



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO**  
**UNIDAD ACADÉMICA PROFESIONAL TIANGUISTENCO**

---

---

LICENCIATURA DE INGENIERO EN PRODUCCIÓN INDUSTRIAL

**ESTUDIO Y DISEÑO DE UN SISTEMA AUTÓNOMO DE  
ILUMINACIÓN MEDIANTE SENSORES  
FOTORRECEPTORES PARA SU USO EN LA DOMÓTICA**

**TESIS**

PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
INGENIERO EN PRODUCCIÓN INDUSTRIAL

P R E S E N T A

**Ulices Camacho Altamirano**

DIRECTORES DE TESIS:

Dra. Irma Martínez Carrillo

Dr. Carlos Juárez Toledo

TIANGUISTENCO, MÉX ABRIL 2015

## **Dedicatorias**

Dedico la presente tesis con mucho cariño a mis padres quienes iniciaron esta gran aventura al brindarme la oportunidad de estudiar una carrera para mi futuro, son los primeros forjadores de este logro académico, aunque hemos pasado momentos difíciles siempre han estado apoyándome y brindándome todo su cariño y comprensión.

A mis hermanos por brindarme su apoyo en los momentos difíciles y encontrar siempre solución a mis problemas.

A mis amigos con los cuales es compartido tantas aventuras desde la preparatoria y aquellos que se fueron sumando a la noble causa en el transcurso de mi vida académica y deportiva.

A mis profesores quienes aportaron conocimiento, dedicación y paciencia para desarrollarme como profesionista y una mejor persona.

# Agradecimientos

A mis asesores Dra. Irma Martínez Carrillo y Dr. Carlos Juárez Toledo por el tiempo dedicado a mis dudas, correcciones e ideas, por el apoyo brindado en la parte teórica y práctica del trabajo y en todo momento atender mis necesidades académicas.

A mis revisores M. en A. Amador Huitrón Contreras y M. en I. Luis Alberto Huertas Abascal por su contribución en la retroalimentación tanto en las aulas como en el presente trabajo.

A mis padres y hermanos por su comprensión y apoyo a lo largo de esta trayectoria académica.

A mis entrenadores LED. Reyes Hernández Valdés y Prof. Alfredo Peñaloza Carmona quienes inculcaron en mí que el esfuerzo, la dedicación y la constancia son las bases para alcanzar mis objetivos.

A mis amigos que han compartido triunfos, tristezas y derrotas, han reído, llorado y han brindado un abrazo, o una palabra de aliento para seguir adelante.

A mi querida y amada novia por que durante todos estos años de carrera que ha compartido conmigo ha sabido apoyarme para continuar y nunca renunciar a mis objetivos.

Gracias a todas las personas que contribuyeron para alcanzar este logro.

# PRÓLOGO

La presente tesis surge de la idea de implementar un sistema de control autónomo de luminosidad, que tiene como finalidad evitar el desperdicio de luz en cualquier lugar que cuente con una ventana, por lo tanto el propósito del trabajo presentado es el de cumplir con la intención de servir para el estudio, análisis y control de sistemas en la domótica para trabajos posteriores.

Las técnicas de obtención de energía eléctrica incurren a costos elevados, así mismo el desperdicio de energía es mayor a la utilizada en la mayoría de los procesos industriales y servicios básicos que cubren las necesidades de la sociedad. Con el uso de tecnología y la sustitución de energías provenientes de recursos fósiles por energías renovables, puede reducirse considerablemente el desperdicio generado por los procesos con los cuales se satisfacen las necesidades del ser humano.

Las técnicas empleadas en el estudio realizado en el presente trabajo están enfocadas a la minimización del desperdicio de energía eléctrica con el cual se pretende aprovechar el máximo de energía solar en un entorno conocido. Para alcanzar dicho fin se desarrolló un dispositivo autónomo capaz de regular la variación luz en un espacio cerrado.

Para un servidor es grato y satisfactorio concluir el presente trabajo de tesis con lo cual espero sea de utilidad para la sociedad.

## **RESUMEN**

El presente trabajo está basado en técnicas y métodos de control de sistemas retroalimentados los cuales aplicados a un estudio de maximización de energías renovables nos permitirá automatizar y programar el control de luz solar dentro de una habitación, de esta manera el consumo de la luz eléctrica disminuirá y se aprovechará de manera óptima dicho recurso. Es de suma importancia puesto que la luz solar brinda un beneficio más saludable para la sociedad, debido que al generar electricidad el impacto potencial en el ambiente es diferente al utilizar combustibles fósiles y fuentes de energía renovable.

En la presente tesis el marco teórico planteado está formado en base al planteamiento del problema y se hace mención a los diseños para los cuales fue establecido el trabajo. El objetivo principal se centra en el estudio, análisis y desarrollo de un sistema autónomo con el que se pretende conocer la distribución de flujo de luminosidad solar en una habitación con características específicas conocidas.

Para cumplir con el objetivo, se expone una metodología basada en el estudio y uso de la domótica para analizar la distribución apropiada de sensores fotorresistencia en una superficie conocida, la información recabada del estudio de flujo nos llevará al cumplimiento del trabajo propuesto.

## ÍNDICE GENERAL

PRÓLOGO .....	3
RESUMEN .....	4
ÍNDICE DE FIGURAS .....	8
ÍNDICE DE TABLAS .....	10
ACRÓNIMOS .....	12

### CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN .....	14
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	16
1.2. OBJETIVOS .....	17
1.3. JUSTIFICACIÓN .....	17
1.4. METODOLOGÍA .....	18
1.5. ANTECEDENTES .....	19
1.6. ESTRUCTURA DE LA TESIS .....	21
1.7. REFERENCIAS .....	22

### CAPÍTULO 2

#### MARCO REFERENCIAL DE LUMINOSIDAD

2.1. INTRODUCCIÓN .....	23
2.2. PERCEPCIÓN DE LA LUZ SOLAR EN EL SER HUMANO .....	24
2.3. TIPOS DE SENSORES .....	26
2.3.1. Optoelectrónica .....	28
2.4. PRINCIPIOS BÁSICOS DE ILUMINACIÓN .....	31
2.4.1. Propagación .....	31
2.4.2. Principales unidades luminosas .....	33
2.4.3. Conceptos básicos .....	33
2.5. MÉTODOS DE ILUMINACIÓN .....	35
2.5.1. Iluminación por medio de ventanas .....	37
2.6. FUENTES LUMINOSAS .....	39

2.6.1. Lámparas fluorescentes .....	40
2.6.2. Lámparas de vapor de mercurio .....	40
2.6.3. Lámparas de vapor de sodio .....	41
2.7. CÁLCULO DE ILUMINACIÓN EN INTERIORES .....	43
2.7.1. Nivel de iluminación .....	43
2.7.2. Método del flujo total para el cálculo de alumbrado en interiores .....	45
2.7.3. Método de la cavidad de zona .....	46
2.8. REFERENCIAS .....	48

## **CAPÍTULO 3**

### **DISEÑO DE SISTEMA AUTÓNOMO DE ILUMINACIÓN**

3.1. INTRODUCCIÓN .....	49
3.2. CONCEPTOS GENERALES .....	50
3.3. IDENTIFICACIÓN DE ELEMENTOS EN UN SISTEMA DE INTENSIDAD LUMINOSA .....	52
3.3.1. Estudio de flujo dentro de la habitación .....	52
3.3.2. Programación del sistema de apertura y cierre de persianas .....	54
3.3.3. Calibración de fotorresistencias .....	55
3.4. MONTAJE E INSTALACIÓN .....	56
3.5. REFERENCIAS .....	62

## **CAPÍTULO 4**

### **IMPLEMENTACIÓN Y RESULTADOS**

4.1. INTRODUCCIÓN .....	63
4.2. CÁLCULO DEL FLUJO INTERIOR EMPLEANDO EL MÉTODO DE FLUJO TOTAL .....	64
4.3. DESCRIPCIÓN DEL PROTOTIPO .....	68
4.3.1. Características del prototipo .....	68
4.3.2. Prototipo de persianas automatizado .....	70
4.4. DESCRIPCIÓN DE PRUEBAS .....	71
4.5. REPRESENTACIÓN DE LAS PRUEBAS .....	77

4.6. REFERENCIAS .....	82
------------------------	----

## **CAPÍTULO 5**

### **CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS**

5.1. INTRODUCCIÓN .....	83
-------------------------	----

5.2. TRABAJOS FUTUROS .....	88
-----------------------------	----

### **ANEXOS**

ANEXO A1: CARACTERISTICAS DE DIFERENTES TIPOS DE LÁMPARAS .....	89
---	----

ANEXO A2: VALORES UTILIZADOS PARA EL CÁLCULO MATEMÁTICO	93
---	----

ANEXO A3: PROTOCOLO DE INVESTIGACIÓN PRESENTADO EN EL 4TO DIA REGIONAL DEL EMPRENDEDOR .....	95
--	----



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.1</b>	Metodología que se empleara para el desarrollo de este trabajo. ....	19
<b>Figura 2.1</b>	Estructura de cono y bastón. ....	25
<b>Figura 2.2</b>	Gráfica de Absorción de luz. ....	25
<b>Figura 2.3</b>	Componentes optoelectrónicos. ....	30
<b>Figura 2.4</b>	Espectro electromagnético. ....	31
<b>Figura 2.5</b>	Tipos de reflexión. ....	32
<b>Figura 2.6</b>	Diferentes tipos de iluminación. ....	36
<b>Figura 2.7</b>	Gráfica de variación de lux, medidas en un día claro. ....	38
<b>Figura 2.8</b>	Distribución de iluminación de una habitación. ....	39
<b>Figura 2.9</b>	Lámparas convencionales utilizadas con mayor frecuencia. ....	43
<b>Figura 2.10</b>	Distribución de cavidades. ....	47
<b>Figura 3.1</b>	Diagrama de bloques de un sistema abierto. ....	51
<b>Figura 3.2</b>	Diagrama de bloques de un sistema cerrado. ....	51
<b>Figura 3.3</b>	Diagrama de bloques de un sistema retroalimentado. ....	51
<b>Figura 3.4</b>	Diagrama de bloques de un sistema de iluminación. ....	54
<b>Figura 3.5</b>	Diagrama de calibración de fotorresistencias. ....	55
<b>Figura 3.6</b>	Diagrama de funcionamiento del circuito con la persiana. ....	57
<b>Figura 3.7</b>	Tarjeta utilizada en la programación. ....	58
<b>Figura 3.8</b>	Diagrama de procedimiento para montaje e instalación del sistema. ....	58
<b>Figura 3.9</b>	Calibración de las fotorresistencias. ....	59
<b>Figura 3.10</b>	Adecuación de los push botton. ....	59
<b>Figura 3.11</b>	Acoplamiento del circuito de control. ....	60

<b>Figura 3.12</b>	Construcción del prototipo físico de prueba. ....	60
<b>Figura 3.13</b>	Prototipo final del sistema de control autónomo de luminosidad. ....	61
<b>Figura 4.1</b>	Parte exterior del prototipo. ....	68
<b>Figura 4.2</b>	Distribución interior del prototipo. ....	69
<b>Figura 4.3</b>	Distribución del sistema de apertura y cierre de persianas. ....	70
<b>Figura 4.4</b>	Sistema de apertura y cierre de persianas. ....	71
<b>Figura 4.5</b>	Diagrama de procedimiento para prototipo casa habitación. ....	72
<b>Figura 4.6</b>	Diagrama de flujo de recolección de datos. ....	73
<b>Figura 4.7</b>	Modelo correspondiente al caso uno. ....	73
<b>Figura 4.8</b>	Modelo correspondiente al caso dos. ....	75
<b>Figura 4.9</b>	Modelo correspondiente al caso tres. ....	76
<b>Figura 4.10</b>	Gráfica Luz exterior contra Tiempo Caso 1. ....	77
<b>Figura 4.11</b>	Gráfica Luz interior contra Tiempo Caso 1. ....	77
<b>Figura 4.12</b>	Gráfica Luz exterior, Luz interior contra Tiempo Caso 1. ....	78
<b>Figura 4.13</b>	Gráfica Luz exterior contra Tiempo Caso 2. ....	78
<b>Figura 4.14</b>	Gráfica Luz interior contra Tiempo Caso 2. ....	79
<b>Figura 4.15</b>	Gráfica Luz exterior, Luz interior contra Tiempo Caso2. ....	79
<b>Figura 4.16</b>	Gráfica Luz exterior contra Tiempo Caso 3. ....	80
<b>Figura 4.17</b>	Gráfica Luz interior contra Tiempo Caso 3. ....	80
<b>Figura 4.18</b>	Gráfica Luz exterior, Luz interior contra Tiempo Caso 3. ....	81
<b>Figura 5.1</b>	Gráfica de comparación de Luz exterior. ....	84
<b>Figura 5.2</b>	Gráfica de comparación de Luz interior. ....	85
<b>Figura 5.3</b>	Gráfica de comparación de Luz exterior, Luz interior y tiempo. ....	86

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.1</b>	Origen y evolución de la domótica. ....	20
<b>Tabla 2.1</b>	Clasificación de los sensores por funcionamiento, nivel de integración, señal y valores de salida. ....	26
<b>Tabla 2.2</b>	Clasificación de sensores por tipo de variable. ....	27
<b>Tabla 2.3</b>	Clasificación de los sensores de luz. ....	28
<b>Tabla 2.4</b>	Funciones de los componentes optoelectrónicos. ....	29
<b>Tabla 2.5</b>	Tipos de propagación. ....	32
<b>Tabla 2.6</b>	Valores típicos de iluminación. ....	33
<b>Tabla 2.7</b>	Valores típicos de iluminación. ....	34
<b>Tabla 2.8</b>	Valores típicos de iluminación. ....	34
<b>Tabla 2.9</b>	Clasificación de las lámparas fluorescentes. ....	40
<b>Tabla 2.10</b>	Clasificación de las lámparas de vapor de mercurio. ....	41
<b>Tabla 2.11</b>	Clasificación de las lámparas de vapor de sodio. ....	42
<b>Tabla 2.12</b>	Valores estandarizados en Lux de acuerdo al área de estudio. ....	44
<b>Tabla 3.1</b>	Conceptos generales de la automatización. ....	50
<b>Tabla 3.2</b>	Implementos utilizados para el sistema autónomo de apertura y cierre de persianas. ....	56
<b>Tabla 4.1</b>	Características dimensionales de la habitación. ....	64
<b>Tabla 4.2</b>	Características de iluminación estandarizados de acuerdo al área de estudio. ....	65
<b>Tabla 4.3</b>	Valor óptimo de índice de local. ....	66
<b>Tabla 4.4</b>	Datos obtenidos del caso 1. ....	74
<b>Tabla 4.5</b>	Datos obtenidos del caso2. ....	75
<b>Tabla 4.6</b>	Datos obtenidos del caso 3. ....	76

<b>Tabla 5.1</b>	Comparación de resultados obtenidos del estudio de iluminación. ....	83
<b>Tabla 5.2</b>	Comparación de consumo energético CFE. ....	86
<b>Tabla 5.3</b>	Gastos generados de producir un sistema. ....	87
<b>Tabla 1</b>	Lámparas incandescentes normales. ....	89
<b>Tabla 2</b>	Lámparas fluorescentes circulares y en U. ....	89
<b>Tabla 3</b>	Lámparas fluorescentes de 28 mm de diámetro. ....	90
<b>Tabla 4</b>	Lámparas fluorescentes Slim line. ....	90
<b>Tabla 5</b>	Lámparas de vapor de mercurio de bulbo fluorescente. ..	91
<b>Tabla 6</b>	Lámparas de vapor de mercurio de luz mixta. ....	91
<b>Tabla 7</b>	Lámparas de vapor de mercurio de alta eficiencia. ....	91
<b>Tabla 8</b>	Lámparas de vapor de sodio a alta presión. ....	92
<b>Tabla 9</b>	Lámparas de vapor de sodio a baja presión. ....	92
<b>Tabla 1</b>	Factor de utilización de lámparas. ....	93
<b>Tabla 2</b>	Factor de mantenimiento para diferentes tipos de lámparas. .....	93
<b>Tabla 3</b>	Rendimiento de diferentes tipos de luminarias. ....	94

## ACRÓNIMOS

Símbolo	Definición
X-10	Primer tecnología utilizada en domótica que fue desarrollada en 1978 para permitir el control remoto de los dispositivos domésticos.
SCE	Sistema de Cableado Estructurado.
VCC	Voltaje de corriente continúa
CdS	Sulfuro de Cadmio
CdSe	Selenuro de Cadmio
PN	Unión entre un semiconductor <b>p</b> y uno <b>n</b> , los huecos de la zona <b>p</b> pasan por difusión hacia la zona <b>n</b> y los electrones de la zona <b>n</b> pasan a la zona <b>p</b> .
NPN	Unión de 2 materiales “N” con un “P”, se llaman: emisor, base y colector, respectivamente
PMT	Photomultiplier tubes
LED	Light Emiting Diode
PIC	Peripheral Interface Controller

# CAPÍTULO 1

## INTRODUCCIÓN

La automatización surge de la necesidad de mejorar la productividad, ocasionada por los procesos repetitivos que genera el uso de fuentes de energía y esfuerzo humano, en procesos de manufactura utilizados en la industria, comercio, hogar, bienes y servicios.

Los principios, métodos y técnicas científicas, como herramientas en procesos de automatización, tuvieron su origen en la revolución industrial, periodo comprendido entre la segunda mitad del siglo XVIII y principios del siglo XIX, cuya característica fue la introducción del sistema de la producción en serie, dejando a un lado el sistema de producción artesanal. Su desarrollo está fundamentado en el crecimiento de la población mundial, generando con ello una mayor demanda en los productos con exigencias de calidad cada vez mayor [1].

Debido a estos requerimientos de cambio constantes, diversas áreas industriales deben diseñar sus productos con tecnología mejorada, basándose en las aportaciones de la ciencia y la tecnología que avanzan de manera constante, con el objetivo primordial de alcanzar y mantener una competitividad y preservando el cuidado del medio ambiente. La automatización de los procesos genera beneficios como la producción de más unidades por tiempo, reducen tiempos, recursos y costos.

La revolución industrial desencadenó logros importantes en la actividad productiva, impactando directamente en la forma de llevar a cabo un proceso, con las exigencias de calidad requeridas y cumpliendo con las normas vigentes.

En la actualidad existen diversos y complejos sistemas de automatización, a nivel global, desde líneas de producción, hasta robots con gran parecido humano.

Un problema común que se tiene en la mayoría de los hogares es el alumbrado, la iluminación interior o exterior, debido a que no siempre es posible obtener una iluminación adecuada, además de otros factores como las características nominales de los equipos electrónicos, el estilo y la construcción de la casa, el tamaño y la topografía de la propiedad [2].

En el trabajo propuesto tiene como objetivo minimizar el uso de energía comercial en cualquier zona de la casa mediante la implementación de una persiana, cuya función es la de abrir y cerrar de forma automática dependiendo de la cantidad de luz que se encuentre en la zona de estudio.

La principal consideración que se tomó en cuenta para la propuesta del proyecto de tesis es el hábito de la familia. Por lo general en la mayoría de hogares están prendidas las luces por largos periodos de tiempo cuando no son necesarias, por ejemplo, el desperdicio de luz eléctrica en una habitación con cortinas es suscitado cuando por las mañanas o por las tardes se enciende la luz, con el fin de poder realizar sus actividades cotidianas sin percatarse que pueden realizar dichas actividades con la luz solar que entra por sus ventanas.

Hoy en día con la aplicación de las nuevas tecnologías el problema del ejemplo anterior se puede resolver con la automatización, ya que un sistema se puede operar parcial o totalmente sin la necesidad de la supervisión del ser humano. La automatización se creó con el fin de disminuir el trabajo humano, facilitando procesos y reduciendo tiempo. Un ejemplo es en casas (abrir-cerrar ventanas, encender-apagar luces, regularizar temperatura, entre otros).

## **1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

En la actualidad el medio ambiente se deteriora día a día, debido al uso de fuentes de energía que no son renovables, a su vez estas son el principal motor de la manufactura así como de otros procesos que se aplican en la industria. La quema de combustibles fósiles, la destrucción de bosques, la contaminación del agua, aire y tierras de cultivo, son las principales consecuencias del aumento de la población ocasionadas por satisfacer las demandas de la sociedad.

El desperdicio de luz eléctrica en los hogares, puede disminuirse al estudiar la regulación de la iluminación en una habitación, con el fin de aprovechar al máximo la luz solar, sin necesidad de consumir más que la necesaria. Por lo que una suposición es que en una habitación con especificaciones y características conocidas, es posible implementar un sistema automático que regule adecuadamente la luz de un espacio, mediante la apertura o cierre de persianas [3].

La luz eléctrica es la más cómoda, limpia, segura e higiénica de todos los tipos de luz artificial; sin embargo, requiere utilizarlo en forma eficiente y económica, tomando en consideración que las fuentes primarias de producción de energía eléctrica que alimentan a las instalaciones y sistemas de alumbrado, petróleo, que es una fuente de energía no renovable.

El crecimiento de la población provoca que se requieran más servicios para satisfacer sus necesidades, sin embargo la aplicación de nuevas tecnologías que eviten el uso de energía derivado de fuentes no renovables siguen en proceso lento.

Si las energías renovables son la alternativa para sustituir los recursos energéticos fósiles a largo plazo, también lo son para mantener la seguridad en el suministro energético a corto y medio plazo, es decir, antes de que la escasez de las reservas energéticas fósiles alcance niveles críticos [4].

## **1.2 OBJETIVOS**

El objetivo principal de esta tesis se centra en el estudio, análisis y desarrollo de una metodología para conocer, la distribución de flujo de luminosidad solar



(ambiente) en una habitación con características específicas conocidas mediante sensores receptores de luz (fotorresistencia).

Otros objetivos que persigue la tesis son:

- Determinar los lúmenes adecuados en una habitación.
- Determinar parámetros de perturbación que afectan la óptima distribución de lúmenes dentro de una habitación.
- Conocer el número y la distribución espacial adecuada de fotorresistencia.
- Variar la distribución de luz durante el transcurso del día.
- Implementación de un regulador de lúmenes dentro de un espacio cerrado.

Para cumplir con tal objetivo, se expone una metodología basada en la domótica para analizar la distribución de los sensores fotorresistencia en un área de dimensiones conocidas, y la información procedente del estudio del flujo conducirá al cumplimiento de la propuesta planteada, con el fin de regular la cantidad de luz en un área cerrada.

### **1.3 JUSTIFICACIÓN**

En la actualidad la posible crisis energética y los elevados costos en los servicios, básicos, obliga a implementar técnicas para el ahorro de energías. Actualmente el avance en las múltiples tecnologías existentes en el mundo provoca que éstas sean cada vez mejor y de fácil acceso para la población, por ejemplo, la adquisición de una cámara digital, un estéreo, Smartphone, pantallas y diversos electrodomésticos.

Cuando se piensa en energías renovables como alternativa a los combustibles de origen fósil, lo primero que se viene a la mente es la posibilidad de utilizar la energía solar, ya que la cantidad total de energía, procedente del sol, que se recibe en la tierra supera en más de 10000 veces la demanda energética total de la humanidad [5].

Las respuestas a la mayoría de nuestros problemas de la vida diaria se encuentran ya resueltos debido a la tecnología que hace más fácil y agradable todas estas necesidades actuales de un hogar.

El trabajo propuesto plantea el máximo aprovechamiento de la luz solar para iluminar una habitación, con el fin de reducir el consumo de energía eléctrica, que en la mayoría de los hogares es utilizada, o se desperdicia en gran exceso por tareas inútiles. En el presente trabajo se pretende la automatización de persianas con dos propósitos:

- El evitar levantarse para prender o apagar la luz
- La reducción de gasto innecesario en energía eléctrica

## **1.4 METODOLOGÍA**

Para el desarrollo de este trabajo de tesis se propone la siguiente metodología:

1. Documentación bibliográfica: Para conocer la existencia de métodos y técnicas similares a la propuesta.
2. Selección de los parámetros de luminosidad dentro de una habitación con características específicas para ubicar las variantes de flujo dentro de ella.
3. Determinar parámetros de perturbación que afectan la óptima distribución de lúmenes dentro de una habitación para determinar el posicionamiento de fotorresistencia.
4. Conocer el número y la distribución espacial adecuada de fotorresistencia para cubrir la mayor parte de la geografía de la habitación.
5. Experimentación: Para determinar si la distribución de fotorresistencia y la distribución espacial propuesta son las óptimas.
6. Por último la obtención de resultados y conclusiones para comprobar la efectividad del trabajo realizado.

El método correspondiente para el desarrollo del presente trabajo se ilustra en la figura 1.1.

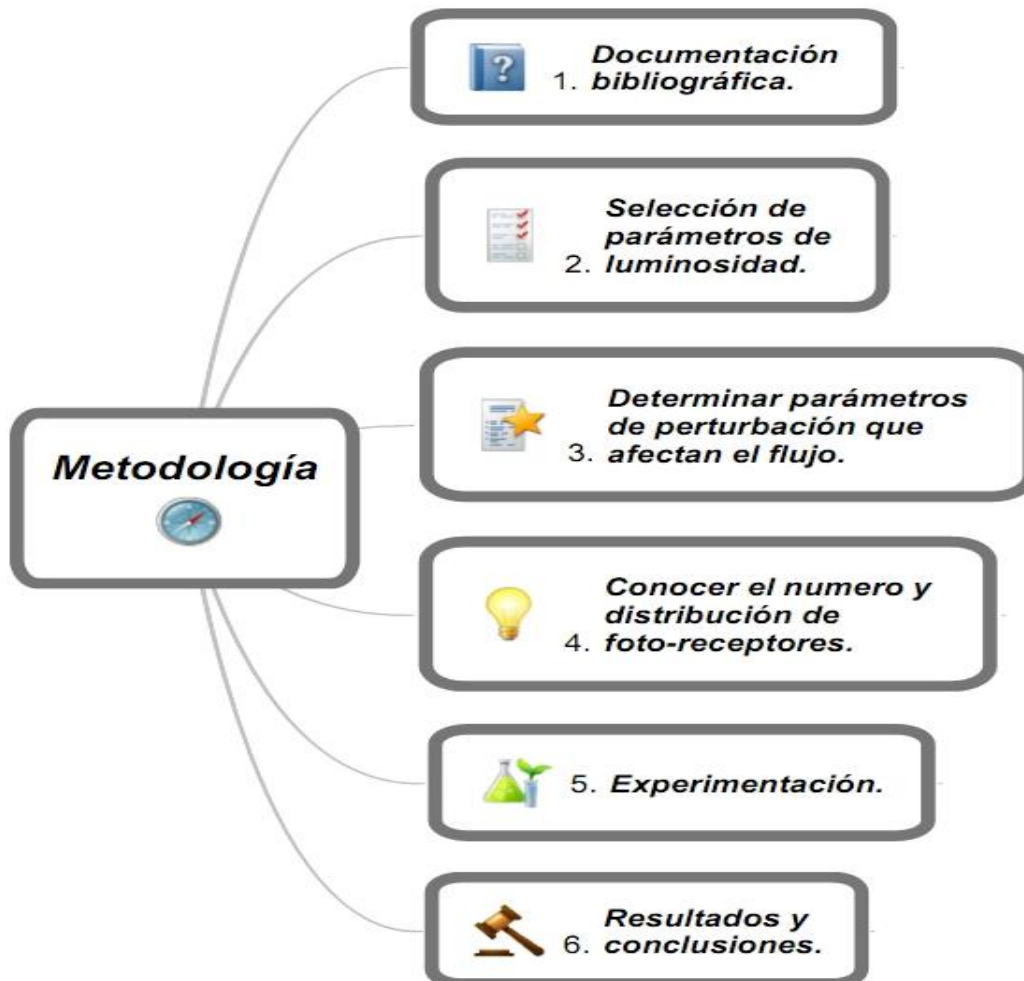


Figura 1.1. Metodología que se empleara para el desarrollo de este trabajo

## 1.5 ANTECEDENTES

Las actividades cotidianas más intensas del ser humano usualmente se rigen por la luminosidad solar, siendo esta un factor muy importante que causa un impacto importante en las actividades del ser humano.

