

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y
ELECTRÓNICA**

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE VIDEO
VIGILANCIA, CONTROL DE ILUMINACIÓN Y
COMUNICACIÓN DE MENSAJES PARA LA BIBLIOTECA DE
INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA (BIEE)**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y CONTROL**

CHRISTIAN SEBASTIAN BONILLA RIBADENEIRA
christianbon@gmail.com

ÁNGEL GUILLERMO HIDALGO OÑATE
agho_11@hotmail.com

DIRECTOR: Ing. Óscar Efraín Cerón Aguirre MSc.
oscar.ceron@epn.edu.ec

Quito, Marzo 2013

DECLARACIÓN

Nosotros, Christian Sebastian Bonilla Ribadeneira y Ángel Guillermo Hidalgo Oñate, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Christian Sebastian Bonilla Ribadeneira

Ángel Guillermo Hidalgo Oñate

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Christian Sebastian Bonilla Ribadeneira y Ángel Guillermo Hidalgo Oñate, bajo mi supervisión.

Ing. Oscar Cerón MSc.
DIRECTOR DEL PROYECTO

AGRADECIMIENTO

A Dios, quien me ha bendecido y enseñado el camino de la sabiduría y la felicidad.

A mi madre María Aurora, quien con su ejemplo me ha inculcado, sus valores y a no rendirme jamás. A Jacqueline, Deysi y Edith, mis bellas hermanas, por escucharme y apoyarme desinteresadamente en todo momento. A mi tío Manuel, por ser el padre que por circunstancias de la vida no tuve e impulsarme desde niño a superarme. A Miguel por sus consejos y creer en mis capacidades. A Vivi, Santi y Majito, por ser mis mejores sobrinos.

A Marjuri Raquel, una persona muy especial e importante en mi vida, quien ha estado a mi lado, a lo largo de este camino universitario.

A Homero Almeida, mentor del proyecto realizado, a Consuelo, por brindarnos su ayuda incondicional, durante el desarrollo del mismo.

A Christian, un gran amigo con quien formamos un excelente equipo de trabajo, misión cumplida.

Al Ingeniero Oscar Cerón, que además de ser el Director del proyecto, fue un amigo.

A todos los miembros honorables de “La Última y nos Vamos”, el mejor grupo de amigos que pude haber encontrado en la universidad, me demostraron que a un grupo de amigos, nadie ni nada puede vencer. De manera especial a Ramiro, quien siempre fue un nexo para que el presente trabajo sea una realidad.

A la Escuela Politécnica Nacional, la mejor universidad del país y a sus docentes, por haberme formado profesionalmente darme las herramientas para ser un hombre de bien y colaborar con el desarrollo del país.

A todas aquellas personas que de alguna u otra forma estuvieron conmigo y han compartido gratos momentos a mi lado, cada uno de ellos me han dejado grandes enseñanzas.

Ángel Guillermo Hidalgo Oñate

AGRADECIMIENTO

En primer lugar agradezco a Dios por haberme dado la oportunidad de llegar hasta este punto de mi vida. A mi Madre Dolorosa quién ha sido mi guía en el camino que he decidido tomar y a quién ofrezco toda mi devoción y respeto.

A mi madre, Teresa Ribadeneira, quién ha sido el soporte en mi vida. Gracias por hacerme la vida más fácil. Por ser la persona en quien puedo confiar, por quererme tanto y por educarme de la mejor manera. A mi padre, Marco Bonilla, quién ha sido un ejemplo en mi vida, ayudándome en los momentos de dificultad. A mi hermano, Marco, gracias por ser un ejemplo para mí y por todos los momentos que hemos compartido juntos.

A Andrea, te agradezco por caminar junto a mí en esta etapa de mi vida, por comprenderme por quererme. Espero que podamos compartir muchos retos juntos y que podamos llegar a ser felices.

A Ángel Hidalgo, que más que un compañero es un amigo, gracias por confiar en mí. He recibido muchas enseñanzas de tu parte y espero que podamos mantener nuestra amistad por mucho tiempo.

A toda mi familia, gracias por la preocupación por mí, por quererme, por apoyarme. Son muy importantes en mi vida.

A la Escuela Politécnica Nacional por ser parte de mi formación profesional, al Ing. Óscar Cerón por dirigir el proyecto realizado. A la BIEE por haber sido los mentores del proyecto realizado, he tenido muchas enseñanzas de su parte.

En general a todos mis amigos de la Politécnica Nacional, con quienes hemos compartido mucho tiempo durante nuestros estudios.

Christian Sebastian Bonilla Ribadeneira

DEDICATORIA

A mi padre Guillermo Hidalgo, que por cosas de la vida, está en el cielo junto a Dios.

A toda mi familia, por creer en mí y apoyarme incondicionalmente, en todo momento. Para ustedes mi eterna gratitud, los quiero mucho.

.

A Marjuri Raquel, sin duda mi mejor amiga, te amo.

Ángel Guillermo Hidalgo Oñate

DEDICATORIA

El presente proyecto está dedicado a mis padres, porque han sido la inspiración para que pueda concluir esta etapa de mi vida.

Christian Sebastian Bonilla Ribadeneira

CONTENIDO

RESUMEN.....	VII
PRESENTACIÓN.....	XIV
CAPÍTULO 1.....	1
1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	1
1.1 DOMÓTICA E INMÓTICA.....	1
1.1.1 DISPOSITIVOS DE UN SISTEMA DE DOMÓTICA/INMÓTICA [8]	1
1.1.2 ARQUITECTURA DE UN SISTEMA DE DOMÓTICA/INMÓTICA [8].....	3
1.1.2.1 Arquitectura Centralizada	3
1.1.2.2 Arquitectura Descentralizada.....	3
1.1.2.3 Arquitectura Distribuida.....	4
1.1.2.4 Arquitectura Híbrida o Mixta	4
1.1.3 MEDIOS DE TRANSMISIÓN [8]	5
1.2 SISTEMAS DE CONTROL DE ILUMINACIÓN	5
1.2.1 COMPONENTES DE UN SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO DE ILUMINACIÓN	6
1.2.1.1 Sensores de Control de Iluminación.....	6
1.2.1.2 Actuadores de Control de Iluminación.....	7
1.2.1.3 Controladores de Iluminación.....	9
1.2.2 CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE CONTROL AUTOMÁTICO DE ILUMINACIÓN [9]	10
1.2.2.1 Sistemas de Aprovechamiento de Luz Natural.....	10
1.2.2.2 Sistemas de Detección de Presencia	12
1.2.2.3 Sistemas de Temporización.....	12
1.3 SISTEMA DE VIDEO VIGILANCIA CCTV.....	13
1.3.1 COMPONENTES DE UN SISTEMA DE VIDEO VIGILANCIA	14
1.3.1.1 Cámaras.....	14
1.3.1.1.1 Aspectos Básicos de las Cámaras CCTV [14]	15
1.3.1.2 Grabador de Vídeo	20
1.3.1.2.1 Digital Video Recorder DVR	20
1.3.1.2.2 Network Video Recorder NVR.....	21
1.3.1.3 Interfaces de visualización de CCTV [12].....	22
1.3.1.4 Sensores para CCTV [12]	22
1.3.1.5 Transmisión de la señal de video entre las cámaras y el monitor [5].....	22
1.3.1.6 Entradas y salidas de audio [12].....	23
1.4 SISTEMAS DE COMUNICACIÓN DE MENSAJES DE AUDIO [16]	24
1.4.1 INTRODUCCIÓN A SISTEMAS DE AUDIO	24
1.4.2 CARACTERÍSTICAS DEL SONIDO	25
1.4.2.1 Atenuación	25
1.4.3 SEÑAL DE AUDIO.....	26

1.4.4	<i>ELEMENTOS QUE COMPONEN UNA INSTALACIÓN DE AUDIO</i>	26
1.4.4.1	Micrófonos	26
1.4.4.2	Amplificadores de Audio	27
1.4.4.2.1	Características de los Amplificadores	28
1.4.4.3	Altavoces	28
1.4.5	<i>INSTALACIONES ELECTROACÚSTICAS EN LOCALES CERRADOS</i>	30
1.5	<i>SITUACIÓN INICIAL DE LA BIBLIOTECA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA (BIEE)</i>	32
1.5.1	<i>MISIÓN DE LA BIEE [17]</i>	32
1.5.2	<i>VISIÓN DE LA BIEE [17]</i>	32
1.5.3	<i>ESPACIO FÍSICO DE LA BIEE</i>	33
1.5.4	<i>INSTALACIONES ELÉCTRICAS</i>	34
1.5.5	<i>SEGURIDADES EN LA BIEE</i>	36
1.5.5.1	Seguridad para los usuarios	36
1.5.5.2	Seguridad para los libros	36
1.5.6	<i>INFORMACIÓN DE DISPOSICIONES DENTRO DE LA BIEE</i>	36
CAPÍTULO 2		38
2	DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LOS SISTEMAS	38
2.1	<i>DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL DE ILUMINACIÓN</i>	38
2.1.1	<i>REQUERIMIENTOS DE DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL DE ILUMINACIÓN</i>	38
2.1.2	<i>ESTRATEGIAS DE CONTROL PARA EL MODO AUTOMÁTICO</i>	41
2.1.3	<i>MODIFICACIONES DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE ILUMINACIÓN</i>	44
2.1.4	<i>DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL</i>	46
2.1.4.1	Selección de los Sensores	46
2.1.4.1.1	Sensores de Iluminación	46
2.1.4.1.2	Sensores de movimiento y presencia	50
2.1.4.2	Selección de los Actuadores	52
2.1.4.2.1	Relés Electromagnéticos	53
2.1.4.2.2	Balastos Dimerizables	55
2.1.4.3	Controladores del Sistema de Iluminación	60
2.1.4.4	Interfaz de monitoreo y mando a distancia	63
2.1.4.4.1	Gambas [2]	63
2.1.4.4.2	Elementos de Gambas [2]	65
2.1.4.4.3	Organización de un proyecto de Gambas [2]	65
2.1.4.4.4	Descripción de la interfaz gráfica	66
2.1.4.5	Medios y protocolos de comunicación	70
2.1.4.5.1	Comunicación entre el ordenador y el microcontrolador máster	70
2.1.4.5.2	Comunicación entre el microcontrolador máster y los microcontroladores esclavo	72
2.1.4.5.3	La Comunicación RS-485 en Modo Half Duplex [22]	74
2.1.4.5.4	El circuito integrado MAX485	74

2.1.4.5.5	Comunicación multiprocesador [24].....	75
2.1.5	<i>INTEGRACIÓN DE LOS COMPONENTES</i>	77
2.1.5.1	Fuentes de alimentación para los sistemas microcontrolados	78
2.1.5.2	Fuentes de alimentación para activación de los relés.....	79
2.1.5.3	Aislamiento del convertor AC/AC y la señal de control	80
2.1.5.4	Integración de bloques.....	82
2.2	IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE VIDEO VIGILANCIA.....	83
2.2.1	<i>REQUERIMIENTOS DE DISEÑO</i>	83
2.2.2	<i>CÁMARAS DEL SISTEMA DE VIDEO VIGILANCIA</i>	84
2.2.3	<i>DISPOSITIVO DE ALMACENAMIENTO DE INFORMACIÓN DEL SISTEMA</i>	87
2.2.4	<i>INTERCONEXIÓN DE DISPOSITIVOS</i>	89
2.3	IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE COMUNICACIÓN DE MENSAJES DE AUDIO	91
2.3.1	<i>COMPONENTES DEL SISTEMA DE COMUNICACIÓN DE MENSAJES DE AUDIO</i>	92
2.3.1.1	Altavoces	92
2.3.1.2	Amplificador	93
2.3.1.3	Entrada de audio	94
2.3.2	<i>CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DEL SISTEMA</i>	94
2.3.3	<i>INTERCONEXIÓN DE LOS DISPOSITIVOS DEL SISTEMA [31]</i>	97
CAPÍTULO 3		100
3	DESARROLLO DEL PROGRAMA DE CONTROL	100
3.1	PROGRAMA PARA LA INTERFAZ DE MONITOREO Y MANDO DEL SISTEMA DE CONTROL DE ILUMINACIÓN	100
3.1.1	<i>DESCRIPCIÓN GENERAL</i>	100
3.1.2	<i>DESCRIPCIÓN DE LA INTERFAZ</i>	101
3.1.2.1	Ventana AUTENTIFICACIÓN	101
3.1.2.2	Ventana CAMBIAR_CONTRASEÑA.....	102
3.1.2.3	Ventana PRINCIPAL	103
3.1.2.4	Ventana de monitoreo y mando NIVEL_I.....	105
3.1.2.5	Ventana de monitoreo y mando NIVEL_II	107
3.1.2.6	Ventana MENSAJES_DE_AUDIO	108
3.1.3	<i>COMUNICACIÓN DE LA PC CON EL MICROCONTROLADOR MÁSTER</i>	109
3.1.3.1	Envío de datos desde el computador al microcontrolador máster	109
3.1.3.2	Recepción de datos	110
3.2	PROGRAMA DE CONTROL PARA EL MICROCONTROLADOR MÁSTER	110
3.2.1	<i>DESCRIPCIÓN GENERAL</i>	110
3.2.1.1	Programa Principal.....	111
3.2.1.2	Subrutina BARRIDO_INICIO	112
3.2.1.3	Interrupción de comunicación COM_PC_MÁSTER.....	113

3.2.1.4	Subrutina de envío de datos ENVIAR_ORDEN	113
3.2.1.5	Interrupción de comunicación COM_ESCLAVO_MÁSTER	115
3.2.1.6	Subrutina de envío de datos MÁSTER_PC	116
3.3	PROGRAMA DE CONTROL PARA LOS MICROCONTROLADORES ESCLAVOS	117
3.3.1	<i>DESCRIPCIÓN GENERAL</i>	117
3.3.2	<i>DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROGRAMA DE LOS MICROCONTROLADORES ESCLAVOS 1 Y 2 ..</i>	118
3.3.2.1	Programa principal de los microcontroladores esclavos 1 y 2	118
3.3.2.2	Subrutina AUTOMÁTICO de los microcontroladores esclavos 1 y 2.....	119
3.3.2.3	Interrupción de comunicación COM_MÁSTER_ESCLAVO	120
3.3.2.4	Subrutina ORDEN de los microcontroladores esclavos 1 y 2.....	121
3.3.2.5	Subrutina ACUSE_DE_RECIBO de los microcontroladores esclavos 1 y 2	123
3.3.3	<i>DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROGRAMA DE LOS MICROCONTROLADORES ESCLAVOS 3 Y 4 ..</i>	124
3.3.3.1	Subrutina principal de los microcontroladores esclavos 3 y 4	124
3.3.3.2	Interrupción externa CAMBIO_ESTADO_SENSOR de los microcontroladores esclavos 3 y 4	125
3.3.3.3	Interrupción de recepción COM_MÁSTER_ESCLAVO	125
3.3.3.4	Subrutina ORDEN de los microcontroladores esclavos 3 y 4.....	125
3.3.3.5	Subrutina MODO_AUTOMÁTICO de los microcontroladores esclavos 3 y 4.....	127
CAPÍTULO 4		129
4	PRUEBAS Y RESULTADOS	129
4.1	PRUEBAS DE LOS CIRCUITOS IMPLEMENTADOS DEL SISTEMA DE CONTROL DE ILUMINACIÓN	129
4.1.1	<i>ACONDICIONAMIENTO DE LOS SENSORES DE ILUMINACIÓN</i>	129
4.1.2	<i>DISPOSICIÓN DE PARÁMETROS DE LOS SENSORES DE MOVIMIENTO</i>	131
4.1.3	<i>DISPOSICIÓN DE PARÁMETROS DE LOS SENSORES DE PRESENCIA</i>	132
4.1.4	<i>ACOPLAMIENTO DEL CONTROLADOR A LOS BALASTOS DIMERIZABLES</i>	133
4.1.4.1	Respuesta en el dominio del tiempo de un balasto dimerizable con una señal de control sinusoidal	134
4.1.4.2	Respuesta de potencia activa consumida respecto a la señal de control	135
4.1.4.3	Respuesta del módulo de control de un balasto dimerizable alimentado con una señal alterna variable y distorsionada	136
4.1.4.4	Señal de salida enviada desde un balasto dimerizable a los tubos fluorescentes.....	138
4.1.4.5	Voltajes de control de los balastos dimerizables	140
4.1.5	<i>COMUNICACIÓN ENTRE DISPOSITIVOS</i>	140
4.1.5.1	Comunicación entre PC y microcontrolador máster	140
4.1.5.2	Comunicación entre microcontrolador máster y microcontroladores esclavo	141
4.2	RESULTADOS DEL SISTEMA DE CONTROL DE ILUMINACIÓN	141
4.2.1	<i>TABLEROS INSTALADOS</i>	141
4.2.2	<i>OPERACIÓN DEL SISTEMA EN LOS DISTINTOS MODOS DE FUNCIONAMIENTO</i>	143
4.2.3	<i>NIVELES DE ILUMINACIÓN EN LAS ZONAS DE ESTUDIO</i>	145
4.2.4	<i>ESTUDIO DEL CONSUMO DE ENERGÍA DE ILUMINACIÓN DE LA BIEE</i>	146

