



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO PARA CONTROLAR LA ILUMINACIÓN Y PROYECCIÓN, APLICABLE A ENTORNOS ACADEMICOS DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL (CASO SALÓN ROSADO)”

**TENESACA PACHECO, ÁNGEL LEONIDAS;
WAYLLAS PAZMIÑO, JHONATAN ALEJANDRO**

TRABAJO DE TITULACIÓN **TIPO: PROYECTO TÉCNICO**

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO INDUSTRIAL

**Riobamba–Ecuador
2018**

ESPOCH

Facultad de Mecánica

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN DEL TRABAJO
DE TITULACIÓN**

2018-08-17

Yo recomiendo que el trabajo de titulación preparado por:

**TENESACA PACHECO ÁNGEL LEONIDAS
WAYLLAS PAZMIÑO JHONATAN ALEJANDRO**

Titulado:

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO PARA
CONTROLAR LA ILUMINACIÓN Y PROYECCIÓN, APLICABLE A
ENTORNOS ACADEMICOS DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA
INDUSTRIAL (CASO SALÓN ROSADO)”**

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

INGENIERO INDUSTRIAL

Ing. Carlos José Santillán Mariño
DECANO FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Jhonny Marcelo Orozco Ramos
DIRECTOR TRABAJO DE TITULACIÓN

Ing. Carlos José Santillán Mariño
**MIEMBRO DE TRABAJO DE
TITULACIÓN**

ESPOCH

Facultad de Mecánica

EXAMINACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: TENESACA PACHECO ÁNGEL LEONIDAS

TÍTULO DEL TRABAJO DE TITULACIÓN: “IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO PARA CONTROLAR LA ILUMINACIÓN Y PROYECCIÓN, APLICABLE A ENTORNOS ACEDMICOS DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL (CASO SALÓN ROSADO)”

Fecha de Examinación: 2018-08-17

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Ángel Rigoberto Guamán Mendoza PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Jhonny Marcelo Orozco Ramos DIRECTOR			
Ing. Carlos José Santillán Mariño MIEMBRO			

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

RECOMENDACIONES: _____

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

Ing. Ángel Rigoberto Guamán Mendoza
PRESIDENTE TRIB. DEFENSA

ESPOCH

Facultad de Mecánica

EXAMINACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: WAYLLAS PAZMIÑO JHONATAN ALEJANDRO

TÍTULO DEL TRABAJO DE TITULACIÓN: “IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO PARA CONTROLAR LA ILUMINACIÓN Y PROYECCIÓN, APLICABLE A ENTORNOS ACEDMICOS DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL (CASO SALÓN ROSADO)”

Fecha de Examinación: 2018-08-17

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Ángel Rigoberto Guamán Mendoza PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Jhonny Marcelo Orozco Ramos DIRECTOR			
Ing. Carlos José Santillán Mariño MIEMBRO			

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

RECOMENDACIONES: _____

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

Ing. Ángel Rigoberto Guamán Mendoza
PRESIDENTE TRIB. DEFENSA

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Nosotros, TENESACA PACHECO ÁNGEL LEONIDAS y WAYLLAS PAZMIÑO JHONATAN ALEJANDRO, egresados de la Carrera de INGENIERÍA INDUSTRIAL de la Facultad de Mecánica de la ESPOCH, autores del proyecto de titulación denominado **“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO PARA CONTROLAR LA ILUMINACIÓN Y PROYECCIÓN, APLICABLE A ENTORNOS ACADÉMICOS DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL (CASO SALÓN ROSADO)”**, nos responsabilizamos en su totalidad del contenido en su parte intelectual y técnica, y nos sometemos a cualquier disposición legal en caso de no cumplir con este precepto.

Tenesaca Pacheco Ángel Leonidas
Cédula de Identidad: 030214244-3

Wayllas Pazmiño Jhonatan Alejandro
Cédula de Identidad: 060481531-6

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Nosotros, TENESACA PACHECO ÁNGEL LEONIDAS y WAYLLAS PAZMIÑO JHONATAN ALEJANDRO, declaramos que el presente trabajo de titulación es de nuestra autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autores, asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

Tenesaca Pacheco Ángel Leonidas
Cédula de Identidad: 030214244-3

Wayllas Pazmiño Jhonatan Alejandro
Cédula de Identidad: 060481531-6

DEDICATORIA

Este trabajo de titulación dedico a mis padres quienes me han apoyado para poder llegar a esta instancia de mis estudios, ellos siempre han estado presentes para apoyarme moral y psicológicamente.

También la dedico a mi Esposa y a mis Hijos quienes han sido mi mayor motivación para nunca rendirme en los estudios y poder llegar a ser un ejemplo para ellos.

Tenesaca Pacheco Ángel Leonidas

Este trabajo lo dedico con humildad a mis padres, maestros y para los estudiantes de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo porque para ellos asido implementado este sistema de iluminación para facilitar sus estudios y mayor confort.

Wayllas Pazmiño Jhonatan Alejandro

AGRADECIMIENTO

El agradecimiento de mi trabajo de titulación es principalmente a Dios quien me ha guiado y me ha dado la fortaleza de seguir adelante.

También agradezco a mis Padres por su apoyo, consejos, comprensión, amor, ayuda en los momentos difíciles y por ayudarme con los recursos necesarios para estudiar. Me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi carácter, mi empeño, mi perseverancia, mi coraje para conseguir mis objetivos.

Y por último agradezco a mis docentes quienes me han inculcado y enseñado a lo largo de esta trayectoria.

Tenesaca Pacheco Ángel Leonidas

A Dios y a la Virgen, por haberme guiado por un buen camino y me ha dado fuerza para seguir adelante en los momentos de adversidad y así llegar a la culminación de mis estudios universitarios.

A mis padres y hermanos que siempre estuvieron apoyándome a lo largo de mis estudios.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo Fuente inagotable de Ciencia y Conocimiento. A la Escuela de Ingeniería Industrial y a cada uno de mis profesores que han contribuido con los conocimientos adquiridos

Wayllas Pazmiño Jhonatan Alejandro

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo de titulación es implementar un sistema automático para controlar la iluminación y la proyección, aplicable a entornos académicos de la escuela de ingeniería industrial en el salón rosado. Para cumplir tal objetivo, se aplica la siguiente metodología. Primero, se diseña el sistema que se encarga de proporcionar la iluminación adecuada en el salón rosado en base a los niveles máximos y mínimos definidos por la "Comisión de Normalización Europea de la norma UNE 12462-1". Segundo, se calculan las luminarias necesarias aplicando el método de lúmenes empleando como herramientas principales: software DIALux y procedimiento analítico. Luego de esto se seleccionan cortinas, sensores y el programador lógico controlable (PLC) teniendo en cuenta las tablas de ponderaciones dispuestas en la normativa anteriormente mencionada. Una vez que se ha hecho la selección se continúa con la construcción del sistema automático y la programación en el arduino, para finalmente realizar pruebas de funcionamiento considerando las diferentes condiciones de utilización del salón rosado. Para analizar los resultados se procede a una evaluación con respecto a la determinación del nivel de iluminación (en la mañana, tarde y noche) por medio de la Norma Oficial Mexicana NOM-025-stps-2008; y el consumo energético que el salón rosado genera antes y después de la implementación del sistema automático. Adicional a ellos se calculan los costos que representa dicha implementación. En conclusión al finalizar el presente trabajo se obtiene como resultado el grado de luminosidad del salón en un promedio de 500 lux, para lo cual solo se necesitan 12 lámparas. Además el consumo energético se disminuye en un 50%, lo cual genera menores costos. Se recomienda revisar periódicamente las regulaciones de los sensores para evitar fallos en el funcionamiento, además sugerimos la implementación de sistemas automáticos de iluminación en los demás entornos académicos.

PALABRAS CLAVE: <INGENIERIA Y CIENCIAS DE LA TECNOLOGIA >, <SISTEMA AUTOMATICO DE ILUMIACION >, <SALON ROSADO >, <DIALux>, <PROGRAMADOR LOGICO CONTROLABLE (PLC)>, <NIVELES DE ILUMINACION >, <CONSUMO ENERGETICO >, <COSTOS >.

SUMMARY

The objective of the present titration work is to implement an automatic system to control lighting and projection, applicable to academic environments of the industrial engineering school in the pink room. To fulfill this objective, the following methodology is applied. First, it is designed the system that is responsible for providing adequate lighting in the pink room based on the maximum and minimum levels defined by the "European Standardization Commission of the UNE 12462-1 standard." Second, the necessary luminaires are calculated applying the method of lumens using as main tools: DIALux software and analytical procedure. After this, curtains, sensors and the controllable logic programmer (PLC) are selected, taking into account the tables of weightings provided in the aforementioned regulations. Once the selection has been made, the construction of the automatic system and the programming in the arduino continue, to finely perform performance tests considering the different conditions of use of the pink room. To analyze the results, an evaluation is made with respect to to the determination of the level of illumination (in the morning, afternoon and evening) by means of the Official Mexican Standard NOM-025-stps-2008; and the energy consumption that the pink room generates before and after the implementation of the automatic system. In addition to them, the costs represented by said implementation are calculated. In conclusion at the end of this work, the degree of brightness of the room is obtained as a result. average of 500 lux, for which only 12 lamps are needed. In addition, the energy consumption is reduced by 50%, which generates lower costs. It is recommended to periodically review the regulations of the sensors to avoid malfunctions, also suggest the implementation of automatic lighting systems in other academic environments.

KEY WORDS: <ENGINEERING AND TECHNOLOGY SCIENCE>, <AUTOMATIC ILLUMINATION SYSTEM>, <SALON ROSADO>, <DIALux>, <LOGIC CONTROLLED PROGRAMMER (PLC)>, <LIGHTING LEVELS>, <ENERGETIC CONSUMPTION>, <COSTOS >

INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia la luz ha sido parte esencial para el desarrollo de las personas, siendo el fuego uno de los primeros medios con el que los hombres podían realizar distintas actividades como la cocción de alimentos, para abrigarse y el alumbrado por las noches ya que en el día se aprovechaba la luz solar.

Con el paso del tiempo el hombre fue evolucionando y su ingenio y creatividad lo llevo a realizar mejoras como lámparas de aceite, la iluminación a gas y la iluminación eléctrica siendo esta la más utilizada y la que nos da mayor grado de luminosidad y menor contaminación, puesto que gracias a ella podemos realizar las distintas diligencias a lo largo del día e incluso en la noche.

Gracias a los avances tecnológicos en el campo de la domótica la cual trata de la automatización de instalaciones para un funcionamiento automático de luminaria puertas eléctricas comunicación inalámbrica con cámaras etc. dentro de hogares, oficinas y centros educativos, permitiendo que estas instalaciones tengan un funcionamiento automático lo cual nos proporciona mayor eficiencia de consumo de energía y ahorro energético.

La mayoría de centros educativos no cuentan con la iluminación adecuada dentro de sus instalaciones sea por desconocimiento de tipo de luminarias que debe utilizar o porque no cuentan con un sistema inteligente de iluminación, el cual no es capaz de proporcionar la iluminación adecuada dificultando que los estudiantes y profesores realicen una tarea, aparte el grado de fatiga y cansancio es mayor y genera molestias a las personas que se encuentran en las instalaciones.

La falta de luz en un puesto de trabajo puede generar graves problemas de salud desde disminución de la vista por el esfuerzo que realiza, problemas oculares, cefalalgias, efectos anímicos, fatiga, hasta pérdida de vista si es expuesto a largos periodos de tiempo.

CONTENIDO

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Planteamiento del problema	2
1.3 Justificación.....	2
<i>1.3.1 Justificación teórica.....</i>	<i>2</i>
<i>1.3.2 Justificación metodológica.</i>	<i>3</i>
<i>1.3.3 Justificación práctica.....</i>	<i>3</i>
1.4 Objetivos	3
<i>1.4.1 Objetivo general.</i>	<i>3</i>
<i>1.4.2 Objetivos específicos:</i>	<i>3</i>
2. MARCO TEÓRICO.....	5
2.1 Marco conceptual.....	5
<i>2.1.1 Flujo luminoso.....</i>	<i>5</i>
<i>2.1.2 Intensidad luminosa.....</i>	<i>5</i>
<i>2.1.3 Iluminación o iluminancia.....</i>	<i>5</i>
<i>2.1.4 Rendimiento luminoso.....</i>	<i>5</i>
<i>2.1.5 Reflectancia.....</i>	<i>5</i>
<i>2.1.6 Visibilidad.....</i>	<i>6</i>
2.2 Marco teórico	6
<i>2.2.1 Factores que influyen en los efectos de la exposición.....</i>	<i>7</i>
<i>2.2.2 Efectos de la mala iluminación en la salud de las personas.....</i>	<i>8</i>
<i>2.2.3 Tipos de cortinas eléctricas.....</i>	<i>8</i>
<i>2.2.4 Selección de motores para cortinas eléctricas.....</i>	<i>9</i>
<i>2.2.5 Tipos de luminaria.....</i>	<i>10</i>
<i>2.2.6 Domótica.....</i>	<i>13</i>

2.2.7	<i>Los sensores.....</i>	20
2.2.8	<i>Tipos de sensores de luminosidad.</i>	21
2.2.9	<i>Selección de sensores.....</i>	25
2.2.10	<i>Ergonomía del puesto de trabajo.....</i>	25
2.2.11	<i>Proyector o Infocus.....</i>	28
3.	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN AUTOMÁTICO.....	30
3.1	Introducción.	30
3.2	Parámetros de diseño.....	30
3.2.1	<i>Diseño del sistema.</i>	31
3.3	Tipo de luminaria utilizada en el salón rosado	32
3.3.1	<i>Calculo de luminarias necesarias por el método de lúmenes.</i>	33
3.4	Selección de cortinas	44
3.4.1	<i>Selección de Motor eléctrico para cortinas.....</i>	46
3.5	Selección de programador lógico controlable	49
3.6	Selección de sensores	50
3.7	Construcción del sistema.....	53
3.8	Instalación del software y carga del programa	58
3.8.1	<i>Programación en el Arduino..</i>	61
3.9	Pruebas y funcionamiento.....	69
3.9.1	<i>El uso de Proyector.....</i>	69
3.9.2	<i>La luz exterior.....</i>	70
3.10	Análisis de resultados	70
3.10.1	<i>Calculo de consumo energético que generaba el aula rosada.</i>	71
4.	COSTOS.....	82
4.1	Costos directos.....	82
4.2	Costos indirectos	82
4.3	Costos totales	82

5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	83
5.1	Conclusiones	83
5.2	Recomendaciones	83

BIBLIOGRAFIA

ANEXOS

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1-2. Efectos de una mala iluminación.....	8
Tabla 2-2. Selección de cortinas	9
Tabla 3-2. Selección de motores según el material.....	10
Tabla 4-2. Tipos de Lámparas	11
Tabla 5-2. Selección de Luminarias.....	12
Tabla 6-2. Especificación Técnica del Logo Siemens	17
Tabla 7-2. Especificación técnica del PLC	18
Tabla 8-2. Programadores Arduino mega.....	19
Tabla 9-2. Programador Arduino	19
Tabla 10-2. Tipos de Sensor	20
Tabla 11-2. Selección de sensores	25
Tabla 1-3. Luminaria Fluorescente	33
Tabla 2-3. TCS 314 1/36 MS	35
Tabla 3-3. Porcentaje de Reflexión.....	35
Tabla 4-3. Índice de Color	36
Tabla 5-3. Tabla de resultados	40
Tabla 6-3. Plano útil.....	40
Tabla 7-3. Lista de piezas - luminarias	41
Tabla 8-3. Analisis de resultados	43
Tabla 9-3. Plano útil.....	43
Tabla 10-3. Lista de piezas- Luminarias	43
Tabla 11-3. Puntuación	44
Tabla 12-3. Ponderación de Cortinas.....	44
Tabla 13-3. Coeficiente según el material	46
Tabla 14-3. Puntuación	49
Tabla 15-3. Ponderaciones	49
Tabla 16-3. Selección de sensores	51
Tabla 17-3. Nivel de Iluminación	52
Tabla 18-3. Iluminación.....	58
Tabla 19-3. Tabla de Consumo Energético.....	71

Tabla 20-3. Consumo energetico actual.....	74
Tabla 21-3. Medidas en la mañana	78
Tabla 22-3. Mediciones en la tarde.....	79
Tabla 23-3. Mediciones	79
Tabla 24-3. Tipo de luminarias	81
Tabla 1-4. Costos directos.....	82
Tabla 2-4. Costos indirectos	82
Tabla 3-4. Costos totales.....	82

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1-2. Motores	9
Figura 2-2. Domótica.....	13
Figura 3-2. Domótica para el hogar	13
Figura 4-2. Aplicación de la domótica	14
Figura 5-2. LOGO	16
Figura 6-2. PLC	18
Figura 7-2. Arduino MEGA	19
Figura 8-2. Sensor de Luminosidad.....	22
Figura 9-2. Sensor de Luminosidad.....	23
Figura 10-2. Relación recomendada	26
Figura 11-2. Reflexión luminaria	28
Figura 12-2. Tamaño y Distancia de la Pantalla.....	29
Figura 1-3. Iluminación	31
Figura 2-3. Uso de Proyector.....	31
Figura 3-3. Luz Exterior	32
Figura 4-3. Luminarias	32
Figura 5-3. Calculo de luminarias	33
Figura 6-3. Plano Acotado.....	34
Figura 7-3. Muros	36
Figura 8-3. Cálculo de luminarias	38
Figura 9-3. Especificación de luminaria.....	38
Figura 10-3. Montaje de luminaria	39
Figura 11-3. Plano real	39
Figura 12-3. Luces encendidas	39
Figura 13-3. Iluminación	40
Figura 14-3. Distribucion con ocho luminarias	41
Figura 15-3. Vista en 3D	42
Figura 16-3. Encendido de luces	42
Figura 17-3. Analisis de luminaria con 8 lamparas	42
Figura 18-3. Cortinas	44

Figura 19-3. Cortina.....	45
Figura 20-3. Esfuerzo de torsión	46
Figura 21-3. Motor Eléctrico	48
Figura 22-3. Arduino MEGA	50
Figura 23-3. Photoelectric Control	50
Figura 24-3. EMD.....	51
Figura 25-3. Photoelectric Control	51
Figura 26-3. Calibración de Potenciómetro.....	52
Figura 27-3. Conexión del sistema eléctrico	53
Figura 28-3. Conexión Puente H con el Motor.....	54
Figura 29-3. Puente H.....	55
Figura 30-3. Conexiones del Arduino MEGA.....	55
Figura 31-3. Conexión de Relés y Sensores de Iluminación	56
Figura 32-3. Medición del luxómetro	57
Figura 33-3. Cierre de cortinas y apagado de luces.....	57
Figura 34-3. Medición del Luxómetro.....	57
Figura 35-3. Instalación del Arduino.....	58
Figura 36-3. Chequeo de Componente	59
Figura 37-3. Selección de Disco	59
Figura 38-3. Instalación del Arduino.....	60
Figura 39-3. Arduino Instalado.....	60
Figura 40-3. Carga del Programa para Pruebas de Funcionamiento	61
Figura 41-3. Pruebas de Funcionamiento	69
Figura 42-3. Sensor del Proyector	69
Figura 43-3. Sensor Exterior.....	70
Figura 44-3. Consumo Energético con Subsidios.....	73
Figura 45-3. Toma de Mediciones.....	77
Figura 46-3. Luxómetro.....	77
Figura 47-3. Puntos para toma de datos.....	78

LISTA DE ABREVIACIONES

VSM	Value Stream Map / Mapeo flujo de valor
UNE	Una Norma Española
MOD	Mano de Obra Directa

LISTA DE ANEXOS

- A** Plano general
- B** Plano acotado
- C** Plano del uso del proyector

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

A lo largo de la historia la luz ha sido parte esencial para el desarrollo de las personas, siendo el fuego uno de los primeros medios con el que los hombres podían realizar distintas actividades como la cocción de alimentos, para abrigarse y el alumbrado por las noches ya que en el día se aprovechaba la luz solar.