Durante los siglos XVIII y XIX, las viviendas de la gente trabajadora, carecían de una ventilación e iluminación adecuada, lo que repercutía en la salud de sus habitantes así como en su economía, debido a que colocar ventanales con vidrio resultaba ser muy caro [6].

A finales del siglo XIX se comenzó a tomar en cuenta aspectos de la salud y su relación con los beneficios que aportaba mantenerse iluminado con la luz natural su área de trabajo, por lo que los ventanales con vidrio tuvieron mayor demanda e inicio a formar parte sustancial en la construcción de viviendas.

A lo largo de la historia el hombre ha venido desarrollando y adaptando avances tecnológicos, para hacer su vida más cómoda. En los hogares el aumentar la seguridad y hacer una estadía confortable, fueron los objetivos de las primeras aplicaciones implementadas en el hogar, el ahorro energético, la mejora de la salud e higiene son los nuevos objetivos.

El origen y evolución de la domótica que se refiere a la implementación y automatización de sistemas de confort mediante calefacciones, puertas eléctricas o elevadores se describen en la tabla 1.1.

**Tabla 1.1**  
Origen y evolución de la domótica [7].

Década	Característica
70's	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aparecen los primeros dispositivos de automatización en edificios el cual se basó en la tecnología X-10.</li> <li>- Se buscó el interés de la casa ideal, comenzando con avanzados electrodomésticos y dispositivos automáticos, los primeros sistemas comerciales se limitaban a la regulación de la temperatura ambiente de los edificios.</li> </ul>
80's	<p>Se incorporan los SCE, utilizados para facilitar la conexión de todo tipo de terminales entre sí, lo que permitía el transporte de la voz y la conexión de algunos dispositivos de control y de seguridad.</p>
90's	<p>Los automatismos destinados a edificios y oficinas, se comenzaron a aplicar en las viviendas particulares y otro tipo de edificios, dando origen a la vivienda domótica.</p>

La automatización de equipos domésticos se realizaba mediante un control de su alimentación eléctrica, siendo una manera muy sencilla de gestión, y de poco atractivo tecnológico.

El concepto de domótica y sus beneficios fueron perceptibles en la última década, ya que muy pocas personas estaban dispuestas a pagar los costes adicionales, por su implementación.

Hoy en día disponer de una vivienda capaz de ofrecer el confort y la seguridad que permitan alcanzar la calidad de vida deseada, acompañada a su vez de un ahorro energético, es posible a través de la domótica [8].

## **1.6 ESTRUCTURA DE LA TESIS**

La tesis está estructurada de la siguiente forma:

### **CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN**

Breve introducción del tema.

### **CAPÍTULO 2: MARCO REFERENCIAL DE LUMINOSIDAD**

En este capítulo se realiza una breve revisión de un modelo o modelos convencionales utilizados para estudiar el comportamiento de flujo luminoso dentro de un espacio cerrado.

### **CAPÍTULO 3: DISEÑO DE SISTEMA AUTÓNOMO DE ILUMINACIÓN**

En este capítulo se propone una metodología para el diseño de un control de regulación automática de luminosidad en una habitación cerrada.

### **CAPÍTULO 4: IMPLEMENTACIÓN**

Se presenta la aplicación del método propuesto en el capítulo anterior.

### **CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS**

Por último, en este capítulo se mencionan las principales conclusiones del trabajo realizado y se mencionan posibles trabajos futuros referentes a este tema.

## 1.7 REFERENCIAS

- [1] A. García Higuera "El control automático en la industria" Cuenca: Ediciones de la Universidad de Casilla, La Macha 2005. . ISBN 84-8427-405-5. Página. 25.
- [2] T. Croft, C.C. Carr, J.H. Watt "Manual del montador electricista" Editorial Reverte S.A. 1994. ISBN 84-291-3015-2 Página. 284
- [3] G. Enríquez H. "El ABC del alumbrado y las instalaciones eléctricas en baja tensión" Editorial Limusa S.A. de C.V. 2002. ISBN 968-18-6050-0. Página. 97.
- [4] E. Domingo López "Régimen jurídico de las energías renovables y la cogeneración eléctrica" Ministerio de administraciones públicas. ISBN 84-7088-692-4. 2000. Página. 43.
- [5] P. Ramos Castellanos "Energías y medio ambiente. "Ediciones Universidad Salamanca. 2004. ISBN 84-7800-577-3. Página. 293.
- [6] J. González Velasco "Energías renovables." Barcelona: Reverté, 2009. ISBN 978-84-291-7912-5 Página. 106.
- [7] J.M. Huídobro, R.J. Millán "Manual de Domótica" Editorial Creaciones Copyright S.L. 2010. ISBN 978-84-92779-37-6. Página. 5.
- [8] S. Junestrand, X. Passaret, D. Vázquez "Domótica y hogar digital" Ediciones Thomson 2005. ISBN 84-283-2891-2004. Página. 8

# **CAPÍTULO 2**

## **MARCO REFERENCIAL DE ILUMINACIÓN**

### **2.1 INTRODUCCIÓN**

En tiempos actuales donde se ha sugerido implementar programas sociales para hacer uso, crear y desarrollar sistemas de almacenamiento de energía irradiada principalmente del sol o en contraste del hacer uso adecuado y responsable de la energía convencional, han surgido diversos avances tecnológicos y científicos que logran tener aceptación dentro de diversos sectores, por ejemplo, sistemas de calentamiento de agua en casas habitación, sistemas de iluminación en carreteras y espacios públicos, entre otros.

Todas estas medidas que se están buscando, es con el objetivo de subsanar el daño que se ha ido generando al medio ambiente con la excesiva quema de combustibles provenientes de materia fósil.

Es por ello que en este trabajo se considera la pertinencia de implementar métodos para reducir el uso de energía convencional y aprovechar en gran medida la energía solar para mantener iluminado principalmente el hogar o cualquier espacio público. Es por ello que en este capítulo se identifican los conceptos teóricos científicos que involucran el llevar a cabo la creación de un sistema autónomo de regulación de iluminación como a continuación se llevara a cabo.

## **2.2 PERCEPCIÓN DE LA LUZ SOLAR EN EL SER HUMANO**

La luz en la visión humana o animal actúa sólo como medio para transferir información sobre posición y movimiento, forma y color de los objetos materiales que comprenden el entorno en el que se desarrolla.

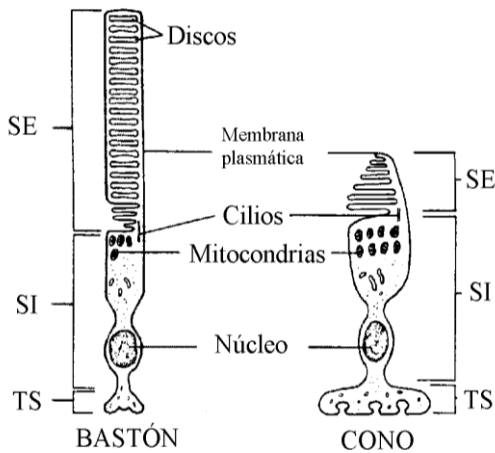
A todo lo imperceptible a simple vista requiere del uso de sensores los cuales están basados en todo aquello, que el ser humano no puede cuantificar como por ejemplo: la luz, la temperatura, el nivel de radiación, presión, entre otros, estos envían una señal a un instrumento de medición o de control.

El ojo está definido como un órgano sensorial complejo que actúa como receptor del aparato de la visión [1]. Es comparado con una cámara digital el cual para percibir la luz, consta de fotodiodos que reúnen y convierten la imagen luminosa en impulsos eléctricos. Por otro lado el ojo contiene fotorreceptores, ubicados en la retina, que detectan la intensidad y el color de la luz, que los codifica en impulsos eléctricos para transmitirla al cerebro a través del nervio óptico.

La retina contiene dos fotorreceptores muy importantes en el proceso de la visión, estos se encuentran en una de las dos capas que conforman a la retina, dichas capas son la pigmentada y otra nerviosa, los fotorreceptores que se encuentran en la capa nerviosa son: 1) conos, responsables de la visión de los colores y 2) bastones, responsables de la visión a blanco y negro, así como de la visión en la oscuridad.

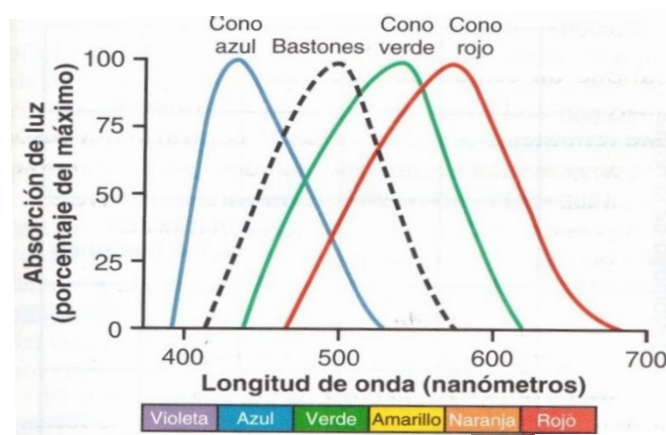
Los bastones contienen una sustancia llamada rodopsina, en los conos la sustancia se llama pigmentos de los conos o pigmentos del color, figura 2.1.





**Figura 2.1.** Estructura de cono y bastón [1].

En el caso de los bastones en condiciones óptimas, un solo fotón de luz (la unidad cuántica de energía lumínica más pequeña de alrededor de  $4 \times 10^{-19}$  julios), esté fotón puede generar un potencial de receptor de 1 mili voltio medible en un bastón. Si se emplean 30 fotones de luz se logrará producir la mitad de la saturación de un bastón. Los conos son de 30 a 300 veces menos sensibles que los bastones. Los conos poseen pigmento sensible al azul, pigmento sensible al verde y pigmento sensible al rojo, las características de absorción máximas ante la luz son de 445, 535 y 570 nanómetros. La figura 2.2, representa la absorción de la luz por el pigmento de los bastones y por los pigmentos de los tres conos receptores del color en la retina humana [2].



**Figura 2.2.** Gráfica de Absorción de luz [2].

## 2.3 TIPOS DE SENSORES

Un sensor es un circuito lógico digital que está compuesto por la integración de una tarjeta o plaqueta (chip), de muchas resistencias y transistores que por lo general trabajan en corte y saturación [3]. Se denomina un elemento de medición de parámetros o variables del proceso capaz de recibir información de una magnitud del exterior y transformarla en otra magnitud, normalmente eléctrica, que sea cuantificable y manipulables [4].

La clasificación de los sensores se mostrará en las tablas 2.1 y 2.2.

**Tabla 2.1.**

Clasificación de sensores por funcionamiento, nivel de integración, señal y valores de salida [4].

CLASIFICACIÓN	TIPO	CARACTERÍSTICA
<b>Principio de funcionamiento</b>	Pasivos	Generan señales representativas de las magnitudes a medir, a través de una fuente auxiliar.
	Activos	Generan señales representativas de las magnitudes a medir, en forma autónoma, sin necesitar de una fuente
<b>Señal de salida</b>	Digitales	Son aquellos que mediante un estímulo, cambian de estado de 0 a 1, o viceversa, los valores de tensión que obtienen son de 0V y 5V.
	Análogos	Emite una señal como salida, comprendida en un rango de valores que varían en el tiempo y son proporcionales a lo medido.
	Temporales	Dan una señal variable en el tiempo, la que se representa de forma senoidal, cuadrada o triangular.
<b>Rango de valores de salida</b>	On/Off	Son sensores binarios, generalmente dispositivos mecánicos simples, como los reed-switch, interruptores de péndulo entre otros.
	De medida	Este tipo de sensores tiene como respuesta una salida proporcional a la señal de entrada.
<b>Nivel de integración</b>	Discretos	Su circuito de acondicionamiento es realizado mediante componentes electrónicos, separados e interconectados entre sí.
	Integrados	Contienen un elemento sensor y un circuito acondicionador, ambos construidos en un circuito integrado, monolítico o híbrido.
	Inteligentes	Realiza varias funciones como cálculos, comunicación en red, auto calibración, auto diagnóstico, entre otras.

**Tabla 2.2.**  
Clasificación de sensores por tipo de variable [4].

CLASIFICACIÓN	TIPO	CARACTERÍSTICA
<b>Tipo de variable medida</b>	Mecánicos	Cambian su comportamiento bajo la acción de una magnitud física del elemento medido, en un comportamiento mecánico, típicamente de movimiento, desplazamiento, posición, tensión, presión y flujo.
	Electro-mecánicos	Emplean un elemento mecánico elástico combinado con un transductor eléctrico.
	Eléctricos	Capaz de detectar magnitudes físicas o químicas, las cuales transforma en variables eléctricas, las variables pueden ser temperatura, intensidad lumínica, distancia, aceleración, presión, fuerza, torsión, humedad, movimiento, desplazamiento, entre otros.
	Magnéticos	Provenientes del efecto Hall, diseñados para la medición de campos magnéticos o corrientes, que arrojan una salida de posición.
	Térmicos	Proporciona una indicación visual o una señal de retroalimentación eléctrica o mecánica, estos sensores pueden ser de tipo termorresistivos, termoeléctricos, monolíticos y piroeléctricos.
	Acústicos	Facilitan la conversión de una señal acústica en eléctrica, siendo los más comunes en la combinación de fenómenos mecánico-acústicos, electromecánicos como capacitivos, piezoeléctricos y electrodinámicos.
	Ultrasónicos	Son interruptores electrónicos que funcionan sin contacto.
	Químicos	Constituidos por un receptor que reconoce selectivamente a la sustancia química y un transductor que convierte la señal química en señal eléctrica.
	Láser	Se encuentran en diversos sectores como la electrónica de consumo, investigación científica, medicina, tecnología de la información, industria y el sector militar.

En un sensor de luz ya sea esté visible o infrarrojo, como las fotocélulas que son de los sensores más sencillos tienen la capacidad de hacer su interfaz con el microprocesador, y la interpretación de la salida de una fotocélula de manera directa. Sin embargo las cámaras de vídeo, requieren gran cantidad de circuitería especializada para hacer que sus salidas sean compatibles con un microprocesador [5].

La clasificación de los sensores de luz simples se muestra en la tabla 2.3. [6]

**Tabla 2.3.**  
Clasificación de sensores de luz.

CLASIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN
Fotorresistencias	Son resistencias variables con la luz, parecidos a los potenciómetros, con excepción que los potenciómetros varían girando un botón.
Fotodiodos o fototransistores	Son más sensibles a la luz, el fototransistor es básicamente un transistor con la corriente de base generada por la iluminación de la unión base-colector, éste amplifica la pequeña corriente de base

La función de un sensor es la discretización de señales o datos que llegan a la circuitería correspondiente del microprocesador, provocan el cierre de un contacto, normalmente alimentado a 12 VCC (Voltaje de Corriente Continua) para el fin que está planeado o diseñado.

### 2.3.1 Optoelectrónica

La optoelectrónica es una rama de la electrónica que estudia dispositivos electrónicos para aplicaciones de generación, modulación, transmisión y detección de radiación electromagnética en los intervalos de luz visible, el infrarrojo y el ultravioleta [7].

Las funciones de los elementos más importantes dentro del campo de la optoelectrónica se describen a continuación en la tabla 2.4.

**Tabla 2.4.**  
Funciones de componentes optoelectrónicos [7].

COMPONENTE	CARACTERÍSTICAS
<b>Fotorresistor</b>	Es un resistor dependiente de la luz, varea su resistencia según la intensidad de iluminación, en oscuridad tiene unos cuantos electrones libres, sin embargo, en presencia de luz los electrones producen suficiente energía para pasar a la banda de conducción. La conductividad de la fotorresistencia aumenta al incrementar la intensidad de la luz.
<b>Fotodiodo</b>	Es un diodo de unión PN polarizado en inversa, funcionan cuando se le aplica una tensión de polarización en sentido de corte, la corriente fotoeléctrica aumenta linealmente conforme a la intensidad de iluminación, se utilizan para medir la luz y barreras luminosas, son receptores para el control remoto en televisiones y VCR, medidores de luz en las cámaras y luces de calle.
<b>Fototransistor</b>	Es un transistor bipolar NPN normal con un encapsulado transparente para que la luz ilumine la base-colector, funciona con un fotodiodo con más sensibilidad para la luz debido a que la corriente colector-emisor es amplificada por la función del transistor.
<b>Celda solar</b>	Son componentes semiconductores que convierten la energía eléctrica sirviéndose de la radiación luminosa, está produce un voltaje de salida cuando incide luz invisible o radiación en el cercano infrarrojo, para aumentar el voltaje se conectan en serie y en paralelo para aumentar la corriente. Las celdas fotovoltaicas son utilizadas en relojes, calculadoras, cargadores de batería, detectores de luz, entre otros.
<b>Fotomultiplicadores</b>	También conocidos como tubos fotomultiplicadores PMT, son detectores extremadamente sensibles a la luz ultravioleta, visible y cercano infrarrojo. Estos detectores multiplican la señal producida de la luz incidente hasta el grado que se pueden detectar fotones.

La figura 2.3, muestra la clasificación y los componentes generales que conforman la optoelectrónica.

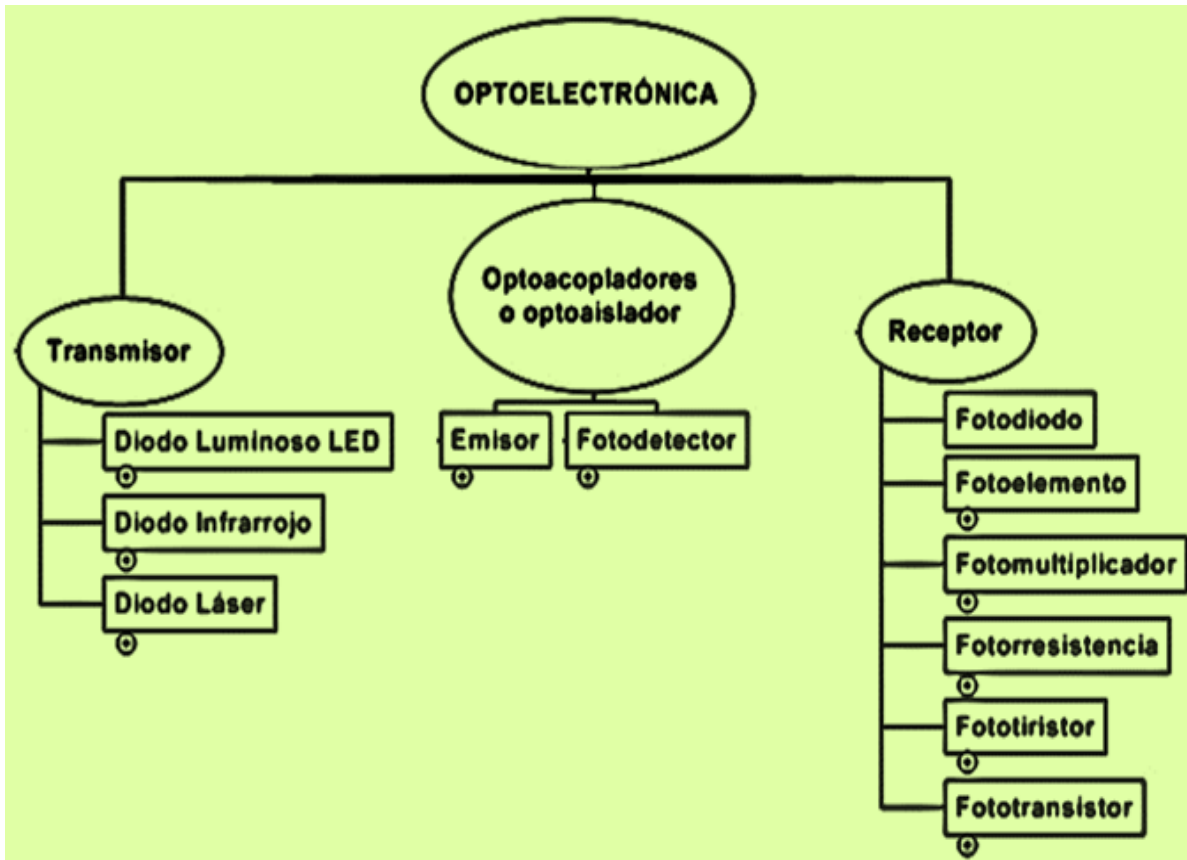


Figura 2.3. Componentes optoelectrónicos [8].

Un componente utilizado en comunicaciones de gran importancia es la fibra óptica la cual se define como, la interacción de la luz y electrones la cuál manda información en una señal eléctrica que se transfiere a un haz óptico o viceversa [8].

Los dispositivos optoelectrónicos han tenido un fuerte desarrollo permitiendo la utilización de dispositivos con un sinnúmero de aplicaciones en diferentes sectores, como en la investigación, industria, militar, medicina, telecomunicaciones, entre otros.

## 2.4 PRINCIPIOS BÁSICOS DE ILUMINACIÓN

La luz es, aquella sensación que se produce sobre el ojo humano mediante ondas electromagnéticas. Así como la luz es una forma de energía que consiste en vibraciones electromagnéticas las cuales se propagan en línea recta, oscilaciones y vibraciones, en todas direcciones.

Las ondas más largas son utilizadas en radiocomunicaciones, las más cortas son los rayos X y los rayos cósmicos, el ojo percibe las ondas comprendidas entre 380 y 780 nanómetros lo que es conocida como luz solar, luz blanca o incolora, las ondas que son < de 380 nanómetros es conocida como luz ultravioleta y la > 780 nanómetros es la luz infrarroja, los dos últimos tipos de luz no son permisibles al ojo humano [9].

La figura 2.4, indica el espectro de energía radiante de las ondas electromagnéticas.

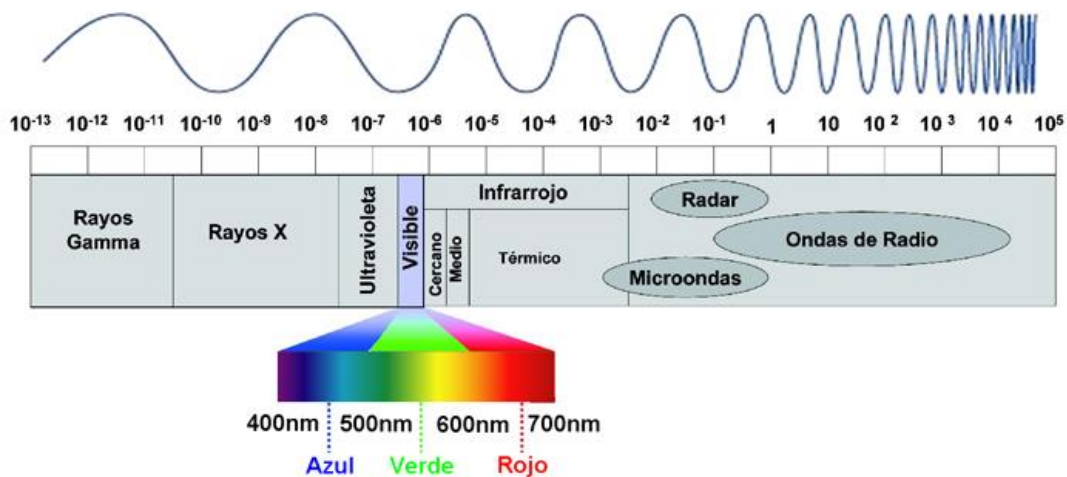


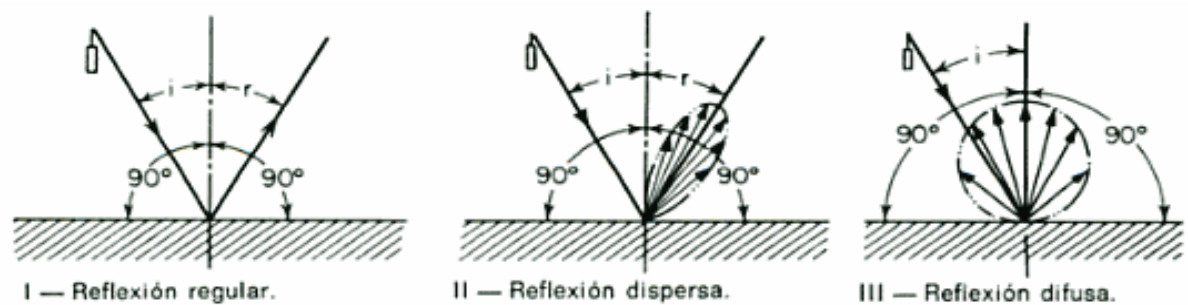
Figura 2.4. Espectro electromagnético [9].

### 2.4.1 Propagación

Los rayos se propagan en línea recta, sin embargo cuando son interferidos por algún medio que los absorba o desvíe de dirección, puede ocurrir alguno de los siguientes fenómenos tales como: absorción, reflexión o refracción. Dichos tipos de propagación se describen en la tabla 2.5.