4.2.4.1	Mediciones para el modo de funcionamiento manual	146
4.2.4.1.1	Mediciones correspondientes al Nivel I	147
4.2.4.1.2	Mediciones correspondientes al Nivel II	147
4.2.4.1.3	Consumo de energía total en modo manual.....	148
4.2.4.2	Mediciones para el modo de funcionamiento automático	149
4.2.4.2.1	Mediciones correspondientes al Nivel I	149
4.2.4.2.2	Mediciones correspondientes al Nivel II	150
4.2.4.2.3	Consumo de energía total en modo automático	151
4.2.4.3	Comparación modo manual vs modo automático	151
4.3	PRUEBAS Y RESULTADOS DEL SISTEMA DE CCTV	152
4.4	PRUEBAS Y RESULTADOS DEL SISTEMA DE COMUNICACIÓN DE MENSAJES DE AUDIO	155
4.4.1	<i>MONTAJE DEL SISTEMA DE COMUNICACIÓN DE MENSAJES DE AUDIO.....</i>	<i>155</i>
4.4.2	<i>MENSAJES PREGRABADOS DISPONIBLES.....</i>	<i>155</i>
4.4.3	<i>CONTROLES DE VOLUMEN.....</i>	<i>156</i>
4.4.4	<i>ENCUESTA PARA DETERMINAR EL NIVEL DE SATISFACCIÓN CON EL SISTEMA DE COMUNICACIÓN DE MENSAJES</i>	<i>157</i>
CAPÍTULO 5		160
5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	160
5.1	CONCLUSIONES	160
5.2	RECOMENDACIONES	162
6	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	164
	LIBROS.....	164

RESUMEN

En el presente proyecto se desarrolla el diseño e implementación de un sistema de control de iluminación, video vigilancia y de comunicación de mensajes de audio, para la Biblioteca de Ingeniería Eléctrica y Electrónica (BIEE) de la EPN.

Control de iluminación

Para el sistema de control de iluminación se tiene 2 modos principales de funcionamiento: el modo manual y el modo automático/mando a distancia. El modo manual es un modo de respaldo, en el cual se puede encender y apagar las luminarias desde los interruptores en las paredes de la BIEE.

En el modo automático/mando a distancia se distingue el modo de funcionamiento automático en el cual el sistema se autoregula para determinar las acciones necesarias en cuanto al encendido, apagado y atenuación de las luminarias de la BIEE. Por otro lado se tiene la opción del mando a distancia, con el cual se puede encender y apagar de las luminarias, desde una interfaz en la computadora del administrador.

Para el control de iluminación en modo automático, se realizaron sistemas de acuerdo a los lugares específicos donde se va a controlar. Por lo que se puede dividir en dos grupos: el sistema de aprovechamiento de luz natural utilizado en las zonas de estudio del Nivel I (nivel superior) y el sistema de detección de presencia, utilizado en las zonas de estanterías del Nivel I y en todo el Nivel II.

En la interfaz gráfica, basada en software libre (Ubuntu), es en la cual se puede monitorear el funcionamiento del sistema en modo automático y realizar las acciones de encendido y apagado utilizando el mando a distancia.

Video Vigilancia

Para este sistema se emplean 6 cámaras analógicas, cuatro de ellas para el Nivel I (nivel superior) y las dos restantes para el Nivel II (nivel inferior). Para la ubicación de las mismas se tomaron en cuenta dos criterios, cubrir la mayor área posible y aprovechar la presencia permanente del personal administrativo

La señal de video que emite cada una de las cámaras, se envía a un DVR (Digital Video Recorder), el cual almacena la información. La capacidad del disco duro, permite guardar las grabaciones de los últimos 6 días aproximadamente y dependiendo los requerimientos del administrador respaldarlas en cualquier momento. El DVR es de 8 canales, por lo que se pueden adicionar 2 cámaras en el futuro.

Se ha configurado al DVR para que grabe permanentemente durante el horario de atención de la BIEE, fuera del mismo, sólo si se detecta movimiento dentro de la misma. Para observar en tiempo real lo que está ocurriendo o lo que está guardado en el DVR, se cuenta con un monitor LCD, instalado en la administración de la Biblioteca.

Comunicación de mensajes

El sistema de comunicación de mensajes de audio cuenta con 3 parlantes, dos de ellos ubicados en el Nivel I y uno ubicado en el Nivel II. Un amplificador el cual genera la potencia necesaria para que los mensajes sean reproducidos por los parlantes. Y las entradas de audio que son de dos tipos.

La primera entrada de audio permite reproducir mensajes pregrabados que son comúnmente utilizados. Se los obtiene desde la computadora y para esto se utiliza la misma interfaz desarrollada para el sistema de control de iluminación. La cual permite escoger entre varios mensajes pregrabados.

La segunda entrada de audio se la utiliza para disposiciones que no se encuentren entre los mensajes pregrabados. Se utiliza un micrófono con el cual se puede transmitir directamente el mensaje que requiera el administrador.

PRESENTACIÓN

Generalmente el consumo de energía eléctrica está destinado en gran parte a la iluminación, sin embargo esta, no siempre es utilizada eficientemente. Por lo cual las tendencias en el desarrollo tecnológico relacionadas con la Domótica/Inmótica están guiadas al uso de sistemas de control automático de iluminación.

El sistema de video vigilancia que se implementa en la BIEE está encaminado a supervisar las actividades que realizan los usuarios dentro de sus instalaciones y así disminuir conductas indebidas o recuperar objetos perdidos.

Dado que la BIEE es un lugar donde existe gran concurrencia de personas, es común informar disposiciones, por lo cual es importante tener un sistema de comunicación de mensajes de audio. Con el cual se pueda fácilmente dar a conocer dichas disposiciones requeridas en la BIEE.

En el capítulo 1 se describe la fundamentación teórica de los tres sistemas implementados. Se detallan conceptos principales y los tipos de sistemas que existen, además se especifican los componentes básicos necesarios para la implementación y sus principales características.

En el capítulo 2 se presenta el diseño e implementación de los sistemas. Se describen los componentes utilizados, se presentan diseños y la interconexión de cada uno de los elementos. En el caso del sistema de control de iluminación se presenta y justifica los cambios que fueron necesarios en los circuitos de iluminación y se definen las estrategias de control.

En el capítulo 3, se presenta el desarrollo de los programas de los controladores del sistema de iluminación, así como de la interfaz gráfica desarrollada.

En el capítulo 4 se presentan las pruebas realizadas sobre cada sistema, así como el estudio de consumo en modo manual y automático. Se compara el

consumo en cada modo de funcionamiento para obtener cuán eficiente es el sistema en modo automático.

En el capítulo 5 se presentan las conclusiones y recomendaciones que resultan del presente proyecto.

CAPÍTULO 1

1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

1.1 DOMÓTICA E INMÓTICA

La Domótica y la Inmótica son disciplinas cuyos objetivos son aumentar el confort, el ahorro energético, la comunicación y mejorar la seguridad de una vivienda, en el caso de la Domótica, y de edificios de uso industrial o terciario (oficinas, hoteles, residencias, edificios corporativos, etc.) en el caso de la Inmótica, a través de la automatización y control (encendido / apagado, apertura / cierre y regulación) de aparatos electrotécnicos y sistemas de instalaciones eléctricas (iluminación, climatización, persianas y toldos, puertas y ventanas motorizados, el riego, etc.) de forma centralizada y/o remota. [8]

Se las describe como la integración de la tecnología en el diseño inteligente para lugares habitados.

1.1.1 DISPOSITIVOS DE UN SISTEMA DE DOMÓTICA/INMÓTICA [8]

La complejidad de una solución con estas características, puede variar desde un único dispositivo, que realice una sola acción, hasta amplios sistemas que controlan prácticamente todas las instalaciones dentro de la vivienda o inmueble.

Los distintos dispositivos que intervienen en estos sistemas se describen a continuación:

- **Controlador:** Son los dispositivos que gestionan el sistema según la programación y la información que reciben. Puede haber uno o varios controladores distribuidos por el sistema.

- **Actuador:** Es un dispositivo capaz de ejecutar y/o recibir una orden del controlador y realizar una acción sobre un aparato o sistema (encendido/apagado, subida/bajada, apertura/cierre, etc.).
- **Sensor:** Es el dispositivo encargado de monitorizar el entorno captando información y transmitiéndola al controlador del sistema. Existen varios tipos de sensores, entre ellos de agua, gas, humo, temperatura, viento, humedad, lluvia, iluminación, etc.
- **Bus:** Es el medio de transmisión que transporta la información entre los distintos dispositivos por un cableado propio, por la redes de otros sistemas (red eléctrica, red telefónica, red de datos) o de forma inalámbrica.
- **Interface:** Se refiere a los dispositivos (pantallas, móvil, Internet, conectores) y los formatos (binario, audio) en que se muestra la información del sistema para los usuarios (u otros sistemas) y donde los mismos pueden interactuar con el sistema.

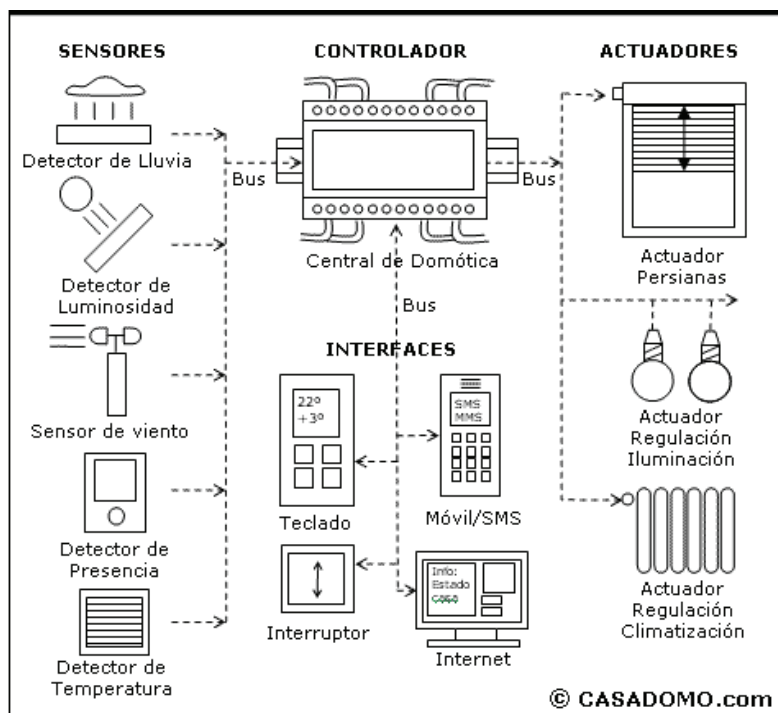


Figura 1.1 Ejemplos de dispositivos de sistemas de domótica [8]

Es preciso destacar que todos los dispositivos del sistema de domótica no tienen que estar físicamente separados, sino varias funcionalidades pueden estar combinadas en un equipo.

En la Figura 1.1, se puede observar el esquema general de un sistema domótico/inmótico, en el cual se diferencian los dispositivos que en él intervienen.

1.1.2 ARQUITECTURA DE UN SISTEMA DE DOMÓTICA/INMÓTICA [8]

La arquitectura de un sistema domótico/inmótico, hace referencia a la estructura de su red. La clasificación se realiza en base a la ubicación del controlador del mismo. Las principales arquitecturas son:

1.1.2.1 Arquitectura Centralizada

En este tipo de arquitectura, existe un controlador central, el cual envía las órdenes a los actuadores e interfaces en base al programa de control. En la Figura 1.2, se muestra el esquema de una arquitectura centralizada.

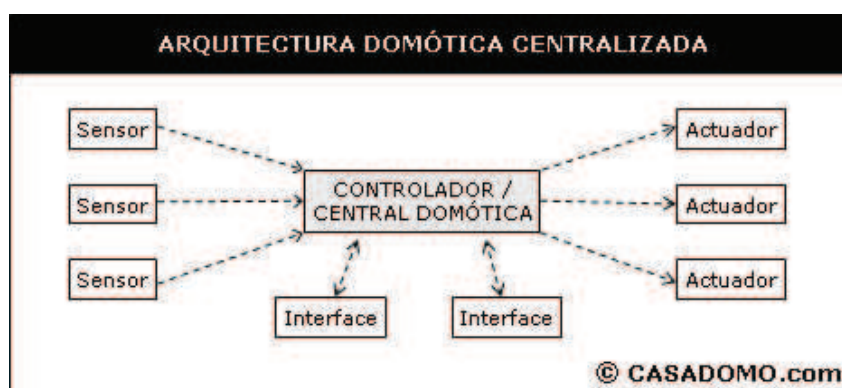


Figura 1.2 Arquitectura de un sistema de domótica centralizado [8]

1.1.2.2 Arquitectura Descentralizada

En este tipo de arquitectura existen varios controladores, interconectados por un bus, que envía información entre ellos y a los actuadores e interfaces conectados

a los controladores. En la Figura 1.3, se muestra el esquema de una arquitectura descentralizada.

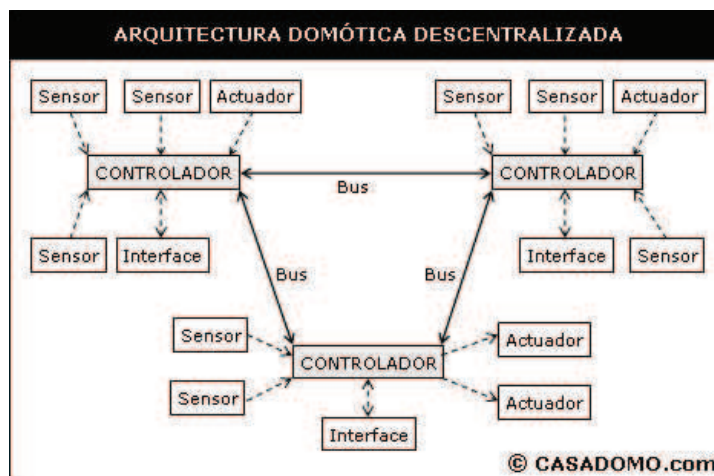


Figura 1.3 Arquitectura de un sistema de domótica descentralizado [8]

1.1.2.3 Arquitectura Distribuida

En la arquitectura distribuida, cada sensor y actuador es también un controlador capaz de actuar y enviar información al sistema según el programa. En la Figura 1.4, se muestra el esquema correspondiente a una arquitectura de este tipo.

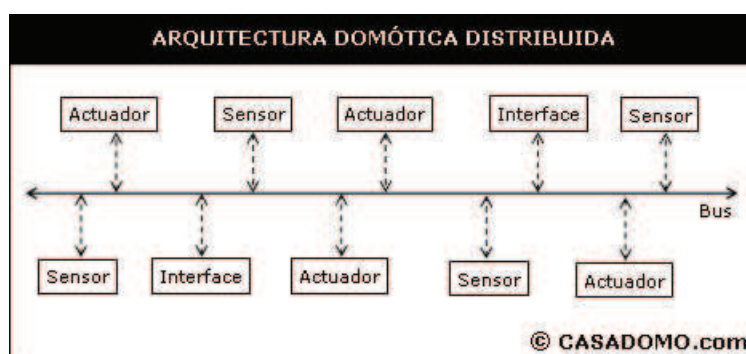


Figura 1.4 Esquema de arquitectura de un sistema de domótica distribuido [8]

1.1.2.4 Arquitectura Híbrida o Mixta

En un sistema domótico/inmótico de arquitectura híbrida o mixta se combinan la arquitectura centralizada, descentralizada y distribuida, como se puede observar en la Figura 1.5.