Con el paso del tiempo el hombre fue evolucionando y su ingenio y creatividad lo llevo a realizar mejoras como lámparas de aceite, la iluminación a gas y la iluminación eléctrica siendo esta la más utilizada y la que nos da mayor grado de luminosidad y menor contaminación, puesto que gracias a ella podemos realizar las distintas diligencias a lo largo del día e incluso en la noche.

Por medio de diversos estudios realizados en las distintas áreas de trabajo podemos darnos cuenta que una correcta iluminación es esencial para la realización de una tarea porque cada puesto de trabajo es diferente y la iluminación que se requiere varía según el grado de necesidad, por lo cual el DECRETO 2393 art.56 la cual nos especifica la iluminación necesaria para un puesto de trabajo y el art. 57 el uso de luz artificial la cual no se debe viciar y debe ofrecer seguridad.

Debido a que la ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL se encuentra habilitada tanto en el día como en la noche es necesario la aplicación de los dos artículos anteriormente expuestos para evitar daños en el personal que se encuentra en las instalaciones.

Gracias a los avances tecnológicos en el campo de la domótica la cual trata de la automatización de instalaciones para un funcionamiento automático de luminaria puertas eléctricas comunicación inalámbrica con cámaras etc. dentro de hogares, oficinas y centros educativos, permitiendo que estas instalaciones tengan un funcionamiento automático lo cual nos proporciona mayor eficiencia de consumo de energía y ahorro energético.

Ya que hoy en día tenemos y forman parte de cada una de las organizaciones, empresas, industrias, etc. es de suma importancia que vayamos a la par con los avances tecnológicos en las distintas áreas de trabajo para una mejor forma de realización de sus tareas y mejora en la institución.

La escuela cuenta con un sistema de luminaria, pero este no es eficiente ya que es común y no se sabe si el grado de iluminación es el necesario para desempeñar la tarea que nos encontramos realizando y es necesario ir a la par con la tecnología ya que así podemos realizar mejoras que beneficiaran a todas las personas que se encuentren en el lugar.

1.2 Planteamiento del problema

La mayoría de centros educativos no cuentan con la iluminación adecuada dentro de sus instalaciones sea por desconocimiento de tipo de luminarias que debe utilizar o porque no cuentan con un sistema inteligente de iluminación, el cual no es capaz de proporcionar la iluminación adecuada dificultando que los estudiantes y profesores realicen una tarea, aparte el grado de fatiga y cansancio es mayor y genera molestias a las personas que se encuentran en las instalaciones.

La falta de luz en un puesto de trabajo puede generar graves problemas de salud desde disminución de la vista por el esfuerzo que realiza, problemas oculares, cefalalgias, efectos anímicos, fatiga, hasta pérdida de vista si es expuesto a largos periodos de tiempo.

1.3 Justificación

1.3.1 Justificación teórica. Mediante la realización de este proyecto podremos cumplir con la normativa vigente para el sistema de iluminación de Centros Educativos (**NTE INEN 2 506:2009; NOM-025-STPS-2008**), Reglamento de Seguridad, Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo; **Decreto Ejecutivo 2393**.

Puesto que es importante que el lugar donde se desempeñan las actividades académicas tenga la luminaria adecuada y la iluminación necesaria para que las personas que se encuentran en las instalaciones puedan realizar sus actividades de forma apropiada y segura.

1.3.2 *Justificación metodológica.* Al aplicar este proyecto será muy beneficioso para la institución porque esta no cuenta con aulas inteligentes y esta podrá mejorar las instalaciones y fomentara el conocimiento de los estudiantes de modo que este proyecto nos permitirá dar a conocer cómo podemos realizar este tipo de sistemas automatizados lo cual nos ayudara a mejorar el conocimiento de los estudiantes.

Para lo cual utilizaremos un método de investigación Inductiva ya que se trata del método científico más usual, en el que pueden distinguirse cuatro pasos esenciales: la observación de los hechos para su registro; la clasificación y el estudio de estos hechos; la derivación inductiva que parte de los hechos y permite llegar a una generalización; y la contrastación.

1.3.3 *Justificación práctica.* Con la realización de un sistema automático de iluminación podremos controlar el grado de luminosidad de esta aula con lo cual es muy valioso por ende podremos reducir costos energéticos puesto que un aula inteligente es muy valiosa en la actualidad porque ella nos permitirá que la luminaria funcione solo cuando esta sea necesaria según el clima exterior y el porcentaje de iluminación que se encuentra en el interior y solo en caso de ser necesario estas luces se encenderán y así podremos obtener disminución de costos energéticos lo cual contribuirá con la institución y será beneficioso para el medio ambiente y las personas que se encuentren en las instalaciones.

1.4 **Objetivos**

1.4.1 *Objetivo general.* Implementar un sistema automático para controlar la iluminación y la proyección, aplicable a entornos académicos de la Escuela de Ingeniería Industrial (Caso Salón Rosado).

1.4.2 *Objetivos específicos:*

- Realizar la programación de un sistema automatizado para el control de la iluminación, el cierre y apertura de cortinas para el uso de audio visual en el Salón Rosado
- Seleccionar e instalar los sensores de control de luminosidad.

- Selección de cortinas eléctricas.
- Evaluación de luminaria según la capacidad luminosa.
- Desarrollar la interfaz y pruebas del sistema automatizado de control de luminosidad.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Marco conceptual

Al hablar de sistemas automáticos de iluminación estaríamos hablando del campo de la domótica puesto que es una técnica que permite realizar una automatización integral de las instalaciones eléctricas de viviendas, oficinas y centros educativos.

Por medio del uso de sistemas automatizados podemos crear edificios inteligentes que realizan un funcionamiento eficiente que nos permiten ahorrar energía dentro de nuestras instalaciones, permiten una evaluación del funcionamiento y un mejor acondicionamiento dentro de nuestros puestos de trabajo.

Para la realización de un sistema automático de iluminación tenemos que tener en cuenta ciertos conceptos que son de mucha importancia para la realización del siguiente proyecto:

2.1.1 *Flujo luminoso.* Es la cantidad de luz emitida por una fuente, se mide en lúmenes

2.1.2 *Intensidad luminosa.* Cantidad de luz emitida por una fuente de luminosa

2.1.3 *Iluminación o iluminancia.* Cantidad de iluminación sobre un área, unidad (lux)

2.1.4 *Rendimiento luminoso.* Cantidad de energía consumida por fuentes luminosas, su unidad es (lm/w).

2.1.5 *Reflectancia.* Es igual a la cantidad de luz reflejada en un área sobre la cantidad de luz emitida.

$$\text{Reflectancia} = \frac{\text{Luminancia}}{\text{Iluminancia}} \quad (1)$$

2.1.6 *Visibilidad.* Porcentaje de iluminación de un lugar. Entre estos tenemos:

- **Angulo Visual.** Angulo generado por nuestra vista y el objeto visualizado. Este se define en arco minutos (1/60 grados),
- **Contraste.** Porcentaje de reflexión de un entorno generada por la diferencia de colores.

2.2 Marco teórico

Desde épocas de la prehistoria la iluminación ha jugado un papel importante en la humanidad ya que gracias a ella las personas han podido desempeñar distintas actividades sin que interfiera la hora a la que se va a realizar.

El sistema de iluminación de las distintas dependencias que componen un centro educativo, deben estar dotadas de medios que proporcionen un entorno visual confortable y suficiente, según las muy variadas tareas y actividades que se desarrollan durante todo el periodo de enseñanza.

Aplicando criterios de calidad adecuados para el diseño, instalación y mantenimiento de todos aquellos elementos que intervienen en la obtención de una buena iluminación (proyectors, computadoras, etc.) obtendremos los resultados de confort visual requeridos.

Mediante el Código Técnico de la Edificación (CTE), marco normativo que establece las exigencias básicas de calidad, seguridad y habitabilidad de los edificios y sus instalaciones. (PILLIPS, 2006)

El auge de la construcción en los últimos años y en décadas anteriores no siempre ha alcanzado unos parámetros de calidad adaptados a las nuevas demandas. (PILLIPS, 2006)

El punto de inflexión que significó la firma del Protocolo de Kyoto en 1999 y los compromisos más exigentes de la Unión Europea con respecto a las emisiones de CO₂, marcan el desarrollo de una serie de normativas que salen ahora a la luz y que cambiarán los parámetros básicos de construcción. (PILLIPS, 2006)

El CTE se aprueba con los objetivos de mejorar la calidad de la edificación y de promover la innovación y la sostenibilidad. Aumentando la calidad básica de la construcción según se recogía en la Ley 38/1999 de Ordenación de la Edificación (LOE). Además, se han incorporado criterios de eficiencia energética para cumplir las exigencias derivadas de la directiva 2002/91/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre, relativa a la eficiencia energética de edificios. (PILLIPS, 2006)

A través de esta normativa se da satisfacción a ciertos requisitos básicos de la edificación relacionados con la seguridad y el bienestar de las personas, que se refieren tanto a la seguridad estructural y de protección contra incendios, como a la salubridad, la protección contra el ruido, el ahorro energético o la accesibilidad a las personas con movilidad reducida. (PILLIPS, 2006)

Esta nueva norma regulará la construcción de todos los edificios nuevos y la rehabilitación de los existentes, tanto los destinados a viviendas como los de uso comercial, docente, sanitario, deportivo, industrial o sociocultural. (PILLIPS, 2006)

- **Importancia de los colores.** Los colores juegan un papel importante en las reflexividades. Los colores también tienen una significación psicológica y emocional. A continuación se presenta una tabla que muestra las reflexividades de los colores o acabados más usados
- **La visión humana.-** El ojo es un órgano fisiológico el cual nos permite captar la diferentes luz y de color, por medio de un nervio óptico que se encarga de enviar señales al cerebro el cual se encarga de procesar y determinar la información.

2.2.1 *Factores que influyen en los efectos de la exposición*

- **Edad:** Con el paso de los años la agudeza visual va descendiendo e incrementando el grado de falla visual.
- **Nivel de Iluminancia:** Para la realización de una tarea es importante contar con la iluminación suficiente para evitar agotamiento en el trabajo o pérdida visual.

- **Susceptibilidad Individual:** Capacidad que posee una persona de reaccionar a un factor de riesgo por sus condiciones y antecedentes personales.
- **Tiempo de Exposición:** es el tiempo al que ha sido expuesta una persona a un área de o condición de trabajo.
- **Tipo de Iluminación:** el tipo de iluminación cal que es expuesto una persona en su área de trabajo ya sea luz natural la que es mucho más saludable y produce menos cansancio visual o luz artificial la que dependerá del área o lugar de trabajo.

2.2.2 *Efectos de la mala iluminación en la salud de las personas.* La mala iluminación en áreas de trabajo puede generar muchos daños entre los principales encontramos:

Tabla 1-2. Efectos de una mala iluminación

Efectos de la mala iluminación en la salud	
Pérdidas de Agudeza Visual	La pérdida de agudeza visual es generada por el sobre esfuerzo ocular debido a sobre áreas con mala iluminación
Fatiga Ocular:	La fatiga ocular es generada por el sobre esfuerzo de una persona para visualizar un objeto.
Deslumbramiento	El deslumbramiento es generado por los brillos excesivos de fuentes luminosas.
El Rendimiento Visual	Es generado por una mala uniformidad en la iluminación lo cual genera fatiga del sistema nervioso central.
Fatiga Muscular:	Generada por las malas posturas las cuales son adoptadas para mejorar el campo visual.

Fuente: Autores

2.2.3 *Tipos de cortinas eléctricas.* Para realizar una correcta selección de cortinas tenemos que verificar el lugar donde se va a colocar, puesto que en el mercado podemos encontrar una gran variedad de cortinas para interiores de diferentes materiales, diseños y precios.

Entre las más importantes tenemos las siguientes:

- Cortinas de PVC
- Cortinas de aluminio
- Cortinas metálicas
- Cortinas de poliéster

Tabla 2-2. Selección de cortinas

Selección de cortinas		
Tipo de cortinas	Características	Precio
Cortina metálica	Romboidal.-Tablillas de acero.-Tablilla cerrada (ciega). Tablilla Rectangular (abierta)-Tablilla Bombé(a medida) Tablilla Acorazada. Altura de la tablilla 8 cm, varios espesores. Reforzada 0.75 súper Reforzada 0.95 mm. Liviana 0.65 mm	520
Cortinas de PVC	Tablillas (común de obra). Reforzadas. Regulable (permite regular la luz y la corriente de aire, impidiendo ver desde el exterior) Cerramientos con seguridad. PVC inalterable frente a los agentes externos y, no requieren mantenimiento. AMPLIA GAMA DE COLORES	450
Poliéster	Resistencia ha manchado: Manchado superficial sin absorción profunda, se puede limpiar con facilidad. Contenido de plomo: 0% Resistencia a UV: 100% Composición: Poliéster 100% Calidad: Materiales con calidad internacional cumpliendo normas koreanas.	390
Aluminio	Tablilla de aluminio (inalterabilidad y perfecta terminación) Núcleo de poliuretano expandido ledo, que provoca un excepcional aislamiento térmico y acústico. Inigualable durabilidad y resistencia a los agentes externos. Recomendable en obras exigentes	420

Fuente: Autores

2.2.4 Selección de motores para cortinas eléctricas. Para realizar una correcta selección de motores para cortinas eléctricas tenemos que tener en cuenta el lugar donde se los va a ubicar, el diámetro del eje y el peso de las cortinas.



Figura 1-2. Motores

Fuente: Autores

En base a lo anterior expuesto tenemos una gran variedad de motores para cortinas eléctricas entre las más utilizadas tenemos:

Tabla 3-2. Selección de motores según el material.

Tipo de material de las cortinas	Características del Motores	Coefficiente según el Material	Precio del motor
Poliéster	MOT30SC, Plateado, 110 a 220 voltios, 191 vatios, 190 centímetros, 15 a 31 RPM, garantía de 2 años	205 g/m ² a 4.5 Kg/m ²	120
PVC	Para PVC: desde 30kg, hasta 60kg de peso, trabaja con 110 y 220 Voltios,	De 5 a 6 kg/m ²	180
Aluminio	kit completo motor para persianas metálicas enrollables incluye central de maniobras y receptor de radio instalada en el motor, 2 mandos a distancia Rolling code, incluye electrofreno y cofre exterior para desbloqueo de emergencia, 2 años de garantía	De 5 a 6 kg/m ²	205
Acero	ACM UNITITAN Y HR 1112111, Motor para persiana 170 kg., elettrofreno instalado Con cubierta y fuera de calzos, Tensión 230 V, Garantía 2 Años Made in Italy	De 13 a 14 kg/m ²	290

Fuente: Autores

2.2.5 *Tipos de luminaria.* Enumeraremos las principales tipologías de iluminación y los principales tipos de lámparas, luminarias, equipos y sistemas de control disponibles, así como los criterios básicos para su elección, siempre desde el punto de vista de la eficiencia energética. (TECNOLOGIA, 2001)

2.2.6.1 *Tipos de alumbrado para centros docentes*

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

- **Alumbrado general + localizado.-** Es el alumbrado resultante de añadir el alumbrado localizado al alumbrado general. (TECNOLOGIA, 2001)

2.2.6.2 Tipos de lámparas utilizadas en entornos académicos. Los tipos de lámparas recomendados para la iluminación de centros docentes son:

Tabla 4-2. Tipos de Lámparas

➤ Fluorescentes tubulares lineales (T8) de 26 mm. de diámetro.	
➤ Fluorescentes tubulares lineales (T5) de 16 mm. de diámetro.	
➤ Fluorescentes compactas con equipo incorporado (denominadas lámparas de bajo consumo).	
➤ Fluorescentes compactos (TC).	
➤ Fluorescentes compactos de tubo largo (TC-L).	
➤ Lámparas de descarga de halogenuros metálicos (HM).	
➤ Sodio de alta presión (SAP), (sólo para los exteriores)	

Fuente: (TECNOLOGIA, 2001)

Seleccionar la más apropiada depende de muchos factores como son la eficacia de la lámpara, las cualidades cromáticas, el flujo luminoso, la vida media, el equipo necesario, y aspectos medio ambientales, entre otros. (TECNOLOGIA, 2001)

En la tabla siguiente se pueden ver las características de las lámparas más idóneas para iluminación general, localizada y decorativa. Los pasos a seguir para seleccionar la lámpara más adecuada para cada dependencia serán: (TECNOLOGIA, 2001)

- Seleccionar aquella lámpara que cumplan los parámetros, tono de luz o temperatura de color (K) e índice de reproducción cromática (Ra), recomendados para el local. (TECNOLOGIA, 2001)
- De aquellos tipos de lámparas que cumplan la condición anterior, seleccionar la de mayor eficiencia energética, es decir, la que tenga un valor mayor del parámetro lúmenes por vatio. (TECNOLOGIA, 2001)
- Seleccionar la lámpara con mayor vida media, medida en horas. (TECNOLOGIA, 2001)

Tabla 5-2. Selección de Luminarias

Tipo de Lámpara	Rango de potencias	Tono de luz	Ra	lm / W	Vida media, h	Aplicación
Incandescentes halógenas de baja tensión	5-100	Cálido	100	10-25	2000-3500	localizada decorativa
Fluorescencia lineal 26 mm.	18-58	Cálido Neutro Frio	70-98	65-96	8000-16000	general
Fluorescencia lineal 16 mm.	14-80	Cálido Neutro Frio	85	80-105	12000-16000	general
Fluorescencia compacta	5-55	Cálido Neutro Frio	85-98	60-85	8000-12000	general localizada decorativa
Vapor de mercurio	50-1000	Cálido Neutro Frio	50-60	30-60	12000-10000	general
Halogenuros metálicos	35-3500	Cálido Neutro	65-85	70-91	6000-10000	general localizada
Sodio Alta Presión	30-1000	Cálido	20-80	50-150	10000-25000	general

Fuente: (TECNOLOGIA, 2001)

En aulas y zonas de utilización general, la solución lógica son los tubos fluorescentes y las lámparas fluorescentes compactas, teniendo en consideración la eficacia y el rendimiento de color para la tarea que se desarrollara en la dependencia. (TECNOLOGIA, 2001)

Las dependencias interiores destinadas a la práctica de actividades deportivas se utilizarán lámparas de descarga de vapor de mercurio con halogenuros metálicos o vapor de sodio alta presión, siempre que la altura de instalación de las luminarias lo recomienden. (TECNOLOGIA, 2001)

La domótica sirve básicamente para hacer la vida más fácil ofrece a las personas una serie de factores que contribuye con el mejoramiento de la calidad de vida del usuario, contribuye el ahorro energético, seguridad, bienestar y comunicación; es la incorporación de la tecnología en el diseño inteligente.

Garantiza la comunicación por medio del control remoto de la casa a través de un teléfono celular, computadora o Tablet.

La domótica se maneja en gran medida gracias a sensores.

- Sensor de temperatura.
- Sensor de presencia
- Sensor de luz

Aplicaciones de la domótica:

La domótica se puede aplicar en un sin número de campos entre los cuales tenemos los siguientes:

- En el confort
- Ahorro energético
- Tele gestión y accesibilidad
- Seguridad
- Comunicación



Figura 4-2. Aplicación de la domótica
Fuente: Autores

Funciones de la domótica

La domótica hace posible que los distintos aparatos eléctricos y electrónicos que hay en una vivienda puedan ser operados desde la distancia usando tecnologías disponibles. Normalmente la red es controlada por una red de energía eléctrica, coordinando así el resto de redes con las que tenga relación como el teléfono o la televisión.

Programadores lógicos controlables. Para poder determinar el tipo de programador lógico controlable que se va a utilizar tenemos que tener en cuenta los tipos de programadores lógicos que se encuentran dentro de las industrias y los que nos pueden llegar a servir según la necesidad y el lugar de aplicación.