**Tabla 2.5.**  
Tipos de propagación [10].

TIPO	CARACTERÍSTICAS
<b>Absorción</b>	Es definida cuando las ondas luminosas inciden a una superficie u objeto, dicho objeto tiene la capacidad de absorber toda o parte de esa luz. La luz que se absorbe se convierte en calor, el resto de energía puede transmitirse a través de la sustancia u objeto.
<b>Reflexión</b>	<p>Producida cuando la luz incide en un objeto y rebota o se refleja, en parte o en su totalidad, de ese objeto. En la figura 2.5 se muestra los tipos de reflexión.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Regular: Es aquella en donde el ángulo de incidencia es igual al ángulo de reflexión r. (figura 2.5.I.)</li> <li>○ Dispersa: Es cuando la mayor parte de la luz reflejada sigue la ley de la reflexión, con excepción de una parte que es desviada ligeramente de su dirección. (figura 2.5.II.)</li> <li>○ Difusa: Producida cuando la mayor parte de la luz reflejada lo hace de manera normalmente a la superficie reflectante, esté tipo de reflexión es provocada por la reflexión de las partículas situadas por debajo de la superficie. (figura 2.5.III.)</li> </ul>
<b>Refracción</b>	Producida cuando el rayo de luz incide en una frontera, que lleva a otro medio, parte de la energía se refleja y parte penetra en el siguiente medio, el rayo que penetra al segundo medio se dobla y se dice que se refracta, el rayo incidente, reflejado y refractado se encuentran en el mismo plano.



**Figura 2.5.** Tipos de reflexión [10].



### 2.4.2 Principales unidades luminosas

Las unidades luminosas más utilizadas en la fotometría son mostradas a continuación en la tabla 2.6. [11].

**Tabla 2.6.**  
Valores típicos de iluminación [11].

Cantidad fotométrica	Nombre de la unidad	Símbolo	Abreviación	Unidades
Flujo luminoso	Lumen	F	Lm	$\phi$
Intensidad lumínica	Candela	I	Cd	$\phi / W$
Nivel de Iluminación	Lux	E	Lx	$\phi / S$
Luminancia	Lambert	L	Lambert	$cd / cm^2$
Ángulo sólido	Ángulo sólido	$\Omega$	$\Omega$	$S / r^2$
Brillo	Brillo	B	B	$lux / S \cos \varphi$
Cantidad de luz	Cantidad de luz	Q	Q	$\phi S$

### 2.4.3 Conceptos básicos de iluminación

Las principales definiciones, conceptos del estudio y valores típicos de iluminación se mencionan a continuación [11]:

- **Flujo luminoso:** Es la cantidad de luz emitida por una fuente luminosa, en la unidad de tiempo, la unidad de medida del flujo es el Lumen  $\Phi$ .
- **Iluminación:** Es el flujo luminoso por unidad de superficie, designada por la letra E y es medida en LUX. En la tabla 2.7, se muestran los valores de iluminación típicos.
- **Intensidad luminosa:** Denominado por la letra I, es el cociente del flujo luminoso que abandona una superficie y se propaga en un elemento de ángulo sólido, contenido en la dirección. La unidad relativa de medición es la candela (cd).

Una fuente luminosa que emite 1 candela en todas las direcciones proporciona un flujo luminoso de  $4\pi = 12.57$  lumen

**Tabla 2.7.**  
Valores típicos de iluminación.

Claro de las estrellas	→	0.001 lx
Noche sin luz	→	0.01 lx
Claro de luna	→	0.1 lx
Noche con luna llena	→	0.2 lx
Noche con alumbrado público en calles	→	5-20 lx
En invierno, en una casa	→	150 Lx
En invierno, en una calle de la ciudad	→	300 Lx
Oficina con buena iluminación	→	500 Lx
En invierno, con niebla o lluvia	→	600 Lx
En el interior de una casa, próximo a una ventana	→	1 000 Lx
Un aparador bien iluminado	→	3 000 Lx
A la sombra de un toldo	→	3 000-15 000 Lx
A la sombra de un árbol	→	5 000-50 000 Lx
Un día claro con cielo nebuloso	→	20 000 Lx
Por la mañana	→	10 000-100 000 Lx
A pleno sol en la playa	→	100 000-200 000 Lx

- **Luminancia:** También llamada brillantez, es la intensidad luminosa emitida en una dirección determinada por una superficie iluminada, expresada por la letra L, medida en  $cd/m^2$ . A continuación en la tabla 2.8 se muestran algunos valores de iluminación de fuentes típicas.

**Tabla 2.8.**  
Valores típicos de iluminación.

Lámparas Fluorescentes	→	0.5-4 $cd/cm^2$
Lámparas Incandescentes	→	200-100 $cd/cm^2$
Lámparas de arco	→	Hasta 50 000 $cd/cm^2$
El sol	→	150 000 $cd/cm^2$

- **Eficiencia luminosa:** es la relación entre el flujo expresado en lm ( $\Phi$ ), emitido por una fuente luminosa y la potencia absorbida por una lámpara, en unidades *Lumen/Watt*, definida como:

$$E = \frac{\Phi}{P} \quad (2.1)$$

## 2.5 MÉTODOS DE ILUMINACIÓN

La buena iluminación es primordial, ya que permite el desarrollo óptimo en las actividades, lo que hace que sean menos cansadas. Ya que no siempre se permanece en una sola área, es indispensable que todos los puntos de trabajo, estén iluminados independientemente del punto luminoso principal [11].

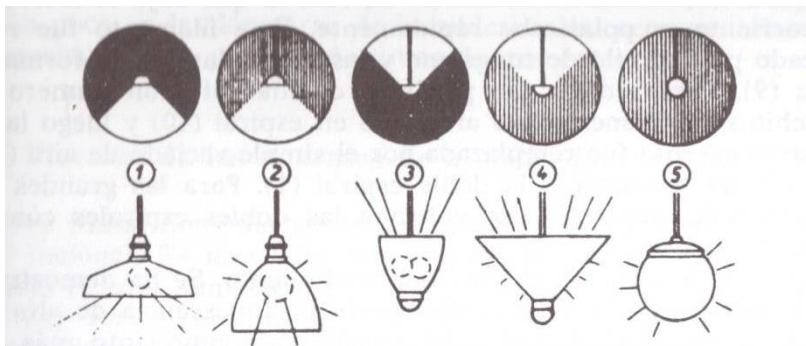
- **Iluminación directa:** es aquella que no ofrece ningún obstáculo a la propagación en línea recta del flujo luminoso desde su origen hasta el objeto a iluminar, sin que se experimente la mínima desviación. La iluminación directa es demasiado rara, se puede observar en el caso de lámparas con vidrio no deslustrado dichas lámparas se encuentran montadas en un portalámparas sin armadura.

La iluminación directa debe estar dirigida del 90 al 100 % del flujo por debajo del plano horizontal, se utilizan bobinas con espejo incorporado o un reflector exterior opaco (1 fig. 2.6).

- **Iluminación indirecta:** es aquella donde ningún rayo de luz alcanza el objeto deseado sin haber experimentado una difusión o una reflexión. La reflexión es apreciable en la propia armadura o en los muros y techos del área estudiada. Para la iluminación indirecta o de ambiente (3), reenvía por encima del plano horizontal del 90 al 100 % del flujo luminoso, las bombillas con espejo o deslustradas contenidas en la armadura deben ser orientadas hacia el techo.
- **Iluminación semidirecta y semiindirecta:** es aquella donde intervienen en proporciones variables y al mismo tiempo ambos métodos de propagación.

La intervención parcial de las superficies reflectantes es apreciable en las armaduras y en las paredes del área. En la iluminación semiindirecta se dirige del 60 al 90 % del flujo hacia abajo mientras que el resto se difunde hacia arriba (2). La iluminación semidirecta se dirige hacia arriba del 60 al 90 % del flujo (4), lo contrario a la iluminación semiindirecta.

- **Iluminación difusa:** es la que proporciona un dispositivo en la que la totalidad del flujo luminoso se propaga en diferentes direcciones, consecuente de las grandes dimensiones de la fuente o por la multiplicidad de la misma. La difusión de la luz puede provenir de una sola fuente o por la naturaleza de ciertos cuerpos que forman parte de la armadura. En este tipo de iluminación se pueden considerar las bombillas con vidrio deslustrado y los globos difusores. En la iluminación mixta o difusa (5) se distribuye casi uniformemente el flujo en todas las direcciones por lo que es considerada la más económica.



**Figura 2.6.** Diferentes tipos de iluminación [11].

La iluminación destinada a las diferentes áreas depende de la zona a evaluar por ejemplo, la iluminación directa se utiliza para alumbrados exteriores, garajes, sótanos, bodegas, desvanes, entre otros. Las iluminaciones difusas o semiindirectas son utilizadas para vestíbulos, pasillos, y escaleras, en cuartos de baño son indispensables una iluminación general difusa y una iluminación local cerca del lavabo y la bañera. Para habitaciones es recomendable la iluminación indirecta general reforzada por iluminaciones difusas en los sitios destinados a la lectura.

Es importante saber dosificar los puntos luminosos, desde los puntos de vista de la potencia como de la intensidad. Un punto luminoso no solo debe de estar constituido por una o varias bombillas, éstas nunca deben ser utilizadas desnudas, son utilizadas con armaduras.

### **2.5.1 Iluminación por medio de ventanas**

Para la obtención de luminosidad aprovechando la luz natural a través de ventanas, intervienen los siguientes factores:

- Orientación para la colocación y dimensiones de la ventana
- Dimensiones interiores del espacio
- Color de paredes y techos
- Limpieza de las ventanas
- Tipo de material de las ventanas

Es conveniente orientar las ventanas hacia el norte, ya que así se recibe directamente la luz solar. Al calcular las dimensiones de la ventana se debe de considerar.

- Impedir el paso directo de la luz del sol, se deben usar persianas o cortinas translúcidas.
- Para edificios bajos de una o dos plantas utilizar acabados en los pisos que reflejan la luz.
- Diseñar ventanas en más de un muro para incrementar el paso de la luz y mejorar la uniformidad.
- Ventanas altas más eficientes para el paso de la luz. La máxima penetración de la luz diurna se obtiene si la altura de la ventana es por lo menos  $1/2$  de la distancia a la pared frontal, la superficie de los vidrios y acrílicos de las ventanas deberá ser aproximadamente igual al 30% del área del piso.

Por regla general la superficie de las ventanas no ha de ser menor de un octavo del área total del piso.

Para obtener el nivel de iluminación se utiliza la siguiente fórmula:

$$E_p = \frac{B}{2} \tan^{-1} \frac{m}{a} - \frac{a}{\sqrt{a^2 + f^2}} \tan^{-1} \frac{m}{\sqrt{a^2 + f^2}} \quad (2.2)$$

Dónde:

$B$  : Es la brillantez o luminancia de la ventana, cuyo valor esta proporcionado en 100 *lumen/pie<sup>2</sup>* o 0.12 *lumen/cm<sup>2</sup>* de superficie de ventana iluminada.

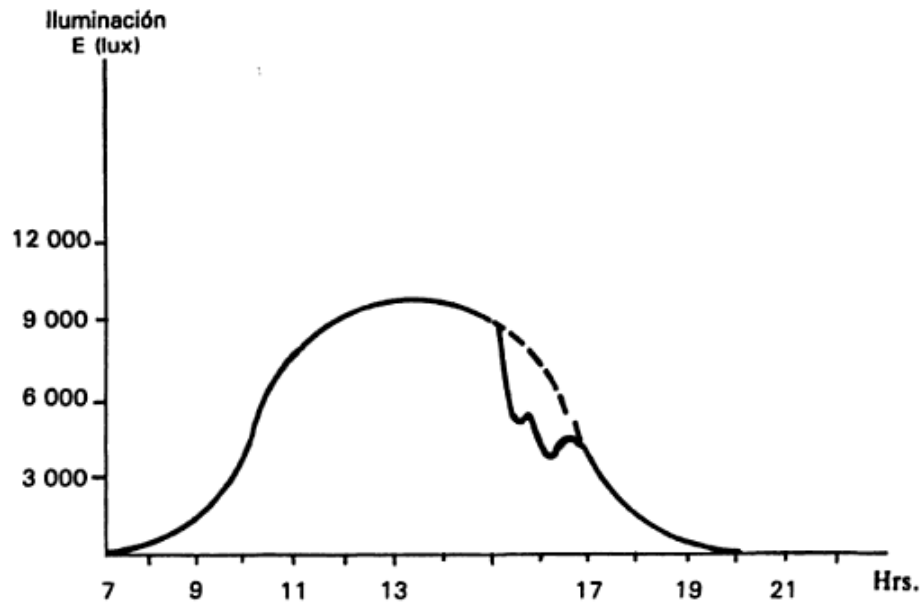
$E_p$  : Es un punto del plano de trabajo y alejado una distancia  $a$  de la ventana

$f$  : Es la altura de la ventana

$m$  : Lo largo de la ventana

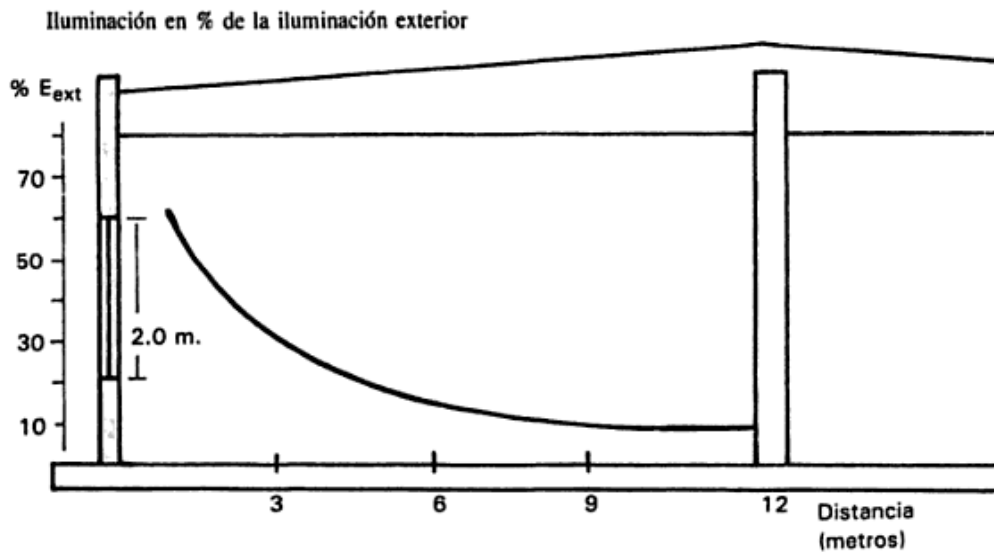
$a$  : Distancia a evaluar en un punto tomado desde la ventana

En la figura 2.7, se representa la distribución de lux por hora transcurrida, generada de la ecuación (2.2).



**Figura 2.7.** Gráfica de variación de lux, medidas en un día claro [11].

Considerando ventanas de 2 metros de alto y una brillantez de 0.12 *lumen/cm<sup>2</sup>* es posible obtener una iluminación exterior en cualquier hora determinada del día en el interior de una habitación (figura 2.8).



**Figura 2.8.** Distribución de iluminación de una habitación respecto de la distancia [11].

La iluminación que provoca una ventana cuando recibe directamente la luz del sol puede llegar hasta 10 000 lux, originando un exceso en el nivel de iluminación, por lo que se recomienda el uso de plásticos acrílicos difusores, persianas o cortinas. Para mantener el nivel de iluminación recomendado es necesaria la limpieza periódica, removiendo polvo y suciedad de la ventana [11].

## 2.6 FUENTES LUMINOSAS

Las fuentes luminosas más comunes son la bombilla y los tubos fluorescentes, donde su función es transformar la energía eléctrica en energía luminosa, los métodos más empleados para producir radiación luminosa son [12]:

- **Radiación por elevación de temperatura:** usualmente presentado en lámparas incandescentes, donde su uso se encuentra principalmente en alumbrado y en interiores de casas habitación, oficinas, negocios, entre otros. En lámparas normales se ocupan de 75 a 100 watts en alturas no mayores a 3 metros.
- **Descarga eléctrica en el gas o en los metales al estado de vapor:** comúnmente son las lámparas de vapor de mercurio, sodio, neón y tubos

de anuncio luminoso usualmente tienen un retardo en el encendido y en la estabilización de la descarga, bajo factor de potencia y constante parpadeo.

- **Fluorescencia:** sustancias por efecto del bombardeo electrónico, aplicable a lámparas fluorescentes, en la tabla 2.9 se muestra la clasificación de las lámparas fluorescentes dependiendo del estado del cátodo.

### 2.6.1 Lámparas fluorescentes

Las lámparas fluorescentes se caracterizan por tener eficiencia de 4 a 6 veces mayor a las lámparas incandescentes, además de baja luminancia entre 0.3 a 1.3  $cd/cm^2$  lo que reduce el deslumbramiento, requieren elementos auxiliares para su funcionamiento correcto y ocupan mayor espacio de instalación.

**Tabla 2.9.**  
Clasificación de lámparas fluorescentes [12].

CLASIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN	VIDA MEDIA
<b>Lámparas de cátodo caliente</b>	Se caracterizan por igualdad de potencia eléctrica más corta con un diámetro mayor y tienen una eficiencia más alta, son aplicadas en iluminación de oficinas, negocios industriales, hoteles, centros comerciales entre otros.	7 500 horas
<b>Lámparas de cátodo frío</b>	Son más largas, delgadas y tienen mayor duración que las de cátodo caliente, son empleadas generalmente en letreros luminosos. La potencia obtenida es de 20 a 30 watts/metro.	10 000 horas

### 2.6.2 Lámparas de vapor de mercurio

Constituidas por un pequeño tubo de cuarzo que contiene vapor de mercurio a una presión elevada y argón como gas inerte, en los extremos se delimita por electrodos.



El tubo de cuarzo o de descarga, está encerrado en un bulbo de vidrio aislado al ambiente.

Entre sus principales características tienen una iluminancia media de 4 a 25  $cd/cm^2$  se aplican a una altura de 5 a 8 metros para obtener una potencia de 250 watts, duración de 6 000 a 9 000 horas, tardan en prender de 4 a 5 segundos, utilizan aparatos auxiliares para encender y tienen elevado costo.

A continuación en la tabla 2.10 se muestra la clasificación de los diferentes tipos de las lámparas de vapor de mercurio.

**Tabla 2.10.**  
Clasificación de lámparas de vapor de mercurio [12].

CLASIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN	VIDA MEDIA
<b>Lámparas de vapor de mercurio con bulbo fluorescente</b>	En el interior del bulbo se encuentra revestido con una capa de materia fluorescente, permite obtener un espectro luminoso compuesto de radiaciones de color rosa.	6 000 a 9 000 horas
<b>Lámparas de vapor de mercurio con luz mixta</b>	Generan una luz mercurial-incandescente, para obtener tal efecto se conecta un filamento metálico al tubo de descarga que proporciona radiaciones luminosas de color rosa y sirve como resistencia estabilizadora de la descarga.	6 000 horas.
<b>Lámparas de vapor de mercurio de alta eficiencia luminosa</b>	Tiene una eficiencia luminosa de 70 a 140 <i>lumen/watt</i> , fabricadas de yoduro metálico y vapor de sodio a elevada presión. Se utilizan para un alto nivel de iluminación como en estacionamientos, grandes almacenes, extensas áreas, entre otros.	5 000 horas.

### 2.6.3 Lámparas de vapor de sodio

Derivado de la gran diversidad de lámparas de vapor de sodio en la tabla 2.11 se muestra su clasificación.

**Tabla 2.11.**  
Clasificación de lámparas de vapor de sodio [12].

CLASIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN	VIDA MEDIA
<b>Lámparas de vapor de sodio a alta presión</b>	<p>Tienen una eficiencia mucho mayor que las de vapor de mercurio, aplicables a soluciones de iluminación en áreas industriales debido a que las tonalidades no es de importancia.</p> <p>Disponibles en varias formas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Con bulbo elipsoidal difúndete</li> <li>• Con bulbo tubular de vidrio claro</li> <li>• Con bulbo tubular de cuarzo y 2 patas de conexión.</li> </ul>	6 000 horas
<b>Lámparas de vapor de sodio a baja presión</b>	<p>Presentadas en bulbo tubular de vidrio, el tubo de descarga lo tiene en forma de U, algunas de sus características son: produce luz amarilla, eficiencia muy alta entre 130 y 180 <i>lumen/watt</i>, requiere de 10 minutos para alcanzar un 80% del flujo luminoso y 5 posteriores para un 100%.</p>	12 000 horas

Para la selección de una lámpara es de gran importancia elegirla de acuerdo a su potencia nominal de acuerdo al área del espacio que se requiera iluminar [12], algunas características de lámparas incandescentes convencionales se muestran en el anexo A1.

En la figura 2.9 se muestran las lámparas convencionales más utilizadas las cuales ciertas características ya fueron mencionadas en las tablas 2.12-2.20.



**Figura 2.9.** Lámparas convencionales utilizadas con mayor frecuencia.

## 2.7 CÁLCULO DE ILUMINACIÓN EN INTERIORES

El cálculo exacto del alumbrado en una zona o área es complicado debido a diversos factores que intervienen en el método utilizado, los factores están relacionados con el tiempo de operación de las lámparas, condiciones físicas, temperatura, polvo en luminarias y pared, mantenimiento, geometría de la habitación, topografía, orientación de la ventana entre otros.

### 2.7.1 Nivel de Iluminación

Se ha demostrado que el nivel de iluminación determina la calidad de la visión, es decir, cuanto mayor sea el nivel de iluminación se puede ver más fácil y claramente.

Los niveles de iluminación recomendados por algunos fabricantes están implícitos en tres factores:

- La duración del trabajo con luz artificial
- Si el trabajo es nocturno o diurno
- Exigencias de calidad impuestas al producto que se trabaja, tamaño y contraste con los objetivos.
- Edad del usuario

El último factor afecta el nivel de iluminación seleccionado en un porcentaje de acuerdo al criterio considerado en el promedio de edad del usuario. A medida que el hombre envejece necesita mayor iluminación para desarrollar una tarea con la misma eficacia.

- 10 años: nivel recomendado.

- 20 años: aumentar 30% del nivel recomendado.
- 30 años: aumentar 40% del nivel recomendado.
- 40 años: aumentar 50% del nivel recomendado.
- 50 años: aumentar 80% del nivel recomendado.
- 60 años: aumentar 170% del nivel recomendado.

Actualmente se han fijado valores de niveles de iluminación de acuerdo a cada tarea visual, fue calculada en base a la teoría del Dr. H. R. Blackwell y publicada por el Illuminating Engineering Society (I.E.S.) Lighting Handbook en 1959, determino un rendimiento visual del 99% y 5 asimilaciones por segundo. [13]

Para el estudio de una habitación se consideran los valores descritos en la tabla 2.12.

**Tabla 2.12.**

Valores estandarizados en Lux de acuerdo al área de estudio [14].

HOTELES Y RESIDENCIAS	Luxes	Luxes
	I.E.S. 992	S.M.I.I. 952
<b>HOTELES</b>		
Recamaras		
Iluminación general	100	60
Para lectura y escritura	300	200
Administración	500	300
Vestíbulo		
Áreas de trabajo y lectura	300	200
Iluminación general	100	200
Marquesina	500	300
<b>RESIDENCIAS</b>		
Tareas visuales específicas		
Juegos de mesa, cabeceras	300	200
Cocina	500	300
Lavadero, mesa de planchado	500	300
Cuarto de estudio	700	400
Costura	1000	600
Iluminación general		
Entradas, halls, escaleras	100	60
Salas, comedores, recamaras	100	60
Lavandería y cuarto de baño	300	200

La Sociedad Mexicana de Ingeniería e Iluminación (S.M.I.I.) ha calculado nuevos valores apropiados para México y sus condiciones económicas, basados en un rendimiento visual de 95% y 5 asimilaciones por segundo, con lo que la iluminación se baja a niveles aplicables en forma económica [14].

### 2.7.2 Método del flujo total para el cálculo de alumbrado en interiores

Para calcular la distribución de luz directa, semidirecta y mixta en un local, se emplea la siguiente fórmula:

$$K = \frac{ab}{H(a+b)} \quad (2.3)$$

Dónde:

$K$  : Índice de local, los valores se expresan en metros

$a$  : Ancho del local en metros

$b$  : Largo del local en metros

$H$  : Altura de las luminarias sobre el plano de trabajo en metros

Para el cálculo de distribución de luz semidirecta o indirecta en un local, se emplea la siguiente fórmula:

$$K = \frac{3ab}{2H(a+b)} \quad (2.4)$$

La fórmula base para el cálculo del flujo luminoso total considera factores como la forma y desarrolla el mantenimiento y las condiciones ambientales de la instalación.

$$\phi T = \frac{Es}{\mu M} \quad (2.5)$$

Dónde:

$E$  = Nivel de iluminación

$s$  = Superficie del local

$\mu$  = Factor de utilización

$M$  = Factor de mantenimiento

El número de lámparas se obtiene del cociente entre el flujo total y el flujo por lámpara.

$$\text{Númlámparas} = \frac{\phi T}{\phi L} \quad (2.6)$$

### 2.7.3 Método de la cavidad de zona

También conocido como el método de cavidad zonal, se trabaja en sistema inglés debido a que fue creado en Estados Unidos de América, se calculan niveles de iluminación medios dentro del área a estudiar consiste en tres cavidades separadas, figura 2.10.

- Cavidad de techo: se considera desde el plano de las luminarias hasta el techo.
- Cavidad de piso: se considera del plano de trabajo hacia el piso
- Cavidad de cuarto: es el espacio entre luminarias y el plano de trabajo.

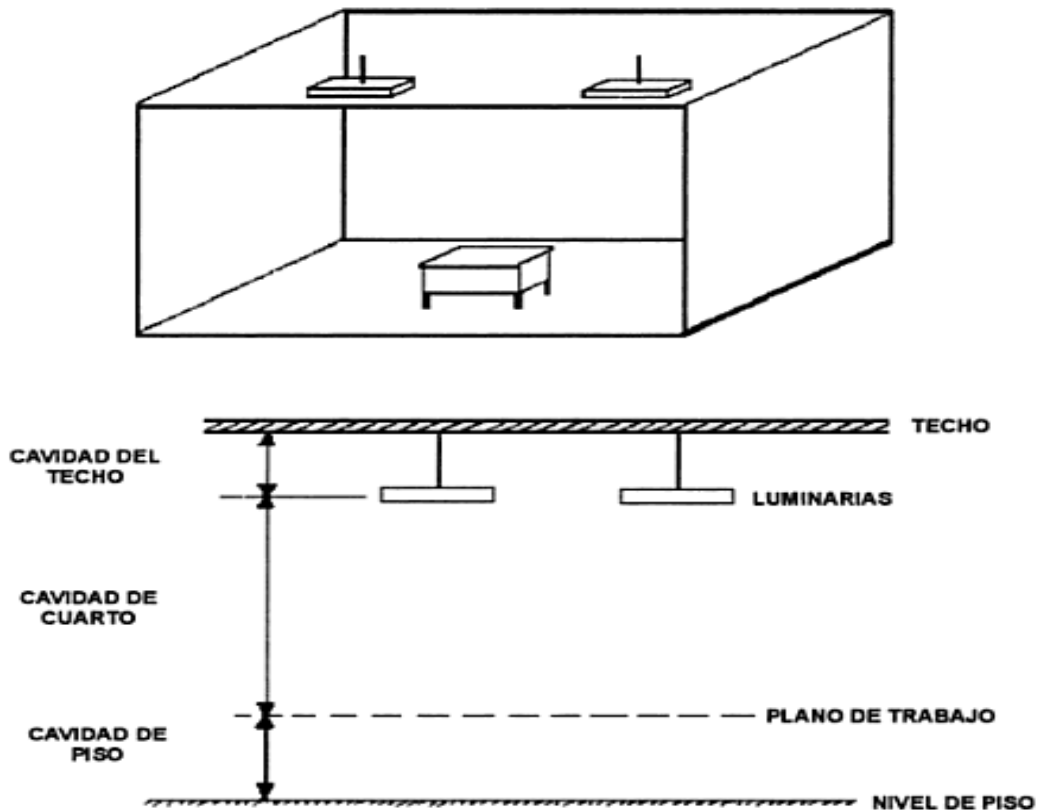


Figura 2.10. Distribución de cavidades.