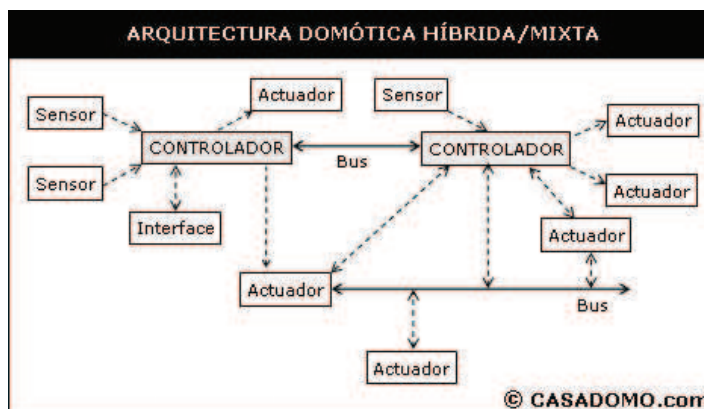


Figura 1.5 Arquitectura de un sistema de domótica híbrido o mixto [8]

1.1.3 MEDIOS DE TRANSMISIÓN [8]

El medio de transmisión de la información, interconexión y control, entre los distintos dispositivos de los sistemas de domótica puede ser de varios tipos. Los principales medios de transmisión son:

- Cableado propio
- Cableado compartido
- Inalámbrica

1.2 SISTEMAS DE CONTROL DE ILUMINACIÓN

El uso eficiente de la energía es un tema que actualmente está en desarrollo con el objetivo de disminuir su consumo, y de este modo reducir las emisiones de gases contaminantes, resultado de la producción energética.

Generalmente el consumo de energía eléctrica está destinado en gran parte a la iluminación, sin embargo ésta, no siempre es utilizada eficientemente. Por lo cual las tendencias en el desarrollo tecnológico, relacionadas con la Domótica/Inmótica están guiadas al uso de sistemas de control automático de iluminación.

Los sistemas de control automático de iluminación permiten controlar o regular el uso de la iluminación artificial, realizando acciones de encendido, apagado o

atenuación del flujo luminoso, para ahorrar energía sin desmejorar los niveles de confort y tener una alternativa de decoración de lugares y espacios. [9]

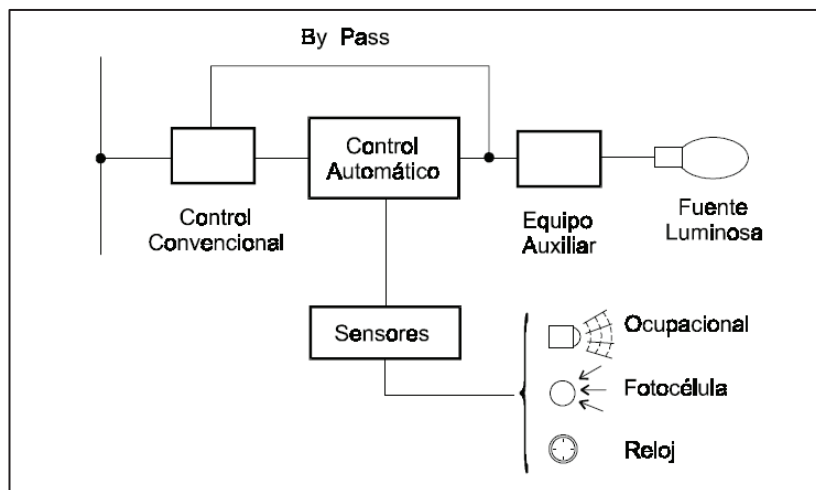


Figura 1.6 Esquema de un sistema de control automático de iluminación [9]

Es recomendable mantener este tipo de sistema respaldado por el mando manual convencional, para tener opciones de emergencia en caso de fallas. Un esquema típico que se aplica a los sistemas se muestra en la Figura 1.6.

1.2.1 COMPONENTES DE UN SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO DE ILUMINACIÓN

Se cuenta con una amplia gama de componentes que se pueden incluir dentro de un sistema de control automático de iluminación. El objetivo es integrarlos para realizar las estrategias de control.

Entre los principales componentes se tienen: sensores, actuadores y controladores.

1.2.1.1 Sensores de Control de Iluminación

Los sensores que se pueden utilizar en un sistema de control automático de iluminación son:

- Sensor Ocupacional [9]

Son sensores que determinan si los lugares están siendo ocupados por personas. Existen sensores de ultrasonido, infrarrojos y los que utilizan ambas tecnologías. La mayoría incluyen salidas de tipo relé, las cuales se pueden conectar directamente a las luminarias a controlar. Permiten ajustar los rangos de temporización, es decir el tiempo que permanecerá encendido luego de que se detectó movimiento; rangos de sensibilidad, lo que permite expandir o disminuir el área de cobertura del sensor ocupacional; rangos de iluminación, permite el uso del sensor únicamente si el ambiente está bajo un nivel mínimo de iluminación, para evitar el encendido durante el día o mientras exista suficiente iluminación.

El uso de estos sensores se aplica en lugares que no están permanentemente ocupados, se recomienda para pasillos, salas de reuniones, entre otros.

- Sensor Fotoeléctrico [9]

Son sensores que determinan el nivel de iluminación que se tiene, basados en tecnología fotoeléctrica, proporcionan salidas analógicas de acuerdo a los niveles de iluminación. Es recomendable utilizarlos en lugares que tienen buena iluminación natural.

1.2.1.2 Actuadores de Control de Iluminación

Los actuadores son los elementos que van a influir sobre las variables de control para determinar las distintas acciones, de este modo en el campo de iluminación se pueden tener los siguientes actuadores:

- Relés Electromagnéticos

Como se observa en la Figura 1.7, un relé electromagnético consta principalmente de una bobina y contactos normalmente abiertos y normalmente cerrados. Al energizar la bobina crea una fuerza electromagnética la cual une los contactos

abiertos y separa los cerrados. En sistemas de control de iluminación se los utiliza para realizar las acciones de encendido y apagado de las luminarias de forma automática.

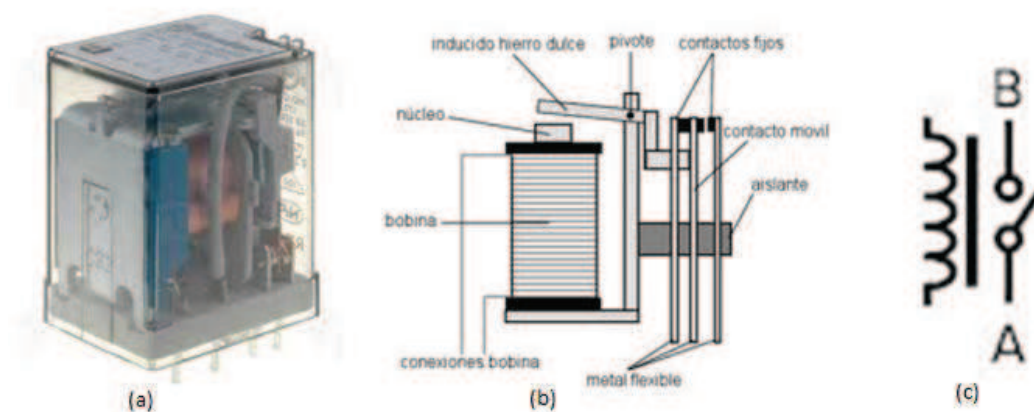


Figura 1.7 Relé electromagnético, esquema y símbolo [10]

- Balastos Dimerizables [11]

Los balastos electrónicos dimerizables son dispositivos capaces de realizar el arranque de luminarias fluorescentes, generar el voltaje y frecuencia necesarios y controlar la intensidad lumínica, por medio de la variación de la frecuencia de oscilación de funcionamiento del balasto.

Como se observa en la Figura 1.8 el balasto electrónico consta de una etapa de rectificación, en la que se convierte la corriente alterna a continua, en esta etapa se puede regular el nivel de voltaje que se obtiene a la salida. La siguiente etapa es la inversora, en la que se vuelve a convertir en corriente alterna pero a frecuencia variable. El balasto dimerizable contiene una señal de control, mediante la cual se puede variar la frecuencia en la salida y de esta manera atenuar el flujo luminoso de la lámpara fluorescente. Esta señal de control puede ser de diferentes tipos dependiendo del balasto que se utilice, por ejemplo de 0 a 10 Vdc, 0 a 120 Vac, etc.

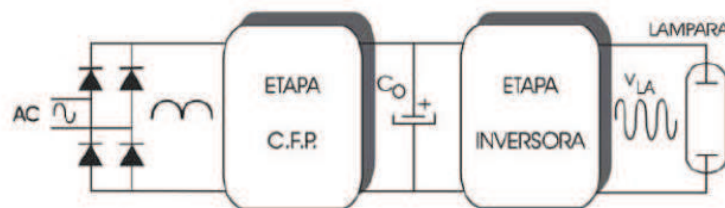


Figura 1.8 Esquema de un balasto electrónico [11]

1.2.1.3 Controladores de Iluminación

Se encargan de tomar la información de los sensores y procesarla, de modo que se manipulen las variables de control, con el objetivo de realizar las acciones que permitan regular el sistema.

En un sistema de control automático de iluminación se puede utilizar varios tipos de controladores, los cuales pueden ser:

- Microcontroladores

Los microcontroladores son computadores digitales integrados en un chip, que cuentan con un microprocesador o unidad de procesamiento central (CPU), una memoria para almacenar el programa, una memoria para almacenar datos y puertos de entrada salida. A diferencia de los microprocesadores de propósito general, como los que se usan en los ordenadores de escritorio o laptops, los microcontroladores son unidades autosuficientes y económicas.

En sistemas de iluminación se los utiliza para tomar la información del entorno a través de los sensores, y de acuerdo al algoritmo de control enviar las órdenes de encendido, apagado y/o atenuación a los actuadores.

- PLC

Es un computador industrial dedicado, que controla elementos de salida, basados en el estado de las entradas y un programa desarrollado por el usuario. A continuación se tiene un esquema básico de un PLC.

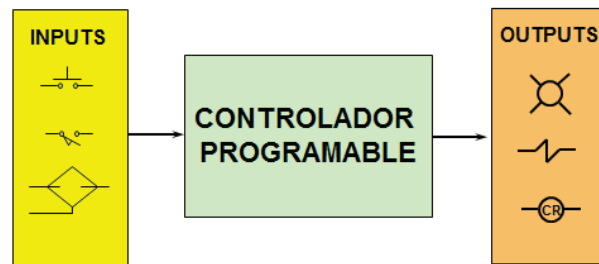


Figura 1.9 Esquema de un PLC [10]

1.2.2 CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE CONTROL AUTOMÁTICO DE ILUMINACIÓN [9]

Los sistemas de control automático de iluminación se pueden dividir de acuerdo a las variables que van a determinar el sistema y son las siguientes:

- Sistema de Aprovechamiento de Luz Natural
- Sistemas de Detección de Presencia
- Sistemas de Temporización

1.2.2.1 Sistemas de Aprovechamiento de Luz Natural

En este tipo de sistemas lo que se busca es regular el nivel de iluminación artificial, dependiendo de la incidencia de luz natural que se tenga en la instalación.

Se recomienda este tipo de sistemas, para lugares que tienen suficiente ingreso de luz natural, y que van a tener ocupación permanente de personas. Es necesario usar sensores fotoeléctricos para determinar la cantidad de luz existente, realimentar esta información al controlador y realizar el control automático de esta variable.

Se puede utilizar dos estrategias de control:

- Regulación todo o nada

Con este tipo de regulación se determina un nivel mínimo de iluminación, por debajo del cual se encienden las luces para mantenerlo.

- Regulación Progresiva

Para el caso de lámparas fluorescentes es necesario tener balastos dimerizables, de modo que se pueda controlar el flujo luminoso, dependiendo de la luz natural que se ingrese en el lugar. Es necesario establecer el punto en el cual se desea mantener el nivel de iluminación, tomando en cuenta recomendaciones de iluminación mínima.

En la Tabla 1.1, se especifican los niveles mínimos de iluminación necesarios para los distintos locales escolares, de acuerdo a la norma NTE INEN 1153:84 (Iluminación Natural en Escuelas). En esta misma norma se establece que en caso de que sea imposible alcanzar estos niveles, la luz diurna será complementada con luz artificial. [3]

Tabla 1.1 Niveles mínimos de iluminación para locales educativos [3]

Clase de local	lux
Salas de reunión	
Salas de reunión general	150
Salas para exámenes	300
Tarimas o plateas	300
Aulas y clases y lectura	
Sobre los escritorios	300
En el pizarrón	200 a 300*
Aulas para trabajos manuales y costura	700
Salas para artes (pintura, escultura, etc.)	450 ***
Laboratorios	300
Bibliotecas	
Estantes o anaqueles	70 a 150*
Mesas de lectura	
Entrenamiento manual	De acuerdo al ramo
Oficinas	300
Salas de consulta o comunales	150

Corredores	70
Escaleras	100
* Sobre el plano vertical	
** Se debe poner especial atención en la dirección y color de la luz.	

1.2.2.2 Sistemas de Detección de Presencia

En este tipo de sistemas el objetivo es encender las luminarias, solamente cuando se detecta presencia de personas, en los lugares a controlar. Es necesario utilizar sensores de presencia, los cuales realizan la tarea de detección y envían esta información al controlador.

Se los recomienda utilizar en lugares que no tienen presencia permanente, como puede ser en pasillos o en salas de reuniones. Uno de los problemas que se tiene para el caso de luminarias fluorescentes, es que, al que se incrementa el número de encendidos y apagados, disminuye el tiempo de vida. Para evitar este problema se suele utilizar este tipo de sistemas en conjunto con balastos dimerizables, de modo que en lugar de apagar las luminarias se dimerice al mínimo, bajando de este modo el consumo energético.

1.2.2.3 Sistemas de Temporización

En este tipo de sistemas se puede controlar el encendido y apagado de luminarias dependiendo de la temporización que se configure en el controlador, de modo que las luminarias estén encendidas solo en ciertas horas al día. Usualmente la temporización es basada en las horas en las cuales hay claridad, por lo que es muy utilizado este sistema en iluminación para exteriores. Sin embargo también se lo puede utilizar para lugares que están ocupados solo en determinadas horas del día.

Debido a la utilización de temporizadores, estos sistemas suelen ser manejados por un PLC o con un Control Computarizado, ya que brinda mayores facilidades para la temporización.

1.3 SISTEMA DE VIDEO VIGILANCIA CCTV

Un CCTV (Circuito Cerrado de Televisión), es una tecnología de vídeo vigilancia visual diseñada para supervisar local y/o remotamente, una diversidad de ambientes y actividades, la información es captada por una o más cámaras, que pueden ser analógicas o digitales. [12] [13]

Se le denomina circuito cerrado, ya que, al contrario de lo que pasa con la difusión, todos sus componentes están enlazados. Además, a diferencia de la televisión convencional, este es un sistema pensado para un número limitado de espectadores. [13]

Además, es conveniente indicar que dependiendo de la cantidad de información que se desea extraer del lugar a ser supervisado, un sistema de CCTV, puede ser utilizado para tres fines diferentes posibles, los cuales son: [14]

- **Detección:** Indicar si algo está ocurriendo en el área de interés.
- **Reconocimiento:** Determinar exactamente qué está ocurriendo.
- **Identificación:** Determinar quién está involucrado en la actividad.

En la Figura 1.10, se observa y diferencia los casos descritos anteriormente.



Figura 1.10 Fines de un sistema de CCTV [14]

Las aplicaciones más comunes de video vigilancia IP y CCTV son: [12]

- Seguridad de Intrusión
- Control de accesos
- Control de robos y hurtos
- Control de procesos
- Video vigilancia emocional
- Video vigilancia de espacios públicos

Cabe recalcar que en nuestro país no existe una normativa vigente que regule este tipo de sistemas, por lo que simplemente se puede seguir las recomendaciones que los fabricantes facilitan al usuario.

