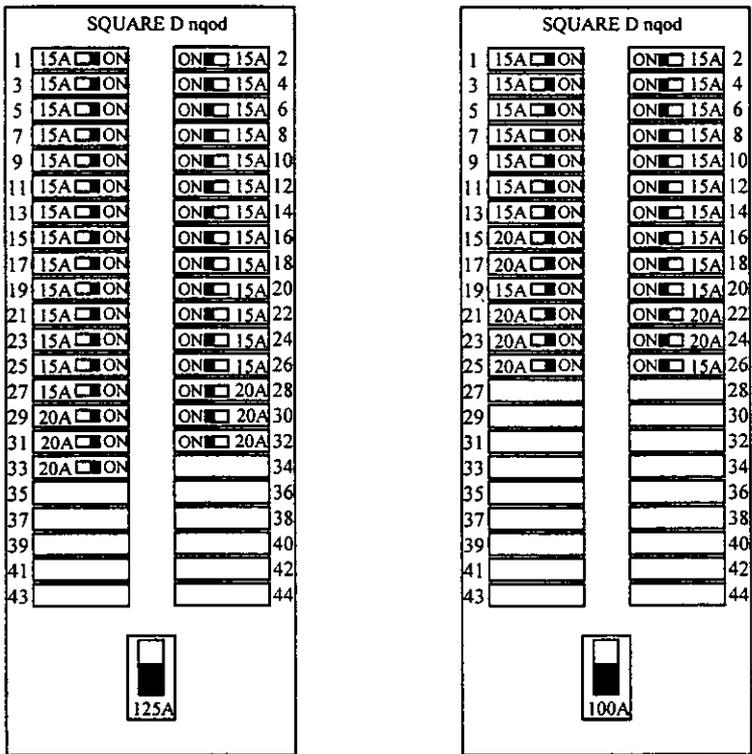


Figura 4.12.- Tableros de alumbrado del edificio de I.M.E.

Como se observa en la figura 37, los interruptores derivados en su gran mayoría son de 15 A y de 20 A. Un interruptor de 15 A puede encargarse de controlar 9 luminarias, o sea, un salón de clases.

Algunos de estos interruptores están asignados a los contactos y a las luminarias de los salones, otros a los pasillos, baños, oficinas, etc. Por tal motivo algunos interruptores derivados deben permanecer encendidos la mayor parte del tiempo y algunos otros como los asignados al alumbrado de los pasillos se deben encender a cierta hora entrada la noche, actualmente los prende un vigilante cuando esta obscureciendo y las debe apagar al terminar las clases pues ya no se ocupa la luz.

Como se puede pensar, el vigilante encargado de encender y apagar las luminarias tiene otras obligaciones, y por tal motivo muchas veces prefiere prender los interruptores antes de que oscurezca para dedicarse a sus demás obligaciones, y muchas veces también deja prendidas las lámparas toda la noche, por diferentes razones.

Este estudio pretende hacer ver los beneficios en el ahorro de energía eléctrica a la Facultad, ya que no se dependerá de una persona para el control de las luminarias, pues este trabajo lo realizaría el PLC automáticamente.

El ahorro que implica tener apagadas las luminarias cuando no se ocupen después de clases, y no dejarlas prendidas toda la noche; o encenderlas exactamente cuando se vayan a ocupar y no antes, se convertiría en un ahorro considerable para esta Facultad. Dicho ahorro puede multiplicarse si se emplea en toda la Facultad y se tendría un considerable ahorro de dinero.

Gracias a la flexibilidad del sistema, se puede programar el sistema de acuerdo a los horarios de clase de la Facultad, se pueden instalar también fotoceldas para detectar bajos niveles de iluminación y activar el alumbrado, y muchas opciones más.