La fórmula básica para obtener la relación de cavidad en cuartos de forma rectangular es:

$$RC = \frac{5H(a + b)}{ab} \quad (2.7)$$

Dónde:

H= La altura de la cavidad en consideración (techo, piso o cuarto).

Para cuartos compuestos por más de un rectángulo la relación de cavidad se obtiene mediante la ecuación

$$RC = \frac{2.5 \text{ Área de la pared}}{\text{Área del piso}} \quad (2.8)$$

para el cálculo de la relación de cavidad del techo, el área de la pared se obtiene multiplicando la distancia entre el plano de las luminarias y la cavidad del techo.

## 2.8 REFERENCIAS

- [1] R. Michael y P. Wojciech "Histología: Texto y atlas color con biología celular" Editorial medica Panamericana, 2007. ISBN 978-950-06-0435-2. Página. 894.
- [2] Marks WB, Dobelle WH, MacNichol EF Jr: "Visual pigments of single primates cones". Brown PK. Wald G: "Visual pigments in single rods and cones of human retina, direct measurements reveal mechanisms of human night and color vision". 1964. American Association for the Advancement of Science.
- [3] J.C. Calloni "Curso básico de domótica". Editorial Alsina Buenos Aires 2011. ISBN 978-950-553-217-9. Página. 42.
- [4] P. Bastian, W. Eichler, F. Huber, N. Jaufmann, J. Manderla, G. Springer, F. Stricker y K. Tkotz "Electrotecnia" Ediciones Akal, S.A. 2001. ISBN 84-460-1346-0. Página. 292.
- [5] C.S.I.C. "Introducción a los sensores" Editorial El Museo Universal S.A. 1997. ISBN 84-00-06624-3. Página. 73.
- [6] C. Pérez, Á. Muñoz "Teledetección: Nociones y Aplicaciones" Ediciones Universidad de Salamanca. 2006. ISBN 978-84-611-1613-3. Página. 30.
- [7] B. Valdés. "Tecnología en la UABC" 2006. ISBN 970-701-843-7 Página. 31.
- [8] Electrical Engineering Dictionary. "Book/Definitions" Ed. Phillip A. 2000
- [9] R.A. Serway, J.W. Jewett. "Física para ciencias e ingeniería con Física Moderna" Editorial Cengage Learning S.A de C.V. 2009. ISBN 13-978-607-481-358-6. Página. 981, 985
- [10] P. Hewitt. "Física Conceptual" Edición Person Educación. 2004. ISBN 970-26-0447-8. Página. 532
- [11] C. Lammbert. "Instalaciones eléctricas en la vivienda" ALFAOMEGA GRUPO EDITOR, S.A de C.V. 1999. ISBN 84-267-0023-3. Página. 73-76.
- [12] G. E. Harper "El ABC del alumbrado y las instalaciones eléctricas en baja tensión" Editorial Limusa S.A. de C.V. 2002 ISBN 968-18-6050-0 Página. 107-129.
- [13] H. R. Blackwell, "Development and Use of a Quantitative Method for Specification of Interior Illumination Levels on the Basis of Performance Data" I.E.S. 1959
- [14] J. Chapa C. "Manual de instalaciones de alumbrado y fotometría" Editorial LIMUSA 1990. ISBN 968182972-7. Página. 170.



# CAPÍTULO 3

## DISEÑO DE SISTEMA AUTÓNOMO DE ILUMINACIÓN

### 3.1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo se presentan los conceptos generales de la automatización, posteriormente se muestra el desarrollo del modelo de un control de regulación de flujo luminoso en una habitación, maneja entre sus ideas principales la dependencia de ciertos recursos variables como el clima, desgaste entre piezas del componente, variaciones de voltaje por mencionar algunos.

La parte teórica del proyecto considera como cualquier diseño el desarrollo de supuestos, los cuales permiten la restricción de condiciones de un sistema real, el desarrollo de la parte teórica está considerado por los siguientes componentes:

- Diseño del prototipo de la habitación
- Diseño del sistema de persianas
- Programación del sistema de apertura y cierre de persianas
- Estudio de flujo dentro de la habitación
- Vinculación de la programación con la cantidad de luz

La parte física considera el modelo conformado por tres partes fundamentales, que en conjunto con la parte teórica nos dará el control de regulación de luminosidad dentro de la habitación, las partes que conformaran la parte física son:

- Construcción del prototipo de la habitación
- Construcción del sistema de persianas
- Calibración de fotorresistencias

El estudio de luminosidad dentro de una habitación nos brindará datos con los cuales podremos comprobar si la automatización del sistema controlado por la

apertura y cierre de las persianas es la forma óptima con la cual se puede ahorrar luz eléctrica aprovechando la luz del sol.

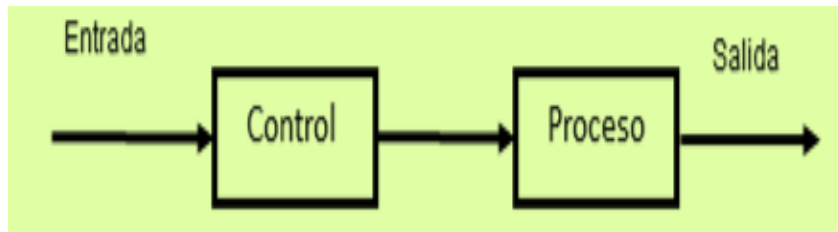
### 3.2 CONCEPTOS GENERALES

En la tabla 3.1 se describen los conceptos generales de la automatización con los cuales se comprende mejor la terminología empleada en el presente trabajo.

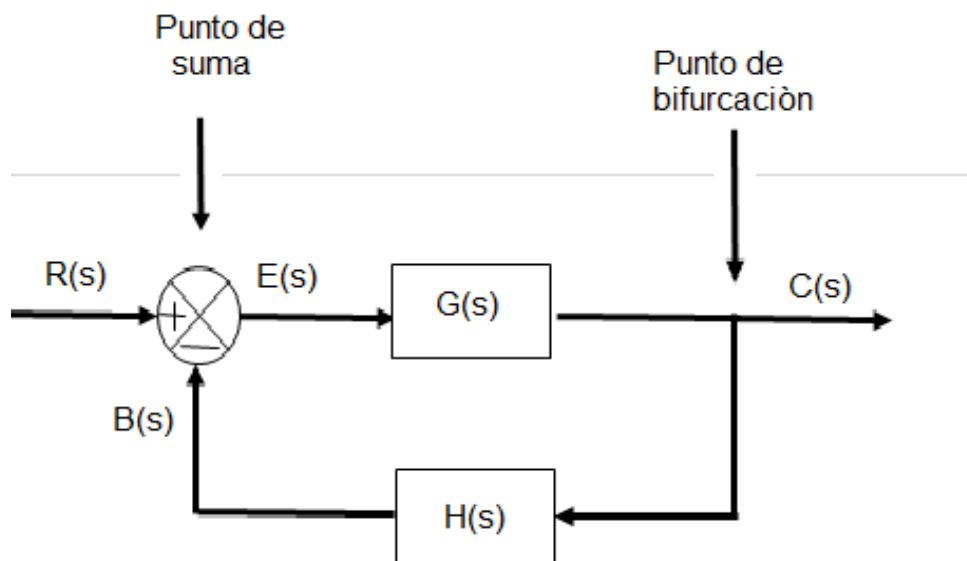
**Tabla 3.1.**  
Conceptos generales de la automatización [1,2].

COMPONENTE	CARACTERÍSTICAS
<b>Automatización</b>	Es la transformación parcial o total de cualquier operación de un sistema sin la necesidad de la supervisión del ser humano, basado en la ingeniería y la informática con el fin de optimizar los procesos productivo
<b>Planta</b>	Es considerada como cualquier objeto físico que se va a controlar, una parte de un equipo, o conjunto de elementos de una máquina que funcionan juntos, su objetivo es efectuar una operación particular.
<b>Proceso</b>	Es cualquier operación que se desea controlar, ya sea artificial o voluntaria que conduce a un resultado, realizada de forma progresiva mediante acciones o movimientos controlados sistemáticamente.
<b>Sistema</b>	Es una combinación de componentes que actúan juntos para realizar un objetivo determinado, aplicados a fenómenos abstractos y dinámicos estos pueden ser sistemas físicos, biológicos, económicos y similares.
<b>Sistemas de lazo abierto</b>	Son aquellos que en la salida no tiene efecto sobre la acción del control, no mide la salida ni se realimenta para compararla con la entrada, a cada entrada le corresponde una condición de operación fija.
<b>Sistemas de lazo cerrado</b>	Este sistema alimenta al controlador de la señal de error de actuación, que es la diferencia entre la señal de entrada y la señal de realimentación, con el fin de disminuir el error y llevar la señal de salida al valor deseado.
<b>Sistemas retroalimentados</b>	Es un sistema que mantiene una relación prescrita entre la salida y la entrada, comparándolas y usando la salida como medio de control.
<b>Perturbaciones</b>	Señal que tiende a afectar negativamente el valor de la salida de un sistema. Las perturbaciones son de dos tipos, internas cuando se generan dentro del sistema y externas cuando se generan fuera del sistema y es una entrada.

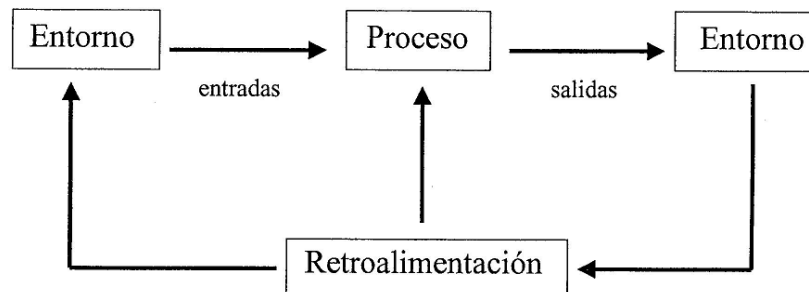
Las figuras 3.1 - 3.3 se ilustran los diagramas de bloques correspondientes a los diferentes tipos de sistemas de control de procesos.



**Figura 3.1.**Diagrama de bloques de un sistema de control abierto [1].



**Figura 3.2.** Diagrama de bloques de un sistema de control cerrado [1].



**Figura 3.3.** Diagrama de bloques de un sistema de control retroalimentado. [2]

**Domótica:** Es aquella en la que existen agrupaciones automatizadas de equipos, normalmente asociados por funciones, que dispones de la capacidad de comunicarse interactivamente entre ellas a través de un bus doméstico multimedia que las integra [3].

### **3.3 IDENTIFICACIÓN DE ELEMENTOS EN UN SISTEMA DE INTENSIDAD LUMINOSA**

Los elementos que interfieren en el sistema de intensidad luminosa para una habitación, están conformados por tres factores importante uno de ellos es la geometría de la habitación, el segundo es la correcta calibración de las fotorresistencias y el desarrollo del programa para el funcionamiento del servomotor, el último elemento es la sincronización de la parte física con la parte (teórica, matemática, programable). Esta vinculación nos permitirá identificar el flujo y así efectuar el estudio dentro de la habitación.

Para la construcción de la habitación se consideró una escala 1:10 la cual permite trabajar con facilidad el estudio. Su geometría es rectangular para usos prácticos y se utilizó madera para la estructura, en el interior se aplicó una capa de pasta con la que desaparecen imperfecciones del material de construcción, con anterioridad se pegó una malla de nylon con el fin de propiciar la correcta distribución de la pasta. La habitación es sellada en su totalidad para evitar filtraciones de luz exterior, el interior es de color blanco para fines prácticos del estudio del flujo.

#### **3.3.1 Estudio de flujo dentro de la habitación**

El estudio de luminosidad dentro de la habitación se realizará mediante el uso de las fotorresistencias, colocados en la parte exterior e interior respectivamente. La colocada en el exterior mandará la señal de inicio y cierre del sistema controlado por el servomotor, la fotorresistencia interior trabajará con un voltaje calibrado que buscará constantemente estar en el punto programado mediante el servomotor, que funciona en un parámetro de 10 grados en 10 grados. Con el voltaje recibido se harán los ajustes necesarios para que el servomotor trabaje solo lo requerido por la

señal que recibe y el usuario pueda elegir cuál es la cantidad de luz necesaria para su plano de trabajo.

Debido a que el cuarto es de forma rectangular, el estudio de caso usará la siguiente fórmula para calcular el flujo luminoso [4,5]:

$$K = \frac{ab}{H(a+b)} \quad (3.1)$$

Dónde:

$K$  : Índice de local, los valores se expresan en metros

$a$  : Ancho del local en metros

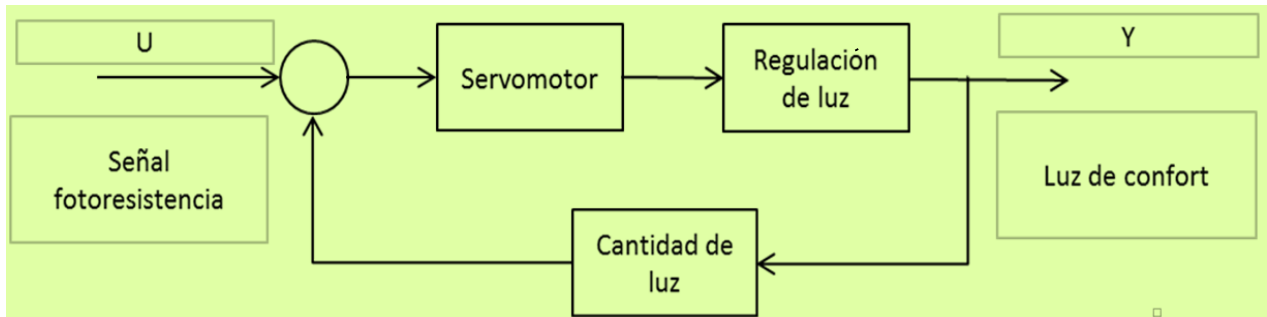
$b$  : Largo del local en metros

$H$  : Altura de las luminarias sobre el plano de trabajo en metros

Para obtener el cálculo del flujo luminoso así como de la luminaria adecuada para el área de estudio, se seguirá la siguiente metodología:

- Obtener las características de la habitación
- Obtener el nivel de iluminación en luxes
- Obtener el índice de local
- Obtener el factor de utilización
- Obtener el factor de mantenimiento
- Obtener el flujo luminoso teórico y real
- Obtener el tipo de luminarias y cantidad

En la figura 3.4, correspondiente al diagrama de bloques representa el proceso sugerido para el sistema de iluminación.



**Figura 3.4.** Diagrama de bloques de un sistema de iluminación.

El estudio final nos brindara la posibilidad de determinar qué tipo de luminaria se puede aplicar dentro de la habitación, así como que eficiencia se recibirá de luz artificial respecto de luz solar [6].

El modelo del prototipo de la habitación en la cual se producirá el estudio del flujo, en primera estancia será modelado en el software de diseño Arduino, tomando en cuenta dimensiones conocidas. Dicho modelo contará con la distribución de la zona media que comprende los muebles en su interior y el sistema de apertura y cierre de las persianas. El prototipo cuenta con ventana y puerta de dimensiones conocidas.

### 3.3.2 Programación del sistema de apertura y cierre de persianas

La parte propuesta de la programación de las persianas está considerada por la capacidad de giro que nos brinda el servomotor, los puntos importantes para la programación del servomotor son:

- Definir la cantidad de movimientos
- Definir cuantos grados se aplicaran a cada movimiento
- Definir el rango que actuaran los movimientos del servomotor

Otro punto importante en la programación del sistema de las persianas se verá reflejado durante la noche ya que el sistema no está activo debido a la cantidad de lux.

### 3.3.3 Calibración de fotorresistencias

Se utilizarán dos fotorresistencias las cuales serán calibradas con el fin de que censen la misma cantidad de luz, el procedimiento para la calibración es la siguiente:

- Armar el circuito correspondiente utilizando dos fotorresistencias
- Programar el circuito con la tarjeta de control "Arduino"
- Colocar el circuito dentro de una caja cerrada
- Visualizar en la pantalla de comando la cantidad de luz es percibida por la fotorresistencia

Para la calibración de las dos fotorresistencias se establece el siguiente arreglo del circuito mostrado en la figura 3.5.

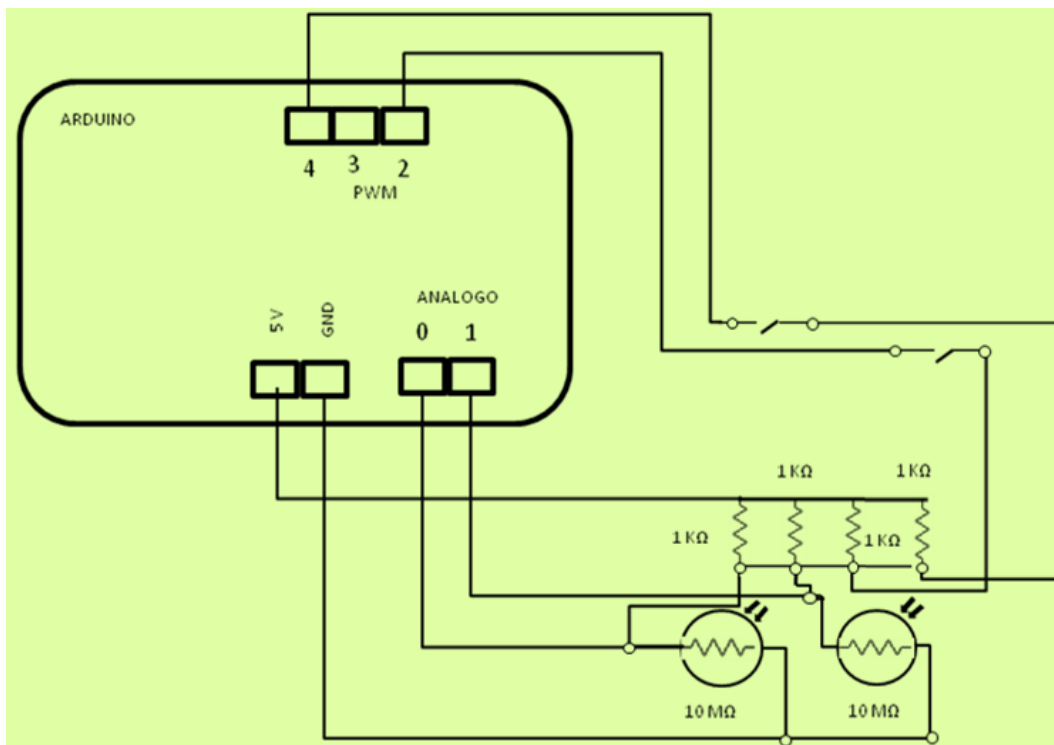






Figura 3.5. Diagrama de calibración de fotorresistencias.

### 3.4 MONTAJE E INSTALACIÓN

Para el diseño del sistema autónomo de iluminación, se utilizaron los implementos mostrados en la tabla 3.2.

**Tabla 3.2.**  
Implementos utilizados para el sistema autónomo de apertura y cierre de persianas.

COMPONENTE	IMAGEN
TARJETA ARDUINO	 A blue Arduino Uno R3 microcontroller board with a USB Type-B port, a DC power jack, and a USB Type-A port.
FOTORESISTENCIAS	 Two photoresistors with a circular light-sensitive surface and two long metal leads.
SERVOMOTOR	 Two servomotors: one is a blue and black hobby servo with gears visible, and the other is a black and white standard servo with a red, white, and brown wire.
PERSIANAS	 A 3D CAD model of a grey blind with three vertical slats and a horizontal top rail.

El diseño del sistema de apertura y cierre será modelado en un software de diseño conocido con el cual se pretende dar mayor proyección del modelo. El modo de desplazamiento de persianas está considerado por una serie de poleas las



cuales serán conectadas por ligas en un riel que abarca la longitud total de la ventana. El servomotor estará colocado en el interior por la parte superior y tendrá un giro de determinados grados los cuales serán programados dependiendo de la cantidad de luz que se registre en el interior de la habitación.

Se realizaran los ajustes correspondientes con un algoritmo dejando la misma cantidad de luz censada. La calibración de las fotorresistencias es un punto fundamental para tener un estudio de luminosidad adecuado. Ambas fotorresistencias deben de tener la misma sensibilidad y censar lo mismo en la pantalla para que el estudio no perciba variación de lux. La instalación de la persiana contara con el siguiente arreglo mostrada en la figura 3.6.

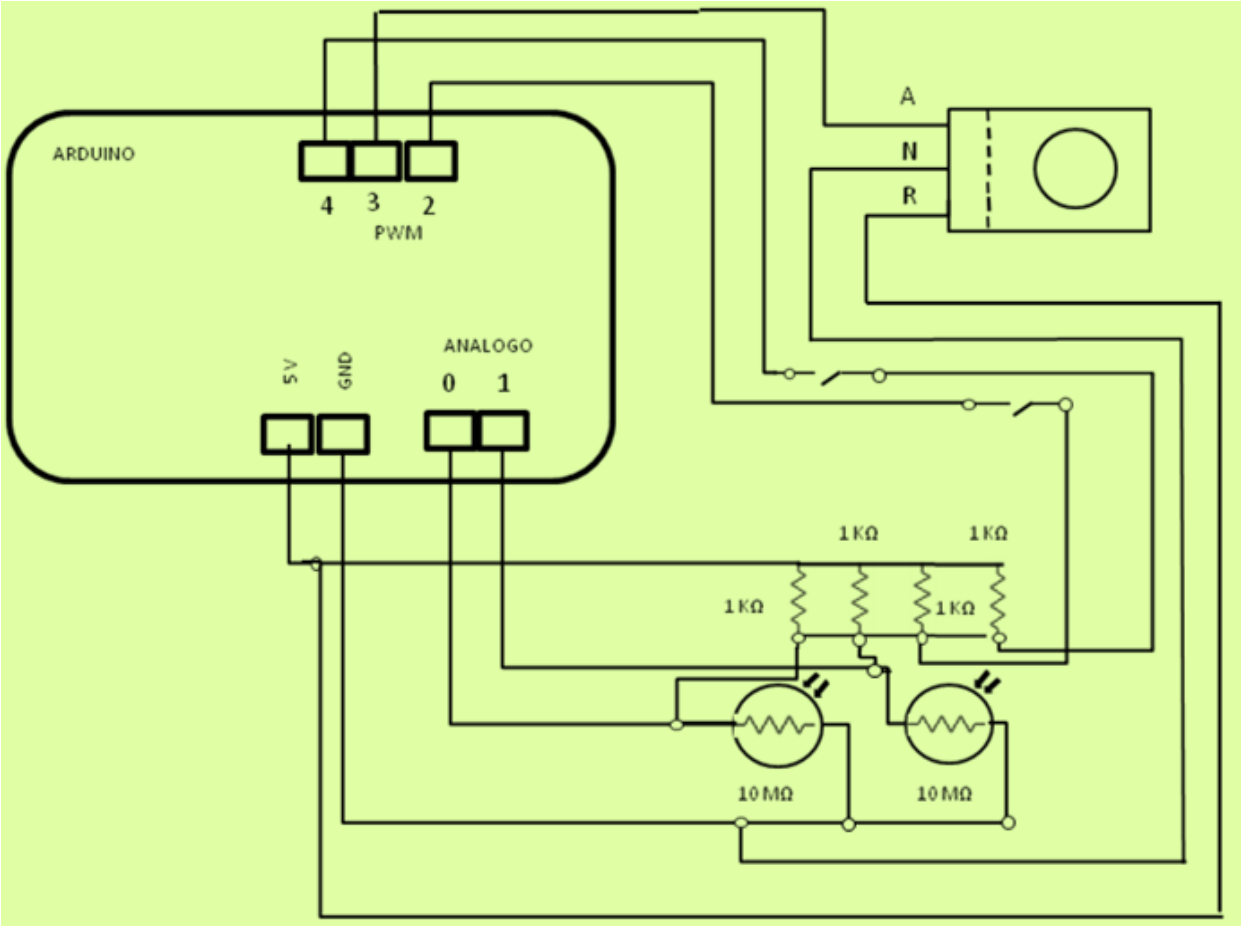


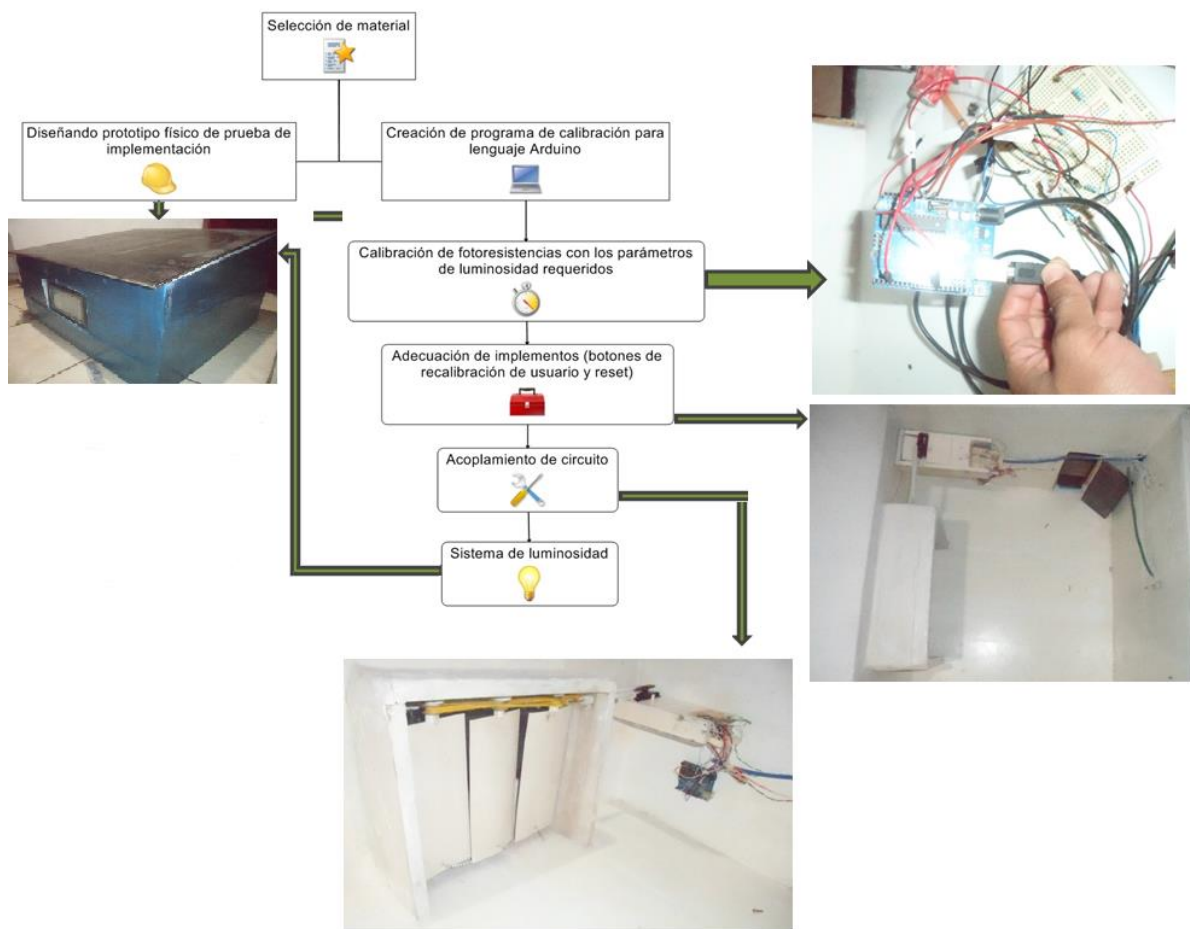
Figura 3.6. Diagrama del funcionamiento del circuito con la persiana.