1.3.1 COMPONENTES DE UN SISTEMA DE VIDEO VIGILANCIA

Un sistema de video vigilancia IP o CCTV puede estar formado por una amplia gama de elementos, desde una sola cámara que graba imágenes en una habitación de un niño y las emite a un pequeño monitor en la cocina, hasta complejos sistemas de video vigilancia de un conjunto inmobiliario completo, con control de zonas interiores, accesos y exteriores, y grabación y distribución de la señal tanto de forma local como remota. [12]

A continuación, se hace una breve descripción de los principales componentes de los sistemas de video vigilancia:

1.3.1.1 Cámaras

Las cámaras captan las imágenes y las emiten a la red para su grabación y visualización local y/o remota. [12]

Hay dos tecnologías principales para las cámaras de video vigilancia:

- Cámaras Analógicas [12]

Las cámaras analógicas captan imágenes y emiten la señal en la red. Las cámaras pueden ser fijas o controladas remotamente configurando y manipulando la panorámica, enfoque, inclinación y zoom.

- Cámaras IP [12]

Las cámaras IP captan imágenes, y tienen las mismas funcionalidades que las analógicas, únicamente disponen además de un pequeño servidor web que permite su conexión directa a Internet o a una red de datos para la visualización de la misma.

1.3.1.1.1 Aspectos Básicos de las Cámaras CCTV [14]

Normalmente las cámaras están compuestas por tres elementos básicos, el sensor de imagen, el lente y el circuito de procesamiento de imágenes. A continuación se describe a cada uno de ellos:

- Sensores de Imagen

El sensor de imagen CCD (Charge Coupled Device) es considerado como el corazón de las cámaras de CCTV modernas, debido a que es el encargado de convertir la imagen en señales electrónicas. Para realizar la conversión se emplea un arreglo plano de fotodiodos pequeños y sensibles a la luz, cada diodo produce un voltaje directamente proporcional a la cantidad de luz que incide sobre él, sabiendo que el negro daría lugar a un voltaje cero y que el blanco por su parte generaría un máximo nivel de voltaje.

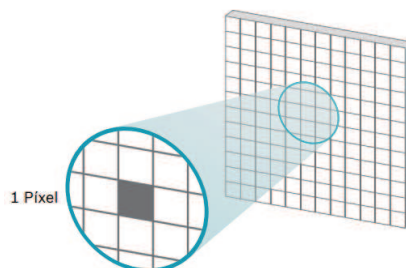


Figura 1.11 Dispositivo de imagen [14]

- Lentes

Las lentes son los “ojos” de un sistema de CCTV. Son esenciales para la creación de funciones de video. Las lentes ejecutan dos funciones principales:

- a) Determinan la escena que podrá visualizarse en el monitor, esta es una función de la distancia focal, la cual es medida en milímetros entre el centro de la lente y el sensor CCD de la cámara.
- b) Controlan la cantidad de luz que alcanza el sensor, esta es una función del iris.

Vale la pena indicar que la distancia focal, puede ser fija o variable (lente con zoom), mientras que el iris puede ajustarse manualmente o la cámara puede hacerlo en forma automática.

Dependiendo de la distancia focal, las lentes pueden ser de varios tipos:

- Lentes de distancia focal fija
- Lentes varifocales
- Lentes con corrección por IR
- Lentes zoom motorizados

Mientras que considerando el tamaño de la imagen, la lente podría ser de 1/2”, 1/3”, 1/4”, etc., medida que deriva del radio del diámetro para la imagen disponible producida.

Otro aspecto importante es el **campo de visión (FOV)**, el cual establece cuan grande es el área que una cámara de CCTV es capaz de observar. El FOV está basado en la cámara y la lente. Al incrementar la distancia focal de la lente disminuye la distancia percibida al área visualizada, pero también disminuye el área que la cámara es capaz de observar, en la Figura 1.12, se notan las visualizaciones aproximadas con diferentes lentes de distancia focal.

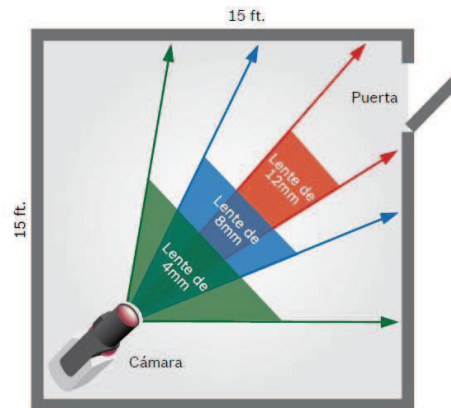


Figura 1.12 Campo de visión para lentes con formatos diferentes [14]

También se debe conocer sobre el **iris** de una cámara, el cual controla la cantidad de luz que bloquea la cara del sensor de imagen, ya que para proveer un óptimo desempeño de la misma, es preciso que no haya ni demasiada ni muy poca luz en el sensor de la cámara.

Si mucha luz golpea el sensor, la imagen se “decolora” y los colores claros desaparecen, esto se corrige cerrando el iris; en el otro extremo en cambio, si poca luz golpea el sensor genera una imagen negra o sólo los objetos más brillantes se tornan visibles, esto se soluciona abriendo el iris. El iris de una cámara puede ser de tres tipos: fijos, manuales y electrónicos (autoiris).

- Procesamiento de la Imagen

Dentro del procesamiento de la imagen existen algunos factores que confirman una especificación completa de cámara y se encuentran interrelacionados, entre ellos se destacan la sensibilidad, iluminación y resolución.

La **sensibilidad de una cámara** mide la cantidad de luz requerida para proveer una señal estándar de video, es decir describe la habilidad de la cámara para “hacer fotos” en varios niveles de iluminación. A mayor sensibilidad, la cámara requiere menos iluminación para producir imágenes utilizables.

Por lo tanto, cuando se considere la sensibilidad de una cámara, es importante conocer las condiciones de luz bajo las cuales la cámara será utilizada. También, se debería determinar cuan alta debe ser la sensibilidad para producir un video utilizable con la cantidad mínima de luz disponible en el sitio de vigilancia. Existen cámaras disponibles que pueden generar imágenes en situaciones de poca o ninguna luz. Por ejemplo, las cámaras día/noche (IR-sensibles) pueden producir imágenes con sólo la iluminación de las estrellas.

Por otro lado la **iluminación** se refiere a la luz que cae en una escena, la cual no es una función de la cámara. Sin embargo, es un tema crítico cuando se considera una cámara para un área dada.

Cuadro de lux y baja iluminación			
Condición	Iluminación		Detalles
	Foot candles (fc)	LUX	
Luz del sol	10,000	107,527	Rango de luz del día
Luz del día	1,000	10,752.7	
Día nublado	100	1,075.3	
Día muy oscuro	1	107.53	
Penumbra	10	10.75	
Penumbra profunda	0.1	1.08	
Luna llena	0.01	0.108	Rango de niveles de baja luz
Cuarto creciente	0.001	0.0108	
Luz de las estrellas	0.0001	0.0011	
Noche nublada	0.00001	0.0001	

Tabla 1.2 Cuadro comparativo de los niveles de iluminación en fc y lux [14]

La cantidad de iluminación que alcanza una escena depende del momento del día y las condiciones atmosféricas, por lo que es recomendable que el lente de la cámara disponga de un iris electrónico (autoiris). Típicamente, la iluminación de la escena se mide en foot-candles (fc) o en luxes (lux). En la Tabla 1.2 se muestran varios niveles referenciales de iluminación que se podrían tener en el sitio donde se desea monitorear.

Una recomendación importante para seleccionar la cámara a emplear es utilizar una, con aproximadamente 10 veces la iluminación mínima de la escena. La

mayoría de las cámaras serán capaces de manejar el exceso de luz. Sin embargo, se presenta un problema, cuando no se cuenta con la suficiente luz para producir una imagen.

Otra característica importante, es la **resolución**, que es la medida en la que se pueden observar los detalles en una imagen. Para sistemas analógicos, se la mide en Líneas de Televisión (TVL). Mientras más alta es la resolución, mejor es la definición y la claridad de la imagen. La cámara “escanea” una imagen en una serie de líneas operando en forma horizontal. Cada línea horizontal está compuesta por un número de elementos. Una vez que la primera línea es escaneada, se continúa con la segunda línea y así sucesivamente. La resolución es una medida de la cantidad de líneas y los elementos componentes que conforman cada línea. En una cámara CCD, la resolución tiene una relación directa con el número de píxeles en el sensor de imagen CCD.

Para seleccionar una cámara, existen otros factores complementarios que afectan la calidad de imagen, los cuales son:

- Relación de señal a ruido
- Control automático de ganancias
- Obturador automático
- Compensación backlight
- Ajustes electrónicos y manuales
- Procesamiento de Señal Digital Avanzado (DSP)

De las características mencionadas anteriormente, la que merece especial atención es la **compensación Backlight (BLC)**, donde el Backlight es la luz detrás del objeto de interés en una escena. Es necesario compensarlo, cuando una cámara apunta hacia una fuente muy grande de luz, como puede ser una ventana o una puerta, se observaría solamente la silueta de la imagen, algo que no permite observar con claridad los detalles de una escena. La compensación backlight está compuesta por el circuito de la cámara que reproduce la escena y supone que los objetos en foco son los objetos de interés, y que los niveles de luz

deben ser optimizados para estos objetos. En la Figura 1.13 se compara una imagen con y sin compensación BLC.



Figura 1.13 Imágenes sin compensación BLC y con compensación BLC [14]

1.3.1.2 Grabador de Video

El grabador de vídeo es un componente que tiene la capacidad de grabar las imágenes captadas por las cámaras, que pueden ser analógicas o digitales. La grabación puede ser de forma continua, o ser activada por detección de movimiento, programación horaria, etc. Además para visualizar lo que se ha almacenado, se lo puede hacer de forma local o remota a través de internet. [12]

Dependiendo el tipo de cámara que se utilice (analógica o digital), los dispositivos de grabación y almacenamiento de video se suelen llamar DVR (Digital Video Recorder) o NVR (Network Video Recorder).

1.3.1.2.1 Digital Video Recorder DVR

El rápido desarrollo de los algoritmos de compresión de video (MJPEG, MPEG-4 o H.264), de la velocidad de procesamiento de las computadoras y de la reducción de costos de almacenamiento de datos dio origen al DVR. Podría considerarse como una combinación de las funciones de un multiplexor de video y de un disco de computadora para el almacenamiento de datos con algunos puertos de conectividad adicionales. El DVR brinda un acceso no lineal al material grabado, generalmente seleccionado por cámara, hora y fecha. [15]

Entre las principales características de las DVR pueden enumerarse las siguientes: [4] [6]

- Cantidad de cámaras que acepta el equipo: 4, 8, 16, 32 o 64 cámaras
- Cantidad de imágenes por segundo que permiten grabar: en cuadros por segundo.
- Capacidad de almacenamiento que admiten: en gigabytes de disco rígido
- Entrada para grabación de audio
- Detección de movimiento por video
- Grabación por fecha, día y hora
- Entradas de alarma
- Tamaño de la imagen grabada: 160x120, 320x240, 640x480 y 768x576 píxeles
- Tipo y cantidad de salidas para monitor
- Opción de grabar cada cámara a distinta velocidad de acuerdo a la importancia de las escenas a visualizar.
- Conexión a la red, actualmente los DVR puertos de red CAT 5 para que pueda asignarse al dispositivo una dirección IP y por ende pueda accederse a él a través de una red Ethernet.

1.3.1.2.2 Network Video Recorder NVR

Los NVR almacenan imágenes digitales directamente a partir de la red IP. Por ello, la diferencia más evidente entre DVR y NVR es que, mientras los DVR graban imágenes analógicas tomadas por cámaras analógicas, los NVR graban imágenes que ya han sido codificadas por las cámaras. De este modo, no encontrará ningún conector de video en un NVR, ya que las entradas y salidas son datos IP, que contienen video comprimido y codificado. Por lo general, se tratará de formatos MPEG-4 o H.264, que han sido ampliamente adoptados por la industria de CCTV como su tecnología predilecta, debido a su gran eficacia. [15]

La gran ventaja de la arquitectura basada en NVR es que puede ubicarse en cualquier parte de una red: en el centro de vigilancia, cerca de grupos de cámaras

o en un extremo de la red, agrupados en un entorno seguro; es decir, en el lugar que desee. Cuando están en uso, los operadores pueden ver su ubicación. El operador simplemente selecciona la transmisión de video que desea ver y si cuentan con la autorización correspondiente en un instante, tienen acceso a ella. [15]

1.3.1.3 Interfaces de visualización de CCTV [12]

Las interfaces de visualización para un sistema de video vigilancia pueden ser diversas, desde el tradicional monitor o pantalla, PCs, hasta sistemas para PCs interconectados para videowalls, Pocket PCs, Móviles, etc.

1.3.1.4 Sensores para CCTV [12]

Gran variedad de sensores pueden ser conectados con el sistema de video vigilancia para alertas de variaciones, en las condiciones físicas que pueden ser utilizados para empezar una grabación, activar la iluminación IR, desconectar un sistema, etc.

1.3.1.5 Transmisión de la señal de video entre las cámaras y el monitor [5]

Para transmitir las señales de video captadas por las cámaras al DVR o NVR se puede emplear cable coaxial, UTP (Unshielded Twisted Pairs) categoría 5 o superior o a su vez tecnología inalámbrica, para lo cual se debe tener en cuenta que si se opta por conectar las cámaras mediante cable coaxial, las distancias máximas, en términos de atenuación de señal, son las que se muestran en la Tabla 1.3

Tabla 1.3 Distancias máxima para el uso de cable coaxial [5]

Tipo de cable	Distancia
RG-59	225m
RG-6	400m
RG-11	600m

Por otro lado, si se desea transmitir la señal de video distancias mayores que las mostradas en la Tabla 1.3, o a su vez las cámaras del sistema CCTV son de tecnología IP, se puede utilizar cable de par trenzado UTP.

En la Tabla 1.4 se observa las distancias máximas para este tipo de transmisión. Sin embargo, las distancias dadas como referencia dependerán fundamentalmente de la calidad de los cables, tanto coaxial como UTP, y de los elementos transceptores adaptadores de impedancia (Balunes).

Tabla 1.4 Distancias máxima para el uso de cable UTP [5]

Tipo de cable	Transceptor	Distancia
UTP cat.5	BALUN pasivo en ambos extremos	300m señal video
UTP cat.5	BALUN pasivo en ambos extremos	600m señal video B/N
UTP cat.5	BALUN activo en el extremo transmisor	1200m
UTP cat.5	BALUN activo en ambos extremos	2400m

Por último, es fundamental tener en cuenta lo siguiente: más allá del tipo de cable que vaya a utilizarse, hay que alejar todo lo que sea posible, los cables de señales de video de los de fuerza motriz.

No hay prácticamente un cable que evite o anule con una efectividad del 100% la inducción de ruido, menos aún las producidas por el ruido de línea de energía eléctrica. Por eso, se recomienda tratar siempre de evitar tramos paralelos largos cercanos a cables de alimentación eléctrica.

1.3.1.6 Entradas y salidas de audio [12]

Las entradas y salidas de audio permiten captar (entrada) sonidos acompañando la imagen, y emitir (salida) audio integrado en un sistema de video vigilancia.

1.4 SISTEMAS DE COMUNICACIÓN DE MENSAJES DE AUDIO

[16]

1.4.1 INTRODUCCIÓN A SISTEMAS DE AUDIO

El sonido es una variación de la presión atmosférica que tiene lugar con una determinada rapidez o frecuencia. Por lo tanto en el vacío no se puede tener sonido, ya que no existe aire o cualquier otro fluido cuya presión pueda cambiar.

El sonido se caracteriza por la intensidad o amplitud de las fluctuaciones de la presión del aire. Estas variaciones de presión se miden en Pascales (Pa) y pueden ser tan pequeñas que apenas pueden ser oídas, o tan grandes que dañen nuestros oídos.

Para lograr la percepción del sonido, es imprescindible que estas variaciones se efectúen dentro de una determinada gama de frecuencias, para las cuales el oído humano está preparado, y que está comprendida entre 20 y 20.000 ciclos por segundo (Hz) aproximadamente.

Las variaciones de intensidad acústica que puede percibir el oído abarcan una amplia gama de niveles, con una relación de más de 1.000.000 de veces entre los más fuertes y los más débiles.

Dado lo incómodo que resultaría efectuar las medidas de sonido utilizando las unidades de presión (Pa), se acostumbra utilizar una medida relativa denominada "decibelio" (dB), cuyo valor 0 dB corresponde al umbral de audición (20 microPa), y cada 20 dB corresponde a multiplicar por 10 el nivel de presión acústica. De esta forma, 120 dB corresponde a 20 Pa y señalan la entrada al umbral del dolor.