Entre los principales controladores lógicos que encontramos dentro de las industrias son los siguientes:

- Logo siemens
- PLC siemens
- Arduino Mega

2.2.6.1 *Logo siemens.* El LOGO es el módulo lógico universal de Siemens. LOGO lleva integrados:

- Control
- Unidad de mando y visualización con retroiluminación
- Fuente de alimentación
- Interfaz para módulos de ampliación
- Interfaz para módulo de programación (Card) y cable para PC
- Temporizador

- Funciones básicas habituales pre-programadas, p.ej. para conexión retardada, desconexión retardada, relés de corriente, e interruptor de software
- Marcas digitales y analógicas
- Entradas y salidas en función del modem. (Siemens, 07/2016)

Con LOGO se resuelven tareas de instalación y del ámbito doméstico (p.ej. alumbrado de escaleras, luz exterior, toldos, persianas, alumbrado de escaparates, etc.), así como la construcción de armarios eléctricos, máquinas y aparatos (p.ej. controles de puertas, instalaciones de ventilación, bombas de agua no potable, etc.). (Siemens, 07/2016)

Asimismo, LOGO se puede utilizar para controles especiales en invernaderos o jardines de invierno, para el pre-procesamiento de señales en controles y, mediante la conexión de un módulo de comunicaciones (p. ej., ASi), para el control descentralizado “in situ” de máquinas y procesos. (Siemens, 07/2016)

Para las aplicaciones en serie en la construcción de máquinas pequeñas, aparatos y armarios eléctricos, así como en el sector de instalaciones, existen variantes especiales sin unidad de mando y visualización. (Siemens, 07/2016)

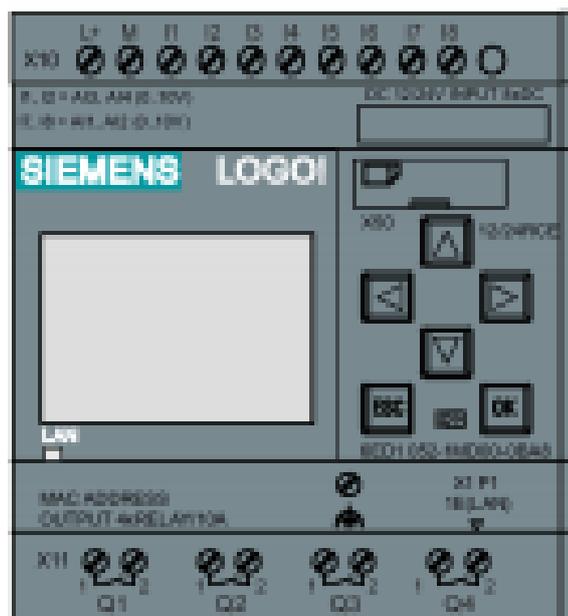


Figura 5-2. LOGO
Fuente: (Siemens, 07/2016)

Tabla 6-2. Especificación Técnica del Logo Siemens

Programador Lógico	Entradas y Salidas	Capacidad de Programación y Memoria
LOGO Siemens	(8 entradas + 4 salidas)	-Categoría de uso AC-1: conexión de carga óhmica a 55°C corriente de régimen para 400 V potencia de consumidores de corriente trifásica para 400 V. - Categoría de uso AC-2, AC-3: motores con anillo colector o rotor de jaula de ardilla corriente de régimen para 400 V potencia de consumidores de corriente trifásica para 400 V
Precio	Software	Comunicaciones
220 dólares.	STEP 7 MicroWIN V4.0 SP9	Módulo de comunicación CMK 2000, CM EIB/KNX El módulo CMK2000 permite la integración del controlador lógico LOGO! 8 en el bus EIB/KNX como un controlador inteligente. El modulo convierte las señales digitales y analógicas en telegramas KNX para la comunicación con otros actuadores KNX y vice versa

Fuente: LOGO Manual A5E00228594-01

2.2.6.2 *Los PLC.* Introducción al PLC S7-1200 El controlador lógico programable (PLC) S7-1200 ofrece la flexibilidad y capacidad de controlar una gran variedad de dispositivos para las distintas tareas de automatización. Gracias a su diseño compacto, configuración flexible y amplio juego de instrucciones, el S7- 1200 es idóneo para controlar una gran variedad de aplicaciones. (SIEMENS, 11/2009)

El CPU incorpora un microprocesador, una fuente de alimentación integrada, así como circuitos de entrada y salida en una carcasa compacta, conformando así un potente PLC. Una vez cargado el programa en el CPU, ésta contiene la lógica necesaria para vigilar y controlar los dispositivos de la aplicación. (SIEMENS, 11/2009)

El CPU vigila las entradas y cambia el estado de las salidas según la lógica del programa de usuario, que puede incluir lógica booleana, instrucciones de contaje y temporización, funciones matemáticas complejas, así como comunicación con otros dispositivos inteligentes. Numerosas funciones de seguridad protegen el acceso tanto a la CPU como al programa de control: (SIEMENS, 11/2009)

- Toda CPU ofrece protección por contraseña que permite configurar el acceso a sus funciones. (SIEMENS, 11/2009)
- Es posible utilizar la "protección de know-how" para ocultar el código de un bloque específico. Encontrará más detalles en el capítulo "Principios básicos de programación" (Página 99). (SIEMENS, 11/2009)

La CPU incorpora un puerto PROFINET para la comunicación en una red PROFINET. Los módulos de comunicación están disponibles para la comunicación en redes RS485 o RS232. (SIEMENS, 11/2009)

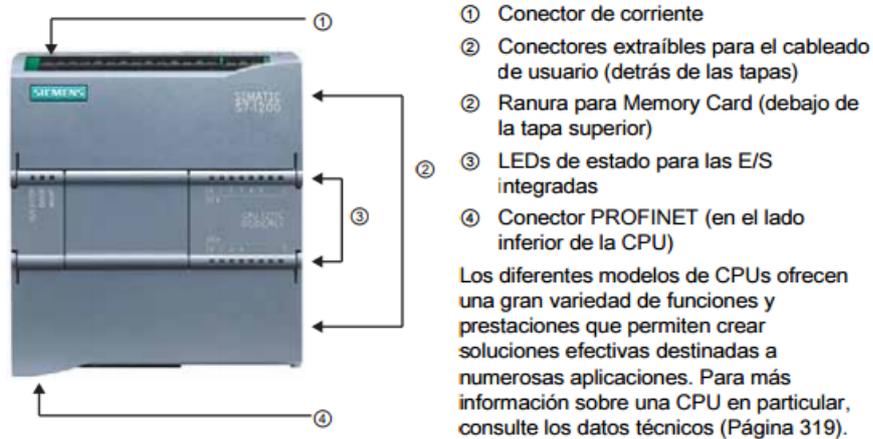


Figura 6-2. PLC
 Fuente: (Costales, 1989) (SIEMENS, 11/2009)

Tabla 7-2. Especificación técnica del PLC

Programador Lógico	Entradas Y Salidas	Capacidad de Programación y Memoria
PLC S7 1211/1212/1214	(6 entradas / 4 salidas)(8 entradas / 6 salidas)(14 entradas / 10 salidas)	(Programación mediante la herramienta de software STEP 7 Basic v13 para la configuración y programación no sólo del S7-1200, sino de manera integrada los paneles de la gama Simatic Basic Panels.)(El sistema S7-1200 desarrollado viene equipado con cinco modelos diferentes de CPU (CPU 1211C, CPU 1212C, CPU 1214C, CPU 1215C y CPU 1217C) que se podrán expandir a las necesidades y requerimientos de las máquinas.)
Precio	Software	Comunicaciones
(390 dólares) (460 dólares) (650 dólares)	SIMATIC STEP 7 Basic (TIA Portal)	Todas las CPUs Simatic S7-1200 pueden equiparse hasta con tres módulos de comunicación los cuales se colocan a la izquierda del controlador, lo que permite una comunicación sin discontinuidades. Esto módulos son:(PROFIBUS Maestro/esclavo)(Comunicación GPRS) (AS-i y más sistemas Fieldbus)

Fuente: (SIEMENS, 11/2009)

2.2.6.3 MEGA



Figura 7-2. Arduino MEGA

Fuente: Autores

El controlador mega es una tarjeta para realizar controles en sistemas automáticos es un módulo inteligente de fácil funcionamiento.

Tabla 8-2. Programadores Arduino mega

Programador Lógico	Entradas y Salidas	Capacidad de Programación y Memoria
Arduino Mega	Tiene 54 entradas/salidas digitales (de las cuales 14 proporcionan salida PWM), 16 entradas digitales, 4 UARTS (puertos serie por hardware),	El ATmega1280 en el Arduino Mega viene precargado con un gestor de arranque (bootloader) que permite cargar nuevo código sin necesidad de un programador por hardware externo. Se comunica utilizando el protocolo STK500 original (archivo de cabecera C). /El ATmega1280 tiene 128KB de memoria flash para almacenar código (4KB son usados para el arranque del sistema (bootloader).El ATmega1280 tiene 8 KB de memoria SRAM . El ATmega1280 tiene 4KB de EEPROM, que puede a la cual se puede acceder para leer o escribir con la [Reference/EEPROM librería EEPROM]].

Fuente: Autores

Tabla 9-2. Programador Arduino

Comunicaciones	Software	Precio
EL Arduino Mega facilita en varios aspectos la comunicación con la PC, otro Arduino u otros microcontroladores. El ATmega2560 proporciona cuatro puertos de comunicación vía serie UART TTL (5V). Un ATmega16U2 integrado en la placa canaliza esta comunicación serie a través del puerto USB y los drivers (incluidos en el software de Arduino) proporcionan un puerto serie virtual en el ordenador. El software incluye un monitor de puerto serie que permite enviar y recibir información textual de la placa Arduino	ARDUINO MEGA 2560 REV3	28 dólares

Fuente: Autores

2.2.7 *Los sensores.* Un sensor es un dispositivo eléctrico y/o mecánico que convierte magnitudes físicas (luz, magnetismo, presión, etc.) en valores medibles de dicha magnitud. Esto se realiza en tres fases: (JUNG, 2010)

- Un fenómeno físico a ser medido es captado por un sensor, y muestra en su salida una señal eléctrica dependiente del valor de la variable física. (JUNG, 2010)
- La señal eléctrica es modificada por un sistema de acondicionamiento de señal, cuya salida es un voltaje. (JUNG, 2010)
- El sensor dispone de una circuitería que transforma y/o amplifica la tensión de salida, la cual pasa a un conversor A/D, conectado a un PC. El convertidor A/D transforma la señal de tensión continua en una señal discreta. (JUNG, 2010)

2.2.7.1 *Descriptorios estáticos de un sensor.* Los descriptorios estáticos definen el comportamiento en régimen permanente del sensor:

Tabla 10-2. Tipos de Sensor

Tipo de sensor	Descripción
Rango:	Valores máximos y mínimos para las variables de entrada y salida de un sensor.
Exactitud:	La desviación de la lectura de un sistema de medida respecto a una entrada conocida. El mayor error esperado entre las señales medida e ideal.
No linealidades:	La desviación de la medida de su valor real, supuesto que la respuesta del sensor es lineal. No-linealidades típicas: saturación, zona muerta e histéresis.
Sensibilidad:	Es la razón de cambio de la salida frente a cambios en la entrada: $s = \partial V / \partial x$
Excitación:	Es la cantidad de corriente o voltaje requerida para el funcionamiento del sensor.
Estabilidad:	Es una medida de la posibilidad de un sensor de mostrar la misma salida en un rango en que la entrada permanece constante.
Repetitividad:	La capacidad de reproducir una lectura con una precisión dada.
Reproducibilidad:	Tiene el mismo sentido que la repetitividad excepto que se utiliza cuando se toman medidas distintas bajo condiciones diferentes.
Resolución:	La cantidad de medida más pequeña que se pueda detectar.
Error:	Es la diferencia entre el valor medido y el valor real.
Tiempo de retardo:	t_d , es el tiempo que tarda la salida del sensor en alcanzar el 50% de su valor final.
Tiempo de subida	t_r , es el tiempo que tarda la salida del sensor hasta alcanzar su valor final. => velocidad del sensor, es decir, lo rápido que responde ante una entrada.
Tiempo de pico:	t_p , es el tiempo que tarda la salida del sensor en alcanzar el pico máximo de su sobre oscilación - Pico de sobre oscilación: M_p , expresa cuanto se eleva la evolución temporal de la salida del sensor respecto de su valor final.
Tiempo de establecimiento:	t_s , el tiempo que tarda la salida del sensor en entrar en la banda del 5% alrededor del valor final y ya no vuelve a salir de ella.

Fuente: Autores

2.2.7.2 *Características y aplicaciones de los sensores de luminosidad.* El Sensor de luminosidad registra electrónicamente la luminosidad y transmite el valor al sistema. Se encuentran disponibles seis salidas de conmutación con valores límite ajustables, así como puertas lógicas Y y O. Los sensores, la electrónica y los acopladores de bus están alojados en un gabinete compacto. (JUNG, 2010)

Funciones:

- Medición de la luminosidad: medición realizada por un sensor
- salidas de conmutación para el crepúsculo (hasta 1000 Lux), 3 para la luz del día (1-99 kLux) cada uno con valores límites ajustables (Los valores límite se pueden establecer mediante parámetros o a través de objetos de comunicación) (JUNG, 2010)
- 8 puertas lógicas Y y 8 puertas lógicas O con 4 entradas c/u. Como entradas para las puertas lógicas se pueden utilizar todos los eventos de conmutación y las 8 entradas lógicas (en forma de objetos de comunicación). La salida de cada puerta puede configurarse como un bit 1 o 2 x 8 bits. (JUNG, 2010)

2.2.8 *Tipos de sensores de luminosidad.* El sensor de luminosidad se puede utilizar tanto para un control a dos puntos, en accionamiento, o bien para una regulación constante. En el primer caso, la luz se encenderá cuando la luminosidad ambiental pase por debajo del umbral inferior, y se apagará cuando se rebase el umbral superior.

Así, este sensor también es adecuado para instalaciones donde no haya aparatos regulables. Como caso particular del control a dos puntos encontramos el modo de funcionamiento “solamente encendido automático”; la luminosidad ambiental solamente provocará el encendido de luz, teniendo que apagarse siempre de forma manual, o mediante un temporizador, por ejemplo. (JUNG, 2010)

Otro caso particular del control a dos puntos es el “solamente apagado automático”. El sensor se limitará a apagar la luz de forma automática, teniendo que ser encendida de forma manual o bien mediante algún temporizador. (JUNG, 2010)

En el modo de regulación constante, el sensor enviará órdenes a los actuadores de regulación para que la luminosidad ambiental se ajuste automáticamente a una consigna previamente establecida. El nivel de luz al que se regulen los actuadores dependerá del aporte de luz exterior que tenga la estancia en concreto. Ese valor de consigna de luminosidad puede quedar fijado mediante parámetros, o bien ser variable en cualquier momento mediante un objeto de comunicación. (JUNG, 2010)

Adicionalmente se pueden controlar hasta otros cuatro grupos de iluminación en modo esclavo, cada uno de los cuales puede tener un valor de luz distinto y en relación al del encendido principal. El valor de estos grupos esclavos será el resultante de aplicar un offset positivo o negativo al valor de luminosidad del grupo principal. Esta aplicación es interesante si se quieren regular diferentes hileras de iluminación, una de las cuales sea la que tiene el sensor, y las otras estén más lejos o más cerca de las ventanas. (JUNG, 2010)

Elección del lugar de montaje:

El aparato mide la luminosidad promedio en la superficie de trabajo, y por tanto hay que ubicarlo de forma que no se interponga ningún obstáculo entre el sensor y la superficie de trabajo sobre la que debe actuar. Si hay un haz de luz que incide sobre el sensor directamente o como un reflejo su lectura se verá falseada. Para que trabaje correctamente lo ideal es que solamente se vea afectado por luz difuminada. (JUNG, 2010)

Viene calibrado de fábrica para trabajar a una altura de montaje de 2,5 m, situado sobre una superficie de trabajo de 0,75 m. De altura, con un 30% de reflexiones. Si las condiciones son distintas, entonces hay que calibrar el sensor. (JUNG, 2010)

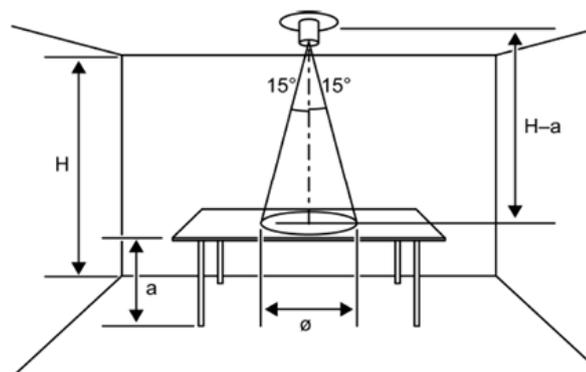


Figura 8-2. Sensor de Luminosidad
Fuente: (JUNG, 2010)

Montaje del sensor con incidencia en vertical

H: Altura de la estancia

a: Altura de la superficie de trabajo

Ø: Diámetro de la superficie medida: $\varnothing = (H - a) \cdot 0,54$

Si no es posible montar el sensor encima de la superficie de trabajo, entonces se puede montar algo desplazado. La superficie medida no quedará encima de la superficie de trabajo. (JUNG, 2010)

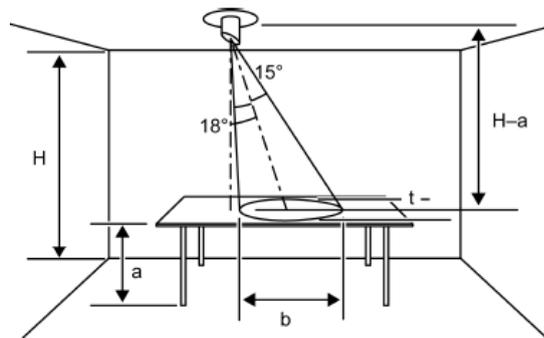


Figura 9-2. Sensor de Luminosidad
Fuente: (JUNG, 2010)

Montaje del sensor con incidencia inclinada

b: Anchura de la superficie medida: $b = (H - a) \cdot 0,6$

t: Profundidad de la superficie medida: $t = (H - a) \cdot 0,56$

Montaje y conexionado del aparato:

- El aparato se puede montar en caja universal de empotrar. La pletina redonda se fija al techo mediante tornillos que pasen por sus agujeros, y que quedarán por fuera de la caja de empotrar. (JUNG, 2010)
- Conectar el cable de bus KNX al aparato, y asignar la dirección física.
- Introducir el aparato en la caja y sujetarlos con los tornillos a través de la pletina.

Puesta en marcha:

Después de conectarlo al bus y montarlo en el techo se puede proceder a su puesta en marcha., que consiste básicamente en la programación de ETS, la inserción del conductor de luz y la calibración del sensor. (JUNG, 2010)

La programación mediante el ETS se lleva a cabo exactamente igual que en cualquier otro dispositivo KNX. (JUNG, 2010)

Inserción del conductor de luz para campo vertical

Si el sensor de luz se encuentra justo encima de la superficie de trabajo, se debe insertar el conductor de luz para campo vertical (6), aproximadamente 10 mm. (JUNG, 2010)

Inserción del conductor de luz para campo inclinado

Si el sensor de luz no se encuentra justo encima de la superficie de trabajo, se debe insertar el conductor de luz para campo inclinado (7), aproximadamente 10 mm, y girarlo de forma que su parte más larga quede en el lado de la superficie de trabajo. (JUNG, 2010)

Al utilizar el conductor inclinado es necesario llevar a cabo el proceso de calibración.

Calibración del aparato

Para iniciar el proceso de calibración se lleva a cabo para adaptar a las condiciones del entorno en cuanto a la reflexión de luz se refiere, y se realiza mediante un telegrama lanzado al bus. Este proceso se debe llevar a cabo con la mínima influencia posible de la luz del día, y es necesario disponer de un luxómetro: (JUNG, 2010)

- Encienda la luz a regular que influya sobre la superficie medida.
- Coloque el luxómetro sobre la superficie de trabajo.
- Ajuste la luz de tal forma que el luxómetro marque la luminosidad deseada. Por ejemplo, 500 lux.

- Envíe un telegrama hacia el objeto 8 de calibración.