La programación así como el sistema de control se realizó con una tarjeta comercial la cual es mostrada en la figura 3.7.



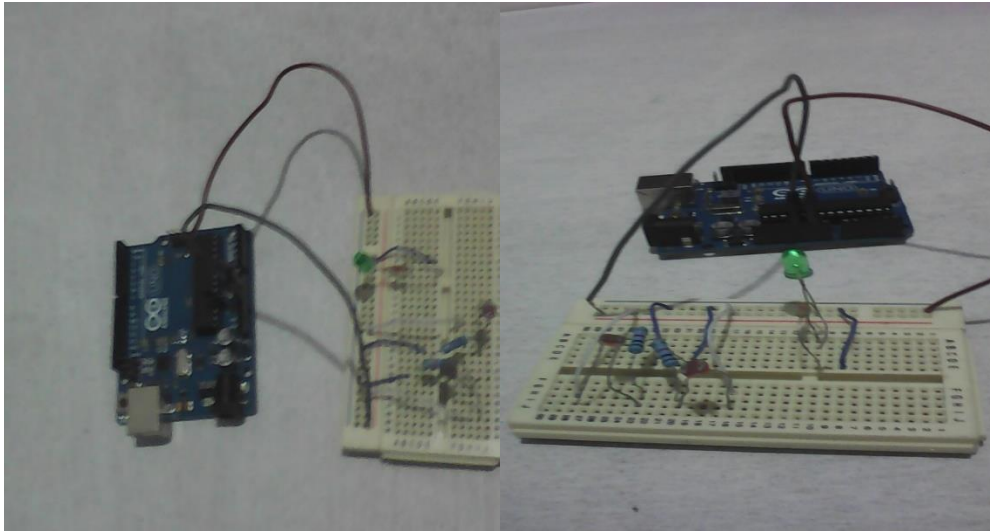
**Figura 3.7.** Tarjeta utilizada la programación.

El procedimiento llevado a cabo para la elaboración del prototipo así como el correspondiente al montaje de persianas dentro del mismo y la programación del sistema de control, está representado por siguiente esquema.



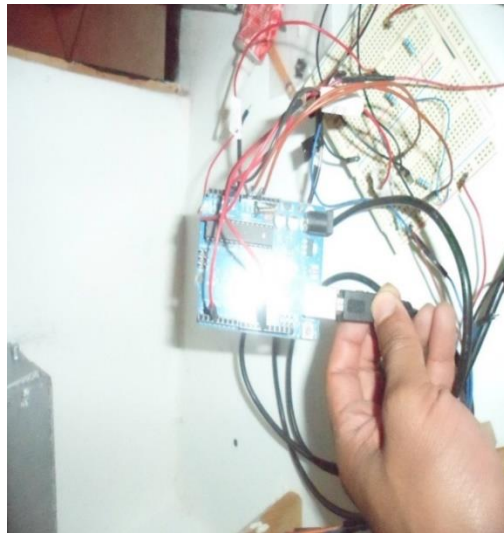
**Figura 3.8.** Diagrama de procedimiento para montaje e instalación del sistema.

Como primer paso en la figura 3.9, se muestra la calibración de fotorresistencias con los parámetros de luminosidad requeridos. La calibración establece un parámetro mínimo el cual dará inicio al arranque del sistema puesto que se tienen dos sensores, el primero registrara los niveles de luminosidad en el exterior de la ventana, el segundo registrara en el interior de la habitación.



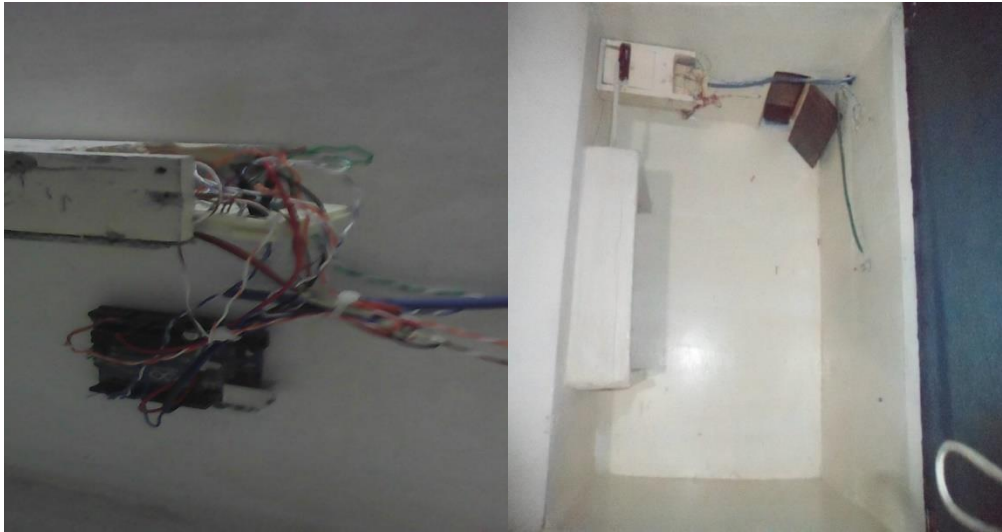
**Figura 3.9.**Calibración de las fotorresistencias.

A continuación en la figura 3.10 se muestra la adecuación de los implementos tales como botones los cuales tienen la función de calibrar y resetear el sistema de control.



**Figura 3.10.**Adecuación de los *push botton*.

En la figura 3.11, se muestra el acoplamiento de circuito de control dentro del prototipo.



**Figura 3.11.**Acoplamiento del circuito de control.

En la figura 3.12 se muestra el diseño y construcción del prototipo físico de prueba e implementación del sistema de control de luminosidad. Los acabados superficiales del interior generan una mejor distribución de lúmenes dentro de la habitación.



**Figura 3.12.**Construcción del prototipo físico de prueba.

En la figura 3.13, se muestra la finalización del prototipo de prueba.



**Figura 3.13.** Prototipo final del sistema de control autónomo de luminosidad.

Con el prototipo listo bajo los parámetros adecuados para el estudio de luminosidad, se puede comenzar a realizar las pruebas necesarias en los diferentes tipos de escenarios con lo que de ser necesario se determinaran mejoras en diseño, programación y procesos a realizar en un futuro.

### 3.5 REFERENCIAS

- [1] Ogata Katsuhiko, "Ingeniería de Control Moderna" Ediciones del Castillo, S A. 1974, Madrid, España, Página. 2-181.
- [2] Richard C, Dorf, Robert H. Bishop "Sistemas de control moderno" séptima edición, Ediciones Pearson educación .S.A, 2005, Madrid.
- [3] S. Junstrand, "Domótica y hogar digital" Thomson Ediciones, Paraninfo S.A 2005, ISBN 84-283-2891-9. Página. 73-76.
- [4] C. Lammbert. "Instalaciones eléctricas en la vivienda" ALFAOMEGA GRUPO EDITOR, S.A de C.V. 1999. ISBN 84-267-0023-3. Página. 4.
- [5] G. E. Harper "El ABC del alumbrado y las instalaciones eléctricas en baja tensión" Editorial Limusa S.A. de C.V. 2002 ISBN 968-18-6050-0 Página. 107-129.
- [6] J. Chapa C. "Manual de instalaciones de alumbrado y fotometría" Editorial LIMUSA 1990. ISBN 968182972-7. Página. 170

# CAPÍTULO 4

## IMPLEMENTACIÓN Y RESULTADOS

### 4.1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo se describen los resultados obtenidos por el estudio teórico y los resultados pertenecientes al modelo del prototipo mediante la ejecución de la automatización de persianas, con el fin de mejorar el sistema se analizarán los problemas que tiene la sociedad y se buscara satisfacer las necesidades que interfieren en su confort.

La luz eléctrica es la más cómoda, limpia, segura e higiénica de todos los tipos de luz artificial; sin embargo, requiere que su utilización sea en forma eficiente y económica. Debido a la gran demanda de suministro de energía eléctrica que continuamente la población requiere para satisfacer sus necesidades, se busca que la generación de la misma cuente con la capacidad y calidad dentro de los estándares vigentes, pero esto no siempre es posible. Los procesos de producción más utilizados para su control y comercialización son: por carbón, gas natural, hidroeléctrico, geotermoeléctrica y nucleoelectrica [1,2].

El desperdicio de luz eléctrica en los hogares, puede ser reducido al estudiar la regulación de la iluminación en una habitación, con lo cual se tiene como fin tomar el máximo aprovechamiento de la luz solar, sin necesidad de consumir más que la necesaria [3].

Sabemos que hay varias formas de generar luz y una de ellas es la solar, esta permitirá automatizar y programar el control de luz solar dentro de una habitación, de esta manera el consumo de la luz eléctrica disminuirá y se aprovechará de manera óptima nuestra luz solar como un beneficio más para la sociedad.

Es por eso que el control de un sistema autónomo de persianas propuesto en este trabajo tendrá como principal función el aprovechamiento máximo de luz solar para iluminar una habitación, con el fin de reducir el consumo de energía eléctrica, dado que en la mayoría de los hogares es utilizada de manera inadecuada o desperdiciada en gran exceso en tareas inútiles.

Los datos de cantidad de iluminación obtenidos durante las pruebas realizadas en el prototipo a escala permitieron ajustar el control autónomo de las persianas con el fin de concertar el rango adecuado que produzca el mejor beneficio al usuario.

## 4.2 CÁLCULO DEL FLUJO INTERIOR EMPLEANDO EL MÉTODO DE FLUJO TOTAL

Para obtener el cálculo del flujo luminoso perteneciente al modelo de habitación, estudio seguirá los siguientes puntos:

- a) **Dimensiones de la habitación:** en la tabla 4.1, se muestran las dimensiones consideradas de una habitación de tamaño común, las cuales se tomarán para realizar el estudio de flujo luminoso :

**Tabla 4.1.**  
Características dimensionales de la habitación.

LUGAR	Largo (m)	Ancho (m)	Altura (m)
Habitación de una casa, próximo a una ventana	4.0	3.0	2.2

- b) **Nivel de iluminación en luxes:** tomando como referencia los niveles de iluminación de las tablas 2.7 y 2.12 se presentan valores recomendados para el estudio de flujo de acuerdo a las dimensiones del espacio a iluminar, las características para este estudio son considerados en la tabla 4.2.



**Tabla 4.2.**

Características de iluminación estandarizados de acuerdo al área de estudio.

LUGAR	NIVEL DE ILUMINACIÓN		
	I.E.S 992	S.M.I.I.	Tabla 2.2
En el interior de una casa, próximo a una ventana			1 000 lx
Cuarto de estudio	700 lx	400 lx	

c) **Índice de local:** para obtener el índice de iluminación del local se utiliza la fórmula:

$$K = \frac{ab}{H(a+b)} \quad (4.1)$$

Dónde:

$K$  : Índice de local, los valores se expresan en metros

$a$ : Ancho del local en metros

$b$ : Largo del local en metros

$H$  : Altura de las luminarias sobre el plano de trabajo en metros

Sustituyendo los valores de la tabla 4.1 y 4.2 en la formula anterior,

$$K = \frac{(4.0)(3.0)}{(2.2)(4.0 + 3.0)} = 0.78$$

Se obtiene que el índice de local es igual a 0.78, para fines prácticos se ocupa el valor de 0.80 el cuál es el más próximo correspondiente a la tabla 1 del Anexo A2, se toman los valores correspondientes de reflexión de la tabla 4.3.

**Tabla 4.3.**  
Valor óptimo de índice de local.

<b><math>K=0.8</math>: Índice de local óptimo del espacio de estudio</b>		
<b>Lugar</b>	<b>Color</b>	<b>Reflexión</b>
Techo	Blanco	80%
Pared	Blanca	50%

**d) Factor de utilización:** una vez conocido el valor del índice del local ( $k$ ) se toma el factor de utilización  $\mu$ , dicho valor es tomado de la tabla 1 de factor de utilización del anexo A2.

$$\mu = 0.48$$

**e) Factor de mantenimiento:** de la tabla 2 del anexo A2 se selecciona el factor de mantenimiento ( $M$ ), cuyo valor corresponde a  $M=0.75$  debido a que se considera un ambiente limpio.

**f) Flujo luminoso teórico y real:** Para el flujo teórico se toma la fórmula:

$$\phi = \frac{Es}{\mu M}$$

Dónde:

$\phi$  = Flujo total emitido por la lámpara

$E$  = Nivel de iluminación

$s$  = Superficie del local

$\mu$  = Factor de utilización

$M$  = Factor de mantenimiento

El nivel de iluminación se obtiene de los valores brindados por la S.M.I.I correspondientes a la tabla 2.12.

$$\phi = \frac{(400)(12)}{(0.48)(0.75)}$$

$$\phi = 13333.33$$

El flujo real de rendimiento de las luminarias  $\eta_L$  es 0.85 tomado de la tabla 3 del anexo A2 por lo que se usa la fórmula:

$$\phi_T = \frac{\phi}{\eta_L}$$

Dónde:

$\eta_L$  = Rendimiento de las luminarias.

$\phi_T$  = Flujo luminoso real

$$\phi_T = \frac{13333.33}{0.85}$$

**g) Tipo de luminarias y cantidad:** para fines prácticos se considera una luminaria con características mostradas en el anexo A3.

Se seleccionara una luminaria fluorescente compacta de 1220 lúmenes. La cantidad de luminarias requiere de la aplicación de la siguiente formula:

$$Númlámparas = \frac{\phi_T}{\phi_L}$$

Dónde:

$\phi_L$  = Flujo luminoso de lámparas

$\phi_T$  = Flujo luminoso real

$$Númlámparas = \frac{15686.27}{1220}$$

$$Númlámparas = 12.85$$

La cantidad de luminarias son 13, por razones de geometría se consideran 12 luminarias.

### 4.3 DESCRIPCIÓN DEL PROTOTIPO

El modelo de la habitación en la parte exterior fue hecho a escala con medidas estándares existentes, así mismo el sistema fue construido con materiales de uso común por lo que su instalación es ajustada al ensamblar la puerta, techo y ventana.

La parte interior está conformada por el sistema de persianas y el circuito que las controla de forma autónoma, dicho circuito se encuentra colocado en la parte superior de una arista de la casa, con lo que se puede manipular con gran facilidad.

La figura 4.1, ilustra el modelo de la habitación diseñado en *Solidworks*.



Figura 4.1. Parte exterior del prototipo.

#### 4.3.1 Características del prototipo

El prototipo diseñado bajo ciertas características las cuales fueron fundamentales para definir los parámetros de construcción [4, 5, 6]:

- La habitación está contemplada bajo la escala 1:10, lo que representa un metro por cada centímetro que tiene el modelo.
- Para efectos del estudio el prototipo fue construido de cierta forma donde es muy semejante a una habitación de características conocidas.

- Construida por madera en un 90% con lo que se abarcaron las partes como: paredes, puerta y techo.
- El recubrimiento interior se realizó con “redimix” que es un material muy semejante al yeso ocupado para la construcción, dicho recubrimiento fue utilizado para brindarle un acabado más regular en las paredes.
- Además el interior fue pintado de color blanco con el fin de que la luz tenga una mayor reflexión en la superficie.
- Para fines prácticos de manipulación del circuito y el sistema de persianas, el techo es plegable.
- Fue colocada una ventana en la parte frontal, la cual tiene la misma escala del prototipo. Se colocó un marco de aluminio y el cristal para la simulación de la ventana real.

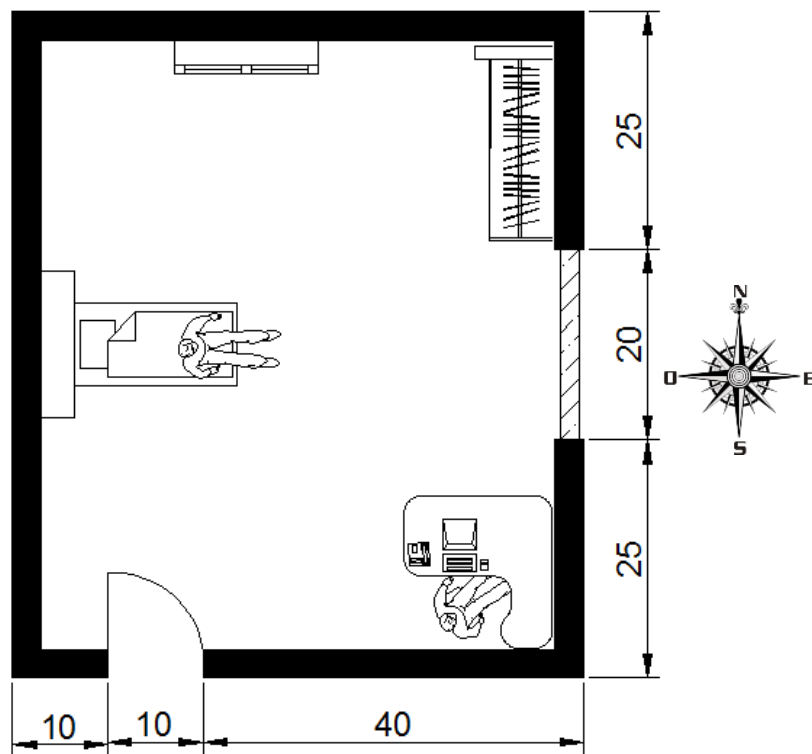
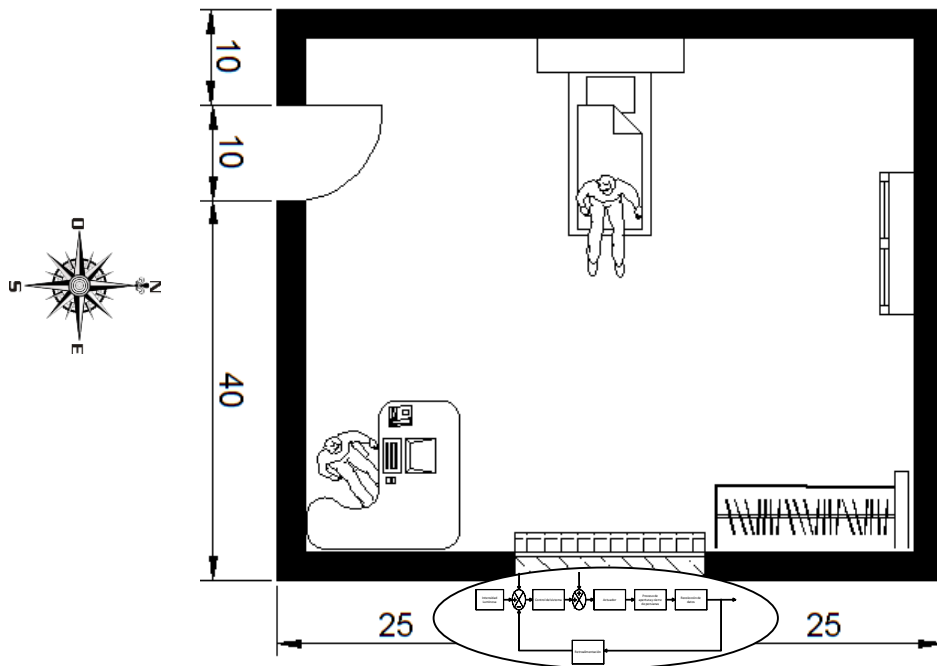


Figura 4.2. Distribución interior del prototipo.

#### 4.3.2 Prototipo de persianas automatizado

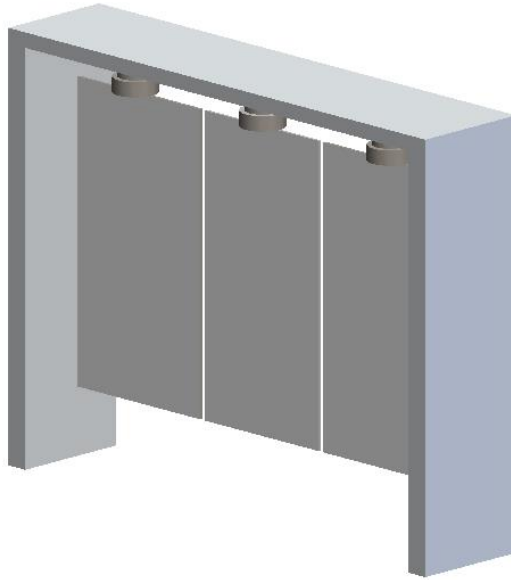
El sistema de iluminación está conformado por tres persianas, las cuales están unidas a base de poleas cuyo fin es moverlas de forma sincronizada con lo que

giran en un solo sentido, dejando entrar la luz o bloqueando su paso, como lo muestra la figura 4.3.



**Figura 4.3.** Distribución del sistema de apertura y cierre de persianas.

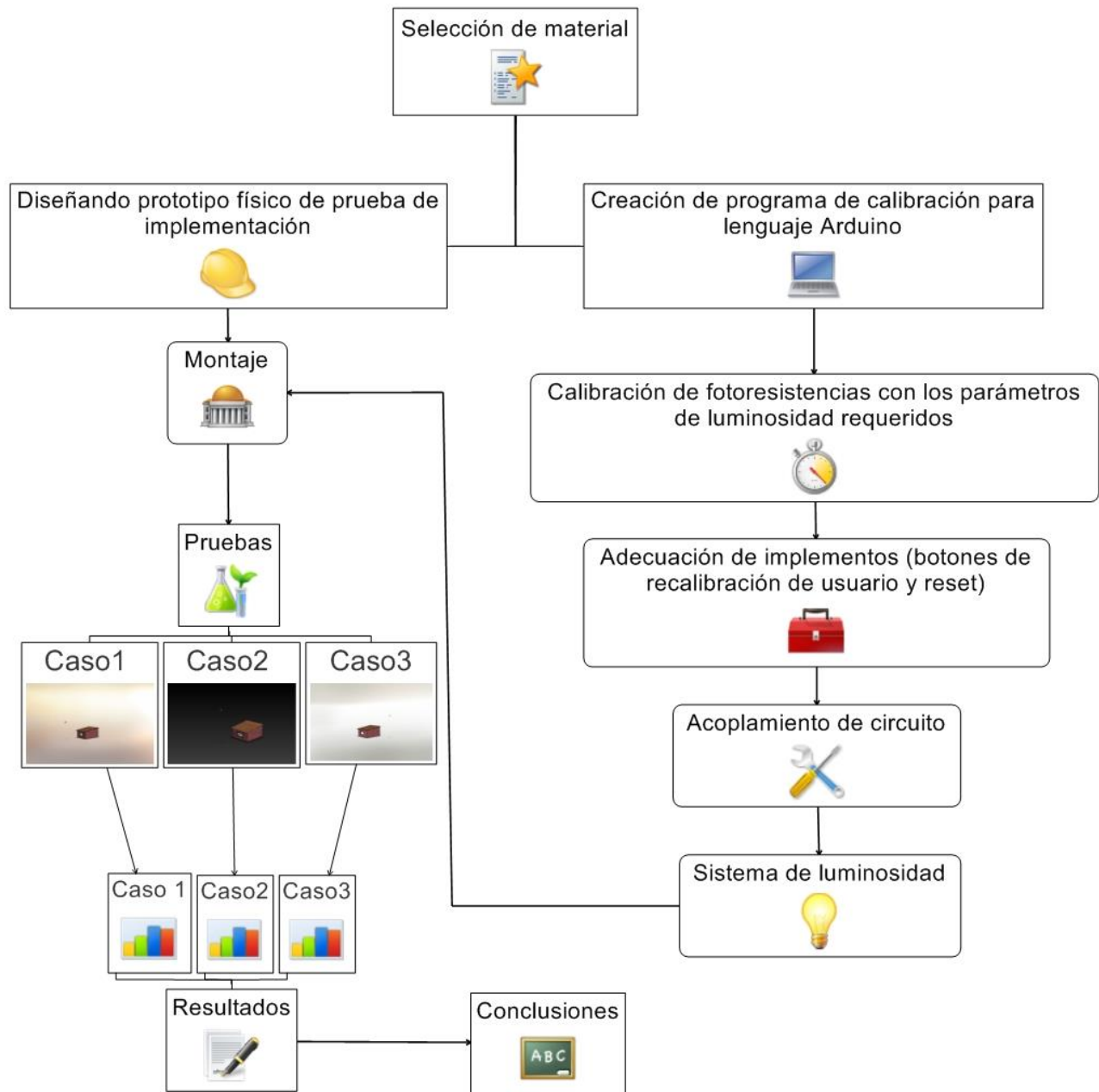
El prototipo empleado en el sistema de apertura y cierre de las persianas tiene dimensiones conocidas, de manera muy similar a las que existen, la parte mecánica que hace posible el funcionamiento del sistema está constituida por un conjunto de poleas plásticas unidas de tal forma que se hagan girar a un sentido representado en la figura 4.4.