En la Figura 1.14, se presenta un cuadro que contiene la referencia de niveles acústicos para diferentes ambientes.

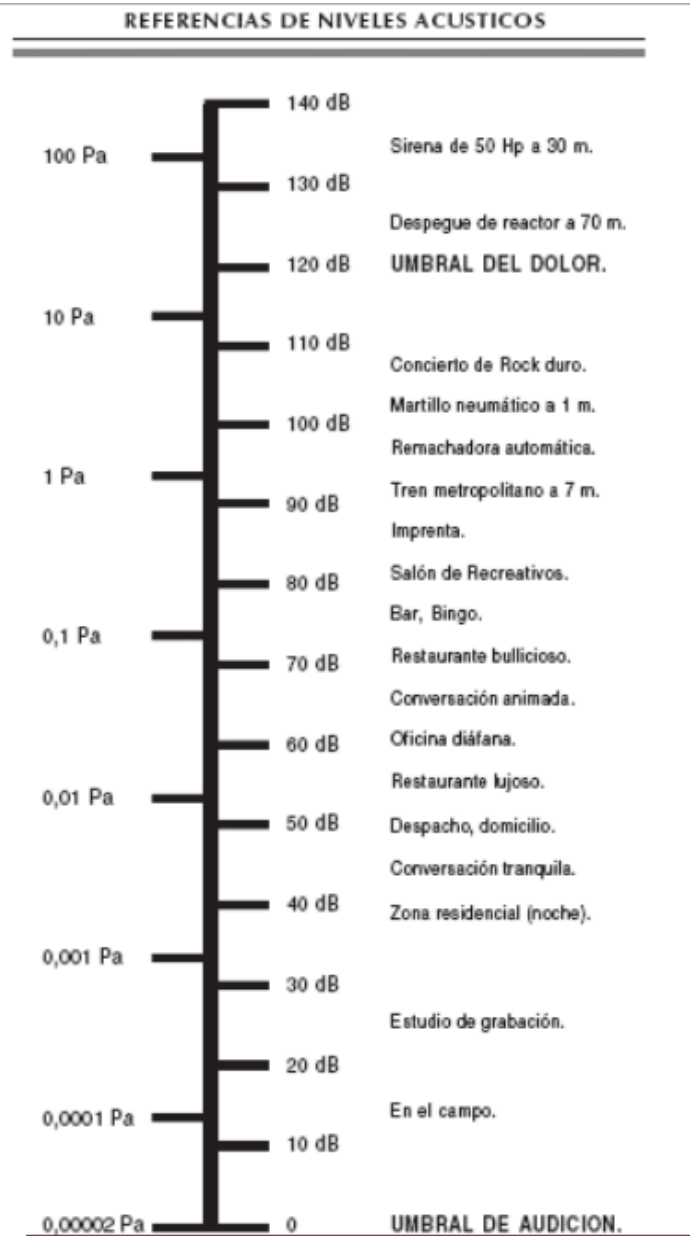


Figura 1.14 Referencias de niveles acústicos [16]

1.4.2 CARACTERÍSTICAS DEL SONIDO

1.4.2.1 Atenuación

El sonido se atenúa gradualmente, conforme se aleja de la fuente sonora. A razón de 6 dB, cada vez que la distancia se duplica para fuentes sonoras puntuales Figura 1.15. En dichas fuentes, la propagación de las ondas es esférica, partiendo del foco sonoro (por ejemplo un altavoz en el techo).

Mientras que el sonido procedente de fuentes lineales Figura 1.15, es decir en aquellas en que la propagación es cilíndrica (por ejemplo una columna de altavoces), se atenúa sólo 3 dB cada vez que duplicamos la distancia a la fuente.

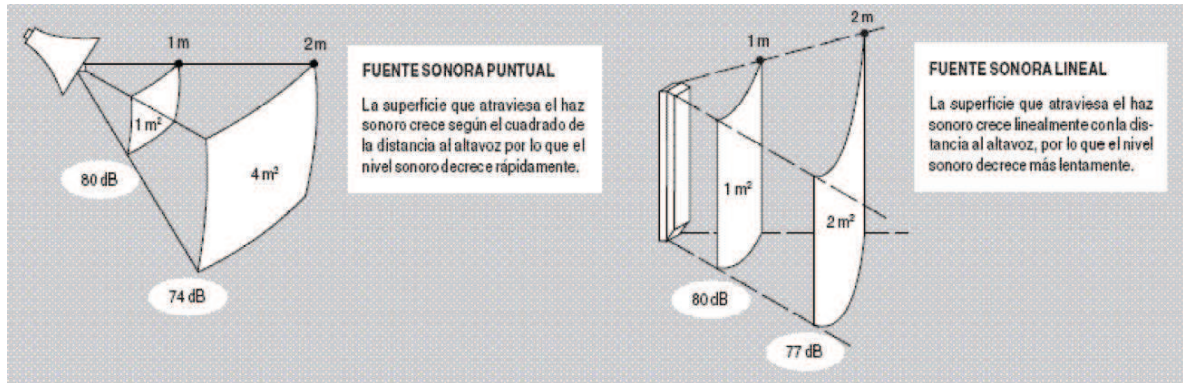


Figura 1.15 Atenuación desde fuentes sonoras puntuales y lineales [16]

Las siguientes características del sonido, no se especifican ya que no son relevantes en el desarrollo del proyecto:

- Absorción / Reflexión
- Difracción
- Reverberación

1.4.3 SEÑAL DE AUDIO

La señal de audio es simplemente el sonido convertido en señales eléctricas, de forma que sea posible su amplificación, transporte o modificación mediante procedimientos electrónicos.

1.4.4 ELEMENTOS QUE COMPONEN UNA INSTALACIÓN DE AUDIO

1.4.4.1 Micrófonos

El micrófono es un traductor electroacústico que transforma ondas sonoras en señales eléctricas. Recibe la presión sonora en su membrana (o diafragma), y la envía sobre un convertidor mecánico-eléctrico que la transforma en señal

eléctrica. Si no hay sonido, no se genera señal eléctrica. Esta señal, una vez manipulada de manera conveniente, se puede volver a escuchar por medio de altavoces o auriculares.

Los micrófonos poseen varias características que son las que van a definir sus posibilidades de uso en diferentes situaciones.

La impedancia de salida es la resistencia que proporciona el micrófono en su conector. Su valor típico está entre 200 y 600 ohmios a 1000 Hz. A esto se le llama baja impedancia, que es la habitual. En la Figura 1.16 se presentan imágenes de diferentes micrófonos existentes en el mercado.



Figura 1.16 Micrófonos comerciales

1.4.4.2 Amplificadores de Audio

Son los equipos que convierten a una débil señal de entrada, que puede ser generada por ejemplo por un micrófono, a un nivel necesario para el altavoz. Esto se obtiene por medio de:

- Una ganancia de tensión: la tensión en la salida es mucho mayor que en la entrada, pero siempre proporcional a ella.
- Una ganancia de potencia: la potencia en la salida es mucho mayor que en la entrada, a fin de proporcionar al altavoz la potencia necesaria para su funcionamiento, pero la primera es siempre proporcional a la segunda.

1.4.4.2.1 Características de los Amplificadores

- Potencia cedida: es la que puede proporcionarse a la salida. Si esta potencia es cedida de forma continuada se llama potencia nominal. La potencia nominal puede variar de 10 W a 200 W, según sea la instalación que debe alimentar.
- Distorsión: modificación que sufre la señal al pasar a través del amplificador.

1.4.4.3 Altavoces

Básicamente, un altavoz es un transductor o conversor de energía eléctrica en energía acústica. Es decir, el altavoz recibe del amplificador señales eléctricas correspondientes a una determinada información de audio y, por procedimientos muy variados, las transforma en las variaciones de presión del aire circundante correspondientes a esas señales.

La corriente eléctrica correspondiente a la señal de audio, circula por la bobina, generando un campo magnético alterno que interacciona con el campo magnético constante del imán, produciendo una fuerza en la bobina que, a través del cono se transmite a éste. Esta fuerza ocasiona desplazamientos en el cono, como si de un pistón se tratase, gracias a su suspensión elástica. Los desplazamientos del cono crean una variación de presión en el aire que es lo que nuestro oído reconoce como sonido.

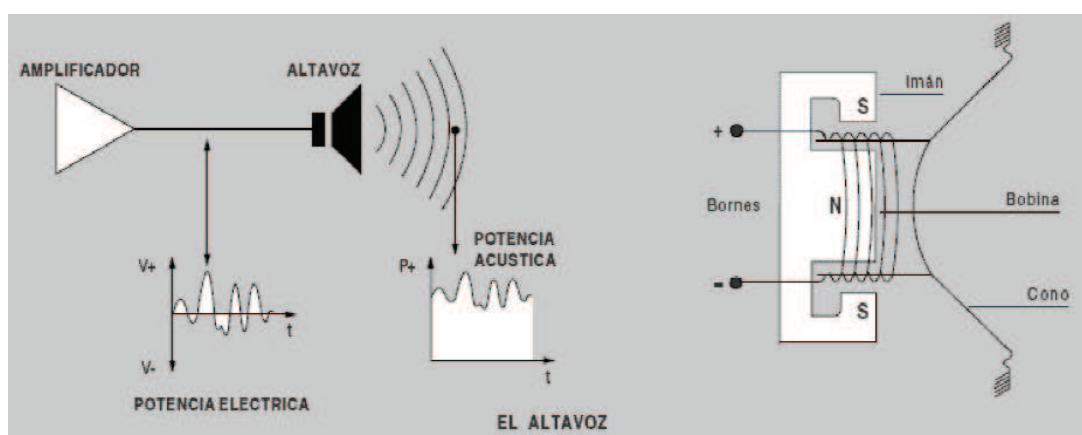


Figura 1.17 Funcionamiento de un Altavoz [16]

Los altavoces son elementos en los que se debe conocer correctamente su impedancia, dada la necesidad de lograr una buena adaptación con el amplificador que lo ha de alimentar. La impedancia de un altavoz no es solamente la resistencia, sino que incorpora también componentes reactivas como es la inductancia de la bobina o incluso la influencia de la caja o alojamiento donde está instalado.

La potencia máxima de un altavoz es aquella que puede soportar, de forma continua, en prolongados periodos de tiempo. Está determinada por la capacidad de evacuación de calor que posea. No se debe confundir con la "potencia musical" ya que las señales de audio musicales tienen niveles de potencia siempre cambiantes y periodos de descanso. Es por esto que la "potencia musical" que se indica para cualquier altavoz es mucho mayor que su potencia máxima térmica, y suele estar limitada por los máximos desplazamientos del cono permitidos por la construcción y el alojamiento del altavoz.

Dependiendo de las características de los amplificadores se debe tomar en cuenta que se pueden realizar dos tipos de conexiones:

- Conexión a impedancia constante

La impedancia total de la conexión en paralelo, de todos los primarios de los transformadores de los altavoces conectados, debe corresponder al valor requerido por el amplificador.

La impedancia se calcula según las reglas clásicas de la electrotecnia, es decir:

$$\text{Serie:} \quad R_t = R_1 + R_2 + R_3 \dots \quad \text{Ec. 1-1}$$

$$\text{Paralelo:} \quad R_t = \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \dots \right)^{-1} \quad \text{Ec. 1-2}$$

El valor de la resistencia total equivalente debe corresponder, en cualquier caso, al previsto para el amplificador. Esta conexión es preferible para las instalaciones

fijas, porque cuando se añade o se retira un altavoz es preciso ajustar de nuevo el valor de la conexión en paralelo.

- Conexión a tensión constante

La tensión nominal de entrada de cada transformador de altavoz (conectados en paralelo entre sí en la línea de alimentación) es fija e igual a la máxima de salida del amplificador; en general, 100 V (también 70, 50, 35, 25 y 10 V).

Este sistema es preferible para instalaciones de configuración variable, siendo muy adecuado para conectar cualquier número de altavoces sin tener que modificar el sistema, siempre que la tensión nominal sea igual a la del amplificador y la suma de las potencias nominales de los altavoces no supere la del amplificador para evitar sobrecargas.

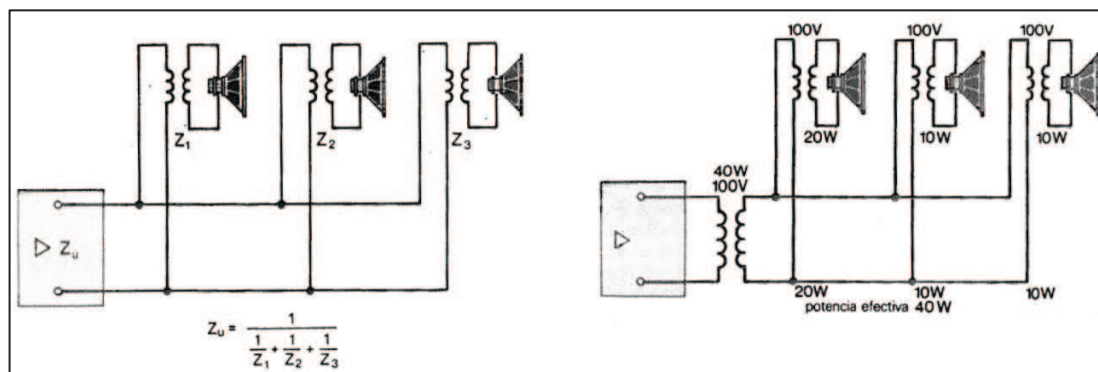


Figura 1.18 Conexión de varios altavoces a impedancia constante y tensión constante [16]

1.4.5 INSTALACIONES ELECTROACÚSTICAS EN LOCALES CERRADOS

Existen dos grandes tipos de instalaciones electroacústicas: las de recintos cerrados y las de recintos abiertos. A continuación se describen las características más importantes de recintos cerrados, ya que el sistema es implementado en un lugar de estas características.

La difusión del sonido se caracteriza por:

- Sonidos directos: Llegan al oyente sin que hayan sido reflejados por las paredes de la sala.
- Sonidos indirectos: Llegan al oyente después de haber sido reflejados por las paredes o los objetos de la sala.

El sonido directo es importante porque da un efecto direccional, es decir, la sensación de procedencia del sonido de la fuente (orador, orquesta). Si hay dos o más altavoces, la sensación de procedencia viene dada por las relaciones de distancia y de intensidad de los altavoces.

En general, el sonido directo de la fuente representa una parte modesta del total del sonido percibido; de ahí la necesidad de proyectar correctamente la disposición de los altavoces para conservar el efecto direccional. El sonido indirecto también debe considerarse atentamente en relación con las características acústicas del local, ya que influye considerablemente en la inteligibilidad de la palabra.

El sonido se refleja en las paredes del local de dos maneras:

- Reflexión: está originada por las paredes lisas, el sonido cambia de dirección según leyes precisas, análogas a las de la reflexión de la luz en los espejos, con coeficientes de reflexión que dependen del material donde se refleja.
- Difusión: originada por paredes rugosas o, al menos, no planas; el sonido se difunde en todas direcciones.

Para la comunicación de palabra hay que tomar en cuenta, en locales cerrados, que el tiempo de reverberación debe ser mínimo (menor a 1 segundo) y la potencia debe ser suficiente, ya que de otro modo se reduce la inteligibilidad.

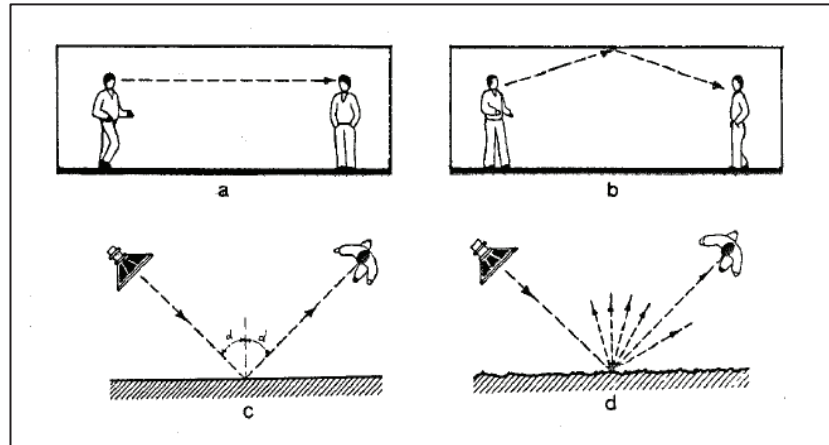


Figura 1.19 a. Sonidos directos b. Sonidos indirectos c. Reflexión d. Difusión [16]

1.5 SITUACIÓN INICIAL DE LA BIBLIOTECA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA (BIEE)

La Biblioteca de Ingeniería Eléctrica y Electrónica fue formada con la intención de mejorar la atención de la Biblioteca Central de la EPN e inició oficialmente sus actividades el 4 de Febrero de 1980, desde entonces la BIEE ha ido experimentando varias transformaciones, todas ellas encaminadas a mejorar la atención y el servicio a la comunidad estudiantil, que en los últimos tiempos ha ido creciendo significativamente.