2.2.9 Selección de sensores. Para la realización de la selección de los sensores que se va a utilizar en un sistema automático tenemos que verificar el lugar donde se los va a ubicar que tipo de trabajo necesito que realice el sensor y que tan fácil de adquirir son:

Entre los más fáciles de encontrar en el mercado están:

Tabla 11-2. Selección de sensores

Tipo de sensor	Conexión	Detección	Funcionamiento	Adquisición	Precio
Photoelectric control	La conexión es directa con el alumbrado externo o interno de las instalaciones.	La detección es designada por un potenciómetro el cual se encarga de la regulación en un rango definido el cual procederá iluminación del entorno si el rango de iluminación es menor al establecido.	por medio de una célula foto eléctrica que emite una señal la cual al ser menor a lo establecido procederá al encendido	Es de fácil adquisición se la encuentra en cualquier parte del país	37 dólares
EMD Control de iluminación combinado	La conexión es directa con el alumbrado externo o interno de las instalaciones.	Los sensores EMD pueden encender y apagar las luminarias, además de regularlas. Por eso son una elección lógica en aplicaciones en las que interesa combinar la detección de movimiento con un control en función de la luz natural	El multisensor EMD de ETAP combina las funciones de un sensor de movimiento, un detector de luz natural y un receptor de infrarrojos. El EMD puede controlar luminarias con estabilizadores DALI.	es de difícil adquisición solo se encuentra en el exterior	125 euros

Fuente: Autores

2.2.10 Ergonomía del puesto de trabajo. Desde el punto de vista ergonómico el deslumbramiento debe satisfacer una serie de aspectos que hagan de la actividad a desarrollar por el observador hagan de la actividad a desarrollar por el observador. (TECNOLOGIA, 2001)

- No debe crear problemas de adaptación visual
- Debe proveer la agudeza visual adecuada.
- No debe obstruir la tarea visual y debe permitir posturas cómodas.

1.- La adaptación visual requerida se consigue mediante adecuadas relaciones de luminancia entre la tarea visual y el fondo contra el que se enfoca de modo ocasional. Las relaciones óptimas de luminancias entre diferentes superficies de la instalación son las comentadas en la siguiente tabla. (TECNOLOGIA, 2001)

Las características de las superficies pueden variar desde especulares, (como espejos y escaparates, donde el brillo cambia con la dirección de observación, el tamaño, la posición y la intensidad de la fuente de luz, y el grado de especularidad de la superficie vista), a totalmente difusas, cuyo brillo es totalmente uniforme desde cualquier dirección de observación e independiente de la dirección de la iluminación. (TECNOLOGIA, 2001)

Si el tipo de superficies pueden ser seleccionadas, éstas se deben elegir para evitar tener grandes diferencias de brillo entre distintas superficies.

En la siguiente tabla se exponen los límites máximos recomendados de relaciones de valores de luminancias entre diferentes partes de una estancia. (TECNOLOGIA, 2001)

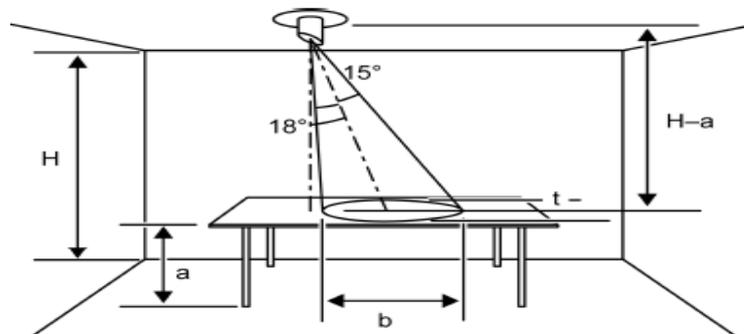


Figura 10-2. Relación recomendada
Fuente: (TECNOLOGIA, 2001)

Cuando las reflectancias de las superficies, no pueden ser seleccionadas, el control se debe realizar optimizando la orientación, posición y luminancia de las luminarias, y la iluminancia sobre las distintas superficies. (TECNOLOGIA, 2001)

La reflexión de fuentes de luz en superficies transparentes o especulares, como ventanas y mostradores puede causar deslumbramiento y la disminución de la visibilidad. (TECNOLOGIA, 2001)

2.- La agudeza visual está íntimamente ligada al nivel de iluminación media, y estos niveles deberán cumplir con las recomendaciones que se aportan. (TECNOLOGIA, 2001)

3. Una distribución idónea de luminarias, que cumplan con los requisitos de distribución fotométrica (diagramas de deslumbramiento criterio C.I.E.) demandados para el tipo de tarea visual a desarrollar en el local, nos proporcionarían el cumplimiento de los puntos 2) y 3) (TECNOLOGIA, 2001)

En las dependencias donde se desarrollen actividades con ordenadores, pantallas de visualización, televisores, etc., las luminarias a utilizar serán las denominadas como de baja o muy baja luminancia. En este caso debe cumplir con la clase de calidad “A” con un índice de deslumbramiento (G) de 1’15. (TECNOLOGIA, 2001)

En las aulas dedicadas a sistemas informáticos, los usuarios de ordenadores tienen dos situaciones relacionadas con la luminancia que es importante tener en consideración. Una situación estática, donde la persona mira la pantalla, el teclado o un documento, y otra situación dinámica, cuando la persona está visualizando alternativamente cada uno de los tres elementos mencionados. (TECNOLOGIA, 2001)

Entre estos elementos existe una diferencia de luminancia. En el caso de la situación estática con una reflectancia entre $0,20 \div 0,50$ para las superficies relevantes, y las pantallas de los monitores con fondo oscuro y caracteres brillantes, se puede estimar que el observador dispondrá de una escena adecuada. (TECNOLOGIA, 2001)

En el caso de pantallas con caracteres oscuros y fondos claros, no se precisan medidas especiales que garanticen un valor de reflectancia definido en las superficies relevantes. En una situación dinámica, para no producir una fatiga visual importante al observador, es preciso disponer de una escena muy bien equilibrada en luminancias entre el documento, las superficies relevantes y de la pantalla, que es función de la ambiental reflejada por el vidrio y por el fósforo de la misma. Así mismo, es importante tener en consideración que en la escena que se origina tiene tanta importancia el plano horizontal (documento reflectancia entre $0,50 \div 0,70$ como el vertical pantalla reflectancia entre $0,20 \div 0,30$ para los fósforos). (TECNOLOGIA, 2001)

Si disponemos de un terminal con contraste negativo (fondo brillante, caracteres oscuros) podemos realizar un ajuste de la pantalla, obteniendo una instalación donde con toda probabilidad no tendremos desequilibrio de la luminancia dinámica. (TECNOLOGIA, 2001)

Con un terminal de contraste positivo (fondo oscuro, caracteres brillantes) para mantener las características idóneas de instalación en cuanto a la luminancia dinámica, es preciso que el documento tenga una luminancia baja, y un equilibrio con el nivel de iluminancia requerido por la tarea a desarrollar en el aula. (TECNOLOGIA, 2001)

Se deben tener en consideración las luminancias en ángulos que pueden ser reflejados por las pantallas, impidiendo el confort requerido por campo de visión del observador. El resultado podrá ser aceptable utilizando luminarias con bajas luminancias en ángulos elevados con la vertical (inferior a 200 cd/m² en el sentido de visión del observador). En tareas visuales muy concretas se puede precisar una iluminación indirecta. Con esta solución estamos penalizando la eficacia energética por el cumplimiento del confort visual requerido por el observador para realizar correctamente la tarea definida. (TECNOLOGIA, 2001)

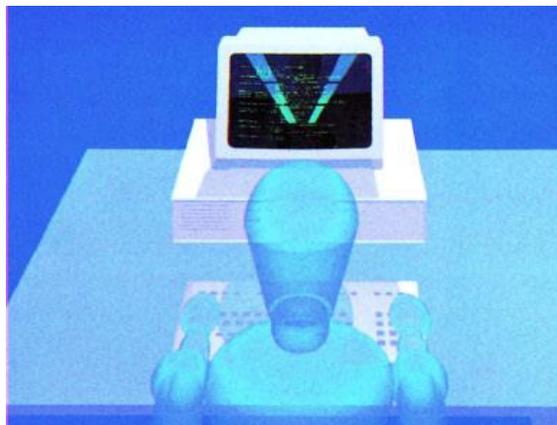


Figura 11-2. Reflexión luminaria
Fuente: (TECNOLOGIA, 2001)

2.2.11 *Proyector o Infocus.* Un proyector es un dispositivo que recibe una señal de video y proyecta la imagen correspondiente en una pantalla.

2.2.11.1 *Instalación de proyector.* Para realizar la ubicación del dispositivo tenemos que tener en cuenta la siguiente tabla con la que nos indica cómo vamos a ubicar el

dispositivo distancia y ángulos de inclinación ya que si lo ubicamos de forma errónea este puede tener daños en nuestro equipo.

Si deseamos inclinar nuestro equipo solo lo podemos inclinar hacia la derecha ya que si lo inclinamos al otro lado puede dañarse los lente o quemarse.

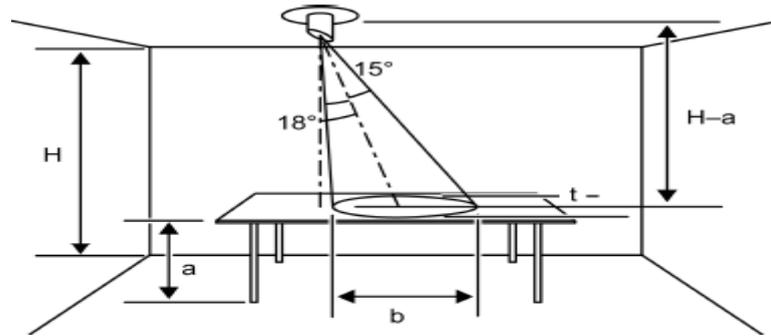


Figura 12-2. Tamaño y Distancia de la Pantalla

Fuente: Guía de Usuario

La distancia de regulación provista anterior mente se encuentra solo como referencia por lo cual es necesario que se regule para su correcto funcionamiento.

CAPITULO III

3. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN AUTOMÁTICO.

3.1 Introducción.

La realización de un sistema de iluminación automático nos permite lograr una mayor eficiencia de consumo energético puesto que el salón rosado es utilizado a diferentes horas del día.

Con diferentes propósitos y este aprovechara la luz ambiental de tal manera que se encenderá las luces solo en caso de ser necesarias y el sistema automático funcionara según la tarea a realizar.

El funcionamiento principal será dado por el proyector, siempre que esté funcionando las cortinas procederá a su cierre automático y apagado de luces, el resto del día cuando no funcione el proyector estará dado por el sensor de iluminación que se encuentra en el exterior el cual se basara a la cantidad de iluminación que este reciba para que proceda al cierre de cortinas y encendido de luces.

3.2 Parámetros de diseño

Los parámetros de diseño que se han establecido para la realización de este proyecto están dado en base a la utilización del proyector, la luz que posea el exterior de las instalaciones por lo cual tendremos que cumplir con ciertos parámetros de evaluación con la que el sistema de iluminación tenga un funcionamiento adecuado y óptimo para la realización de los trabajos en este lugar.

Para el diseño y construcción de sistemas de iluminación automático tenemos que tener en cuenta algunas normas que establecen la cantidad de luz que es necesaria para el salón rosado, según la necesidad que tiene este lugar, la Reflectancia, la ubicación de las lámparas y la cantidad de luz que esta produce.

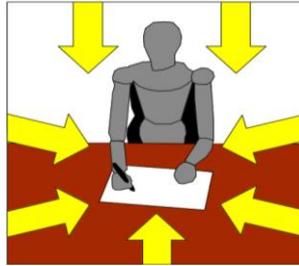


Figura 1-3. Iluminación
Fuente: Autores

Para esto es necesario que nos acojamos a la siguiente tabla de la “Comisión de Normalización Europea de la norma UNE 12464-1” en la cual se establece los niveles máximos y mínimos de iluminación con los que debe contar un centro de educación.

Por medio de esta Tabla (Anexo A) podemos establecer el grado de luminosidad que necesitamos para el salón rosado.

3.2.1 *Diseño del sistema.* El sistema automático de iluminación está diseñado para que su funcionamiento sea activado por medio de un pulsador el que se encarga de que una vez que las personas ingresen al lugar se active automáticamente el sistema y dependiendo de la actividad que desempeñamos los sensores de luminosidad se encargan proporcionarnos la iluminación adecuada.

El sistema de iluminación se diseñó en base a dos factores:

- La utilización del proyector
- La luz que posea el exterior

3.2.1.1 *La utilización del proyector*

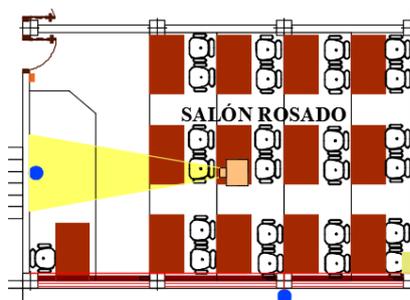


Figura 2-3. Uso de Proyector
Fuente: Autores

Para cuando se activa el proyector por medio de un sensor de luminosidad el sistema automático de iluminación precederá al cierre automático de cortinas y al apagado de luz interior para que la proyección que realiza el proyector este en lo establecido en la

3.2.1.2 *La luz del exterior*

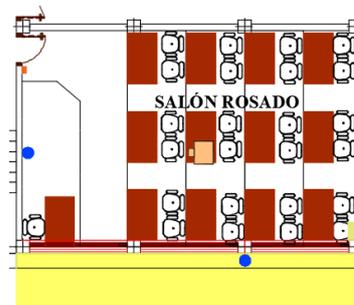


Figura 3-3. Luz Exterior
Fuente: Autores

Mediante un sensor de luminosidad ubicado en el exterior se aprovechara la luz natural que nos ofrece nuestro entorno la cual es más saludable y disminuye el consumo energético haciendo que nuestro sistema automático de iluminación abra las cortinas automáticamente mientras el medio ambiente nos brinde la luz necesaria para la realización de las actividades a desempeñar en el salón rosado.

3.3 Tipo de luminaria utilizada en el salón rosado



Figura 4-3. Luminarias
Fuente: Autores

Verificamos el tipo de luminaria que se utiliza en el salón rosado para determinar si es la adecuada según los requerimientos y lo establecido en la normativa (DIN 5035. Iluminación artificial de interiores), para la realización de cálculos de luminaria que se necesita en este lugar. El tipo de luminaria que se utiliza en el salón rosado es Fluorescentes tubulares lineales (T8) de 26 mm de diámetro

Tabla 1-3. Luminaria Fluorescente

Tipo de Lámpara	Rango de potencias	Tono de luz	Ra	lm / W	Vida media, h	Aplicación
Fluorescencia lineal 26 mm.	18-58	Cálido Neutro Frio	70-98	65-96	8000-16000	general

Fuente: (TECNOLOGIA, 2001)

Según lo establecido en la normativa la luminaria que se utiliza en el salón rosado es la adecuada ya que esta sirve para aulas (pizarra, mesa del profesor), aulas de enseñanza práctica (tales como: dibujo, pintura, escultura, trabajos manuales), laboratorios, talleres y bibliotecas.

Por lo cual no hay que hacer cambios de luminaria ya que esta está establecida dentro de la normativa así que procedemos a la realización del cálculo de luminarias para establecer si el número de luminarias instalado en este lugar es el correcto.

3.3.1 *Calculo de luminarias necesarias por el método de lúmenes.* Para determinar el grado de iluminacion que posee el salon rosado procederemos hacer un cálculo por dos metodos:

- Método analítico con los datos obtenidos de las instalaciones y
- Por medio de un software llamado DIALux

Por medio de este cálculo determinamos el nivel de iluminación por ambiente según el tipo de actividad visual que se ejerce en el área, con lo cual determinaremos el número de luminarias necesarias para el salón rosado.

3.3.1.1 *Método analítico*



Figura 5-3. Calculo de luminarias

Fuente: Autores

Nivel de iluminación: (E)

Para la determinación del nivel de luminosidad tenemos que:

$E = 75$ lux por cada luminaria como son dos por lámpara

$E = 150$ lux y como tenemos 6 lámparas

$$E = 150 * 6$$

$$E = 900$$

Índice de área

$$K = \frac{(x)(y)}{h(x+y)}$$

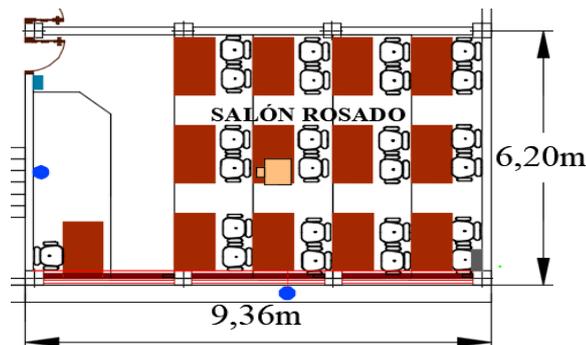


Figura 6-3. Plano Acotado

Fuente: Autores

Donde:

K = índice del área.

X, Y = dimensiones del área (largo y ancho), en metros.

h = altura de la luminaria respecto al plano de trabajo, en metros

$$K = \frac{(9.36)(6.2)}{2.5(9.36 + 6.2)}$$

$$K = 58.032/38.9$$

$$K = 1.49$$

Factor de utilización (R)

Usamos la Tabla SGTE, de acuerdo al valor de k más próximo (1.5 en nuestro caso), la luminaria a usar es la de tipo TCS 314 (2 lámparas)

Tabla 2-3. TCS 314 1/36 MS

TCS 314 1/36 MS		70				50			30		0	TECHO
room		50	50	30	10	50	30	10	30	10	0	PARED
index	K	30	10	10	10	30	10	10	10	10	0	PISO
0,60		0,36	0,34	0,30	0,27	0,35	0,30	0,27	0,30	0,27	0,26	
0,80		0,43	0,40	0,37	0,34	0,41	0,36	0,34	0,36	0,34	0,32	
1,00		0,48	0,45	0,42	0,39	0,47	0,41	0,39	0,41	0,39	0,37	
1,25		0,53	0,49	0,46	0,44	0,51	0,46	0,43	0,45	0,41	0,42	
1,50		0,57	0,52	0,48	0,47	0,54	0,49	0,47	0,48	0,46	0,45	
2,00		0,62	0,58	0,54	0,52	0,59	0,53	0,51	0,52	0,51	0,50	
2,50		0,65	0,58	0,56	0,55	0,62	0,55	0,54	0,55	0,53	0,52	
3,00		0,67	0,60	0,58	0,57	0,64	0,57	0,56	0,56	0,55	0,54	
4,00		0,69	0,61	0,60	0,59	0,66	0,59	0,58	0,58	0,57	0,56	
5,00		0,70	0,62	0,61	0,60	0,67	0,60	0,59	0,59	0,58	0,57	

Fuente: Autores

Cálculo del porcentaje de reflexión:

Tabla 3-3. Porcentaje de Reflexión

%REFLEXIÓN	
BLANCO	70
CLARO	50
SEMICLARO	30
OSCURO	10

Fuente: Autores

Techos = Claro= 70%(0.7)

Pisos = Oscuro= 0.1

Muros: Se calcula de acuerdo al total.

Cálculo de muros:

Para la realización del cálculo de reflexión en los muros tenemos que tener en cuenta que en los lugares que se tengan ventanas se escogerá el índice de color negro.