**Figura 4.4.** Sistema de apertura y cierre de persianas.

#### **4.4 DESCRIPCIÓN DE PRUEBAS**

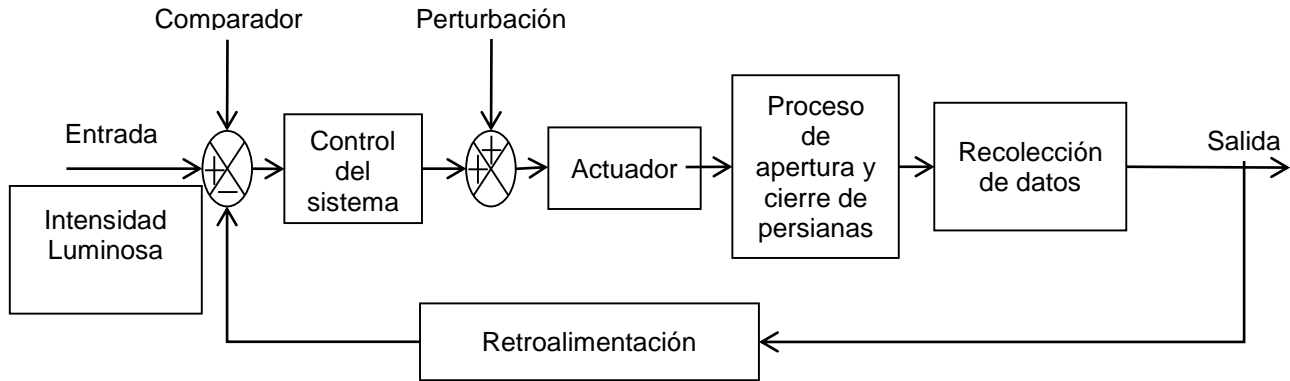
Los datos obtenidos mediante las mediciones efectuadas fueron generadas en diferentes horarios, la orientación de la ventana fue establecida en dirección Este para fines prácticos por lo que se puede concluir un estudio en el flujo dentro de la habitación, en el diagrama de procesos mostrado en la figura 4.5, se describe paso a paso la secuencia a seguir del prototipo de la casa habitación.



**Figura 4.5.** Diagrama de procedimiento para prototipo casa habitación.

Las mediciones de los datos obtenidos se captaron en las fotoresistencias, se generaron mediante el software Arduino y se proyectaron por la pantalla serial, siguiendo el proceso mostrado en la figura 4.6 [7,8].



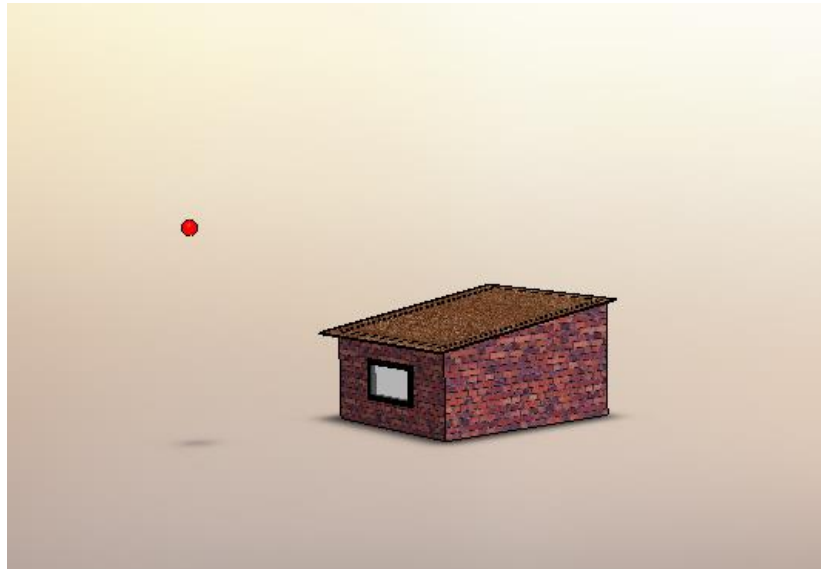


**Figura 4.6.** Diagrama de flujo de recolección de datos.

Donde el comparador es definido como la calibración de las fotorresistencias las cuales arrojaran los datos mostrados en el monitor serial, la perturbación fue establecida como las diferentes variantes que interfieren en el proceso para este caso es la obstrucción parcial o total de la fotorresistencia externa, o la obstrucción del sol como señal de entrada.

Las pruebas se realizaron en tres etapas, las cuales se detallan a continuación:

**Caso1:** Los datos recopilados en el primer caso están basados donde solo hay luz en la parte exterior, la cual corresponde a la simulación de un amanecer en un horario de prueba de 7:00 a 9:00 horas como se muestra en la figura 4.7.



**Figura 4.7.** Modelo correspondiente al caso uno.

En la tabla 4.4, se presentan los datos obtenidos de las mediciones para el caso de estudio uno.

**Tabla 4.4.**  
Datos obtenidos del caso 1.

CONTADOR	LUZ EXTERIOR	LUZ INTERIOR
1	344	46
2	344	47
3	344	47
4	343	47
5	343	46
6	343	47
7	344	46
8	343	46
9	343	46
10	343	46
11	343	46
12	343	46
13	343	46
14	343	46
15	343	46
16	343	46
17	343	46
18	343	46
19	342	46
20	342	46

**Caso 2:** Los datos recopilados para el segundo caso están basados donde no hay luz exterior ni luz interior, lo que provoca que encienda el led que se encuentra en

el interior, la cual corresponde a la simulación del anochecer en un horario de prueba de 19:00 a 21:00 horas como se muestra en la figura 4.8.



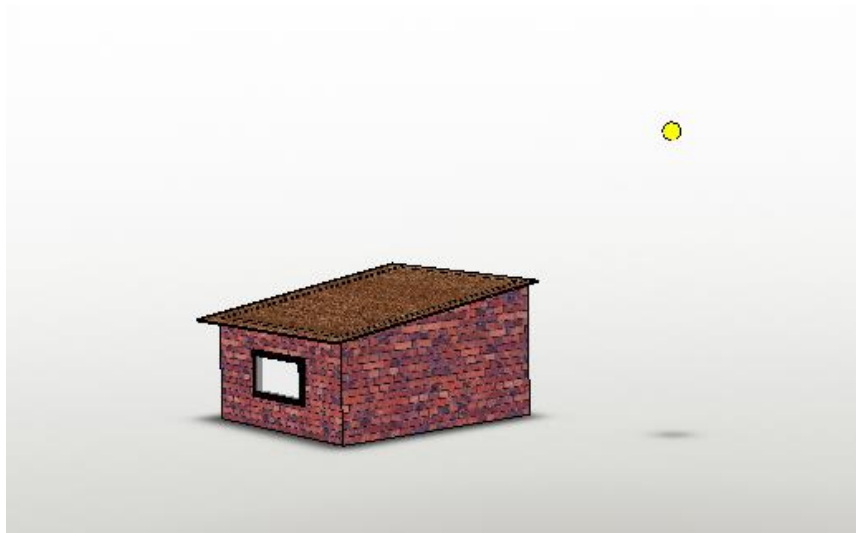
**Figura 4.8.** Modelo correspondiente al caso dos.

En la tabla 4.5, se presentan los datos obtenidos de las mediciones para el caso de estudio dos.

**Tabla 4.5.**  
Datos obtenidos del caso 2.

CONTADOR	LUZ EXTERIOR	LUZ INTERIOR
1	18	44
2	15	44
3	21	44
4	21	45
5	21	44
6	12	44
7	18	44
8	17	44
9	18	44
10	18	44
11	18	44
12	18	45
13	18	45
14	17	45
15	13	43
16	18	40
17	17	44
18	18	44
19	28	44
20	28	43

**Caso3:** Los datos recopilados para el tercer caso están basados cuando hay luz exterior y luz interior, lo que corresponde a la simulación de un día con mucho sol en un horario de prueba de 12:00 a 14:00 horas como se muestra en la figura 4.9.



**Figura 4.9.** Modelo correspondiente al caso tres.

En la tabla 4.6, se presentan los datos obtenidos de las mediciones para el caso de estudio tres.

**Tabla 4.6.**  
Datos obtenidos del caso 3.

CONTADOR	LUZ EXTERIOR	LUZ INTERIOR
1	396	299
2	396	299
3	396	300
4	396	298
5	395	299
6	395	298
7	395	299
8	395	298
9	395	298
10	395	298
11	394	298
12	395	298
13	394	298
14	394	298
15	394	297
16	394	298
17	394	297
18	394	297
19	394	296
20	394	296

## 4.5 REPRESENTACIÓN DE LAS PRUEBAS

Utilizando software de Matlab para procesar los datos obtenidos de las muestras registradas ante los tres casos de estudio, las figuras 4.10-4.18, muestran el comportamiento de intensidad de flujo luminoso dentro del espacio de estudio para los diferentes casos de referencia.

**Caso 1:**

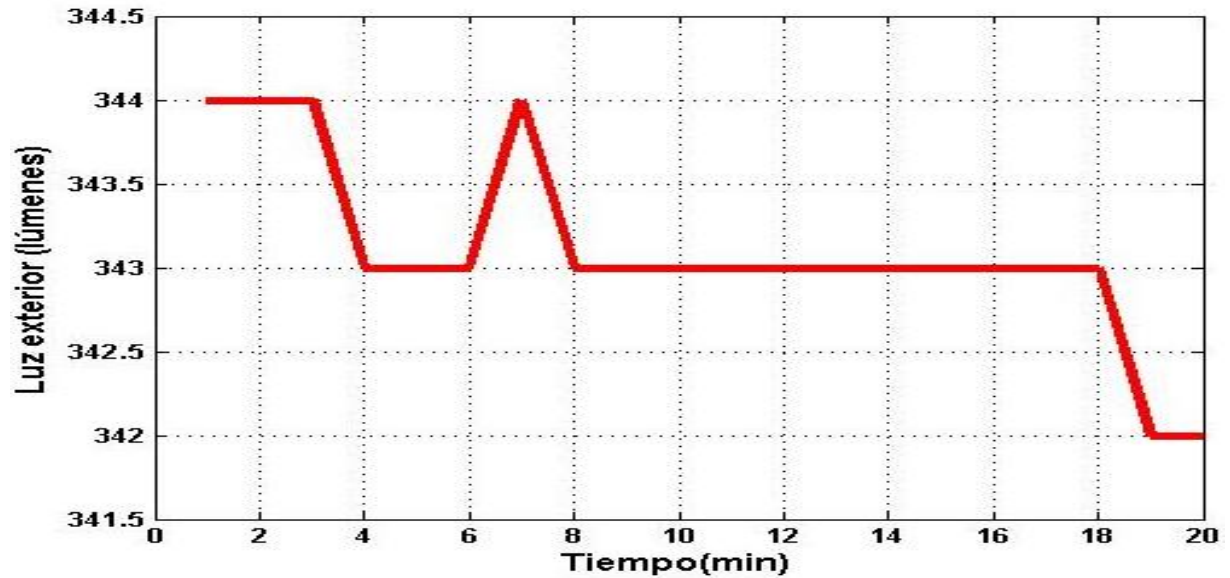


Figura 4.10. Gráfica Luz exterior contra Tiempo Caso 1.

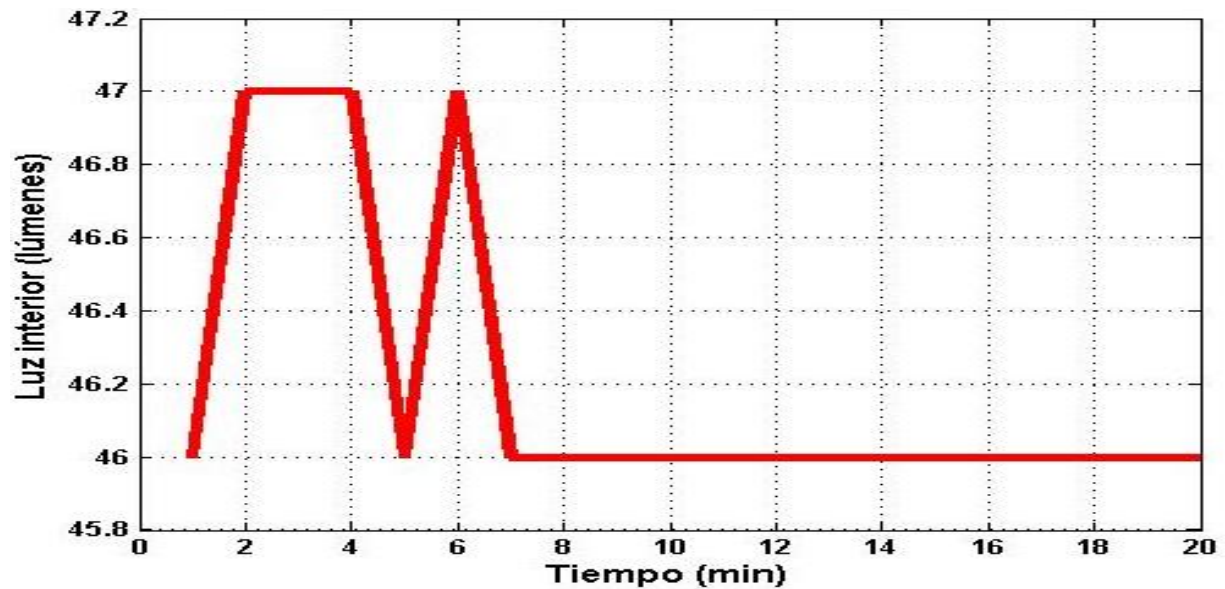


Figura 4.11. Gráfica Luz interior contra Tiempo Caso 1.

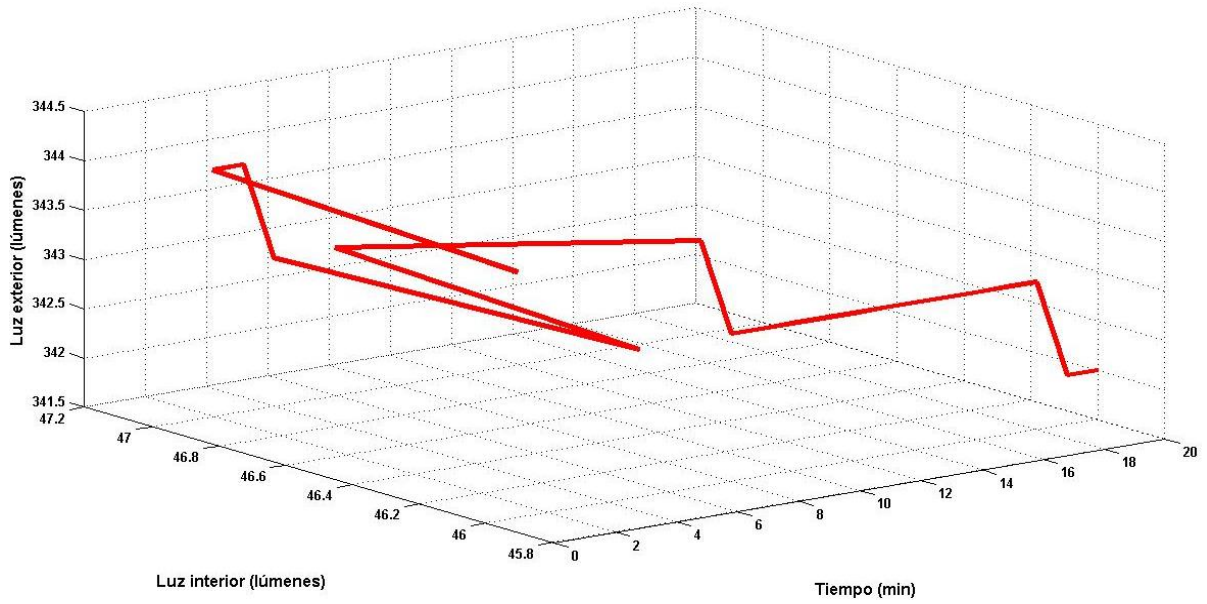


Figura 4.12. Gráfica Luz exterior, Luz interior contra Tiempo Caso 1.

**Caso 2**

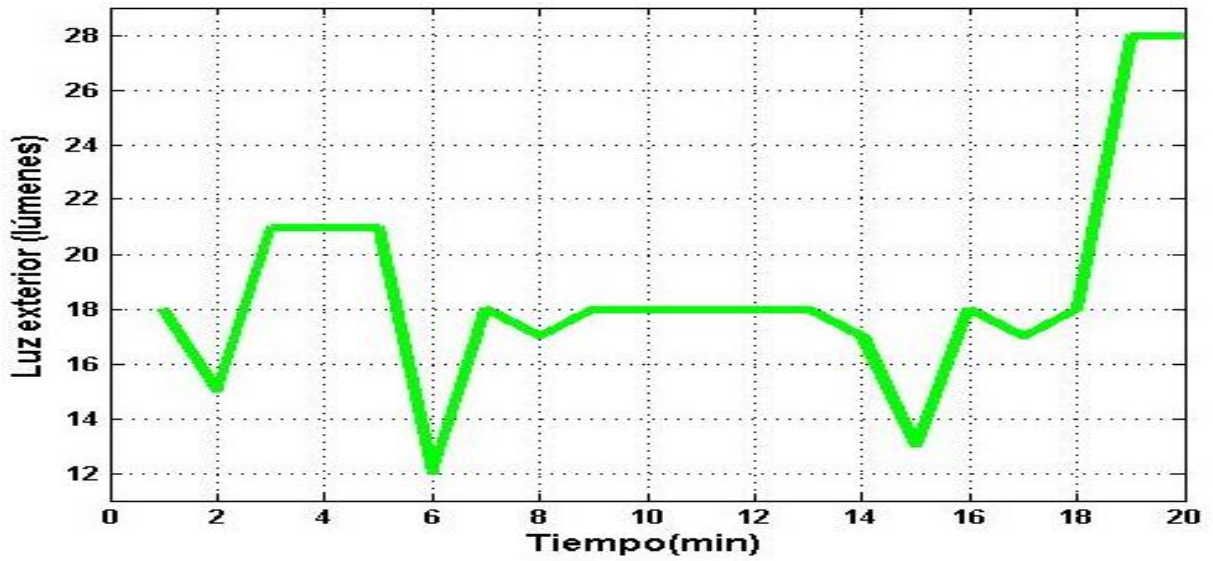


Figura 4.13. Gráfica Luz exterior contra Tiempo Caso 2.

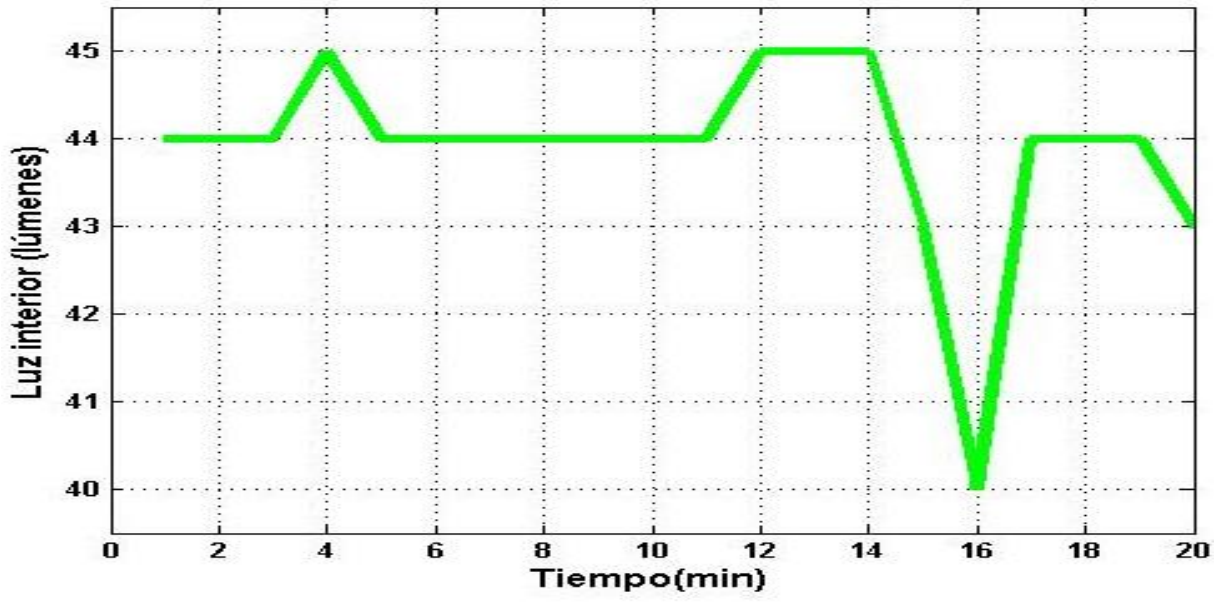


Figura 4.14. Gráfica Luz interior contra Tiempo Caso 2.

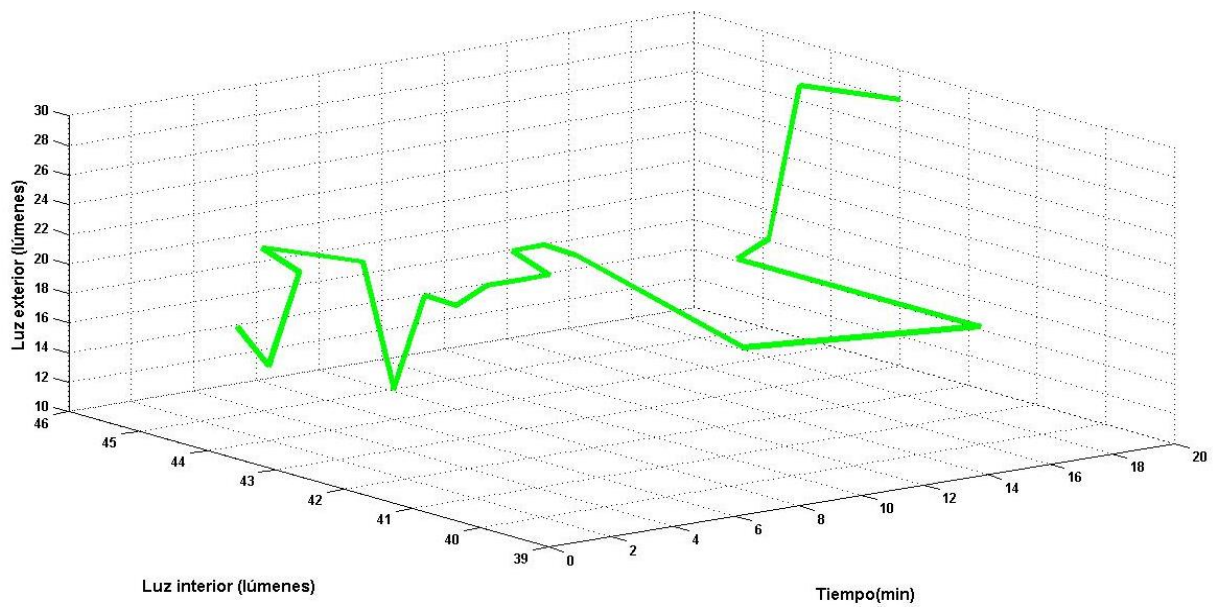


Figura 4.15. Gráfica Luz exterior, Luz interior contra Tiempo Caso 2.

### Caso 3

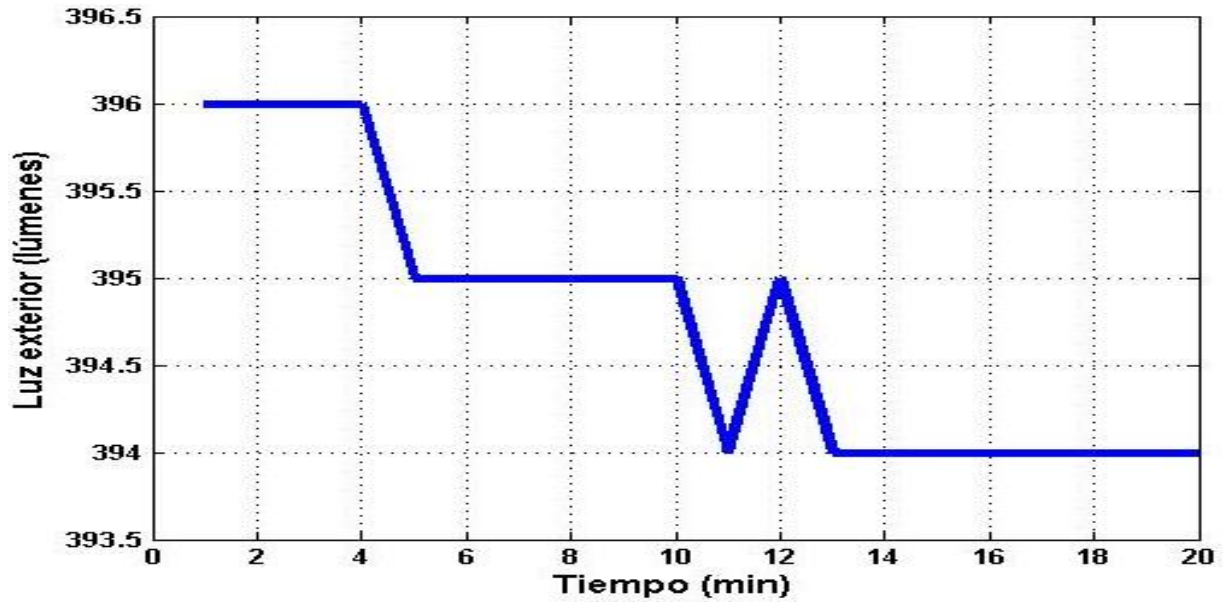


Figura 4.16. Gráfica Luz exterior contra Tiempo Caso 3.