1.5.1 MISIÓN DE LA BIEE [17]

Brindar servicios de información eficientes y de calidad, dirigidos a la satisfacción de las necesidades de formación de nuestra comunidad académica y científica, a través de colecciones actualizadas, infraestructura adecuada y recursos humanos capacitados que contribuyan al ejercicio de la docencia y la investigación.

1.5.2 VISIÓN DE LA BIEE [17]

Desarrollar un ambiente de trabajo y estudio con tecnología adecuada, que posibilite el intercambio, la producción y el uso de información dirigida al desarrollo del conocimiento.

1.5.3 ESPACIO FÍSICO DE LA BIEE

Actualmente, la Biblioteca de Ingeniería Eléctrica y Electrónica cuenta con dos salas de trabajo: Nivel I y Nivel II.

En el Nivel I, se cuenta con una zona de estanterías, en las cuales se almacenan todos los libros y revistas de consulta; una zona de autopréstamo y dos áreas de estudio, donde los usuarios pueden trabajar.

La superficie del Nivel I es de aproximadamente 400m², en la Figura 1.20 se observa esta sala, en la cual se puede identificar cada una de las zonas descritas anteriormente.

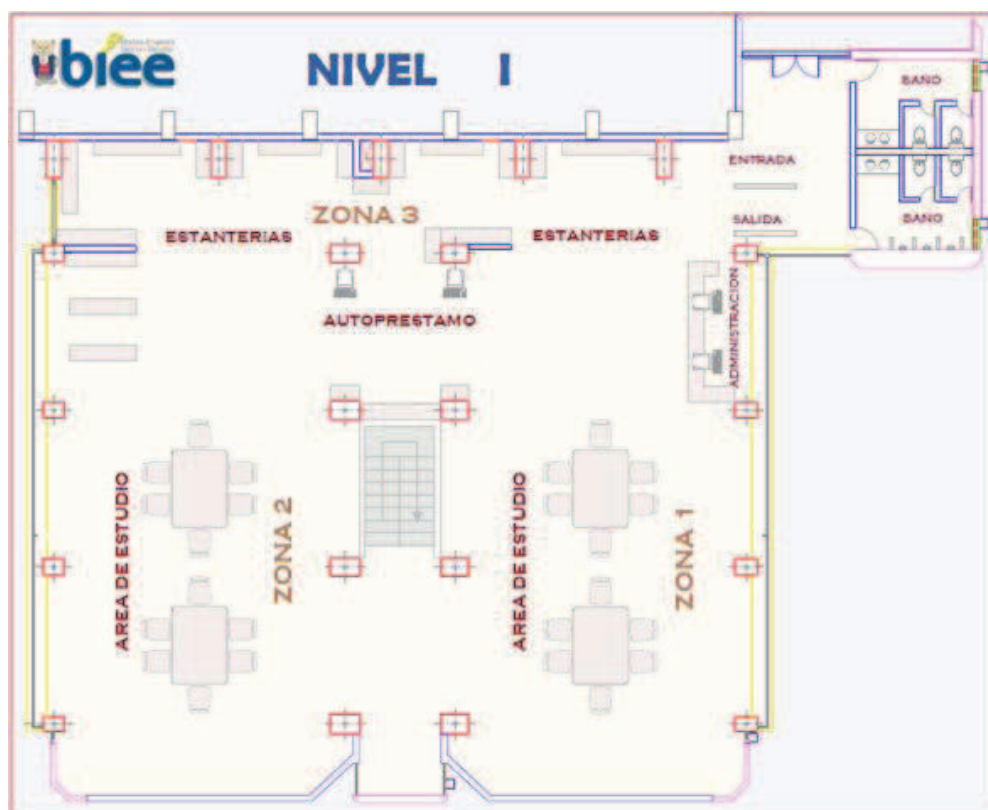


Figura 1.20 Nivel I de la BIEE

En el Nivel II se cuenta con una zona de estanterías donde se almacenan todas las tesis desarrolladas y un área de estudio donde los usuarios también pueden trabajar.

La superficie del Nivel II es aproximadamente de 200 m². La organización de este nivel se observa en la Figura 1.21

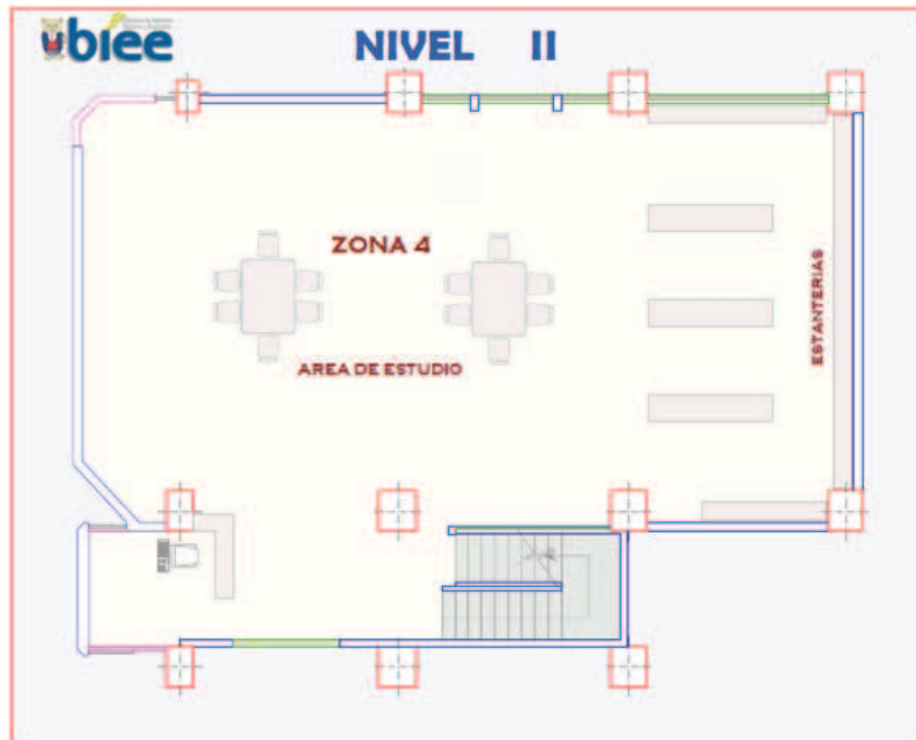


Figura 1.21 Nivel II de la BIEE

1.5.4 INSTALACIONES ELÉCTRICAS

El sistema eléctrico de iluminación de la BIEE actualmente no cuenta con una técnica automática que aproveche la luz natural, es necesario disminuir el consumo de energía y evitar que el personal administrativo se encargue de encender o apagar las luces cuando sea necesario; es por esto que se diseña e implementa un sistema que cumpla con esas funciones.

Para el diseño del mismo es necesario conocer los planos de las instalaciones eléctricas y en base a ello estructurar el nuevo sistema.

Los planos de fuerza e iluminación del Nivel I y del Nivel II, se muestran en el ANEXO A, organizados en la Tabla 1.5.

Tabla 1.5 Descripción del contenido del ANEXO A

Anexo	Descripción
A1	Diagrama Eléctrico de Iluminación del Nivel I
A2	Diagrama Eléctrico de Fuerza del Nivel I
A3	Diagrama Eléctrico de Iluminación del Nivel II
A4	Diagrama Eléctrico de Fuerza del Nivel II

En la Figura 1.22 se observa la distribución de los circuitos conectados a los elementos de protección del tablero TTA del Nivel I, mientras que en la Figura 1.23 se muestra el tablero TTA del Nivel II.

DISTRIBUCION DEL TABLERO TTA NIVEL I			
Iluminación	Disyuntor 1 FASE R	Disyuntor 2 FASE R	Iluminación
Iluminación	Disyuntor 3 FASE S	Disyuntor 4 FASE S	Iluminación
Iluminación	Disyuntor 5 FASE T	Disyuntor 6 FASE T	Fuerza
Fuerza	Disyuntor 7 FASE R	Disyuntor 8 FASE R	Fuerza
Fuerza	Disyuntor 9 FASE S	Disyuntor 10 FASE S	Fuerza
Fuerza	Disyuntor 11 FASE T	Disyuntor 12 FASE T	Sin utilizar

Figura 1.22 Distribución del tablero TTA Nivel I

DISTRIBUCION DEL TABLERO TTA NIVEL II			
Iluminación	Disyuntor 1 FASE R	Disyuntor 2 FASE R	Iluminación
Iluminación	Disyuntor 3 FASE S	Disyuntor 4 FASE S	Fuerza
Iluminación	Disyuntor 5 FASE T	Disyuntor 6 FASE T	Fuerza
	SIN USAR	SIN USAR	
	SIN USAR	SIN USAR	
	SIN USAR	SIN USAR	

Figura 1.23 Distribución del tablero TTA Nivel II

1.5.5 SEGURIDADES EN LA BIEE

En este apartado, se realiza una breve descripción sobre las seguridades en la BIEE, respecto a los componentes indispensables de la misma: los usuarios y los textos de consulta.

1.5.5.1 Seguridad para los usuarios

Actualmente no se cuenta con ningún sistema de seguridad para los usuarios, por lo cual es necesario implementar el Sistema de Video Vigilancia, el que permita controlar lo que ocurre dentro de la BIEE, evitando pérdidas de objetos y actividades prohibidas.

1.5.5.2 Seguridad para los libros

En la actualidad existe un sistema de seguridad para los libros, el cual evita que las personas se los lleven libremente y otro sistema de mejor tecnología que se lo está implementando con tecnología RFID, para el mismo fin, pero no existe nada para evitar que los usuarios maltraten los textos de consulta; es por esto que el Sistema de Video Vigilancia que sea implementado, reduzca las posibilidades que esto suceda, con la premisa que las actividades dentro de la BIEE serán monitorizadas.

1.5.6 INFORMACIÓN DE DISPOSICIONES DENTRO DE LA BIEE

Dentro de la BIEE, los únicos medios a través de los cuales, se informa a los estudiantes sobre las actividades a realizar, disposiciones internas o dadas por las autoridades, han sido por publicaciones en cartelera o de forma personal. Para el primer caso, no todos los estudiantes, se detienen a leer lo que se publica y para el segundo, resulta incómodo para el personal administrativo, informarles de palabra a todos los usuarios.

Para mejorar las condiciones antes descritas, es necesario la implementar un sistema de comunicación de mensajes de audio para la BIEE, mediante el cual se informe a los usuarios, lo que optimiza recursos y mejora las condiciones de trabajo, para el personal administrativo.

La descripción del diseño y la implementación de este sistema se lo menciona en el Capítulo II y III del presente trabajo.

CAPÍTULO 2

2 DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LOS SISTEMAS

2.1 DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL DE ILUMINACIÓN

2.1.1 REQUERIMIENTOS DE DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL DE ILUMINACIÓN

El sistema de control de iluminación para la BIEE, debe operar bajo ciertas condiciones, para satisfacerlas, se cuenta con lo siguiente:

- Modo manual

Permite realizar las acciones de encendido y apagado de las luminarias, a través de los interruptores dispuestos en las paredes de la BIEE. Es un modo de respaldo al funcionamiento del sistema de control automático, con el objetivo de realizar mantenimiento o corrección sobre el mismo.

- Modo automático

Para este sistema se determinan las estrategias de control necesarias en la BIEE, para realizar las acciones de encendido, apagado y atenuación de las luminarias. Estas acciones no dependen del administrador, ya que serán determinadas a través de los controladores, los cuáles reciben la información de sensores ubicados en distintos lugares y envían la información a éstos. El diseño de este sistema se especifica en el subcapítulo 2.1.4.

- Mando a distancia

El mando a distancia permite realizar acciones de encendido y apagado de las luminarias, desde una interfaz gráfica en la PC del administrador. Es

independiente del modo automático, ya que al escoger este modo de funcionamiento las acciones de modo automático no se realizan.

Lo descrito anteriormente se organiza de acuerdo a la Figura 2.1. Se observa que existe por un lado el modo manual y por otro, el modo automático/mando a distancia. Esta clasificación es debido a que los actuadores del modo automático/mando a distancia, para las acciones de encendido y apagado, son relés electromagnéticos para los dos casos, mientras que para el modo manual el mando es a través de interruptores.

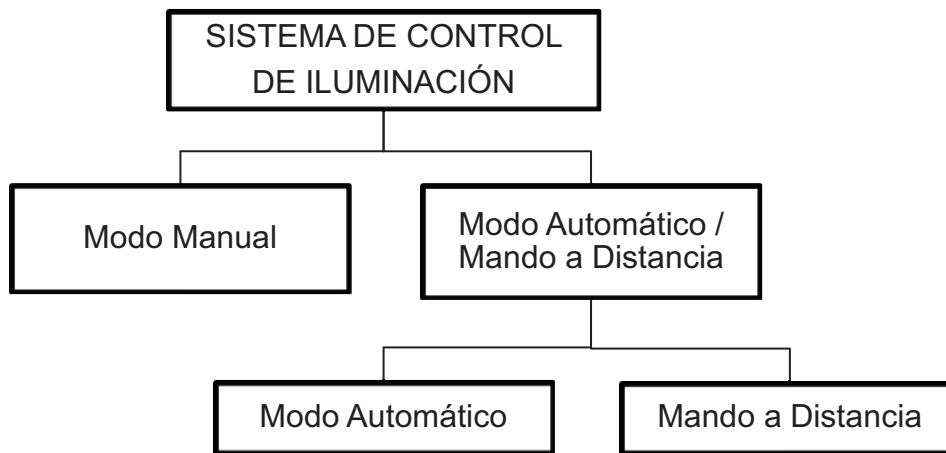


Figura 2.1 Modos de funcionamiento del sistema de control de iluminación

Para seleccionar el modo de funcionamiento (manual y modo automático/mando a distancia), se requiere la implementación de circuitos adicionales, un circuito de fuerza para la conmutación y su respectivo circuito de control.

El circuito de fuerza, está formado básicamente por contactores y se muestra en la Figura 2.2 y en la Figura 2.3, para el Nivel I y Nivel II respectivamente.

En estas figuras se observa que para el Nivel I, son necesarios dos contactores para cada modo, debido a que se tienen 6 disyuntores para iluminación, mientras que para el Nivel II se utiliza un contactor para cada modo, ya que solo se utilizan 3 disyuntores para iluminación. La distribución de los disyuntores en los tableros TTA, se muestra en la Figura 2.8 para el Nivel I y en la Figura 2.9 para el Nivel II.