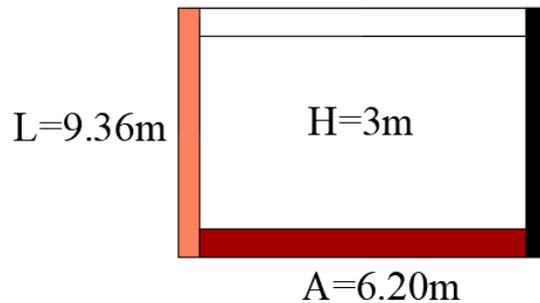


Figura 7-3. Muros
Fuente: Autores

Tabla 4-3. Índice de Color

ÍNDICE DE COLOR		
COLOR	MÍNIMO	MÁXIMO
YESO	0,8	0,9
BLANCO	0,75	8
CREMA	0,65	0,7
AMARILLO	0,6	0,65
AZUL CLARO	0,55	0,6
ROSADO	0,45	0,55
ROJO CLARO	0,3	0,5
ROJO OSCURO	0,1	0,2
VERDE CLARO	0,5	0,65
VERDE OSCURO	0,1	0,2
CELESTE	0,4	0,55
AZUL OSCURO	0,05	0,15

Fuente: Autores

- Muro rosado: (índice es igual 0.45); $6.20 \cdot 3 = 18.6 \cdot 2 = 37.2 \text{ m}^2$
- Muro negro; (índice es igual a 0.1); $9.36 \cdot 3 = 28.08 \text{ m}^2$
- Muro rojo rosado: (índice es igual a 0.45); $9.36 \cdot 3 = 28.08 \text{ m}^2$

Total de metros de muros = 93.36 m^2

$$CI = \frac{37.02}{93.36} (0.45) + \frac{28.08}{93.36} (0.1) + \frac{28.08}{93.36} (0.45)$$

$$CI = 0.17 + 0.03 + 0.13$$

$$CI = 0.33 = 33\% = \text{Claro}$$

Con todos los datos anteriores podemos determinar **R**.

$$K=2$$

$$\text{Techo} = 70$$

$$\text{Muros} = 50$$

$$\text{Piso} = 10$$

$$R = 0.52$$

Determinación del flujo total:

$$\phi = \frac{S * E}{R + D}$$

Factor de depreciación (D) es de 0.9:

$$\phi = \frac{58.03 * 900}{0.52 + 0.9}$$

$$\phi = 36779.57$$

- Cada lámpara da 3350 lúmenes
- Una luminaria TCS 314 de dos lámparas da 6700 lúmenes

$$N; \text{ lamparas} = \frac{36779.57}{3350}$$

$$N = 10.97$$

$$N = 12$$

Como nos dice en la normativa el número de lámparas necesario sería de 6 pares de lámparas tipo fluorescentes TCS 314 necesarias para el salón rosado.

3.3.1.2 Por medio del software DIALux. El software DIALux es un software libre esto quiere decir que no tenemos que pagar ningún costo adicional por la utilización del mismo.

Procedemos hacer el detallado de nuestra edificación el largo, ancho y altura de nuestra área para posteriormente hacer el ensamble de las luminarias.



Figura 8-3. Cálculo de luminarias

Fuente: Autores

Colocamos las luminarias con las especificaciones que obtuvimos en el análisis de luminarias para nuestro caso lámparas fluorescentes de 26cm con un rango de potencia de 18-58 de alumbrado general.

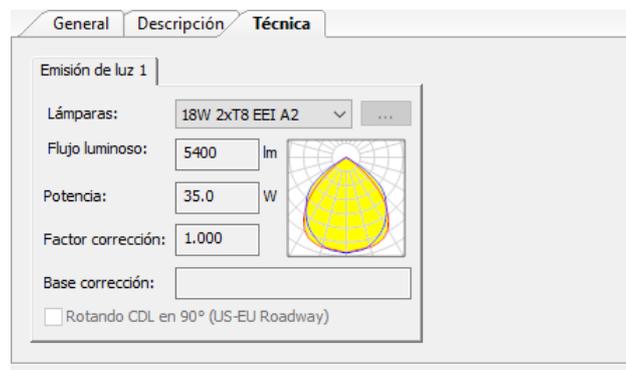


Figura 9-3. Especificación de luminaria

Fuente: Autores

Después de verificar nuestras luminarias procedemos al montaje en nuestra planta.

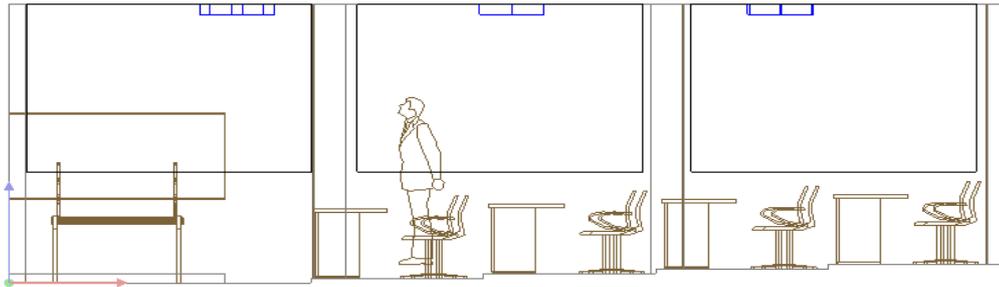


Figura 10-3. Montaje de luminaria

Fuente: Autores

Procedemos a dar sus respectivos colores para que el programa determine el índice de área y el de reflexión con valores reales.



Figura 11-3. Plano real

Fuente: Autores

Procedemos hacer los cálculos para determinar el nivel de luminosidad primero con las lámparas encendidas.



Figura 12-3. Luces encendidas

Fuente: Autores

Aquí podemos observar la intensidad de iluminación que hay en todo el salón rosad.

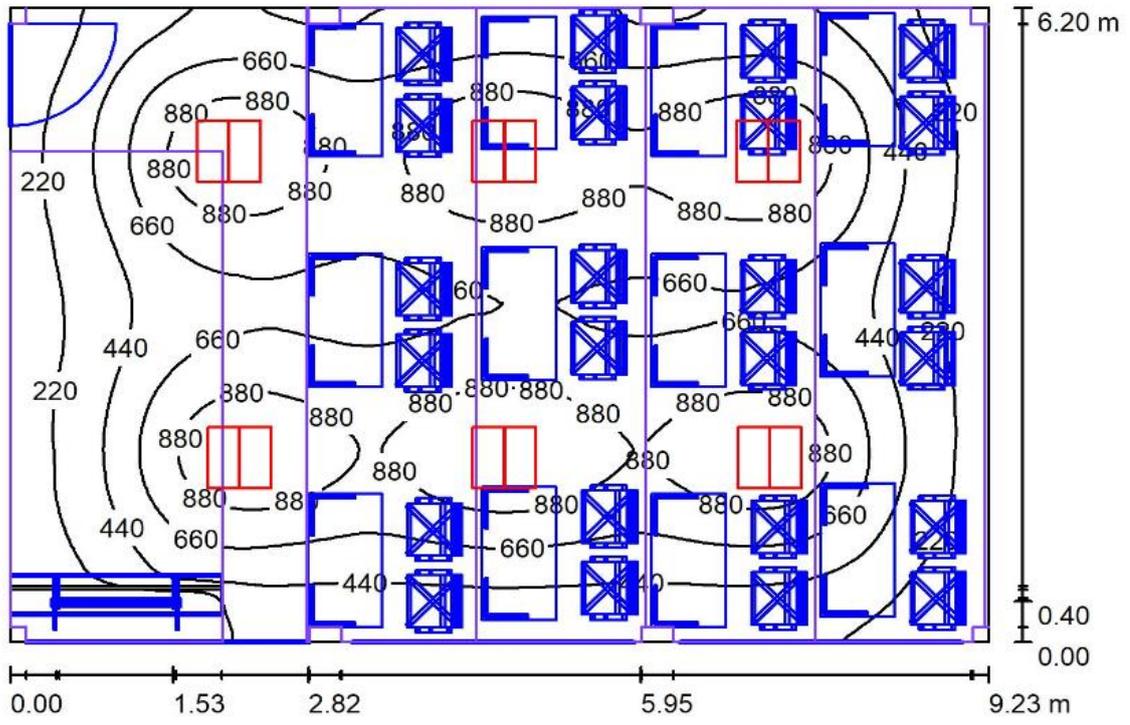


Figura 13-3. Iluminación

Fuente: Autores

Tabla 5-3. Tabla de resultados

Altura del local: 3m	Altura del montaje: 3m		Factor	Valores en lux, Escala 1:80	
Mantenimiento	0,8				
Superficie	p%	Em[lx]	Emin[lx]	Emax[lx]	Emin/Emax
Plano útil	/	609	24	1097	0,04
Pisos	10	425	40	610	/
Techos	69	11	54	161	0,482
Paredes	50	137	28	448	/

Fuente: Autores

Tabla 6-3. Plano útil

Plano útil:	
Altura	1,2 m
Trama	128*128 Puntos
Zona marginal	0,00m

Fuente: Autores

Tabla 7-3. Lista de piezas - luminarias

*Lista de piezas-
Luminarias*

#	piezas	Designacion(Factor de Correccion)	Φ (Luminaria)[lm]	Φ (Lamparas)[lm]	P[W]		
1	12	3FFILIPPI 21115 L 32X18 HF 2M (BASE: 57,23 m2)	3459	5400	35		
			Total:	41512	Total:	64800	420
<i>Valor de eficiencia energética:</i>		7,34 W/m2=121 W/m2/100 lx (Base:) 57,23 m2					

Fuente: Autores

Esto quiere decir que el número de luminarias que tenemos es el correcto y que el nivel de iluminacion tiene una media de 609 lux con las luminarias encendidas lo cual esta dentro de la normativa que nos marca que para centros educativos va de 300 a 800 lux

Ahora vamos a realizar una prueba solo con 8 luminarias para determinar el nivel de iluminacion.

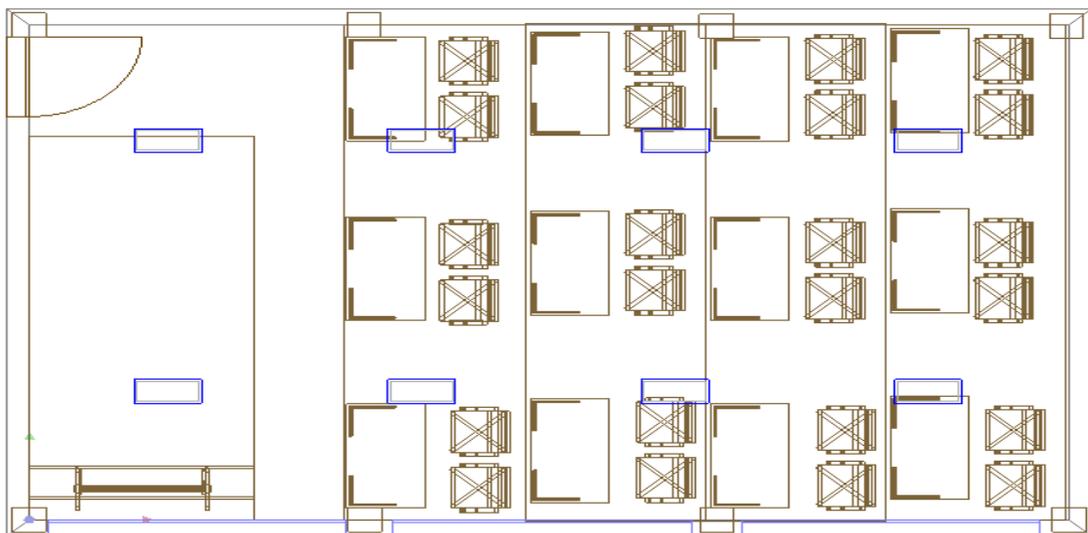


Figura 14-3. Distribucion con ocho luminarias

Fuente: Autores

- Análisis con ocho lámparas.

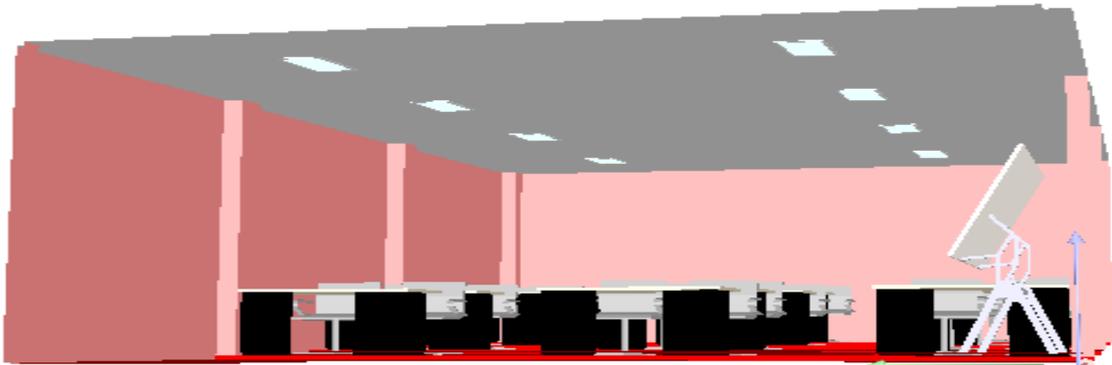


Figura 15-3. Vista en 3D

Fuente: Autores

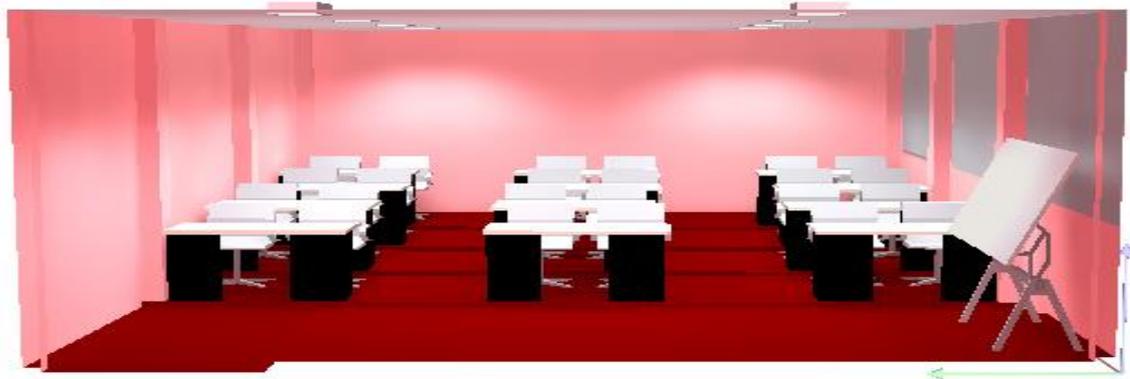


Figura 16-3. Encendido de luces

Fuente: Autores

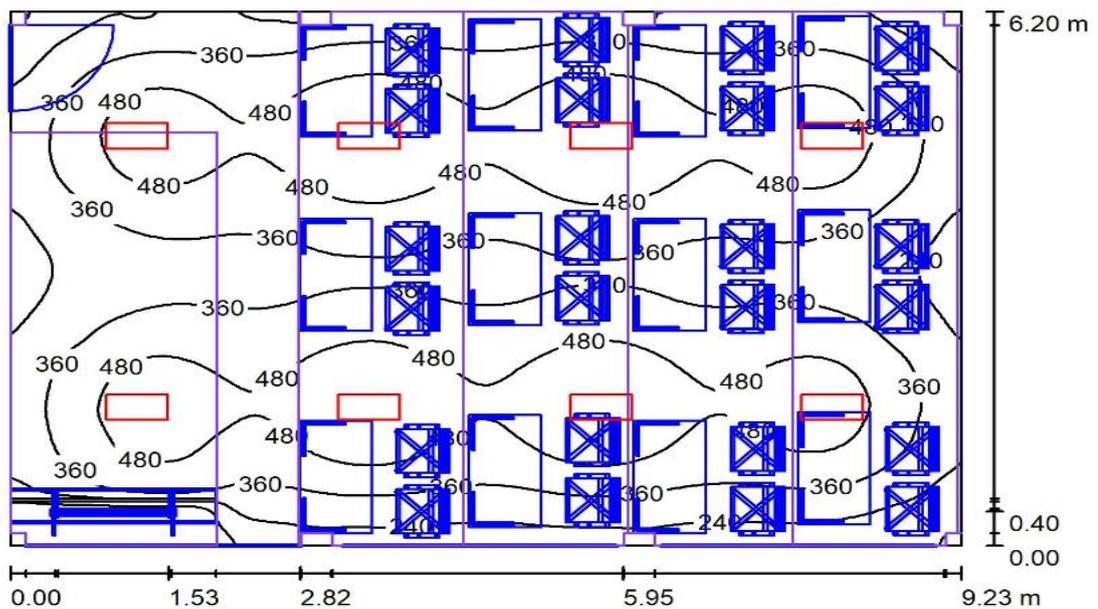


Figura 17-3. Analisis de luminaria con 8 lamparas

Fuente: Autores

Tabla 8-3. Analisis de resultados

Altura del local: 3m	Altura del montaje: 3m		Factor	Valores en lux, Escala 1:80	
Mantenimiento	0,8				
Superficie	p%	Em[lx]	Emin[lx]	Emax[lx]	Emin/Emax
Plano útil	/	394	19	597	0,049
Pisos	10	270	37	379	/
Techos	69	78	44	99	566
Paredes	50	112	21	266	/

Fuente: Autores

Tabla 9-3. Plano útil

Plano útil:	
Altura	1,2 m
Trama	128*128 Puntos
Zona marginal	0,00m

Fuente: Autores

Tabla 10-3. Lista de piezas- Luminarias

*Lista de piezas-
Luminarias*

#	piezas	Designacion(Factor de Correccion)	Φ (Luminaria)[lm]	Φ (Lamparas)[lm]	P[W]
1	8	3FFILIPPI 21115 L 32X18 HF 2M (BASE: 57,23 m2)	3459	5400	35
			Total: 27674	Total: 43200	280
	<i>Valor de eficiencia energética:</i>	7,34 W/m2=121 W/m2/100 lx (Base:) 57,23 m2			

Fuente: Autores

Con la realización de la simulación del grado de iluminación con ocho lámparas obtenemos una media obtenida es de 394 lux que a pesar de que se encuentren dentro de los rangos permisibles que son de 300 lux a 800 lux nos damos cuenta que está bajo la media por lo tanto falta iluminación en este caso.

Pero en el salón rosado cuenta con 6 pares de lámparas lo cual nos indica que la cantidad de lámparas distribuidas en las instalaciones son las adecuadas.

3.4 Selección de cortinas



Figura 18-3. Cortinas

Fuente: Autores

Para la selección de cortinas que se va a utilizar tenemos que basarnos en la normativa UNE 12464-1 normativa europea para determinar en el grado de iluminación que necesitamos en el salón rosado, como es un lugar donde se hace uso de un proyector tenemos que tener en cuenta que las cortinas que se elijan tienen que ser oscuras para que en la utilización del proyector este se puede visualizar con claridad y no afecte la luz que se produce en el exterior.

Tabla 11-3. Puntuación

Puntaje	Nivel
1 o 2	Regular
3 o 4	Bueno
5	Muy bueno

Fuente: Autores

Tabla 12-3. Ponderación de Cortinas

Tipo de Cortinas	Características	Precio	P Total
Cortina metálica	3	4	7
Cortinas de PVC	4	4	8
Poliéster	5	5	10
Aluminio	3	4	7

Fuente: Autores

En base a la tabla de ponderaciones realizada anteriormente determinamos que la más acorde a nuestras necesidades es la de poliéster y la que se eligió consta con las siguientes características.

- Producto: TELA PARA CORTINAS ENROLLABLES
- Dimensiones: Largo 2.65 - Ancho 2,3 m
- Gramaje por m²: 270,5 g ± 5%
- Resistencia ha manchado: Manchado superficial sin absorción profunda, se puede limpiar con facilidad.
- Contenido de plomo: 0%
- Resistencia a UV: 100%
- Composición: Poliéster 100%
- Calidad: Materiales con calidad internacional cumpliendo normas koreanas.
- Mantenimiento: Lavable y de fácil desinfección:



Figura 19-3. Cortina

Fuente: Autores

Estas cortinas son oscuras para que al utilizar el proyector se vea con mucha facilidad y de textura ligera para la adaptación de los motores en estas y que al estar conectada con todo el sistema automático funcione con mucha facilidad.

3.4.1 Selección de Motor eléctrico para cortinas. Para la realización de la selección del motor eléctrico de cortinas tenemos que basarnos en el tamaño y el peso de las cortinas ya que de esto dependerá el tamaño del motor y la potencia que este tenga.

Para esto realizamos los siguientes cálculos para determinar el motor que utilizaremos:

$$\text{Peso en kg} = \text{largo (L)} * \text{ancho(A)} * K$$

K= al coeficiente según el material

Tabla 13-3. Coeficiente según el material

Poliéster	200 a 2500 g/m ²
PVC	De 5 a 6 kg/m ²
Aluminio	De 5 a 6 kg/m ²
Acero	De 13 a 14 kg/m ²
Madera	De 12 a 13 kg/m ²

Fuente: Autores

$$\text{Peso} = (2.65) * (2.3) * (0.275)$$

$$\text{Peso} = 1.678 \text{ kg}$$

Esto quiere decir que el peso de nuestra cortina es de 1.68 kg a eso le sumamos el peso del soporte inferior el cual es de 2.25 kg lo cual nos da un peso total de 3.93 kg.