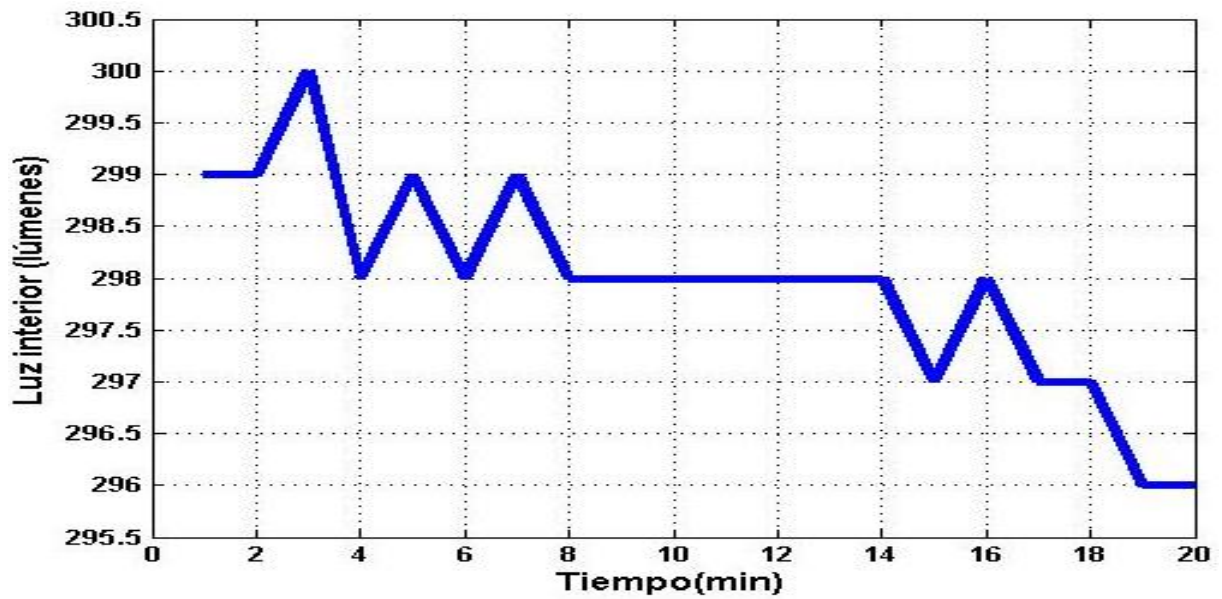
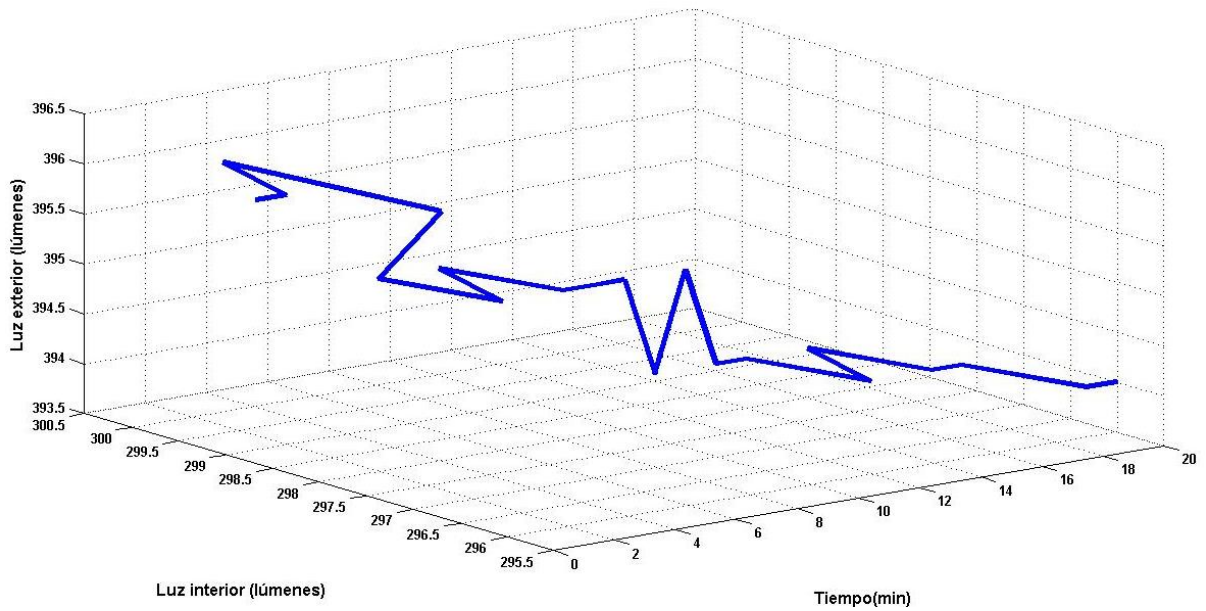


Figura 4.17. Gráfica Luz interior contra Tiempo Caso 3.





**Figura 4.18.** Gráfica Luz exterior, Luz interior contra Tiempo Caso 3.

Derivado de los resultados obtenidos en los datos representativos de los casos, el comportamiento del flujo luminoso es próximo al requerido por las especificaciones de la S.M.I.I. con lo que se puede concluir que el nivel de iluminación se regula en el transcurso del día para obtener un flujo de iluminación favorable para desempeñar diversas actividades durante el día. El comportamiento es el deseado por el sistema de persianas ya que en el transcurso del día busca una estabilidad en la distribución de luz.

## 4.6 REFERENCIAS

- [1] G. Enríquez H. "El ABC del alumbrado y las instalaciones eléctricas en baja tensión" Editorial Limusa S.A. de C.V. 2002. ISBN 968-18-6050-0. Página. 97.
- [2] E. Domingo López "Régimen jurídico de las energías renovables y la cogeneración eléctrica" Ministerio de administraciones públicas. ISBN 84-7088-692-4. 2000. Página. 43.
- [3] P. Ramos Castellanos "Energías y medio ambiente." Ediciones Universidad Salamanca. 2004. ISBN 84-7800-577-3. Página. 293.
- [4] C. Lambert. "Instalaciones eléctricas en la vivienda" ALFAOMEGA GRUPO EDITOR, S.A de C.V. 1999. ISBN 84-267-0023-3. Página. 73-76.
- [5] G. E. Harper "El ABC del alumbrado y las instalaciones eléctricas en baja tensión" Editorial Limusa S.A. de C.V. 2002 ISBN 968-18-6050-0 Página. 107-129.
- [6] J. Chapa C. "Manual de instalaciones de alumbrado y fotometría" Editorial LIMUSA 1990. ISBN 968182972-7. Página. 170
- [7] Ogata.Katsuhiko,"Ingeniería de Control Moderna "Ediciones del Castillo, S A. 1974, Madrid, España, Página. 2-181.
- [8] Richard C, Dorf, Robert H. Bishop "Sistemas de control moderno" séptima edición, Ediciones Pearson educación .S.A, 2005, Madrid.

# CAPÍTULO 5

## CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

### 5.1 INTRODUCCIÓN

Con el desarrollo del presente trabajo arrojó resultados relevantes, en donde la programación e implementación en el prototipo permitieron controlar y verificar el correcto funcionamiento para los ajustes necesarios en cada caso presentado, esto determinó un estudio muy eficaz dentro del cual los datos recolectados sirven como referencia en la distribución de cada caso.

Un factor importante que brindo un mejor estudio, fue el acabado superficial dentro de la habitación el cual tenía como característica principal la reflexión de la luz dentro del prototipo para dar una mejor distribución de lúmenes. La cantidad de flujo de luz es regulado por el usuario para dicho propósito el usuario utiliza un dispositivo el cual modifica y calibra el nivel de flujo deseado

Las comparaciones de los diferentes casos, nos ayuda a conocer el comportamiento del flujo en cada uno de los casos como se puede observar en la tabla 5.1.

**Tabla 5.1.**  
Comparación de resultados obtenidos del estudio de iluminación.

NIVEL DE ILUMINACIÓN OBTENIDO	
<b>S.M.I.I.</b>	400 lx
Amanecer	46 lx
Anocheecer	43 lx
Medio día	295 lx

La comparación de las medidas de los tres casos conforme a la luz exterior se representa en la figura 5.1.

Dónde:

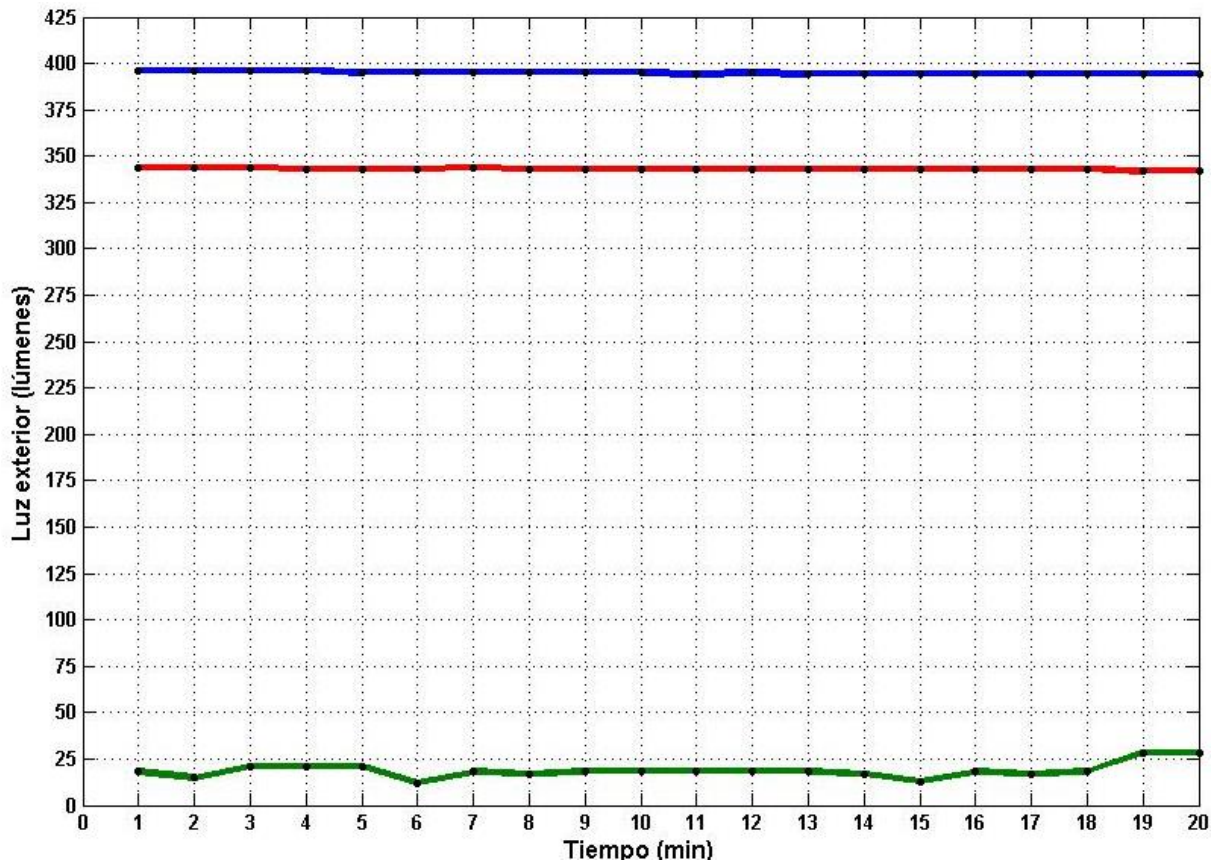
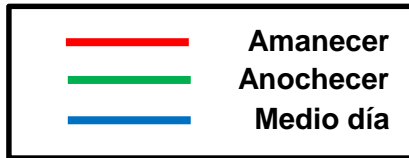
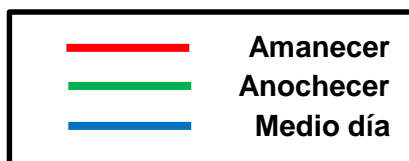


Figura 5.1. Gráfica de comparación de Luz exterior.

La comparación de las medidas de los tres casos conforme a la luz interior se representa en la figura 5.2.

Dónde:



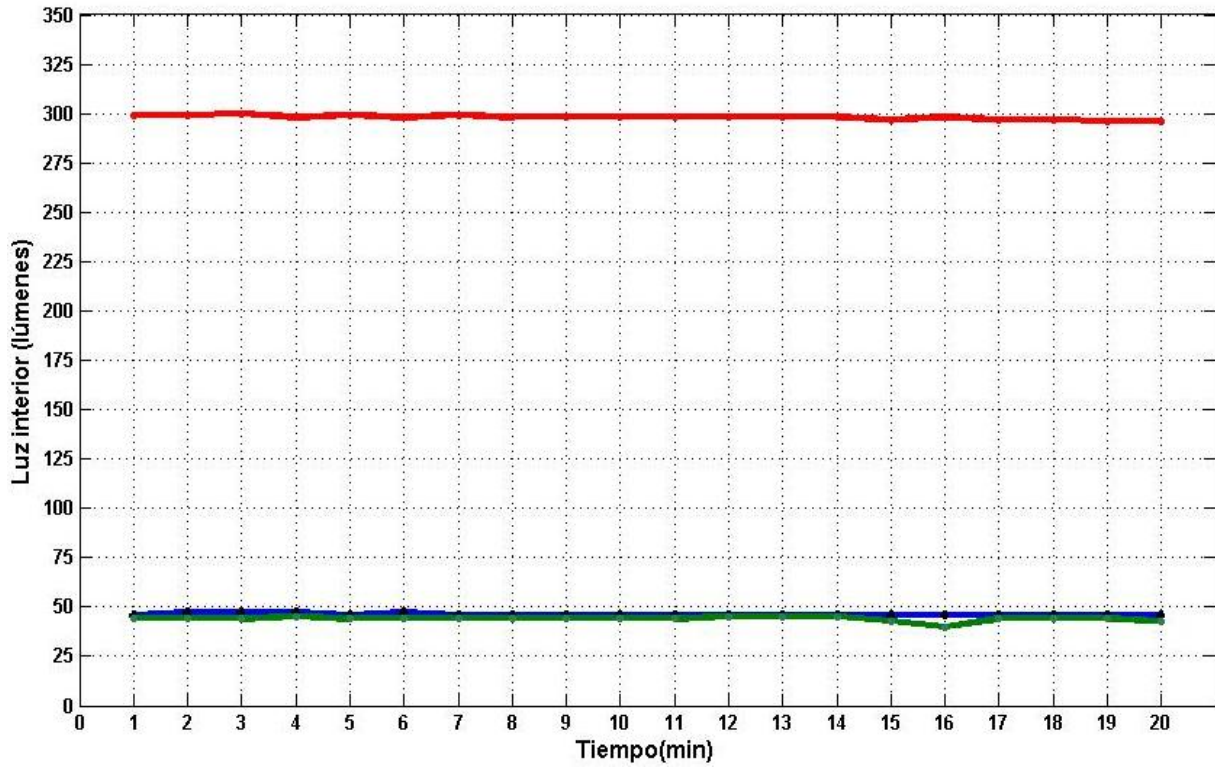
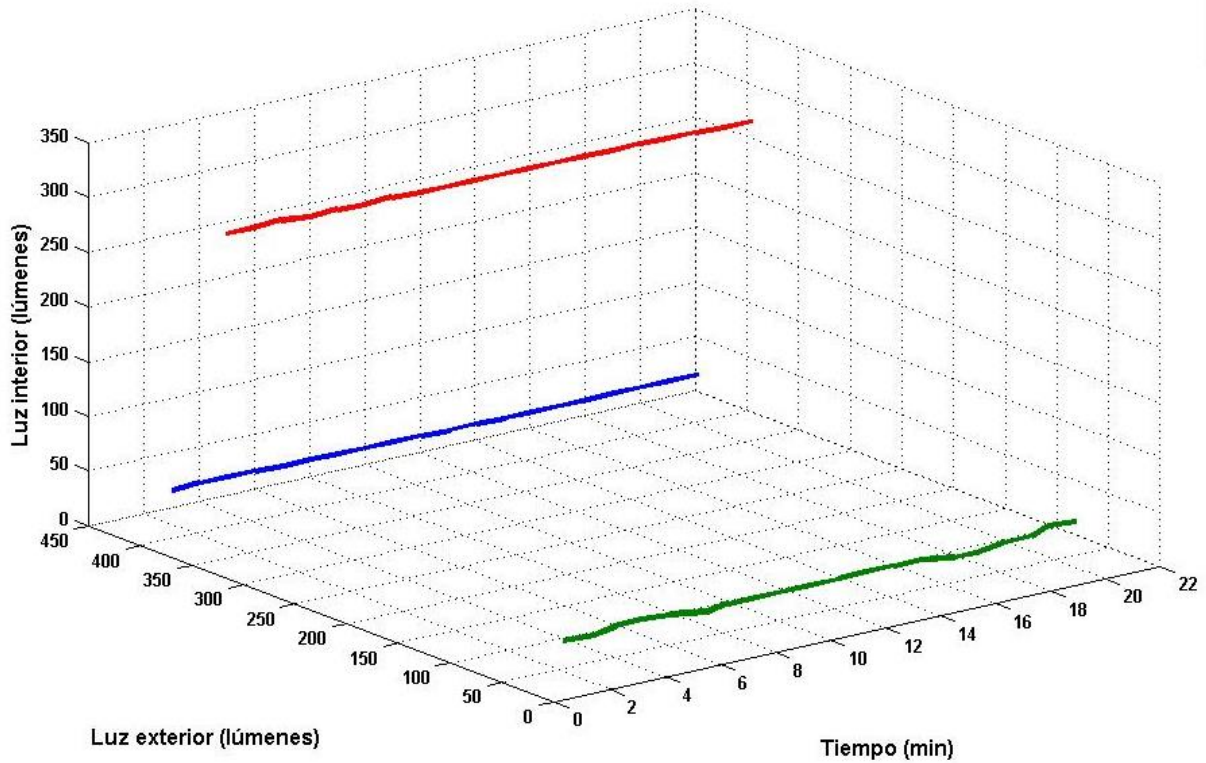


Figura 5.2. Gráfica de comparación de Luz interior.

La comparación de las medidas de los tres casos conforme a la luz interior así como de la luz exterior se representa en la figura 5.3.

Dónde:





**Figura 5.3.** Gráfica de comparación de luz exterior, luz interior y tiempo.

Las gráficas anteriores muestran el comportamiento del flujo de lúmenes dentro y fuera del prototipo a lo largo de todas las pruebas.

El gasto de energía consumido por el sistema de persianas es mínimo en comparación con lo consumido por una luminaria fluorescente estándar de 20 Watts la tabla 5.2, muestra la diferencia de gasto en energía del sistema de iluminación y de un foco estándar.

**Tabla 5.2.**  
Comparación de consumo energético CFE.

	<b>Foco de 20 Watts (1220 lm)</b>	<b>Foco de 32 Watts (2200 lm)</b>	<b>Circuito del sistema (3.50 watts)</b>
Vida promedio por año	1 000 hrs	1100 hrs	4 380 considerando 12 horas por 365 días
Consumo anual	20 kWh	32 kWh	15.33 kWh
Consumo por bimestre	3.33 kWh	5.33 kWh	2.55 kWh
Costo de producción (\$ 4.976)	\$ 16.58	\$ 26.52	\$ 12.68
Aportación gubernamental (83.6%)	\$ 13.85	\$ 21.55	\$ 10.61
Costo a facturar	\$ 2.73	\$ 4.35	\$ 2.07

El costo es considerado por un periodo de facturación de 60 días con lo que se obtiene el consumo y costo generado por el sistema autónomo, se puede concluir que es casi equivalente al consumo de una luminaria ahorradora de luz, se tiene un consumo de ahorro energético considerable tomando en cuenta que el estudio arroja un mayor número de luminarias para obtener el nivel de iluminación considerado por la S.M.I.I.

Considerando el costo de producción e instalación para un sistema montado en una ventana con dimensión de 3m<sup>2</sup>, dicho costo es mostrado en la tabla 5.3.

**Tabla 5.3.**  
**Gastos generados de producir un sistema.**

NÚMERO	CANTIDAD	CONCEPTO	COSTO UNITARIO	TOTAL
1	1	Tarjeta ARDUINO	\$700	\$ 700
2	2	Foto-resistencias	\$20	\$ 40
3	1	Placas Fenólicas	\$100	\$ 100
4	20	Cables dupón	\$10	\$ 200
5	2	Resistencias de 10 kohms	\$10	\$ 20
6	2	Botones punch botón	\$20	\$ 40
7	1	Servo-motor	\$300	\$ 300
8	1	Persiana	\$900	\$ 900
9	1	Instalación	\$200	\$200
<b>Total</b>				<b>\$ 2 500</b>

La inversión de un sistema autónomo de regulación de flujo luminoso tiene un retorno de la inversión el cual será calculado de multiplicar la cantidad de luminarias por el costo de producción y el costo de consumo por bimestre ambos datos tomados de la tabla 5.1.

$$Costofactura = (12)(3.33)(4.976)$$

$$Costofactura = \$198.80 |$$

El costo es correspondiente a la cantidad de \$198.80 por bimestre de pago por lo cual se tiene un retorno de la inversión en 13 bimestres o bien en 2 años con 2 meses, en consideración de una vida media del sistema de 5 años el ahorro es considerado como pertinente para el usuario.

## **5.2 TRABAJOS FUTUROS**

Derivado del análisis realizado en el presente trabajo, se proponen los siguientes temas para trabajos futuros:

- Desarrollar y montar un dispositivo de apertura y cierre para una cadena de persianas controlado por un servomotor.
- Implementación del circuito usando programación de un PIC.
- Implementación de otros sensores con los cuales se puedan controlar otros procesos, obteniendo completamente una habitación automatizada.
- Utilizar el modelo propuesto para el análisis de otras variables con el fin de controlar otras señales.
- Determinar la orientación adecuada de la habitación para maximizar la energía solar

El desarrollo autónomo de un sistema de persianas presentado en el presente trabajo cumple con los objetivos planeados para el mismo, donde se aprovecha el máximo de la luz solar para iluminar una habitación a lo largo del día con lo que se produce una reducción de gasto innecesario en energía eléctrica, así como con el sistema de apertura y cierre con el cual el usuario evitar levantarse para prender o apagar la luz.



# ANEXOS

## ANEXO A1: CARACTERÍSTICAS PARA LÁMPARAS

**Tabla 1.**  
Lámparas incandescentes normales.

POTENCIA NOMINAL (WATTS)	FLUJO LUMINOSO (LUMEN)		EFICIENCIA LUMINOSA (LUMEN/WATT)	
25	220	220	8.8	8.8
40	430	350	10.8	8.8
60	750	630	12.5	10.5
100	1380	1250	13.8	12.5
150	2300	2090	15.4	14
200	3200	2920	16	14.6

**Tabla 2.**  
Lámparas fluorescentes circulares y en U.

FORMA	POTENCIA NOMINAL (WATTS)	POTENCIA NECESARIA PARA EL REACTOR (WATTS)	DIÁMETRO DEL TUBO (mm)	DIMENSIONES DE INSTALACIÓN (mm)	FLUJO LUMINOSO (LUMEN)
CIRCULAR	22	30	29	216	980
	32	40	32	311	1650
	40	50	32	413	2250
EN U	10	15	26	82 * 250	450
	16	20	26	82 * 370	820
	20	28	38	430 * 310	950
	30	40	26	82 * 463	1500
	40	50	38	130 * 610	2200
	65	75	38	130 * 765	3450

**Tabla 3.**

Lámparas fluorescentes de 28 milímetros (mm) de diámetro.

POTENCIA NOMINAL (WATTS)	POTENCIA NECESARIA PARA EL REACTOR (WATTS)	LONGITUD DEL TUBO (mm)	FLUJO LUMINOSO (LUMEN)	EFICIENCIA LUMINOSA (LUMEN/WATT)
15	23	438	600	36
20	29	590	1080	37.2
25	34	970	1500	44.1
30	40	895	2000	50
40	50	1200	2500	50
60	75	1500	4000	53.3
18	75	* PILIPHS TWISTER	1200	66.67

**Tabla 4.**

Lámparas fluorescentes Slim line.

POTENCIA NOMINAL (WATTS)	DIMENSIONES		TONALIDAD DE COLORES	FLUJO LUMINOSO (LUMEN)
	DIÁMETRO DEL TUBO (mm)	LARGO (mm)		
37	26	1760	MUY BLANCA	2900
			DIURNA	2300
			BLANCA	2900
49	26	2370	MUY BLANCA	4300
			DIURNA	3400
			BLANCA	4300
39	38	1150	MUY BLANCA	2900
			DIURNA	5500
57	38	1760	BLANCA	4400
75	38	2360	MUY BLANCA	6300
			DIURNA	5000
			BLANCA	6300

**Tabla 5.**

Lámparas de vapor de mercurio de bulbo fluorescente.

POTENCIA (WATTS)	FLUJO LUMINOSO (LUMEN)	DIMENSIONES		LUMINANCIA MÁXIMA $\frac{cd}{cm^2}$	EFICIENCIA LUMEN/WATT
		DIÁMETRO (mm)	ALTURA (mm)		
50	2000	55	130	4	32
80	3850	70	155	5	42
125	6500	75	180	7.5	46
250	14000	90	225	10.5	52
400	24000	120	290	11.5	56

**Tabla 6.**

Lámparas de vapor de mercurio de luz mixta.

POTENCIA (WATTS)	FLUJO LUMINOSO (LUMEN)	DIMENSIONES		EFICIENCIA LUMEN/WATT
		DIÁMETRO (mm)	ALTURA (mm)	
160	3100	87	187	19
250	5600	106	230	22
500	14000	130	275	28
1000	32500	160	315	32

**Tabla 7.**

Lámparas de vapor de mercurio de alta eficiencia.