CAPITULO 5
ESTUDIO ECONÓMICO

ESTUDIO ECONÓMICO**5.1 ESTADO ACTUAL:**

Actualmente se tienen instaladas luminarias de una calidad regular, que se podrían seguir ocupando con ciertas mejoras, y arreglos. Los dos tableros de alumbrado que están instalados actualmente en los dos edificios de I.M.E. están en buenas condiciones, tan solo les falta un poco de mantenimiento.

Los interruptores derivados que se tienen instalados en los tableros de alumbrado son comunes, ya que se deben activar manualmente para encender o apagar su circuito asociado, debido a que no tienen el motor interno para su activación automática.

5.2 MEJORA Y COSTO TOTAL DEL PROYECTO:

Después de analizar el estado actual del sistema, y viendo las necesidades actuales del mismo, se podrían ocupar algunos de los equipos instalados actualmente y solo comprar los que se necesiten.

Con la idea de no invertir demasiado en la implementación del sistema de control, podríamos ocupar las luminarias que están instaladas actualmente, y los tableros de alumbrado, así como también algunos interruptores derivados comunes para los circuitos que siempre deban estar prendidos. Con estas consideraciones, tendríamos que comprar únicamente los siguientes equipos para los dos tableros de alumbrado:

Interruptores inteligentes (motor incluido)	Bus de control
Interfaz de voltaje	Módulo de control
Tubo flexible para cableado de control	PLC
Gabinete para el PLC	Cable

El número de interruptores inteligentes que se necesitarían comprar, dependerán de los salones de clases que se necesiten o deseen controlar, así como oficinas, pasillos, etc. Para este estudio consideraremos que se desean controlar en el edificio A-9, siete salones de clase por cada piso, por lo que tendríamos un total de 21 salones de clase a controlar, más los 3 corredores de cada piso.

Entonces necesitaríamos 21 interruptores inteligentes para controlar cada uno de los salones y 3 interruptores más para los corredores, haciendo un total de 24 interruptores inteligentes de 15 A cada uno.

Nota: Es necesario mencionar que esta consideración es meramente demostrativa, pues haciendo la distribución de cargas adecuada, podríamos controlar más de un salón con un solo interruptor de 30 A por ejemplo.

Y en general lo que necesitaríamos comprar sería:

Partida	Cantidad	Descripción	Costo USD	I.V.A.	Sub total	Total
1	24	Interruptores inteligentes de 15 A	75	11.25	86.25	2070
2	1	Interfaz de voltaje	712	107.25	819.25	819.25
3	1	Bus de control (par)	128	19.2	147.2	147.2
4	1	Módulo de control	572	85.8	657.8	657.8
5	1	Tubo conduit	34.2	5.13	39.33	39.33
6	1	Caja de cable	25	3.75	28.75	28.75
7	1	PLC	400	60	460	460
						4,222.33

Con un costo total del sistema de control de: \$4,222.33 USD

Con el tipo de cambio a \$9.00 pesos por cada dólar, tendremos un total de: \$38,423.2 M.N.

5.3 RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN:

La inversión de treinta y ocho mil cuatrocientos veintitrés pesos 20/100 M.N. se recuperaría en un lapso no muy largo, ya que implantado el sistema el ahorro en la energía eléctrica es considerable; como se demuestra a continuación:

Cada salón de clases cuenta con 9 luminarias, y cada luminaria contiene 4 lámparas de 40 watts, entonces tenemos que por cada salón de clases se gastan en promedio 1440 watts por hora; y si consideramos tan solo 21 salones de clases para este estudio, tenemos que este edificio en I.M.E. consume aproximadamente 30240 watts por hora, o lo que es lo mismo 30.24 KWH.

Se puede considerar que las luminarias de pasillos y salones que están sin utilizarse se quedan prendidas toda la noche en promedio 4 horas por cada día, entonces se tiene un consumo innecesario por día de 120.96 KWH. Ahora bien, si se toma en cuenta que las luminarias no se ocupan en su totalidad los fines de semana y en vacaciones, podemos decir que las luminarias se utilizan en promedio un periodo de siete meses y medio (227 días aproximadamente), por lo que se utilizan 27,457.92 KWH en todo el año.