Con el peso y el diámetro del eje de las cortinas seleccionadas determinamos cual es el par de fuerza necesario para nuestro motor.

El diámetro del eje de nuestra cortina es de 60 mm.

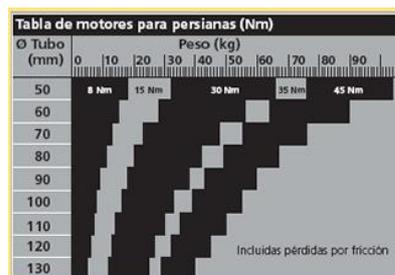


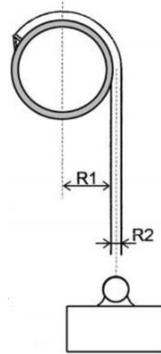
Figura 20-3. Esfuerzo de torsión

Fuente: Autores

Para que nuestro sistema sea mas eficiente determinamos entre un motor de 1.5 Nm y uno de 2 Nm para seleccionar el mas apropiado para nuestras cortinas.

- Determinación de la fuerza del motor con un par de 2 N.m:

$T_{\text{torsión}} = F_{\text{fuerza}} * d_{\text{distancia}}$.



$$F = \frac{T}{r1 + r2}$$

$$F = \frac{2 \text{ N.m}}{0.03 \text{ m} + 0.001}$$

$$F = 64.51 \text{ N}$$



$$Fy = N$$

$$W = \frac{64.51 \text{ N}}{9.8 \text{ m/s}^2}$$

$$W = 6.5 \text{ kg}$$

- Determinación de la fuerza del motor con un par de 1.5 N.m:

$T_{\text{torsión}} = F_{\text{fuerza}} * d_{\text{distancia}}$.

$$F = \frac{T}{r_1 + r_2}$$

$$F = \frac{1.5 \text{ N.m}}{0.03 \text{ m} + 0.001}$$

$$F = 48.38 \text{ N}$$



$$Fy = N$$

$$W = \frac{48.38 \text{ N}}{9.8 \text{ m/s}^2}$$

$$W = 4.9 \text{ kg}$$

Como tenemos un peso de 3.93 kg solo necesitamos un motor de un par de 1.5 N.m ya que este alza un peso de 4.9 kg, por medio de las especificaciones del fabricante tenemos lo siguiente.



Figura 21-3. Motor Eléctrico

Fuente: Autores

- Modelo: EYA25-1.5/28
- Corriente de trabajo: 100 - 240 Volts; 0,3 A

- Esfuerzo de Torsión: 1.5 N.m.
- Velocidad: 28 rpm

Con lo cual determinamos que este es el adecuado para nuestro sistema de automático.

3.5 Selección de programador lógico controlable

Por medio de la siguiente tabla de ponderaciones escogemos el programador lógico controlable que más nos convenga y este dentro de los requerimientos para el armado del sistema de iluminación automático Anexos Tabla 3.

En base a la siguiente tabla de ponderaciones hemos podido escoger que tipo de programador lógico más adecuado para la realización de sistema automático.

Tabla 14-3. Puntuación

Puntaje	Nivel
1 o 2	regular
3 o 4	Bueno
5	muy bueno

Fuente: Autores

Tabla 15-3. Ponderaciones

TABLA DE VALORES PONDERADOS PARA LA SELECCIÓN DE PROGRAMADOR LÓGICO						
Programador Lógico	Entradas y Salidas	Capacidad de Programación y Memoria	Comunicaciones	Software	Precio	Total
PLC S7 1200	3	5	4	4	3	19
LOGO Siemens	3	4	4	4	4	19
Arduino Mega	5	4	4	5	5	23

Fuente: Autores

Se descarta el PLC S7 1200 por el motivo que el número de entradas y salidas no son las suficientes y porque a pesar de que son unos controladores lógicos de muy buena calidad sus costos son muy elevados y los módulos de expiación casi se encuentran con los mismo costos del PLC.

Se descarta el LOGO debido que el número de entradas y salidas analógicas no satisfacen nuestras necesidades y el módulo de expansión también tiene un costo elevado y cada módulo de expansión solo viene con dos entradas y dos salidas adicionales lo cual no compensa para la realización de nuestro proyecto.

Se ha seleccionado el Arduino mega ya que este cuenta con un gran número de entradas y salidas analógicas lo cual satisface las necesidades para conexión de nuestro sistema automático, una de las ventajas que también posee es que este tiene un bajo costo y el software de programación es libre el cual no nos representa ningún costo adicional.

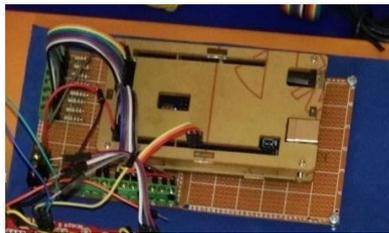


Figura 22-3. Arduino MEGA

Fuente: Autores

3.6 Selección de sensores

Para que un sistema automático de iluminación funcione de manera adecuada se tiene que hacer una selección correcta del sensor de luminosidad ya que estos están encargados de emitir las señales dependiendo del el lugar en el que se lo va a instalar y el tipo de trabajo que se emplee en el lugar tenemos varios sensores.

Entre los principales sensores de luminosidad que encontramos en el mercado tenemos:

- Fococélulas.



Figura 23-3. Photoelectric Control

Fuente: Autores

➤ EMD Control de iluminación combinado



Figura 24-3. EMD

Fuente: Autores

Para escoger el tipo de sensor de luminosidad más adecuado para nuestro sistema de iluminación realizamos una tabla de ponderaciones para verificar la mejor opción.

Tabla 16-3. Selección de sensores

Tipo de sensor	Conexión	Detección	Funcionamiento	Adquisición	Precio	NT
Photoelectric control	5	4	4	5	5	23
EMD Control de iluminación combinado	5	5	5	2	3	20

Fuente: Autores

Por medio de la realización de esta tabla de ponderaciones podemos escoger el sensor que nos haga falta y que este más acorde en el sistema de iluminación automática que vamos a realizar, por ende nuestra mejor opción es el Photoelectric control puesto que es muy fácil de conseguir y su costo no es muy algo.



Figura 25-3. Photoelectric Control

Fuente: Autores

Para la calibración del sensor de luminosidad tenemos que destapar la célula fotoeléctrica y proceder a hacer las respectivas calibraciones en base a la señal emitida por el proyector y la que nos da el entorno.

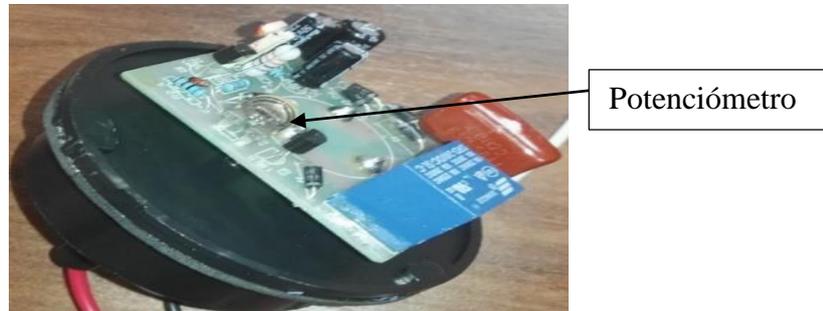


Figura 26-3. Calibración de Potenciómetro

Fuente: Autores

Por medio del potenciómetro se procede hacer la calibración con ayuda de un luxómetro para medir el nivel de luminosidad que nos da el proyector y la emitida por el medio ambiente.

Como la normativa de iluminación nos indica para la iluminación que necesitamos en el salón rosado es de 300 a 750 lux:

Tabla 17-3. Nivel de Iluminación

TIPO DE RECINTO Y ACTIVIDAD	NIVELES DE ILUMINANCIA (lx)		
	Mínimo.	Medio	Máximo
Áreas generales en las edificaciones			
Salas de conferencias			
Iluminación general	300	500	750
Tableros	500	750	1000
Bancos de demostración	500	750	1000
Laboratorios	300	500	750
Salas de arte	300	500	750
Talleres	300	500	750
Salas de asamblea	150	200	300

Fuente: Decreto N° 351-79. NORMA EUROPEA

3.7 Construcción del sistema

Parea la construcción del sistema automático necesitamos ciertos implementos que nos permitan que por medio de conexiones y programación nuestro sistema de iluminación funcione de una manera adecuada.

Los implementos que vamos a utilizar son los siguientes:

- 1 Arduino MEGA.- este es el que se va a encargar
- 8 resistencias de 10 k Ω
- módulos L 298 N (puente H)
- modulo relé
- 1 Contactor de 16 amperios
- 1 Breker de 16 amperios
- 10 relés ly2 110 V
- Cable jumper
- Cable # 18
- Caja de paro 40*40
- 1 regulador de voltaje de 24 V
- 6 Finales de carrera

Esquema del sistema eléctrico completo.

En el siguiente grafico podemos verificar las conexiones cada uno de los elementos que se utilizaron para la creación del sistema automático de iluminación.

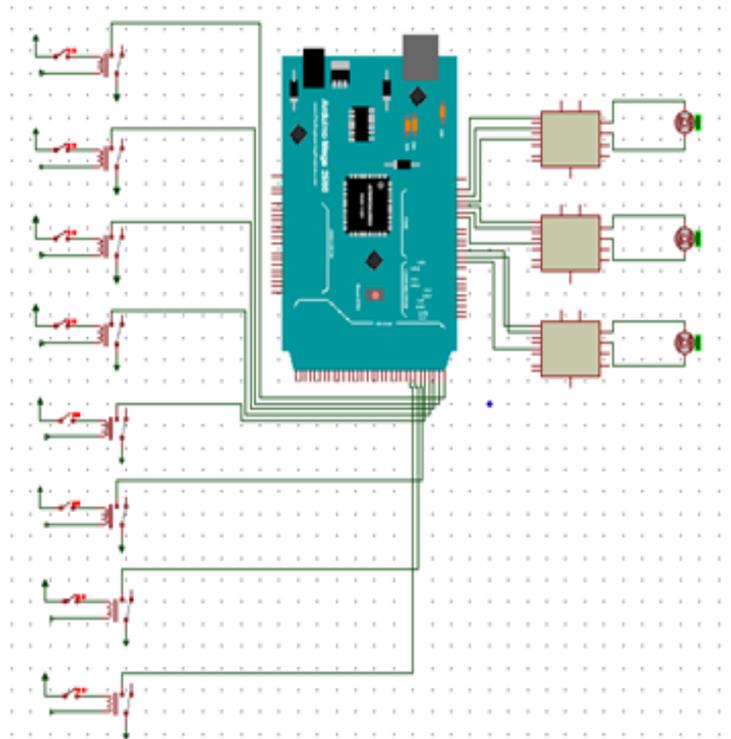


Figura 27-3. Conexión del sistema eléctrico

Fuente: Autores

Esquema de conexiones del Arduino Mega con el puente H y los motores de las cortinas para funcionamiento automático.

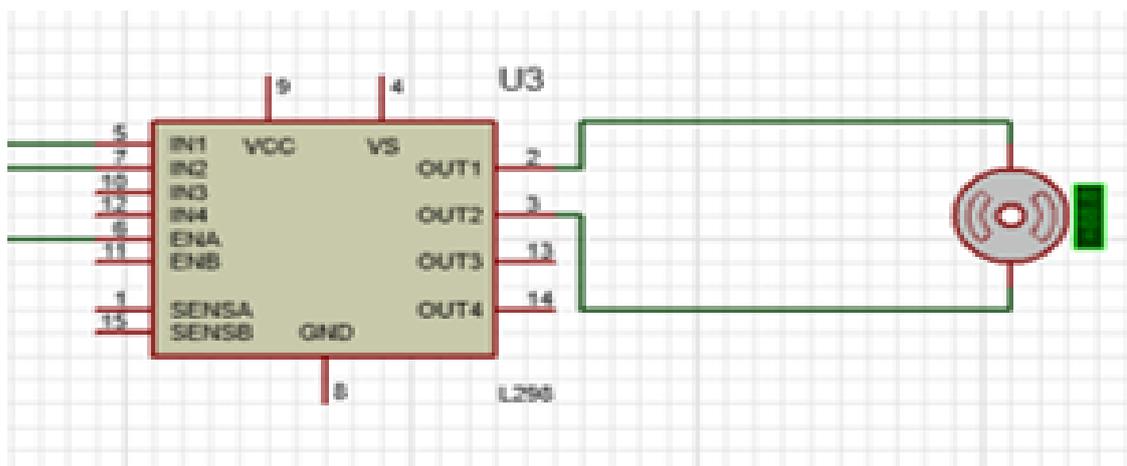


Figura 28-3. Conexión Puente H con el Motor

Fuente: Autores

El puente H es el que se encargara de emitir una señal para que cada que las cortinas topen con los finales de carrera este se encargue de parar el motor e invertir el giro en caso de ser necesario.

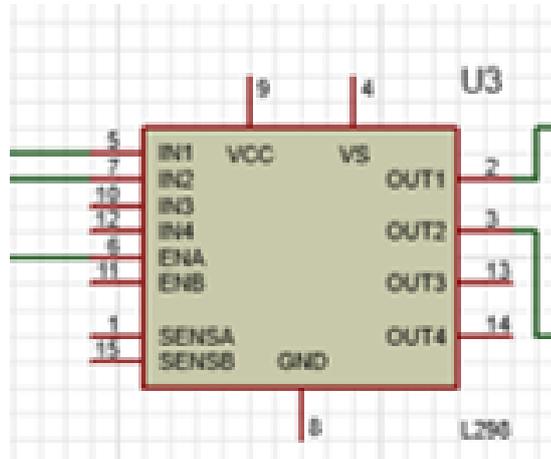


Figura 29-3. Puente H

Fuente: Autores

Conexiones en el Arduino Mega entradas y salidas

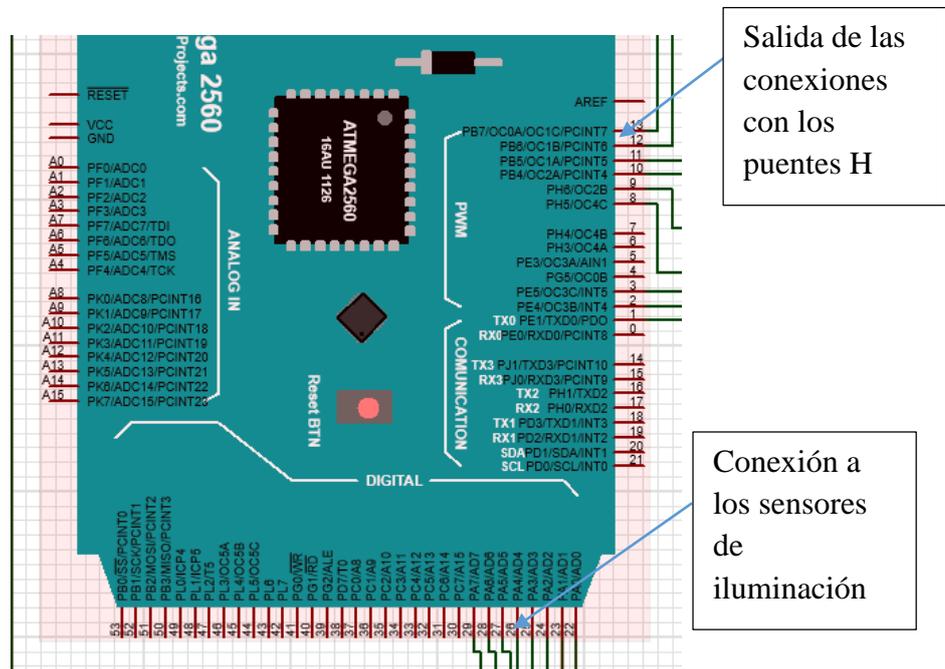


Figura 30-3. Conexiones del Arduino MEGA

Fuente: Autores

Esquema de conexiones de finales de carrera con la bobina para la identificación que la cortina se encuentra en el punto máximo o mínimo.

Los finales de carrera se encargaran de que el motor pare y así evitar daños en el sistema de iluminación.

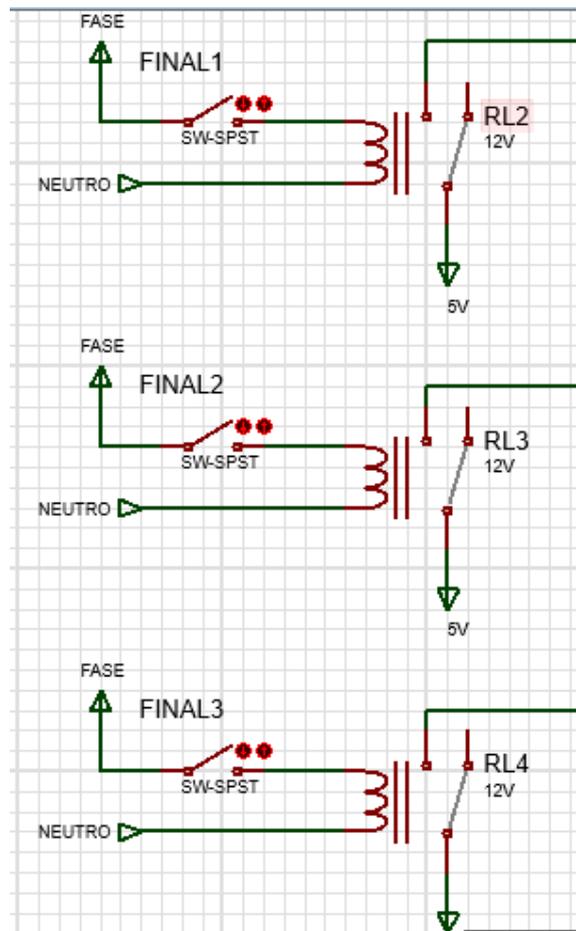


Figura 31-3. Conexión de Relés y Sensores de Iluminación

Fuente: Autores

Conexiones de los sensores de iluminación y luces para el funcionamiento automático del sistema de iluminación.

1.- El sistema de iluminación de penderá del uso del proyector, por ende cuando el proyector esté funcionando emitirá un haz de luz al sensor de luminosidad el cual se encargara de emitir una señal para que las cortinas bajen y las luminarias se apaguen siempre y cuando el proyector se encuentre en funcionamiento.

Para esto se ha procedido hacer las mediciones con el luxómetro y la señal emitida por el proyector es de 389 lux;



Figura 32-3. Medición del luxómetro

Fuente: Autores

Por lo cual se calibro al sensor para que cuando se emita un haz de luz en un rango de 350 lux a 800 lux se proceda al cierre de cortinas y apagado de luces.



Figura 33-3. Cierre de cortinas y apagado de luces

Fuente: Autores

2.- El sensor que se encuentra en el exterior emita una señal con la que nos dirá que la iluminación no es la suficiente por lo cual es necesario que las luminarias se enciendan, por lo tanto las cortinas procederán al cierre automático.

El rango de iluminación medido en el exterior es de 307 lux:



Figura 34-3. Medición del Luxómetro

Fuente: Autores

Los rangos de iluminación necesaria según la normativa es de un mínimo de 300 lux son los siguientes:

Tabla 18-3. Iluminación

Salas de conferencias	Mínimo	Medio	Máximo
Iluminación general	300	500	750
Tableros	500	750	1000
Bancos de demostración	500	750	1000
Laboratorios	300	500	750
Salas de arte	300	500	750
Talleres	300	500	750
Salas de asamblea	150	200	300

Fuente: (TECNOLOGIA, 2001)

Por lo cual la calibración con la que se tomó en cuenta en el exterior es de 300 lux a 800 lux y esta se pondrá en funcionamiento siempre y cuando el proyector no esté en uso y si la iluminación es menor se procederá al cierre de cortinas y encendido de luces.