POTENCIA (WATTS)	FLUJO LUMINOSO (LUMEN)	DIMENSIONES		LUMINANCIA MÁXIMA $\frac{cd}{cm^2}$	EFICIENCIA LUMEN/WATT
		DIÁMETRO (mm)	LONGITUD (mm)		
250	19000	46	70	1 100	70
360	28000	46	73	700	73
1000	80000	80	77	810	77
2000	170000	100	82	920	82
3500	300000	100	82	880	82

**Tabla 8.**  
Lámparas de vapor de sodio a alta presión.

POTENCIA (WATTS)	FLUJO LUMINOSO (LUMEN)	DIMENSIONES		LUMINANCIA MÁXIMA $\frac{cd}{cm^2}$	EFICIENCIA LUMEN/WATT
		DIÁMETRO (mm)	LARGO (mm)		
<b>LÁMPARA DE BULBO ELIPSOIDAL DIFÚNDETE</b>					
70	5 800	70	155	8	66
150	14 800	90	230	10	84
250	25 000	90	230	19	90
400	47 000	120	290	24	107
10 000	120 000	165	400	36	110
<b>LÁMPARA DE BULBO ELIPSOIDAL DIFÚNDETE CON SISTEMA DE ENCENDIDO</b>					
210	19 000	90	230	15	82
350	34 000	120	290	22	91
<b>LÁMPARA DE BULBO TUBULAR CLARO</b>					
150	14 500	48	230	300	87
250	25 500	48	260	360	92
400	48 000	48	285	550	109
1 000	130 000	66	400	650	119
<b>LÁMPARA DE BULBO TUBULAR DE CUARZO CON DOS PATAS</b>					
250	25 500	23	205	400	92
400	48 000	23	205	550	109

**Tabla 9.**  
Lámparas de vapor de sodio a baja presión.





POTENCIA (WATTS)	FLUJO LUMINOSO (LUMEN)	DIMENSIONES		LUMINANCIA MÁXIMA $\frac{cd}{cm^2}$	EFICIENCIA LUMEN/WATT
		DIÁMETRO (mm)	LARGO (mm)		
<b>LÁMPARA DE BULBO TUBULAR CLARO</b>					
18	1 800	53	215	10	67
35	4 800	52	310	10	86
55	8 000	52	425	10	105
90	13 500	66	530	10	116
135	22 500	66	775	10	128
180	33 000	66	1 120	10	150

## ANEXO A2: PARAMETROS DE ILUMINACIÓN

**Tabla 1.**  
Factor de utilización de lámparas

Índice del local k	Factor de utilización ( $\eta$ )											
	Factor de reflexión del techo											
	0.8			0.7			0.5			0.3		0
	Factor de reflexión de las paredes											
	0.5			0.3			0.1			0.3		0.1
0.6	.39	.35	.32	.38	.34	.32	.38	.34	.31	.33	.31	.30
0.8	.48	.43	.40	.47	.42	.40	.46	.42	.39	.41	.38	.37
1.0	.53	.49	.46	.52	.48	.45	.51	.47	.45	.46	.44	.41
1.25	.58	.54	.51	.57	.53	.50	.55	.51	.49	.50	.48	.45
1.5	.62	.58	.54	.61	.57	.54	.58	.55	.52	.53	.51	.48
2.0	.66	.62	.59	.64	.61	.58	.61	.59	.57	.56	.55	.52
2.5	.68	.65	.63	.67	.64	.62	.64	.61	.60	.59	.57	.54
3.0	.70	.67	.65	.69	.66	.64	.65	.63	.61	.60	.59	.56
4.0	.72	.70	.68	.70	.69	.67	.67	.66	.64	.63	.61	.58
5.0	.73	.71	.70	.71	.70	.68	.68	.67	.66	.64	.63	.59

**Tabla 2.**  
Factor de mantenimiento para diferentes tipos de lámparas

Tipo de mantenimiento	Factores de mantenimiento con relación al tipo de luminaria			
				
Bueno	0.80	0.75	0.75	0.75
Medio	0.70	0.65	0.70	0.65
Pésimo	0.60	0.55	0.65	0.55

**Tabla 3.**  
Rendimiento de diferentes tipos de luminarias.

Tipo de lámpara	Rango de potencias ( w )	Vida útil ( hs )	Rendimiento ( lm/w )	IRC
<b>INCANDESCENTES HALOGENAS</b>				
-Con reflector dicroico 12V	20 35 50	3000	15 a 20	100
-Con pantalla metálica 12V	20 35 50 75 100	3000	15 a 20	100
-Tipo Bi-pin 12V	10 20 35 50 75 90	3000	15 a 20	100
-Lineal doble contacto 220V	100 a 2000	2000	15 a 22	100
-Con rosca E27 220V	60 75 100 150 250	2000	14 a 16	100
-Par 16 rosca E27 220V	50	2000	-20	100
-Par 20 rosca E27 220V	50	2000	-20	100
-Par 30 rosca E27 220V	75	2000	-20	100
<b>FLUORESCENTES LINEALES T8</b>				
-Linea standard	18 36 58	8000	61 a 79	65
-Tipo trifósforo	18 36 58	10000	72 a 94	85
-Tipo trifósforo de lujo	18 36 58	10000	55 a 67	90
<b>FLUORESCENTES LINEALES T5</b>				
-Tipo trifósforo	14 21 28 35	10000	17 a 104	85
-Tipo trifósforo	24 39 54 80	10000	73 a 81	85
<b>FLUORESCENTES CIRCULARES</b>				
-Linea standard (FH)	22 32 40	8000	45 a 70	65
-Tipo trifosforo (FQ)	22 32 40	10000	60 a 72	85
<b>FLUORESCENTES COMPACTAS</b>				
-Simples standard	5 7 9 11	8000	50 a 82	85
-Simples L	18 24 36 40 55	8000	67 a 87	85
-Dobles	10 13 18 26	8000	60 a 69	85
-Triples	18 26 32 42	8000	67 a 69	85
-Dobles planas	18 24 36	8000	61 a 78	85
-Reflectoras	15 20 36	8000	47 a 50	85
-Tipo globo	15 20	8000	47 a 50	85
-Circulares	18 28	8000	55 a 64	85
<b>MERCURIO HALOGENADO</b>				
-Tipo doble contacto	70 150 250	8000	71 a 80	85
-Tipo Bi-pin	35 70 150	8000	93 a 97	85

**ANEXO A3: PROTOCOLO DE INVESTIGACIÓN PRESENTADO EN  
EL 4TO DIA REGIONAL DEL EMPRENDEDOR.**



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO**

**UNIDAD ACADÉMICA PROFESIONAL TIANGUISTENCO**

---

---

**TÍTULO**

**DISEÑO DE SISTEMA AUTÓNOMO DE ILUMINACIÓN PARA SU  
USO EN LA DOMÓTICA**

**Categoría de Participación: Ideas de Negocio**

**Nombre de los estudiantes: Ulices Camacho Altamirano**

**Miguel Ángel Hernández Epigmenio**

**Nombre y firma de los asesores:**

**Dra. Irma Martínez Carrillo**

**Dr. Carlos Juárez Toledo**

OCTUBRE 2014

## ÍNDICE

	Pág.
INTRODUCCIÓN .....	2
1. SEGMENTOS DEL MERCADO .....	3
2. ENTORNO DEL MERCADO .....	3
3. PROPUESTA DE VALOR .....	5
4. FICHA TÉCNICA DEL PRODUCTO .....	6
5. RELACIONES CON LOS CLIENTES .....	9
6. FLUJO DE INGRESOS .....	9
7. ACTIVOS CLAVE .....	12
8. ACTIVIDADES CLAVE .....	13
9. ALIADOS CLAVE .....	13
10. ESTRUCTURA DE COSTOS .....	14
BIBLIOGRAFIA .....	16



## INTRODUCCIÓN

Actualmente un tema de interés es la búsqueda de alternativas para aprovechar al máximo las energías naturales particularmente la energía solar [1]. Es por ello que en este trabajo se propone un sistema de control de iluminación mediante sensores fotoreceptores.

El uso principal se basó en la domótica aunque por la facilidad de su implementación el prototipo puede ser adaptado a cualquier espacio cerrado, ya que por sus características físicas y de funcionalidad proporciona un sistema sencillo de control de apertura o cierre de persianas automatizadas que permitirá mantener iluminado un espacio cerrado.

Estamos lanzando al mercado el proyecto diseño de sistema autónomo de iluminación para su uso en la domótica, el cual tiene como bases la aplicación de métodos y técnicas de análisis de la teoría de sistemas dinámicos y control moderno para sistemas eléctricos y mecánicos retroalimentados, como principal característica regular una señal de salida de iluminación requerida con respecto a una señal de iluminación registrada. Por lo que se propone implementar el sistema de control en un prototipo con características similares a una casa habitación de tal forma que permitirá registrar y documentar datos históricos para conocer sobre la viabilidad de este proyecto.

La finalidad es disminuir el máximo posible el consumo de energía eléctrica comercial.

Es de gran importancia brindar productos de calidad, ya que nos enfrentamos a un mercado cada vez más amplio, competitivo y exigente, preocupándonos por cuidar la economía de nuestra gente.

## 1. SEGMENTOS DEL MERCADO

Es un producto con un mercado amplio principalmente pensado en casas habitación que por sus dimensiones de espacio requieren de gran consumo de energía eléctrica, oficinas ejecutivas, auditorios o espacios cerrados con poca iluminación solar y que requieran mantener la luz incandescente durante varias horas al día u oficinas que cuentan con exceso de iluminación radiada del sol.

Consumidor intermediario:

Lugares públicos como: escuelas, hoteles, oficinas, salones de fiesta, restaurantes y otros sitios con espacios con iluminación eléctrica ocupada en exceso, dicho enfoque va dirigido a este sector ya que según datos reportado en el Instituto Nacional de Geografía y Estadística (INEGI), las instituciones de educación registradas del 2011-2012, se muestran en la figura 1.

3.3.6 CARACTERÍSTICAS DEL SECTOR EDUCATIVO, 2011/2012					
NIVEL EDUCATIVO	ESCUELAS	ALUMNOS (miles)	MAESTROS	ALUMNOS POR MAESTRO	LUGAR NACIONAL <sup>a/</sup>
Enidad	22 083	4 332.3	218 016	28.1	36 <sup>a</sup>
Educación básica <sup>b/</sup>	19 646	3 371.8	137 266	24.6	30 <sup>a</sup>
Educación media superior <sup>c/</sup>	1 477	531.4	38 686	13.8	4 <sup>a</sup>
Educación superior <sup>d/</sup>	681	348.0	37 756	9.3	12 <sup>a</sup>
Capacitación para el trabajo	371 E/	89.3 E/	2 349 E/	38.0	15 <sup>a</sup>

NOTA: Ciclo escolar 2011-2012.

<sup>a/</sup> Se determinó a partir del concepto "alumnos por maestro" con base en un criterio de menor a mayor.

es decir, los datos más bajos corresponden a los primeros lugares.

<sup>b/</sup> Comprende preescolar, primaria y secundaria.

<sup>c/</sup> Comprende profesional técnica y bachillerato.

<sup>d/</sup> Comprende educación normal, licenciatura y posgrado.

Figura 1. Instituciones de educación con registro en el 2011-2012 [2].

## 2. ENTORNO DEL MERCADO

En los últimos años muchos países han creado diversas innovaciones para el ahorro de energía debido a la necesidad de reducir costos en beneficio a la economía y al medio ambiente [3], [4] y [5]. Entre los más exitosos son:

1. Colocación de cortinas o persianas que bloquean el paso de la iluminación exterior
2. Apagadores y controladores de intensidad de luz que reducen la energía eléctrica que se utiliza.

Derivado del análisis del mercado diseñamos nuestro sistema basado en el control e instalación de iluminación en una habitación el cual está compuesto por una lámpara de iluminancia variable y un persiana accionada por un motor a pasos controlados por sensores de iluminancia (uno para iluminancia exterior y uno para interior), basados en celdas foto reductivas, lográndose la regulación de la iluminación interior con aportes de luz exterior que pueden entrar por las persianas, y de la luz variable de la lámpara que nos ha permitido conocer nuestras ventajas sobre la competencia e introducir con éxito el producto al mercado, identificando del análisis FODA los aspectos mostrados en la tabla 1.

**Tabla 1.**  
Análisis FODA de proyecto de ideas propuesto.

Internas	Externas
<b>Fortalezas</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Único en el mercado.</li> <li>• Control en cada área de trabajo.</li> <li>• Comunicación, en las áreas de administración.</li> <li>• Es un producto de calidad.</li> <li>• Un producto fácil de utilizar.</li> <li>• Se vende todo el año.</li> </ul>	<b>Oportunidades</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Producto innovador único en el mercado</li> <li>• Existe mucha necesidad de este tipo de mueble.</li> <li>• Expuestos a propuestas nuevas, dentro del mercado laboral.</li> <li>• Producto a un precio bajo.</li> <li>• Producto multifuncional</li> </ul>
<b>Debilidades</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta de tecnología.</li> <li>• Capacidad de producción limitada</li> <li>• Falta del suficiente capital.</li> <li>• Poca experiencia en el mercado.</li> </ul>	<b>Amenazas</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Problemas financieros.</li> <li>• Posible devaluación global</li> <li>• Carencia de proveedores idóneos</li> <li>• Inestabilidad en el comercio.</li> <li>• Competencia.</li> </ul>

### 3. PROPUESTA DE VALOR

El sistema autónomo de iluminación propuesto es fácil de implementar en cualquier espacio al que se requiera instalar, su robustez y costo varían de acuerdo a las dimensiones al que se pretenda instalar, siendo sus principales características:

1. Es un producto que se distingue por ser innovador.
2. Es un producto económico y al alcance de todas las personas.
3. Facilidad de colocación en espacios con iluminación eléctrica en interiores.
4. Es un producto que utiliza materiales de calidad, con el fin de brindar satisfacción a las personas.
5. Precio especial a mayoristas.
6. Producto garantizado.
7. Producto multifuncional.

Un ejemplo de implementación dentro de un espacio cerrado se muestra en la figura 2 y figura 3.

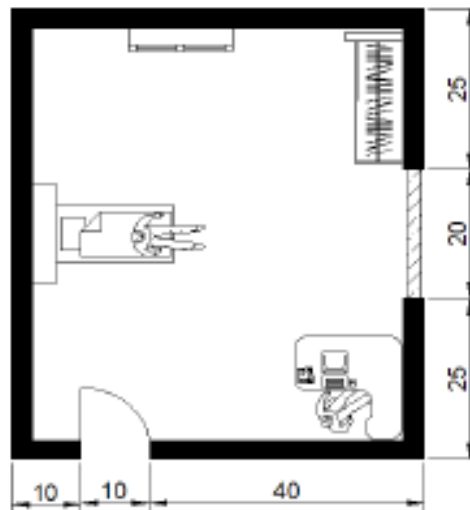


Figura 2. Distribución Interior del prototipo.

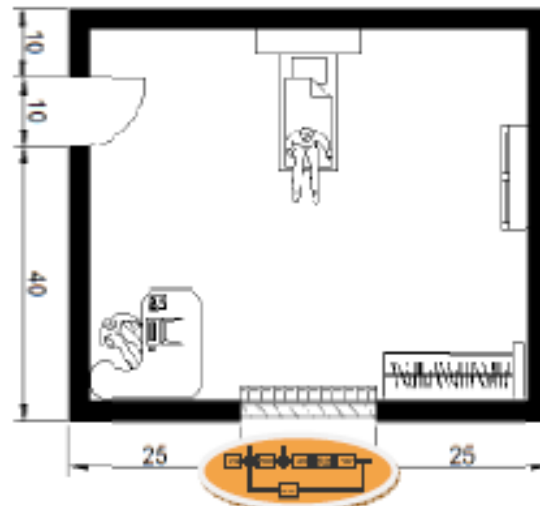


Figura 3. Distribución del sistema de apertura y cierre de persianas.

#### 4. FICHA TÉCNICA DEL PRODUCTO

El objetivo del producto es proporcionar un sistema de persianas retroalimentadas que regulen la iluminación de un espacio cerrado de forma automática, regulando la intensidad de luz hasta el punto que la luz exterior no sea suficiente para iluminar adecuadamente un área y como última opción se permite el encendido automático de luminarias. Su funcionamiento es representado en la figura 4.



Figura 4. Sistema autónomo de apertura y cierre de persianas

La idea general consta en controlar el acceso de la luz solar por medio de foto- receptores estos estarán censando la luz dentro de una habitación, la parte que realiza la automatización de apertura de las persianas será utilizando posibles utilizar un servomotor.

Las componentes principales que hacen posible el sistema de automatización son mostradas en la tabla 2.

**Tabla 2.**  
Componentes utilizados para el sistema autónomo de iluminación.

	Componente
Tarjeta ARDUINO	
Foto-resistencias	
Servomotor	
Persianas	

Las posiciones que se obtiene de la carga y registro de las fotoresistencias así como la vinculación con el servomotor son mostradas a continuación en la tabla 3.

**Tabla 3.**  
Estados de posición inicial del mecanismo de persianas.

Estado	Posición
Inicial	
Final	

La graduación de apertura o cierre se va generando dependiendo de la cantidad de luminosidad que perciban las fotoresistencias en su exterior tanto en su interior, dicha graduación se va realizando cada minuto.

## 5. RELACIONES CON LOS CLIENTES

Los canales de distribución que usaremos para dar a conocer el producto serán primordialmente, plazas comerciales, WEB, visitas a distribuidores mayoristas, redes sociales, radio, folletos, anuncios de periódico, ferias de innovación, revistas entre otros.

### Relación con los clientes

- **Consumidores.**  
Iniciará de un análisis de mercado, enfocado a las necesidades de aquellos clientes potenciales.
- **Conservación de consumidores.**  
Brindar en el cumplimiento permanente y satisfactorio en: calidad, servicios y precio de nuestro producto.

## 6. FLUJO DE INGRESOS

Los clientes tienen necesidad de ahorrar en el consumo de energía eléctrica, debido a sus malos hábitos no es posible el ahorro de luz puesto que se genera un gran desperdicio por las mañanas o por las tardes al momento de encender la luz por largos periodos de tiempo. El sector público o particular es de igual manera afectado por las mismas razones de desperdicio de energía por periodos demasiados prolongados, lo que afecta la economía del sector. Lo pretendido por el proyecto es dar cumplimiento a las necesidades requeridas por ellos generando un ahorro en su economía.

Para conocer el flujo de ingresos, es necesario identificar los factores que interviene en la creación de una unidad económica, los cuales previamente se identificaron en la figura 5.



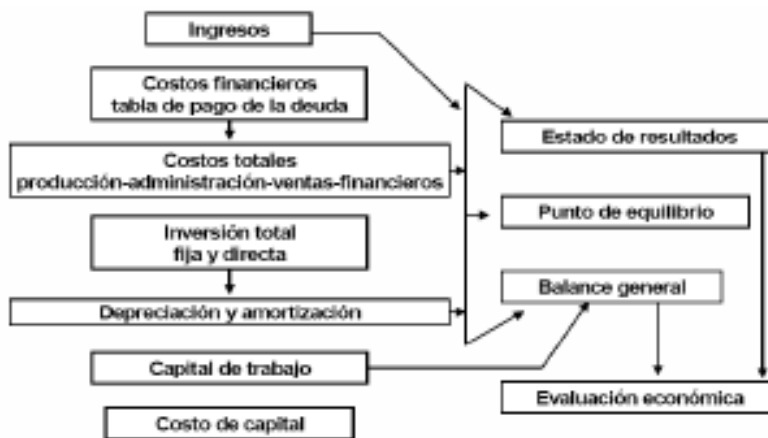


Figura 6. Estructura de un análisis económico para la conformación de una unidad económica, cortesía Facultad de economía UAEM.

En la tabla 4 a la 8, se detallan los factores generados por el producto.

Tabla 4.  
Inversión

	Producción	Administración	Operación
Inversión fija y directa	\$1880 para sistema sencillo en una casa habitación	Costo de renta de local y personal administrativo 20 000 mensuales	Personal operativo 20 000 mensuales
			<b>total \$41,880 mensuales</b>

Tabla 5.  
Actividad

	- Instalación temporal del equipo - Supervisión y mantenimiento de equipo por un año.	Instalación del equipo (único)	Mantenimiento del equipo (cobro mensual)
Ganancia por servicio	Garantía que cubre el servicio.	\$10, 000	\$1,0 000 sin refacciones

**Tabla 6.**  
Amortización en meses con una empresa cliente

Tiempo en meses	Tipo de Inversión	Costo de administración y operación
1	Inversión Inicial	\$ 41,880
2	Inversión Inicial	\$ 41,880
3	Inversión directa y fija	\$ 41,880

**Tabla 7.**  
Plan de actividades

Tiempo en meses	Ganancia por una empresa	
1	Promoción y análisis	0
2	Promoción y análisis	0
3	Instalación y primera mensualidad	\$42,000
4	Mensualidad	\$42,000

**Tabla 8.**  
Amortización en meses

Amortización en meses con tres empresas cliente			
Tiempo en meses	Costos	Ganancia	Balance
1	42,000	0	-6000
2	42,000	20,000	-1200
3	42,000	20,000	+20,000
4	42,000	20,000	+20,000

Es rentable con tres empresas al segundo mes.

## **7. ACTIVOS CLAVE**

Los activos clave requeridos para la empresa estarán conformados de: recursos humanos, físicos e intelectuales los cuales se describirán a continuación:

### **Físicos:**

1. **Edificios:** Se arrendara una nave la cual fungirá como centro de producción y contara con áreas para diseño, investigación, desarrollo y soporte técnico del producto.
2. **Maquinaria y herramienta:** Se adquirirán máquinas especializados para soldar circuitos y programar el proceso utilizados en la producción.
3. **Transporte:** Se arrendara en primera instancia con vehículos para transportar y distribuir el producto terminado, así como la materia prima.

### **Intelectuales:**

1. **Patentes:** Se realizara basada en el sistema básicode funcionamiento del producto sobre nuevos sistemas y aplicaciones de materiales.

### **Humanas:**

1. **Recursos humanos:** Se contara con operarios especializados en cada área de producción, así como áreas administrativas.

## **8. ACTIVIDADES CLAVE**

Las actividades que se desarrollaran se dividirán en dos etapas

### **Etapas 1: Actividades internas**

- Monitoreo en línea para verificar que el sistema autónomo de iluminación trabaje bajo las necesidades requeridas.
- Establecerá la mejora continua de nuestro diseño.
- Es un sistema de mejora continua y con responsabilidad social.
- La producción será conforme a las especificaciones del cliente, apegándose a los estándares y normatividades de calidad para cumplir con las necesidades fundamentales del cliente.

### **Etapas 2: Actividades externas**

- Buscar convenios con el sector público de la región, Toluca, Lerma y/o Tianguistenco para asistirlos primeramente como un analista del consumo de energía eléctrica y posteriormente ofrecer nuestro producto.

## **9. ALIADOS CLAVE**

Los aliados claves se enlistan a continuación:

### **1. Proveedores**

Manejaremos una especie de alianza estratégica manteniendo un sistema de evaluación y desarrollo de proveedores con el fin de adquirir los materiales de la más alta calidad y condiciones más favorables para satisfacer la vida del cliente y de la empresa.

### **2. Relaciones de comprador-proveedor**

Se examinará mantener las relaciones económicas basándonos en la confianza y escuchando a nuestros consumidores, seleccionando a los mejores proveedores

ya que "un negocio surge con el cliente y termina con el cliente", fortaleciendo las relaciones con proveedores, buscando un compromiso de cumplimiento tanto en la fecha de entrega así como el aseguramiento de la calidad de la materia prima, con lo que nosotros brindaremos la calidad de nuestro producto.

### **3. Adquisición de recursos**

Los recursos serán buscados en empresas especializadas en el ramo considerando la parte operativa, así como la parte financiera y la de mercadotecnia, con las que nos apoyaremos para asesorías, su experiencia será de gran ayuda para el aseguramiento de la calidad de nuestro producto.

## **10. ESTRUCTURA DE COSTOS**

El análisis realizado sobre el diseño del producto nos brinda los siguientes datos para la producción:

### **Recursos claves:**

- Arrendamiento del lugar de trabajo
- Instalaciones requeridas
- Personal especializado
- Materias primas
- Maquinaria
- Vehículos

### **Actividades claves:**

- Calidad del producto
- Servicio al cliente sobre el mantenimiento del producto.
- Registro de entradas y salidas de producto.
- Difusión

En la tabla 9, se contemplan los gastos de producir una pieza.

**Tabla 9.**  
Gastos generados de producir un sistema.

Número	Cantidad	Concepto	Costo Unitario	Total
1	1	Tarjeta ARDUINO	\$500	\$ 500
2	2	Foto-resistencias	\$15	\$ 30
3	1	Placas Fenolicas	\$100	\$ 100
4	20	Cables dupòn	\$10	\$ 200
5	2	Resistencias de 10 kohms	\$10	\$ 20
6	2	Botones punch botón	\$15	\$ 30
7	1	Servo-motor	\$200	\$ 200
8	1	Persiana	\$800	\$ 800
<b>Total</b>				<b>\$ 1,880</b>

Costo total para producir una pieza es de \$ 1 880.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] Gobierno Federal, SENER, Iniciativa para el desarrollo de Las energías renovables en México, 2012.
- [2] INEGI, Perspectiva estadística México 2012, Instituto Nacional de Estadística y geografía.
- [3] J. L. V. Labarta, "Automatismos Industriales", Editorial Donostiarra Sa, 2012, ISBN 8470634890.
- [4] J. A. Sánchez, "Instrumentación y control básico de procesos", Ediciones Díaz de Santos, 2013, ISBN 8499695051.
- [5] G. Higuera Andres, 2006 "El control automático en la industrial," Universidad de castilla, Editorial La Mancha, pp.17 -22.



Universidad Autónoma de Tlaxcala  
Rectoría  
Coordinación Institucional de Gestión y Desarrollo



D.I. CORAL SÁNCHEZ LÓPEZ  
JEFA DEL DEPARTAMENTO DE FOMENTO EMPRESARIAL  
DE LA DIRECCIÓN DE FOMENTO EMPRESARIAL DE LA UAEM  
Presente.

Con el aprecio de saludarle y como es de su conocimiento, la Fundación Educación Superior- Empresa (FESE), llevará a cabo el 4to. Día Regional del Emprendedor en el Centro Cultural Universitario de la Universidad Autónoma de Tlaxcala Campus Rectoría los días 6 y 7 de noviembre del presente. En el marco de dicho acto y de acuerdo con la Convocatoria emitida por la FESE, para participar en el "Certamen Regional Emprendedores 2014 Centro - Sur", me complace informarle que derivado del proceso de Evaluación en línea, las iniciativas denominadas "FILTRO BIOQUÍMICO PARA EL HUMO DE CIGARROS DE TABACO CONVENCIONALES" y "DISEÑO DE SISTEMA AUTÓNOMO DE ILUMINACIÓN PARA SU USO EN LA DOMÓTICA" resultaron finalistas en la categoría "Ideas de Negocio".

De acuerdo con lo anterior, me permito notificar que dichas iniciativas serán presentadas y evaluadas de manera presencial el día 6 de noviembre del presente en las instalaciones de la Universidad Autónoma de Tlaxcala Campus Rectoría a partir de las 09:00 hrs., donde serán premiadas las mejores tres iniciativas finalistas a nivel regional.

Por ello, me es grato brindar un reconocimiento a la Institución Educativa, así como a su equipo de trabajo encargado de impulsar y fomentar la cultura emprendedora en la comunidad académica y estudiantil. Asimismo, se le solicita de la manera más atenta se pongan en contacto con esta Coordinación para efectos de logística.

Sin más por el momento, aprovecho la ocasión para enviarle un cordial saludo.

"Por la Cultura a la Justicia Social"  
Tlaxcala, Tlax., octubre 29 de 2014.

Mtra. Margarita Hernández Meléndez  
Coordinadora General

COORDINACIÓN INSTITUCIONAL  
DE GESTIÓN  
Y DESARROLLO



Sistema Institucional de Gestión de la Calidad Certificado bajo la Norma  
ISO 9001:2008-NMX-CC-9001-IMNC-2008



Av. Universidad No.1\* Tlaxcala\* C.P. 90070\* 01(246) 46 6 6729, correo: [gestionyd@uax@gmail.com](mailto:gestionyd@uax@gmail.com)





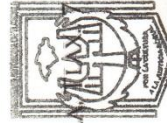
**LA FUNDACIÓN EDUCACIÓN SUPERIOR-EMPRESA, LA ASOCIACIÓN NACIONAL DE UNIVERSIDADES E INSTITUCIONES DE EDUCACIÓN SUPERIOR Y LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE TLAXCALA**

**-OTORGAN LA PRESENTE-**

# CONSTANCIA

**A: ULICES CAMACHO ALTAMIRANO**

COMO FINALISTA CON LA INICIATIVA DISEÑO DE SISTEMA AUTÓNOMO DE ILUMINACIÓN PARA SU USO EN LA DOMÓTICA EN LA CATEGORÍA IDEAS DE NEGOCIO DEL CERTAMEN REGIONAL DE EMPRENDEDORES, LLEVADO A CABO EN EL MARCO DEL 4TO. DÍA REGIONAL DEL EMPRENDEDOR, REGIÓN CENTRO-SUR, EN LAS INSTALACIONES DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE TLAXCALA.



TLAXCALA, \_\_\_\_\_ DE NOVIEMBRE DE 2014.

*[Signature]*

**Dr. Víctor Job Paredes Cuahquentzi**  
Rector UATx

*[Signature]*

**Ing. Jaime Escalera Jiménez**  
Apoderado General de la FESE