Si aunado a lo anterior, también consideramos que 1 KWH tiene un costo de \$1.24 M.N., entonces tenemos que el costo total por tener las luminarias prendidas los 227 del año, a cuatro horas por día, nos genera un costo de \$34,047.82 M.N.

Con lo expuesto anteriormente se asegura una recuperación de la inversión a más tardar en un año y medio, y después de este periodo la Facultad empezaría a ahorrar esta cantidad en cada año subsecuente, y más cada vez que vaya subiendo el costo por KWH.

CONCLUSIONES

Expuesto este estudio de control y basándome en los resultados y datos obtenidos, puedo concluir lo siguiente:

Las luminarias que se tienen instaladas actualmente en el edificio de I.M.E. se encuentran en buenas condiciones hablando en forma general, ciertamente falta cambiar algunas lámparas, e instalar algunos difusores en muchas de estas luminarias; si se sustituyen las lámparas defectuosas o en mal estado por unas buenas y se colocan los difusores faltantes, se mejoraría en mucho la iluminación general de los salones.

Los niveles de iluminación que actualmente se tienen en los salones son buenos para su propósito, pero serían mucho mejores con el proyecto presentado en este trabajo, ya que se obtendrían mejores niveles de iluminación y uniformidad en todo el salón de clases. O de otra manera, si las luminarias que se encuentran instaladas se mueven de su posición actual a las posiciones obtenidas en el estudio teórico, se lograría también una mejor uniformidad en los niveles de iluminación.

Es recomendable que se lleve un programa de mantenimiento para la limpieza de las luminarias, desde los refractores, las lámparas y sobre todo en los difusores. Con esto se conseguiría no solo un mejor nivel de iluminación, sino también evitar costos en posibles refacciones de las luminarias por haber llevado un mal programa de mantenimiento preventivo.

Es importante mencionar que el control de las luminarias propuesto en el presente trabajo, estaría reforzado con una buena educación referente al ahorro de energía, ya que si todos los alumnos y profesores apagarán las luces de los salones de clase después de acabar sus actividades, el ahorro de energía sería una realidad en toda la Universidad, por lo que sería recomendable una concientización para el uso racional de la energía eléctrica, desde los profesores, hasta el alumnado.

BIBLIOGRAFÍA

1.- FUNDAMENTALS OF PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLERS,
SENSORS, & COMMUNICATIONS

JON STENERSON
PRENTICE HALL

2.- PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLERS

COLLIN D. SIMPSON
PRENTICE HALL

3.- MARKS

MANUAL DEL INGENIERO MECANICO
TOMO 2

EUGENE A. AVALLONE
THEODORE BAUMEISTER III
MC GRAW HILL

4.- ILUMINACION INTERNA

VITTORIO RE
MARCOMBO

5.- INGENIERIA APLICADA AL CONTROL DE LUZ

CATALOGO CONDENSADO 1997
HOLOPHANE

6.- CONCEPTOS DE ILUMINACION ARTIFICIAL

MANUAL
OSRAM

7.- ILUMINACION E INSTALACIONES ELECTRICAS

SEMINARIO DE TITULACION I.M.E.
APUNTES

8.- POWERLINK AS

TABLEROS DE ALUMBRADO INTELIGENTES
CATALOGO 1998

GRUPO SCHNEIDER

9.- JORNADAS TECNICAS 1998

APUNTES DE POWERLINK
GRUPO SCHNEIDER

10.- MODICON CATALOG & SPECIFIER'S GUIDE
CATALOGO 1995
AEG SCHNEIDER AUTOMATION

11.- 6200 SERIES PLC-5
PROGRAMMING SOFTWARE R5.2
CATALOGO 1996
ROCKWELL SOFTWARE

12.- SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN S7-200
MANUAL DEL SISTEMA SIMATIC
CATÁLOGO 1997
SIEMENS