3.8 Instalación del software y carga del programa

Para la instalación del programa procedemos a buscar en la página principal de Arduino ingresamos a Arduino home buscamos el software verificamos las características de nuestro CPU, buscamos un instalador de acuerdo a las características de nuestro sistema y procedemos a la descarga.

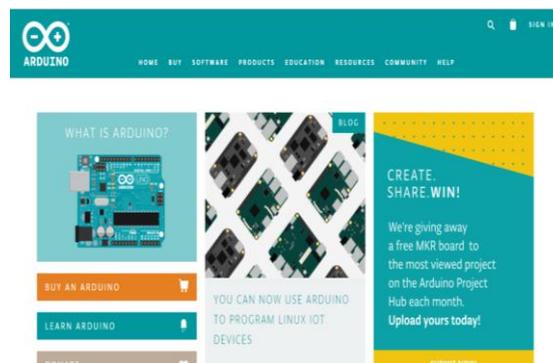


Figura 35-3. Instalación del Arduino

Fuente: Autores

Ejecutamos como administrador:

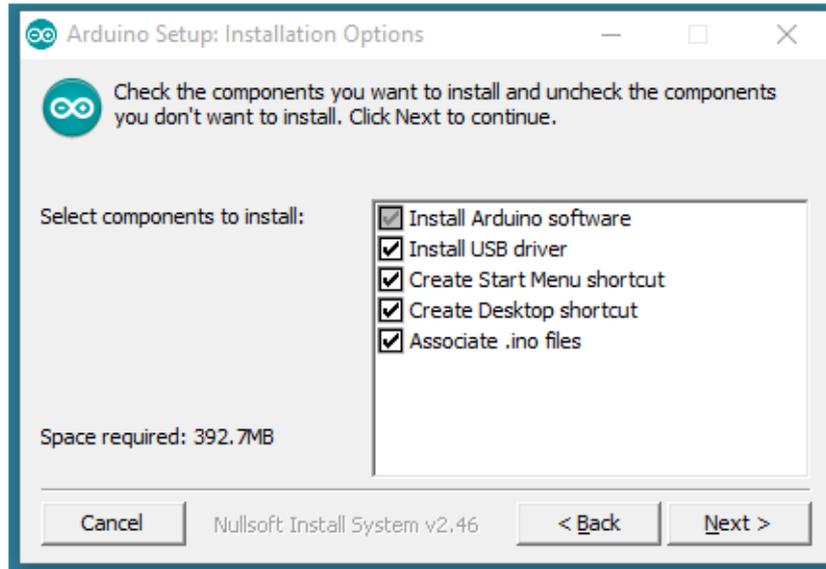


Figura 36-3. Chequeo de Componente

Fuente: Autores

Seleccionamos todos los ítems para que el software funcione de forma correcta con la conexión con el Arduino.

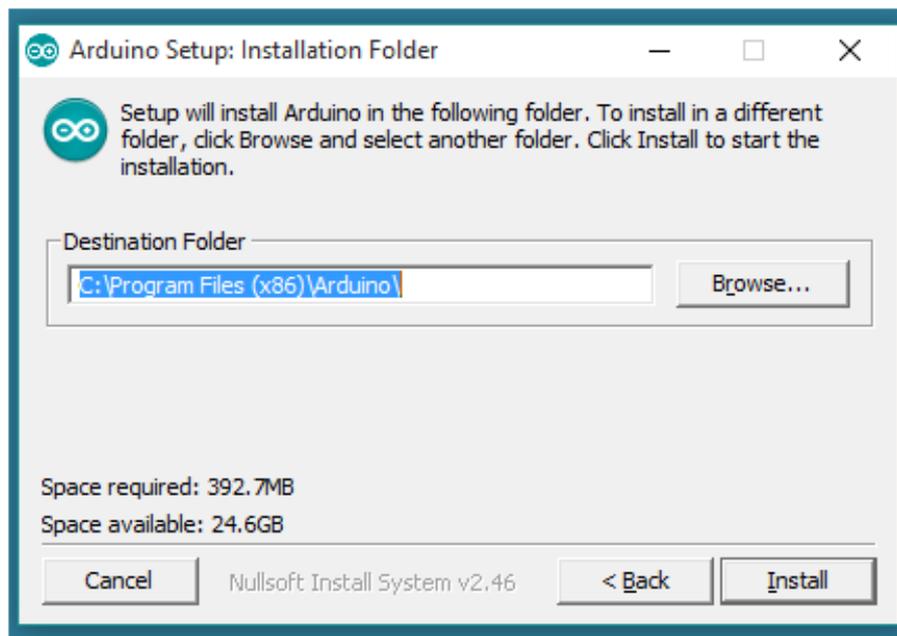


Figura 37-3. Selección de Disco

Fuente: Autores

Enviamos al disco local C:

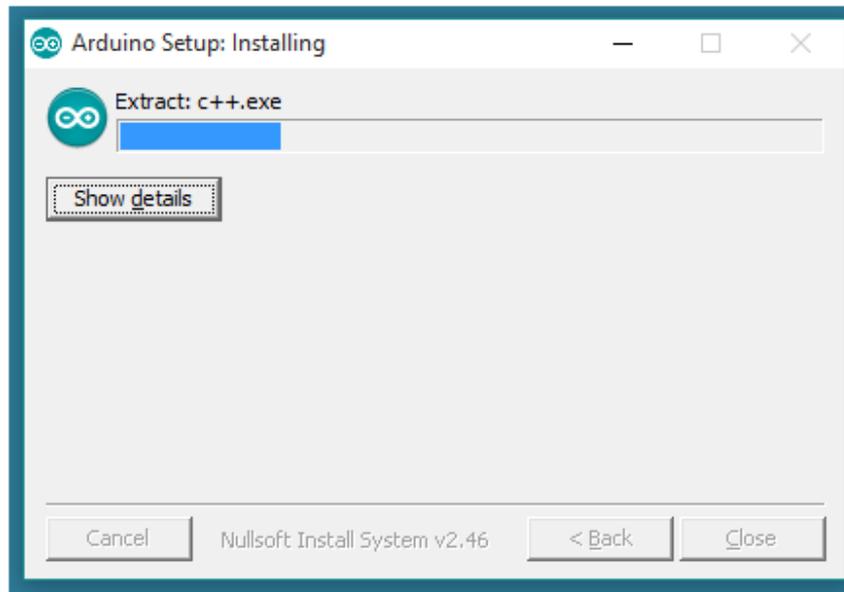


Figura 38-3. Instalación del Arduino

Fuente: Autores

Esperamos que se acabe de instalar.

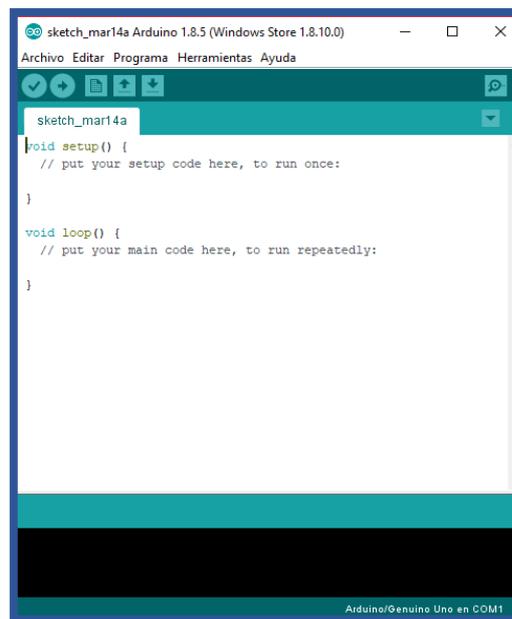


Figura 39-3. Arduino Instalado

Fuente: Autores

El programa está listo para su funcionamiento.

Se realiza la carga de la programación piloto para la realización de la comprobación del funcionamiento del sistema automático así que procedemos a la carga del programa en el Arduino para comprobar si las conexiones de las instalaciones se encuentran bien realizadas y verificar el funcionamiento de todos sus componentes.

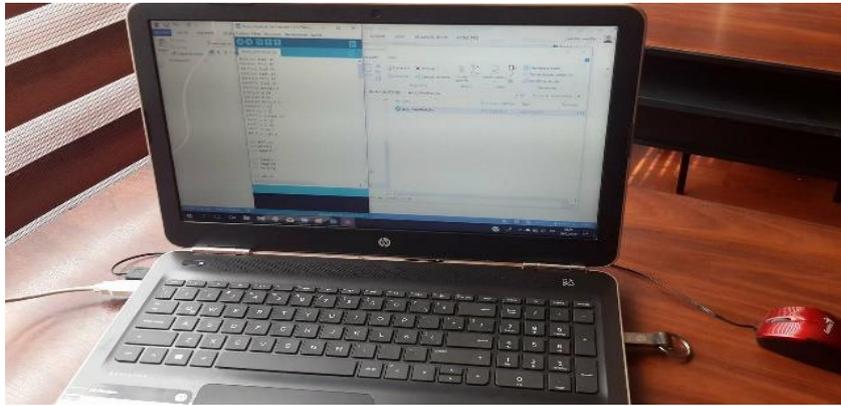


Figura 40-3. Carga del Programa para Pruebas de Funcionamiento

Fuente: Autores

3.8.1 Programación en el Arduino. La programación del Arduino se realizó con la siguiente estructura, la iluminación que tenga el salón rosado dependerá de la utilización del proyector siempre y cuando este se encuentre en funcionamiento se restringirá la utilización de la señal emitida por el otro sensor.

Lo que nos quiere decir es que no importa la cantidad de luz emitida por el exterior el sensor que se encuentra en el interior es el que se encarga de dar las ordenes principales.

Una vez que deje de funcionar el proyector la programación se regirá al sensor ubicado en el exterior y de este dependerá el grado de iluminación del sistema automático, ya que como está regulado se encargará del encendido de las luminarias si la luz exterior está por debajo de los 440 lux.

Por otra parte una de las programaciones que se añadió es que funcione por medio de un pulsador solo las cortinas para que las personas que se encuentran en las instalaciones procedan a moverlas sin necesidad del uso de los sensores.

```
#define fin1 49
```

```
#define fin2 47
```

```
#define fin3 45

#define fin4 43

#define fin5 41

#define fin6 39

#define motor1 8

#define a 24

#define b 22

#define motor2 9

#define c 26

#define d 28

#define motor3 10

#define e 30

#define f 32

#define on 0

#define off 1

int ban1=0;

int ban2=0;

int ban3=0;

int ban4=0;

int ban5=0;

int ban6=0;

int uno=0;

int dos=0;
```

```
int tres=0;

int cuatro=0;

int cinco=0;

int seis=0;

void setup()

Serial.begin(9600);

pinMode(fin1,INPUT);

pinMode(fin2,INPUT);

pinMode(fin3,INPUT);

pinMode(fin4,INPUT);

pinMode(fin5,INPUT);

pinMode(fin6,INPUT);

pinMode(a,OUTPUT);

pinMode(b,OUTPUT);

pinMode(c,OUTPUT);

pinMode(d,OUTPUT);

pinMode(e,OUTPUT);

pinMode(f,OUTPUT);

pinMode(11,OUTPUT);

void loop()

//si es noche, el sistema cierra las cortinas

if (analogRead(14) > 100)

    if (ban2==0)
```

```
analogWrite(motor1,255);

digitalWrite(a,uno);

digitalWrite(b,!uno);

analogWrite(motor2,255);

digitalWrite(c,dos);

digitalWrite(d,!dos);

analogWrite(motor3,255);

digitalWrite(e,tres);

digitalWrite(f,!tres);

if (analogRead(11) > 100 && analogRead(10) < 100)

analogWrite(motor1,255);

digitalWrite(a,!uno);

digitalWrite(b,uno);

analogWrite(motor2,255);

digitalWrite(c,!dos);

digitalWrite(d,dos);

analogWrite(motor2,255);

digitalWrite(e,!tres);

digitalWrite(f,tres);

ban2=1;

if (analogRead(11) < 100 && analogRead(10) > 100)

analogWrite(motor1,0);

digitalWrite(a,0);
```

```
digitalWrite(b,0);

analogWrite(motor2,0);

digitalWrite(c,0);

digitalWrite(d,0);

analogWrite(motor3,0);

digitalWrite(e,0);

digitalWrite(f,0);

if (analogRead(15) > 100)

digitalWrite(11,1);

if (analogRead(15) < 100)

digitalWrite(11,0);

ban2=1;

// si es de dia

if (analogRead(14) < 100)

if (ban5==0)

analogWrite(motor1,255);

digitalWrite(a,!uno);

digitalWrite(b,dos);

analogWrite(motor2,255);

digitalWrite(c,!tres);

digitalWrite(d,tres);

analogWrite(motor3,255);

digitalWrite(e,!tres);
```

```
digitalWrite(f,tres);

if (analogRead(11) < 100 && analogRead(10) > 100)

analogWrite(motor1,255);

digitalWrite(a,uno);

digitalWrite(b,!uno);

analogWrite(motor2,255);

digitalWrite(c,dos);

digitalWrite(d,!dos);

analogWrite(motor3,255);

digitalWrite(e,tres);

digitalWrite(f,!tres);

ban5=1;

if (analogRead(11) > 100 && analogRead(10) < 100)

analogWrite(motor1,0);

digitalWrite(a,0);

digitalWrite(b,0);

analogWrite(motor2,0);

digitalWrite(c,0);

digitalWrite(d,0);

analogWrite(motor3,0);

digitalWrite(e,0);

digitalWrite(f,0);

if (analogRead(15) > 100)
```

```
digitalWrite(11,0);

if (analogRead(15) < 100)

digitalWrite(11,1);

ban5=1;

if ( analogRead(15) < 100)

if (ban6==0)

analogWrite(motor1,255);

digitalWrite(a,uno);

digitalWrite(b,!uno);

analogWrite(motor2,255);

digitalWrite(c,dos);

digitalWrite(d,!dos);

analogWrite(motor2,255);

digitalWrite(e,tres);

digitalWrite(f,!tres);

if (analogRead(11) > 100 && analogRead(10) < 100)

analogWrite(motor1,255);

digitalWrite(a,!uno);

digitalWrite(b,uno);

analogWrite(motor2,255);

digitalWrite(c,!dos);

digitalWrite(d,dos);

analogWrite(motor3,255);
```

```
digitalWrite(c,!tres);

digitalWrite(d,tres);

ban6=1;

if (analogRead(11) < 100 && analogRead(10) > 100)

analogWrite(motor1,0);

digitalWrite(a,0);

digitalWrite(b,0);

analogWrite(motor2,0);

digitalWrite(c,0);

digitalWrite(d,0);

analogWrite(motor3,0);

digitalWrite(e,0);

digitalWrite(f,0);

if (analogRead(15) > 100)

digitalWrite(11,1);

if (analogRead(15) < 100)

digitalWrite(11,0);

ban6=1;

delay(100);
```

3.9 Pruebas y funcionamiento



Figura 41-3. Pruebas de Funcionamiento

Fuente: Autores

Para la realización de las pruebas de funcionamiento se establecieron ciertos parámetros para la verificación de la correcta marcha del sistema de iluminación automático en las diferentes condiciones de utilización del salón rosado.

Entre los principales tenemos:

- El uso del proyector
- La luz que posee el exterior

3.9.1 El uso de Proyector

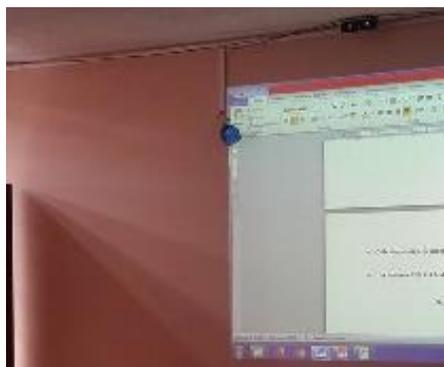


Figura 42-3. Sensor del Proyector

Fuente: Autores

Se comprobó que con el encendido del Proyector las cortinas se cierran automáticamente se apagan las luminarias en el interior para que la proyección que se tiene sea el adecuado

para evitar deslumbramiento o fatiga ocular y se encuentre en los rangos de 300 a 700 luxes determinados en la normativa mexicana.

El sensor que se encuentra ubicado en el interior va hacer el que se encargue de enviar las órdenes principales, puesto que no importa que haya luz en el exterior siempre y cuando el proyector le emita una señal que diga que esta encendido este procederá al cierre automático de cortinas y apagado de luces.

3.9.2 La luz exterior



Figura 43-3. Sensor Exterior

Fuente: Autores

Como la iluminación del medio ambiente siempre varia se comprobó que con el sensor ubicado en el exterior mientras la luz producida en el exterior sea la adecuada el sistema automático abra y cierre de las cortina según sea necesario.

Para esto se realizó una regulación en el sensor de iluminación ubicado en el exterior, por medio del luxómetro para que su rango mínimo de iluminación sea de 350 lux haciendo que el consumo energético disminuya y el sistema de iluminación sea eficiente.

3.10 Análisis de resultados

Para el análisis de resultado se realizó una evaluación con respecto al consumo energético que el aula rosada generaba y la situación actual con el funcionamiento de los sensores de luminosidad puesto que esta es un aula inteligente que se encargara de regular su funcionar según el requerimiento que tenga el personal que se encuentra dentro de las instalaciones.

3.10.1 *Calculo de consumo energético que generaba el aula rosada.* Para determinar el cálculo de consumo energético que se consume en el salón rosado se realizó un análisis en un periodo de tiempo de dos meses antes de hacer las instalaciones y después con las instalaciones automáticas.

- Situación anterior:

Tabla 19-3. Tabla de Consumo Energético

Registro de Consumo Energético del Salón Rosado			
Meses	Horas de Utilización	Kw	Consumo Energético
domingo, 1 de octubre de 2017			
lunes, 2 de octubre de 2017	4	0,065	0,26
martes, 3 de octubre de 2017	5	0,065	0,325
miércoles, 4 de octubre de 2017	4	0,065	0,26
jueves, 5 de octubre de 2017	6	0,065	0,39
viernes, 6 de octubre de 2017	5	0,065	0,325
sábado, 7 de octubre de 2017			
domingo, 8 de octubre de 2017			
lunes, 9 de octubre de 2017			
martes, 10 de octubre de 2017	3	0,065	0,195
miércoles, 11 de octubre de 2017	6	0,065	0,39
jueves, 12 de octubre de 2017	5	0,065	0,325
viernes, 13 de octubre de 2017	6	0,065	0,39
sábado, 14 de octubre de 2017			
domingo, 15 de octubre de 2017			
lunes, 16 de octubre de 2017	4	0,065	0,26
martes, 17 de octubre de 2017	3	0,065	0,195
miércoles, 18 de octubre de 2017	6	0,065	0,39
jueves, 19 de octubre de 2017	5	0,065	0,325
viernes, 20 de octubre de 2017	6	0,065	0,39
sábado, 21 de octubre de 2017			
domingo, 22 de octubre de 2017			
lunes, 23 de octubre de 2017	6	0,065	0,39
martes, 24 de octubre de 2017	3	0,065	0,195
miércoles, 25 de octubre de 2017	7	0,065	0,455
jueves, 26 de octubre de 2017	4	0,065	0,26
viernes, 27 de octubre de 2017	6	0,065	0,39
sábado, 28 de octubre de 2017			
domingo, 29 de octubre de 2017			
lunes, 30 de octubre de 2017	4	0,065	0,26
martes, 31 de octubre de 2017	3	0,065	0,195
miércoles, 1 de noviembre de 2017	6	0,065	0,39

Tabla 19-3. (Continua) Tabla de Consumo Energético

jueves, 2 de noviembre de 2017	5	0,065	0,325
viernes, 3 de noviembre de 2017	6	0,065	0,39
sábado, 4 de noviembre de 2017			
domingo, 5 de noviembre de 2017			
lunes, 6 de noviembre de 2017	6	0,065	0,39
martes, 7 de noviembre de 2017	3	0,065	0,195
miércoles, 8 de noviembre de 2017	7	0,065	0,455
jueves, 9 de noviembre de 2017	4	0,065	0,26
viernes, 10 de noviembre de 2017	6	0,065	0,39
sábado, 11 de noviembre de 2017			0
domingo, 12 de noviembre de 2017			0
lunes, 13 de noviembre de 2017	6	0,065	0,39
martes, 14 de noviembre de 2017	3	0,065	0,195
miércoles, 15 de noviembre de 2017	7	0,065	0,455
jueves, 16 de noviembre de 2017	4	0,065	0,26
viernes, 17 de noviembre de 2017	6	0,065	0,39
sábado, 18 de noviembre de 2017			
domingo, 19 de noviembre de 2017			
lunes, 20 de noviembre de 2017	4	0,065	0,26
martes, 21 de noviembre de 2017	3	0,065	0,195
miércoles, 22 de noviembre de 2017	6	0,065	0,39
jueves, 23 de noviembre de 2017	5	0,065	0,325
viernes, 24 de noviembre de 2017	6	0,065	0,39
sábado, 25 de noviembre de 2017			
domingo, 26 de noviembre de 2017			
lunes, 27 de noviembre de 2017	4	0,065	0,26
martes, 28 de noviembre de 2017	3	0,065	0,195
miércoles, 29 de noviembre de 2017	6	0,065	0,39
jueves, 30 de noviembre de 2017	5	0,065	0,325
Total	212		13,78

Fuente: Autores

Con esto se ha establecido las horas de utilización del salón rosado en un periodo de dos meses por lo tanto procedemos a realizar el cálculo de consumo energético:

Calculo:

T= 212 h de utilización en el periodo de dos meses.