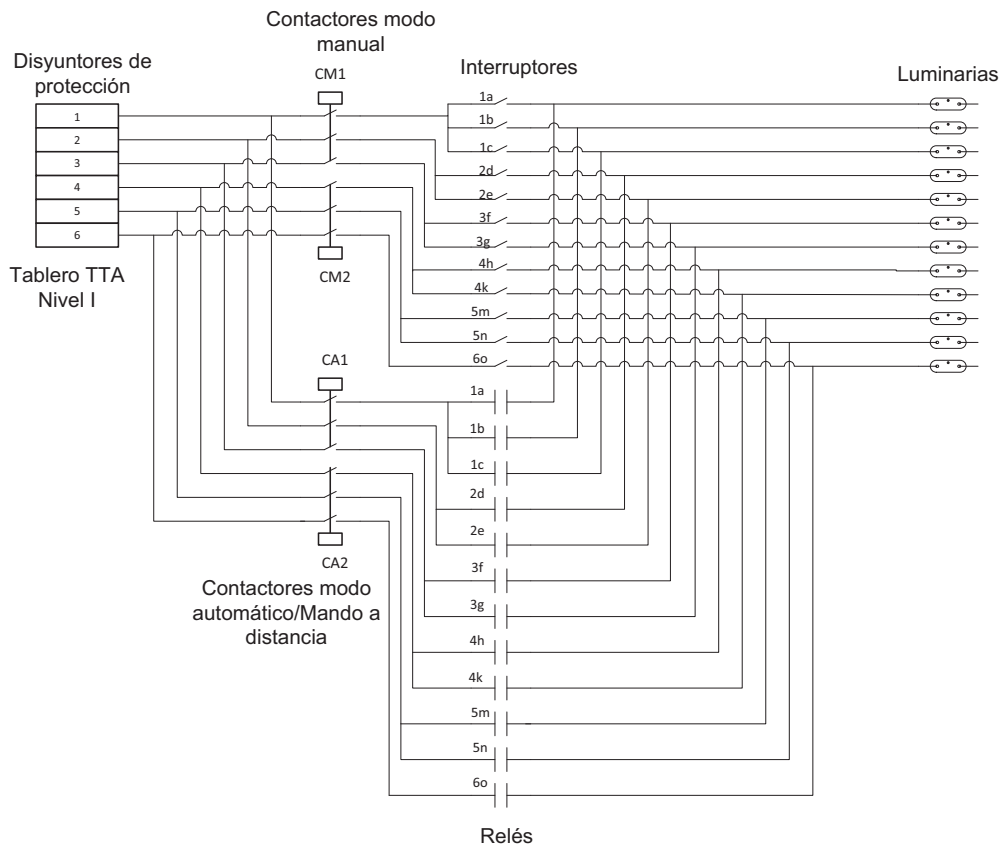


Figura 2.2 Circuito de respaldo (modo manual) de funcionamiento para el Nivel I

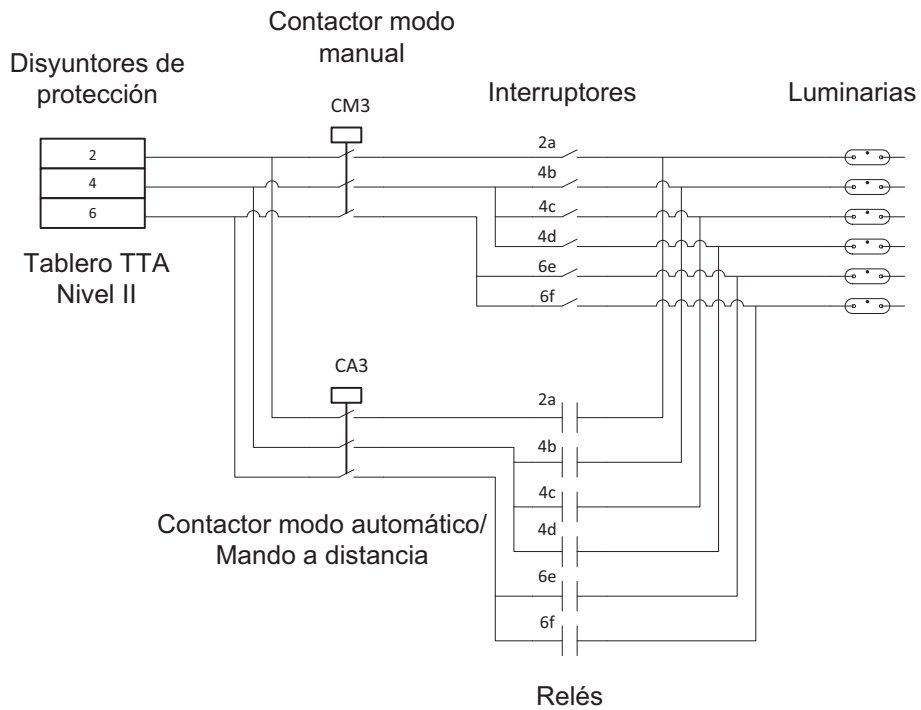


Figura 2.3 Circuito de respaldo (modo manual) de funcionamiento para el Nivel II El circuito de control para seleccionar el modo de funcionamiento se muestra en la Figura 2.4, al cual se lo implementa con un selector de tres posiciones (S1). La

primera posición de S1 permite trabajar en modo manual energizando las bobinas de los contactores CM1, CM2 y CM3 (Figura 2.2 y Figura 2.3). La segunda posición permite trabajar en modo automático/mando a distancia, energizando las bobinas de los contactores CA1, CA2 y CA3 (Figura 2.2 y Figura 2.3). La posición cero del selector permite tener un apagado general, ya que no energiza ningún contactor.

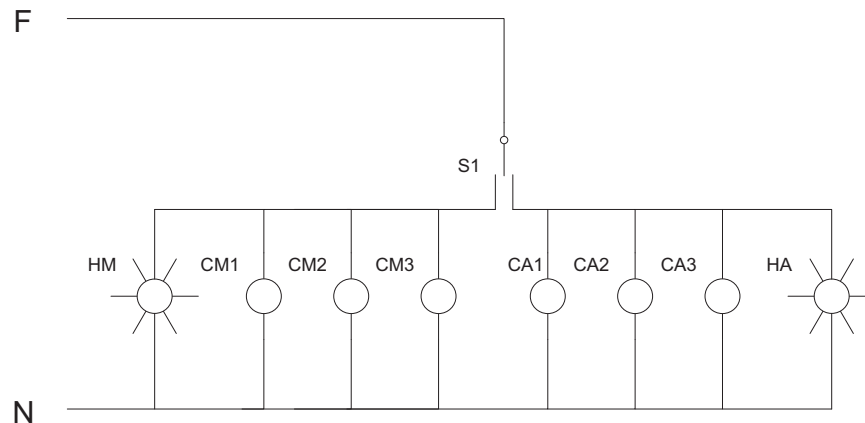


Figura 2.4 Circuito de control de selección del modo de funcionamiento

2.1.2 ESTRATEGIAS DE CONTROL PARA EL MODO AUTOMÁTICO

Para determinar la estrategia de control a utilizar, es necesario analizar el lugar en el que se desea implementar el sistema. Debido al gran espacio que se tiene, se divide al lugar en zonas para determinar la estrategia de control adecuada para cada una. En la Figura 1.20 y Figura 1.21 (del apartado 1.5.3) se tiene dividido en zonas a la BIEE, por lo que se determinan las características de cada una.

La **zona 1 y zona 2** son áreas dedicadas al estudio, tienen mesas para que los usuarios puedan realizar sus actividades. Se caracteriza por tener entrada de luz natural a través de las ventanas y por tener presencia constante de usuarios. Por lo que se aplica una estrategia de control basada en **aprovechamiento de luz natural**.

Los elementos que se necesitan para este sistema, se muestran en la Figura 2.5. El sistema consta de un sensor fotoeléctrico, para tomar la medida de iluminación que se tiene en la sala. Medida que se ingresa al controlador, el cual determina la

acción que se necesita, enviando la señal necesaria al balasto dimerizable, el cual atenúa la luminaria para obtener el nivel de iluminación deseado.

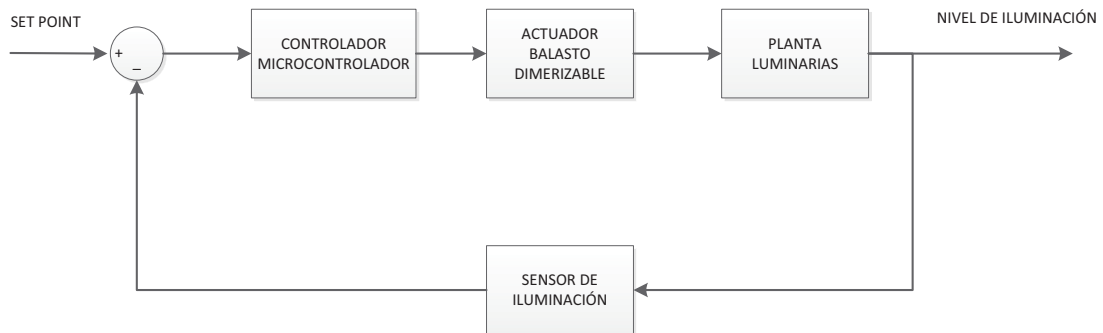


Figura 2.5 Sistema de aprovechamiento de luz natural

La **zona 3** es un área de estanterías donde se encuentran los libros, también tiene la zona de autopréstamo, en la cual se registran los libros para utilizarlos fuera de las instalaciones de la BIEE. El autopréstamo se realiza en computadores ubicados en dicha zona. Se caracteriza por no tener buena iluminación natural ya que no está junto a las ventanas y porque la presencia de usuarios no es constante. Por lo que la estrategia de control a seguir es de **detección de movimiento**. Se sigue el diagrama presentado en la Figura 2.6. El sensor de movimiento envía la información de la ocupación del lugar al controlador, el cual envía la señal al relé electromagnético para encender el circuito de luminarias.

La **zona 4** es todo el nivel 2, en el cual hay dos tipos de lugares. El primero es un área de estudio similar a la zona 1 y 2. Se caracteriza porque el ingreso de luz natural es mínimo, por lo que depende mucho de las luminarias. La presencia de usuarios es constante, sin embargo al estar en el Nivel 2 suele ser menor que en las zonas 1 y 2. La segunda es otra área de estanterías en la cual se encuentran las tesis de grado, donde se tiene presencia esporádica de usuarios. Por lo que la estrategia de control a utilizar es de **detección de presencia**, siguiendo el mismo diagrama de la zona 3, Figura 2.6.

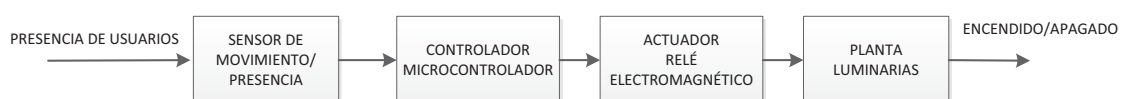


Figura 2.6 Sistema de detección de movimiento o presencia

Para realizar el monitoreo y mando a distancia del sistema, es necesario que los controladores de cada una de las zonas no estén aislados sino que se integren. Para lo cual se escoge una arquitectura que permite comunicar a todos los elementos que componen el sistema. Consta de una PC para el monitoreo y mando a distancia, la cual se comunica con el controlador máster a través de un bus dedicado. El controlador máster se comunica con los demás controladores a través de un bus de comunicación. En la Figura 2.7 se observa como está organizado el sistema de comunicación.

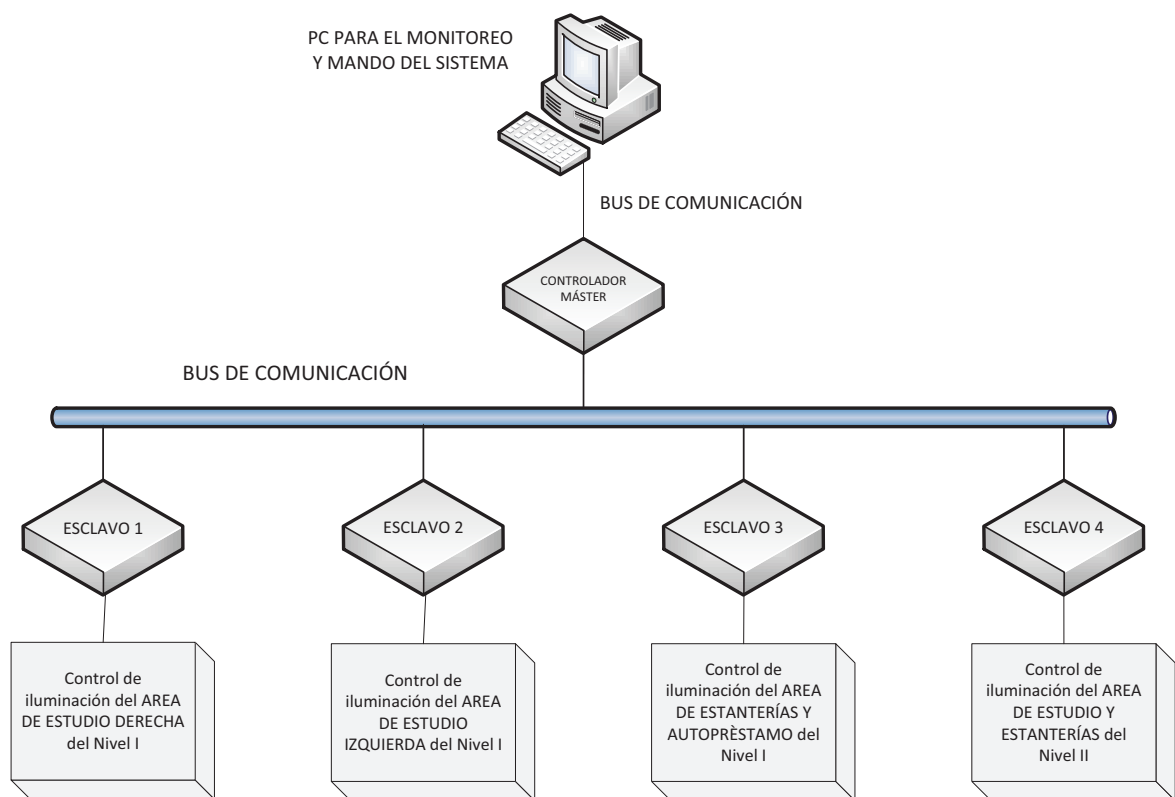


Figura 2.7 Arquitectura de comunicación del sistema

Como se observa en la Figura 2.7, son necesarios cinco controladores. Para lo cual se opta por implementar un sistema microprocesado, que además de ser versátil disminuye considerablemente el costo de implementación.

Los microcontroladores que se utilizan para el sistema son de la familia AVR, ATMEGA 164P, en el apartado 2.1.4.3 se detallan las principales características del mismo.

2.1.3 MODIFICACIONES DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE ILUMINACIÓN

Para aplicar la estrategia de aprovechamiento de luz natural (apartado 2.1.2), en la zona 1 y zona 2 se cambian los balastos existentes por dimerizables. Se utilizan 21 balastos dimerizables, suficientes para cubrir dichas zonas. Para la estrategia de detección de presencia de la zona 3 y zona 4 se mantienen los mismos balastos y se realiza acciones de encendido y apagado.

También son necesarios ciertos cambios en los circuitos eléctricos de iluminación del Nivel I y Nivel II de la BIEE. En el ANEXO C1 y C2 se presentan los planos con las modificaciones realizadas.

Las razones para realizar estos cambios se describen a continuación:

- El nivel de atenuación de las luminarias (zona 1 y zona 2), depende de la lejanía que tienen con las ventanas, ya que mientras más alejadas están, deben entregar mayor flujo luminoso que las más cercanas y mantener la sala iluminada uniformemente. Con estas consideraciones se tienen los circuitos 1a, 1b, 2d y 2e del Nivel I (ANEXO C1).
- Para el Nivel I, donde los balastos no son dimerizables es necesario, mantener permanentemente algunas luminarias encendidas, en ciertas áreas donde la luz natural que ingresa no es suficiente, circuitos 4h, 4k y 6o. Evitando también que en las noches se tenga oscuridad total, circuito 3g.
- En la detección de presencia del Nivel I, es necesario encender solamente las luminarias que inciden directamente en las estanterías. Por esto se divide los circuitos en pequeños conjuntos de luminarias, circuitos 3f, 5m y 5n.
- Como se observa en el ANEXO C1, el circuito 1c del Nivel I corresponde a estanterías cercanas a una ventana, por lo que tienen suficiente iluminación natural. Por esto se encienden las luces, solamente cuando el nivel de

iluminación es bajo, como puede ser en la noche. Se hace tomando en cuenta la medida del sensor de iluminación de la zona 2.

- Para la zona 4 se utiliza un sistema de detección de presencia. Se divide a esta zona en 2 partes, el área de estudio y de estanterías. Por lo que se establecen los circuitos 2b, 4c y 4d, para el área de estudio, y los circuitos 6e y 6f, para el área de tesis, ANEXO C2.
- El circuito 2a del Nivel II (ANEXO C2), se mantiene permanentemente encendido, dado que corresponde al ingreso de la sala.

También se realizan cambios en la distribución de los disyuntores de los tableros de los dos niveles. En el Nivel I es necesario aumentar un disyuntor más para iluminación (Figura 2.8), ya que se aumenta la carga existente, al incluir en este tablero las luminarias que se alimentaban desde el tablero TTB (ANEXO A1). En el Nivel II, solamente se modifica el orden en que se ubican los circuitos en los disyuntores (Figura 2.9).