Una lámpara fluorescente tiene un consumo de 65 watts por hora de uso.

Si transformamos a kwatts tenemos:

$$\frac{65 \text{ watts}}{1000} = 0.065 \text{ kw}$$

$$0.065 \text{ kwatts} * 212h = 13.78 \text{ kwh}$$

Tenemos un consumo de 13.78 kwh por luminaria, como tenemos 12 luminarias tenemos:

$$13.78 \text{ kwh} * 12 = 165.36 \text{ kwh}$$

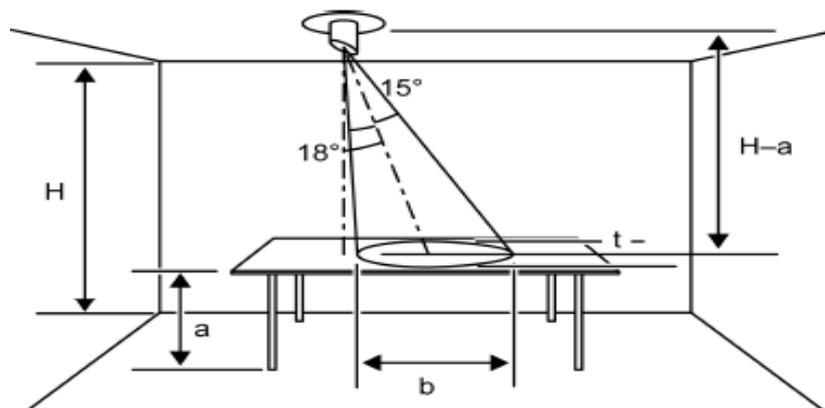


Figura 44-3. Consumo Energético con Subsidios

Fuente: Autores

Por medio de una regla de tres determinamos el consumo energético en dólares.

$$150kwh = 9.05 \text{ dolares}$$

$$165.36 \text{ kwh} = x$$

$$x = 9.97 \text{ dolares}$$

Mensualmente se gastaba un promedio de 9.75 dólares al mes solo en el salón rosado.

- Determinación de la situación actual:

Tabla 20-3. Consumo energetico actual

Registro de actividades del salón rosado			
Mes	H de uso	Kw	Consumo
viernes, 1 de diciembre de 2017	3	0,065	0,078
sábado, 2 de diciembre de 2017		0,065	0
domingo, 3 de diciembre de 2017		0,065	0
lunes, 4 de diciembre de 2017	6	0,065	0,156
martes, 5 de diciembre de 2017	5	0,065	0,13
miércoles, 6 de diciembre de 2017	3	0,065	0,078
jueves, 7 de diciembre de 2017	3	0,065	0,078
viernes, 8 de diciembre de 2017	5	0,065	0,13
sábado, 9 de diciembre de 2017		0,065	0
domingo, 10 de diciembre de 2017		0,065	0
lunes, 11 de diciembre de 2017	4	0,065	0,104
martes, 12 de diciembre de 2017	6	0,065	0,156
miércoles, 13 de diciembre de 2017	6	0,065	0,156
jueves, 14 de diciembre de 2017	3	0,065	0,078
viernes, 15 de diciembre de 2017	7	0,065	0,182
sábado, 16 de diciembre de 2017		0,065	0
domingo, 17 de diciembre de 2017		0,065	0
lunes, 18 de diciembre de 2017	4	0,065	0,104
martes, 19 de diciembre de 2017	6	0,065	0,156
miércoles, 20 de diciembre de 2017	4	0,065	0,104
jueves, 21 de diciembre de 2017	5	0,065	0,13
viernes, 22 de diciembre de 2017	4	0,065	0,104
sábado, 23 de diciembre de 2017		0,065	0
domingo, 24 de diciembre de 2017		0,065	0
lunes, 25 de diciembre de 2017	6	0,065	0,156
martes, 26 de diciembre de 2017	5	0,065	0,13
miércoles, 27 de diciembre de 2017	4	0,065	0,104
jueves, 28 de diciembre de 2017	5	0,065	0,13
viernes, 29 de diciembre de 2017	4	0,065	0,104
sábado, 30 de diciembre de 2017		0,065	0
domingo, 31 de diciembre de 2017		0,065	0
lunes, 1 de enero de 2018		0,065	0
martes, 2 de enero de 2018		0,065	0
miércoles, 3 de enero de 2018		0,065	0
jueves, 4 de enero de 2018	3	0,065	0,078
viernes, 5 de enero de 2018	7	0,065	0,182

Tabla 20-3. (Continua) Consumo energetico actual

sábado, 6 de enero de 2018		0,065	0
domingo, 7 de enero de 2018		0,065	0
lunes, 8 de enero de 2018	4	0,065	0,104
martes, 9 de enero de 2018	6	0,065	0,156
miércoles, 10 de enero de 2018	4	0,065	0,104
jueves, 11 de enero de 2018	5	0,065	0,13
viernes, 12 de enero de 2018	4	0,065	0,104
sábado, 13 de enero de 2018		0,065	0
domingo, 14 de enero de 2018		0,065	0
lunes, 15 de enero de 2018	6	0,065	0,156
martes, 16 de enero de 2018	5	0,065	0,13
miércoles, 17 de enero de 2018	4	0,065	0,104
jueves, 18 de enero de 2018	5	0,065	0,13
viernes, 19 de enero de 2018	4	0,065	0,104
sábado, 20 de enero de 2018		0,065	0
domingo, 21 de enero de 2018		0,065	0
lunes, 22 de enero de 2018	6	0,065	0,156
martes, 23 de enero de 2018	5	0,065	0,13
miércoles, 24 de enero de 2018	6	0,065	0,156
jueves, 25 de enero de 2018	3	0,065	0,078
viernes, 26 de enero de 2018	7	0,065	0,182
sábado, 27 de enero de 2018		0,065	0
domingo, 28 de enero de 2018		0,065	0
lunes, 29 de enero de 2018	4	0,065	0,104
Total	195		5,07

Fuente: Autores

Multiplicamos el total de kwh obtenidos en la tabla anterior por 12 debido a que es el número de luminarias que tiene el salón rosado y obtenemos el total de kwh durante los dos meses en el periodo de Enero-Febrero 2018.

$$5.07 * 12 = 60.84 \text{ kwh}$$

Por medio de una regla de tres obtenemos el gasto en dólares con el sistema de iluminación automático.

$$150 \text{ kwh} = 9.05 \text{ dolares}$$

$$60.84 \text{ kwh} = X$$

$$x = 3.67 \text{ dolares}$$

Esto nos quiere decir que con el sistema automático de iluminación el gasto en el periodo de dos meses es solo de 3.67 dólares.

En comparación con el sistema de iluminación anterior hay una diferencia de 5.99 dólares en gasto energético lo cual nos indica que la implementación del sistema de iluminación es beneficioso para la ESPOCH. Ya que disminuye el consumo energético y nos brinda un sistema de luminosidad adecuado para las personas que se encuentran en las instalaciones.

3.10.1.1 Determinación del nivel de iluminación del salón rosado. Por medio de los siguientes pasos podemos determinar si el grado de iluminación que se tiene en el lugar es el indicado según lo establece la Norma Oficial Mexicana NOM-025-STPS-2008:

- a) Seleccionar el área de trabajo, donde se evaluará los niveles de iluminación.
- b) Identificar el puesto de trabajo, dentro del área de trabajo (Según Anexo 1 Tabla 3).
- c) Calcular el índice de área, para establecer el número de zonas a evaluar, está dado por la ecuación siguiente:

$$IC = \frac{(x)(y)}{h(x + y)}$$

Dónde:

IC = índice del área.

x, y = dimensiones del área (largo y ancho), en metros.

h = altura de la luminaria respecto al plano de trabajo, en metros.

$$IC = \frac{(9.36)(6.2)}{2.5(9.36 + 6.2)}$$

$$IC = 58.032/38.9$$

$$IC = 1.49$$

A partir de la ecuación se obtiene el número mínimo de puntos de medición Tabla 1 Anexo 1.

En la cual determinamos que el mínimo de mediciones en el área es de 9 por sector y en la cual tenemos las siguientes mediciones con el luxómetro.



Figura 45-3. Toma de Mediciones

Fuente: Autores

El instrumento con el que procede hacer las mediciones es con el luxómetro una aplicación que tiene el teléfono y se la puede encontrar gratuita en googleplay por lo cual esta aplicación tiene un rango de error del 5% al 8% entonces se tiene que hacer correcciones al determinar los resultados.



Figura 46-3. Luxómetro

Fuente: Autores

Para la toma de mediciones se las ha realizado diez mediciones en diferentes horas del día para determinar si el grado de iluminación que se obtiene en el interior es bueno.

Por medio del plano ubicamos los puntos donde vamos a realizar las mediciones.

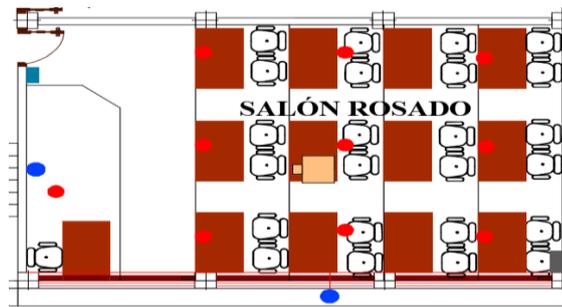


Figura 47-3. Puntos para toma de datos

Fuente: Autores

- **Mediciones realizadas en la mañana**

Tabla 21-3. Medidas en la mañana

Tabla de Mediciones	
Medición 1	580
Medición2	426
Medición3	526
Medición4	560
Medición5	562
Medición6	412
Medición7	483
Medición8	512
Medición9	586
Medición10	574
Total	5221

Fuente: Autores

Después de haber obtenido estas mediciones procedemos a sacar la media para determinar si el nivel de iluminación en el salón rosado es el adecuado.

$$M=5221/10$$

$$M= 522.1 \text{ lux}$$

- **Mediciones en la tarde:**

Tabla 22-3. Mediciones en la tarde

<i>Tabla de Mediciones</i>	
<i>Medición 1</i>	450
<i>Medición 2</i>	425
<i>Medición 3</i>	530
<i>Medición 4</i>	390
<i>Medición 5</i>	475
<i>Medición 6</i>	501
<i>Medición 7</i>	390
<i>Medición 8</i>	420
<i>Medición 9</i>	586
<i>Medición 10</i>	574
<i>Total</i>	4741

Fuente: Autores

Después de haber obtenido estas mediciones procedemos a sacar la media para determinar si el nivel de iluminación en el salón rosado es el adecuado.

$$M=4741/10$$

$$M= 474.1 \text{ lux}$$

- **Mediciones en la noche**

Tabla 23-3. Mediciones

Toma de Mediciones	
medición 1	389
medición 2	484
medición 3	502
medición 4	481
medición 5	453
medición 6	391
medición 7	411
Total	4487

Fuente: Autores

Después de haber obtenido estas mediciones procedemos a sacar la media para determinar si el nivel de iluminación en el salón rosado es el adecuado.

$$M=4487/10$$

$$M= 448.7 \text{ lux}$$

Por lo tanto las distintas tomas de iluminación que se obtiene en el salón rosado a diferentes horas del día, son satisfactorias para nuestra necesidad ya que está en los rangos permisibles 300 lux a 800 lux según el Decreto N° 351-79. NORMA EUROPEA.

3.10.1.2 Análisis ergonómico. Por medio de un análisis ergonómico podemos determinar si el confort visual que se genera en el salón rosado es el adecuado, Para esto tenemos que tener en cuenta ciertos parámetros con los que se debe cumplir para tener un buen confort visual.

- **Sistema de iluminación adecuado dependiendo del tipo de tarea que se realice.**

En este punto ya nosotros hemos cumplido con los requerimientos gracias al estudio realizado posteriormente para determinar si el grado de iluminación en el salón rosado con la implementación del sistema automático es el adecuado y los resultados obtenidos han sido satisfactorios ya que se encuentra en la media de 500 lux lo cual nos indica que hay una buena iluminación.

- **Evitar las reflexiones molestas**

Para este punto se analizara el grado de reflexividad que tienen las instalaciones con la siguiente ecuación.

$$Kf = (E1/E2) * 100$$

Dónde:

E1= porcentaje de reflexión medido con el luxómetro

E2= porcentaje de luz incidente

$$Kf = (130/380) * 100$$

$$Kf = 34.2\%$$

Como estipula la NORMA Oficial Mexicana NOM-025-STPS-2008 Anexo2 (Tabla2) que en tableros de trabajo el máximo permisible de reflexión es de 50% entonces como tenemos una reflexión de 34.2 % significa que no hay problemas con el grado de reflexión emitido por el salón rosado.

- **Prever el mantenimiento de las instalaciones**

Como se estableció anterior mente en el cálculo de luminarias el tipo de luminarias que se tenía y el tiempo de vida útil es el que se muestra en la tabla a continuación.

Tabla 24-3. Tipo de luminarias

Tipo de Lámpara	Rango de potencias	Tono de luz	Ra	lm / W	Vida media, h	Aplicación
Fluorescencia lineal 26 mm.	18-58	Cálido Neutro Frio	70-98	65-96	8000-16000	general

Fuente: Autores

CAPÍTULO IV

4. COSTOS.

4.1 Costos directos

Tabla 1-4. Costos directos

COSTOS DIRECTOS			
DESCRIPCION	CANTIDAD	COSTO INDIVIDUAL	COSTOS TOTAL
CORTINAS ELECTRICA	3	380	1140
ARDUINO	1	30	30
HERRAMIENTAS ADICIONALES	1	100	100
MATERIALES EN GENERAL	1	200	200
SENSORES DE LUMINOSIDAD	2	35	70
TALADRO ELECTRICO DEWALKS	1	35	35
TOTAL			1575

Fuente: Autores

4.2 Costos indirectos

Tabla 2-4. Costos indirectos

COSTOS INDIRECTOS	
DESCRIPCION	COSTOS
MANO DE OBRA INDIRECTA	200
IMPRESIONES	100
TOTAL	300

Fuente: Autores

4.3 Costos totales

Tabla 3-4. Costos totales

COSTOS TOTALES	
COSTOS DERECHOS	1736
COSTOS INDIRECTOS	300
TOTAL	1800

Fuente: Autores

CAPITULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Por medio de los cálculos de iluminación se determinó que el grado de luminosidad en el salón rosado es el adecuado porque tiene un promedio de 500 lux.

Por medio del programa DIALux podemos verificar que los cálculos realizados para determinar el número de lámparas requeridas son las correctas, puesto que con este programa nos da que se necesita 12 lámparas.

Por medio de un sistema automático de iluminación se ha determinado que el consumo energético en un edificio disminuye de un 40% a 50% lo cual nos genera menores costos.

Un edificio inteligente es beneficioso para el medio ambiente porque ayuda al aprovechamiento del consumo de energía externa y evitamos el uso de energía artificial.

Para escoger el tipo de lámparas que vamos a utilizar en un lugar de trabajo tenemos que tener en cuenta las actividades que se desarrollan en este sitio.

Durante el periodo de prueba se debe hacer varias evaluaciones a diferentes horas del día para determinar que el sistema de iluminación tenga un correcto funcionamiento.

Un espacio de trabajo tiene que estar acondicionado ergonómicamente para evitar cansancio y sobre esfuerzo en las personas dentro de la instalación.

5.2 Recomendaciones

Se debe tomar en cuenta para la instalación de todos los implementos el amperaje al que trabajan para evitar daño en el personal y en el equipo.

Tomar en cuenta la normativa legal vigente INEN 2 506:2009 para que el sistema automático de iluminación que se realice en cualquier área de trabajo esté dentro de los

Límites requeridos y establecido para evitar agotamiento en las personas que trabajan en las instalaciones.

Se recomienda realizar un aula inteligente dentro de la institución para que los estudiantes puedan apreciar como es el funcionamiento de dicha instalación.

Realizar la evaluación del funcionamiento de cada uno de los elementos que se van a conectar para que el sistema automático este en los parámetros requeridos.

Durante el periodo de prueba hay que realizar bien las regulaciones a los sensores de luminosidad para que estos tengan un funcionamiento eficiente.

Tener en cuenta el funcionamiento principal del sistema automático para que en base a esto sea realizada la programación.

Realizar las respectivas regulaciones en los sensores para que el funcionamiento del uno no afecte la función del otro.

BIBLIOGRAFIA

- CARREON, J.** *Manual de instalaciones y Fotoalumbrado*. Mexico:Balderas, 2004, pp. 5-60
- CHINCHILLA, R.** *Salud Y seguridad En el Trabajo*. Madrid-España:Imprint, 2010, pp. 12-27
- DIARIO OFICIAL.** *Norma Oficial Mexicana NOM-025-STPS-2008*, México:Diario Oficial, 2008, [Consulta: 28 septiembre 2018]. Disponible en: <<https://bit.ly/1PsCxgZ>>
- HARPER, G.** *Manual Práctico del Alumbrado*. México:LIMUSA, 2003, pp. 2005-280
- HENAO, F.** *Riesgos Físicos Iluminación*. 2da ed. Bogota-Colombia: Ecoe Ediciones, 2014 , pp. 30-35
- MONEDERO, J.** *Simulación visual de la iluminación*. Barcelona-España:Universidad politécnica de Cataluña, 2015 [Consulta: 10 agosto 2018]. Disponible en: <<http://hdl.handle.net/2117/80463>>
- PASARET, X.** *Domotica y hogar digital*. Madrid-España: Paraninfo, 2004, [Consulta: 12 agosto 2018]. Disponible en: <<http://www.paraninfo.es/catalogo/9788428328913/domotica-y-hogar-digital>>
- PILLIPS.** *Código Técnico de la Edificación y otras normas relacionadas con el alumbrado*. Países bajos: 2016, [Consulta: 23 octubre 2018]. Disponible en: <http://stsproyectos.com/U/P/PHILIPS_Normas_alumbrado.pdf>
- RODRIGUEZ J.** *Instalaciones domóticas*. Madrid-España:Paraninfo S.A., 2012, pp 45-46
- SERRANO, J. L., & TOLEDANO, J. C.** *Técnicas e Instalaciones Electricas*. Madrid:Copibook, 2009, pp. 87-120
- SIEMENS.** *LOGO Manual de producto*. Alemania:SIEMENS, 2016, [Consulta: 20 septiembre 2018]. Disponible en: <<https://sie.ag/2elx2Z3>>
- SIEMENS.** *SIMATIC S7 Controlador programable S7-1200 manual de sistema*. Alemania:SIEMENS, 2009, [Consulta: 20 septiembre 2018]. Disponible en: <<https://sie.ag/2fSwIBe>>
- TECNOLOGIA, M. D.** *Guía Técnica de Eficiencia Energética*. Madrid:Inprint, 2001, pp. 2-15.