DISTRIBUCION ACTUAL DEL TABLERO TTA NIVEL I			
Iluminación	Disyuntor 1 FASE R	Disyuntor 2 FASE R	Iluminación
Iluminación	Disyuntor 3 FASE S	Disyuntor 4 FASE S	Iluminación
Iluminación	Disyuntor 5 FASE T	Disyuntor 6 FASE T	Iluminación
Fuerza	Disyuntor 7 FASE R	Disyuntor 8 FASE R	Fuerza
Fuerza	Disyuntor 9 FASE S	Disyuntor 10 FASE S	Fuerza
Fuerza	Disyuntor 11 FASE T	Disyuntor 12 FASE T	Fuerza

Figura 2.8 Distribución actual del tablero TTA Nivel I

DISTRIBUCION DEL TABLERO TTA NIVEL II			
	Disyuntor 1 FASE R	Disyuntor 2 FASE R	Iluminación
Fuerza	Disyuntor 3 FASE S	Disyuntor 4 FASE S	Iluminación
Fuerza	Disyuntor 5 FASE T	Disyuntor 6 FASE T	Iluminación
	SIN USAR	SIN USAR	
	SIN USAR	SIN USAR	
	SIN USAR	SIN USAR	

Figura 2.9 Distribución actual del tablero TTA Nivel II

2.1.4 DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL

2.1.4.1 Selección de los Sensores

Para que el control de iluminación sea automático, es necesario determinar el estado de las variables controladas y de acuerdo a esto realizar las acciones sobre el sistema. De acuerdo a las estrategias de control que se han determinado para cada una de las zonas, se requiere 2 tipos de sensores que son de presencia y de iluminación. La elección de los sensores depende de la utilidad que tienen.

2.1.4.1.1 Sensores de Iluminación

Se utilizan en las zonas de estudio del NIVEL I (zona 1 y zona 2), debido a que el sistema es de aprovechamiento de luz natural. En este caso, el sensor determina la cantidad de luz existente en dicho lugar y envía esta información al controlador.

Los sensores de iluminación que se seleccionan son de la marca LUTRON serie EC-DIR-WH, los cuales se basan en una fotocelda, la cual entrega un señal que varía de acuerdo con la cantidad de luz que recibe.

Las principales características del sensor se nombran a continuación: [18]

- Montaje en techo falso.
- Sensibilidad calibrada para la luz de día.
- Entrada IR para comunicación con sistemas LUTRON.
- Alimentación a 20Vdc PELV (Protected extra-low voltage).
- Respuesta lineal a cambios de iluminación.
- Salida analógica de 0 a 2 mA.

La ubicación del sensor está de acuerdo a las recomendaciones del fabricante, que se muestran en la Figura 2.10. Se mide un valor de $H=2\text{m}$, de modo que se ubica el sensor a 4m de la ventana.

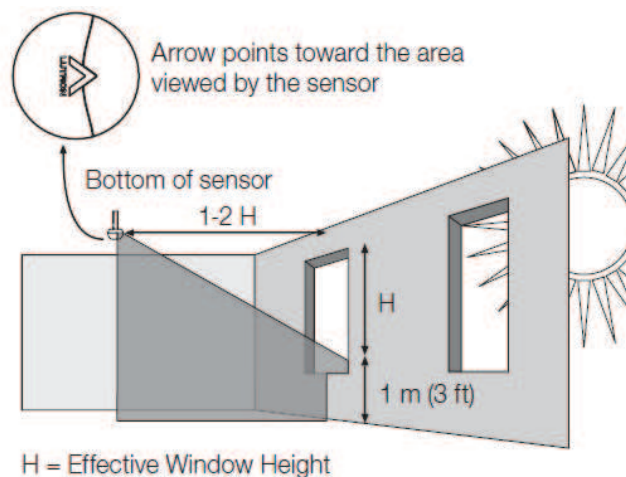


Figura 2.10 Recomendaciones del fabricante para el montaje del sensor [18]

Se requiere un sensor para cada una de las zonas de estudio, debido a que el comportamiento de toda el área es similar y depende en su mayoría de las condiciones ambientales. Por lo que se necesitan dos sensores de las mismas características, ubicados de acuerdo al ANEXO D1.

El cableado que tienen los sensores se muestra en la Figura 2.11. Hay dos conductores de alimentación y uno para llevar la señal del sensor. Es importante destacar que por recomendación del fabricante la señal no se debe llevar más de 30m .

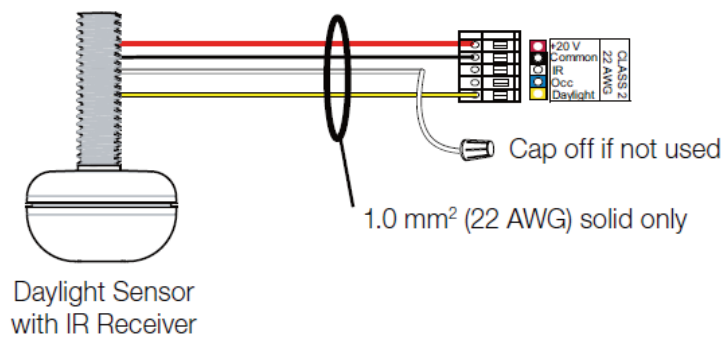


Figura 2.11 Diagrama de cableado del sensor EC-DIR-WH [18]

La señal que entregan los sensores es de 0 a 2 mA y se debe enviar al microprocesador que recibe de 0 a 5 Vdc en el convertidor analógico-digital. Por lo que es necesario realizar el acondicionamiento de la señal de acuerdo al esquema mostrado en la Figura 2.12.

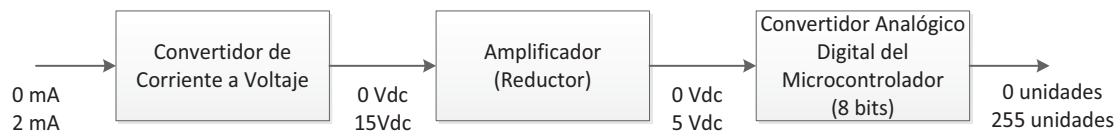


Figura 2.12 Diagrama de acondicionamiento del sensor de iluminación

Para la etapa del **convertidor de corriente a voltaje**, se requiere convertir la señal a valores de voltaje de 0 a 15 Vdc, debido a que son los puntos de saturación del sensor (determinados experimentalmente) y se desea aprovechar todo el rango que entrega el mismo. Se hace dimensionando una resistencia, la cual luego de realizar pruebas experimentales, se obtiene los siguientes valores: 390 k Ω para la zona 1 y 1 M Ω para la zona 2.

Para la siguiente etapa se debe reducir el valor de voltaje al rango de 0 Vdc a 5 Vdc, para lo cual se utiliza amplificadores operacionales en la configuración conocida como amplificador de instrumentación, seguido de un amplificador diferencial, debido a que esta configuración (amplificador diferencial) permite reducir voltajes. El diseño del acondicionamiento se presenta a continuación:

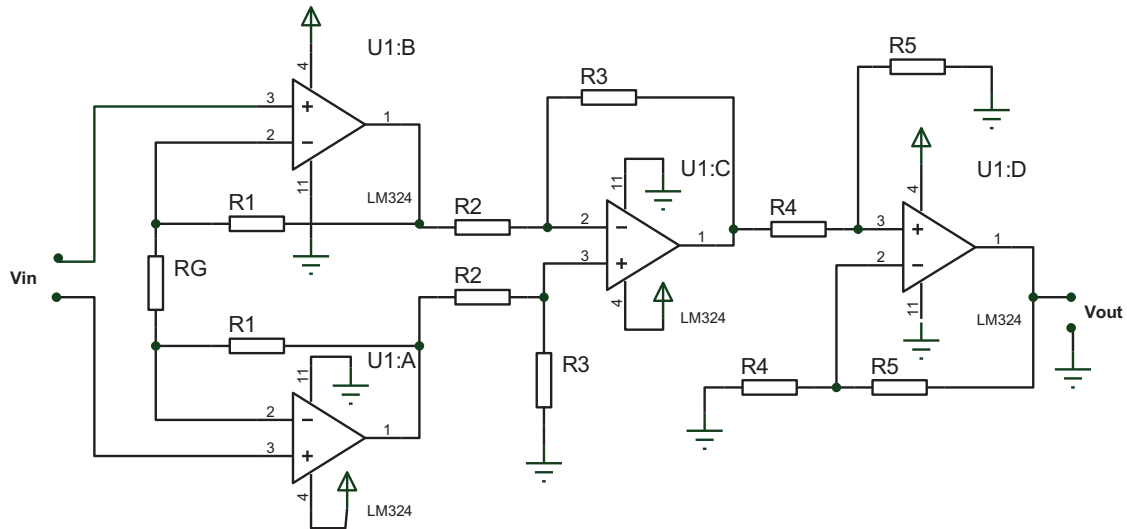


Figura 2.13 Acondicionamiento de la señal del sensor EC-DIR-WH

Para el acondicionamiento se utiliza el CI LM324, que tiene cuatro amplificadores operacionales internamente (U1:A, U1:B y U1:C para el amplificador de instrumentación; U1:D para el amplificador diferencial). Se requiere que la ganancia total sea de 0,33 para reducir el voltaje. Se asigna los siguientes valores a cada resistencia:

Tabla 2.1 Valores de resistencias del circuito de acondicionamiento

Elemento	Valor (kΩ)
RG	56
R1	10
R2	10
R3	12
R4	10
R5	2,7

La ganancia total del circuito es de:

$$G_t = \left(1 + \frac{2R_1}{R_G}\right) \frac{R_3}{R_2} * \left(\frac{R_5}{R_4}\right) \quad \text{Ec. 2.1}$$

$$G_t = \left(1 + \frac{2R_1}{R_G}\right) \frac{R_3}{R_2} * \left(\frac{R_5}{R_4}\right) = \left(1 + \frac{2 * 10k\Omega}{56k\Omega}\right) \frac{12k\Omega}{10k\Omega} * \left(\frac{2.7k\Omega}{10k\Omega}\right) = 0.43$$

Se hace las pruebas experimentales, dando como resultado en la entrada del microcontrolador, un valor máximo de 4.5 Vdc, cuando la iluminación es máxima.

2.1.4.1.2 Sensores de movimiento y presencia

Se utiliza los sensores de movimiento y presencia para la zona 3 y zona 4, respectivamente.

La zona 3 es donde están las estanterías de Nivel I, la cual tiene lugares pequeños y definidos en los que se ubican los libros. Por lo que no es necesario sensores de presencia, sino de movimiento. Se utiliza para esta zona sensores de marca BLITZ serie LX16C, ver Figura 2.14.



Figura 2.14 Sensor de movimiento BLITZ serie LX16C [19]

Un sensor BLITZ serie LX16C tiene las siguientes características: [19]

- Distancia de detección de 2m a 11m.
- Ángulo de detección de 180°.
- Alimentación de 120 Vac 60 Hz.
- Temporización 5 segundos a 7 minutos (+/- 2 min).
- Fococelda 10 luxes a 2000 luxes ajustable.
- Altura de instalación de 1,8m a 2,5m.

Para la conexión se necesita dos conductores para la alimentación y otros dos para la salida, ya que es de tipo relé. Este relé es el que contiene la información, sobre si el sensor ha detectado o no movimiento y la envía al microcontrolador, como se muestra en la Figura 2.15.

Para evitar rebotes y falsas señales se coloca un capacitor C1 en paralelo al contacto del sensor, experimentalmente se determina un valor de 10uF. La ubicación de los sensores se muestra en el ANEXO D1.

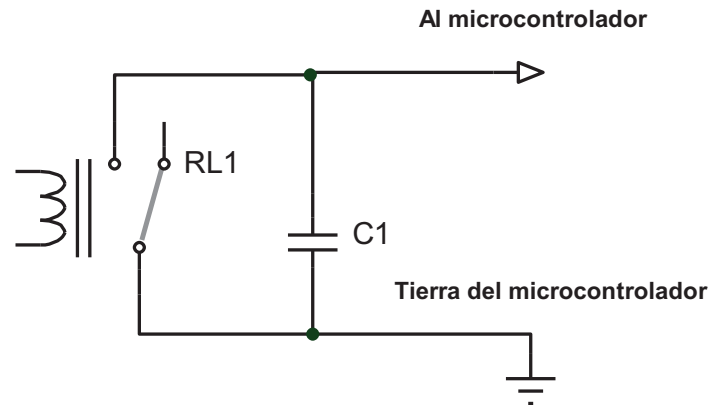


Figura 2.15 Ejemplo del envío de la señal de los sensores de movimiento y presencia al microcontrolador

Para la selección de los sensores de la zona 4, es necesario considerar que el lugar a controlar es mucho más amplio, por lo que es necesario un sensor de presencia. Se seleccionan sensores de la marca LUTRON serie LOS-CDT-500R, que tienen las siguientes características: [18]

- Tecnología ultrasónica e infrarroja.
- Adaptable a sistemas LUTRON.
- Alimentación de 20 Vdc a 24 Vdc PELV.
- 46 m² de cobertura (500 pies cuadrados).
- Salida de relé.



Figura 2.16 Sensor de presencia LUTRON serie LOS-CDT-500R [18]

Para la conexión de los sensores de presencia de marca LUTRON, se tiene el diagrama que se muestran en la Figura 2.17. Para conectarlo al sistema es necesario utilizar los cables de alimentación de 24 Vdc, y la salida de relé normalmente abierto. Por esto se envían 4 cables a cada sensor. La señal que ingresa al microcontrolador se hace igual que los sensores de presencia, como se muestra en la Figura 2.15.

Es necesario dos sensores para cubrir el área de la zona 4, uno se utiliza para la zona de estudio, mientras que el otro para las estanterías de las tesis. La ubicación de los sensores se muestra en el ANEXO D2.

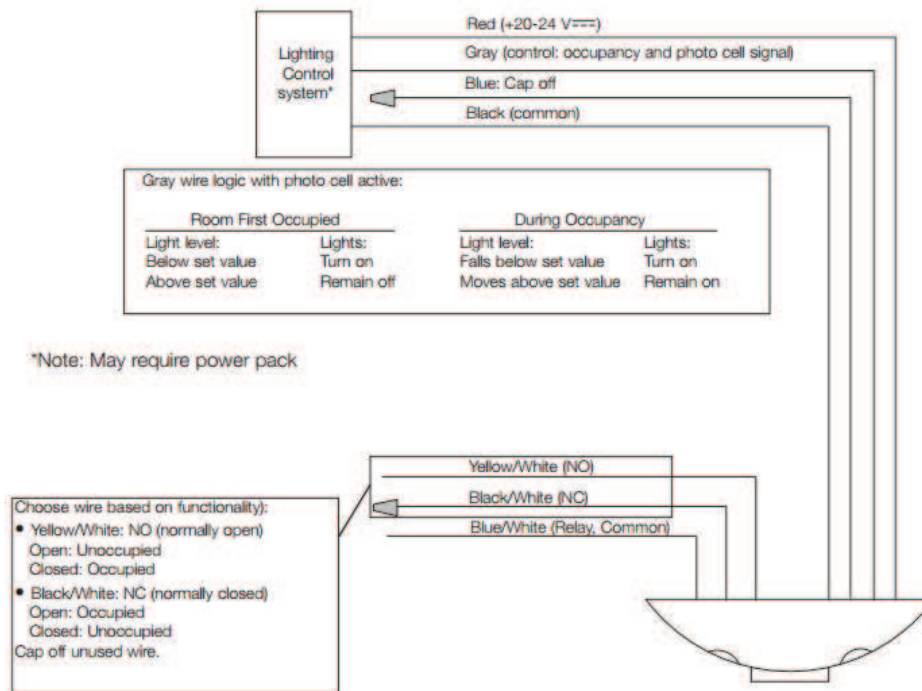


Figura 2.17 Cableado del sensor de presencia LUTRON LOS-CDT-500R [18]

2.1.4.2 Selección de los Actuadores

Los actuadores son los que realizan las acciones de encendido, apagado y atenuación. Por lo que se necesitan relés electromagnéticos para las operaciones de encendido y apagado, mientras que se utilizan balastos dimerizables para la atenuación de las luminarias fluorescentes.

2.1.4.2.1 Relés Electromagnéticos

Para la selección de los relés electromagnéticos es necesario tomar en cuenta varias características, como son: el voltaje de excitación de la bobina, la corriente y voltaje máximos de los contactos.

El voltaje máximo de los contactos es necesario que sea mayor a 120 Vac. La corriente se determina de acuerdo al número de luminarias que van a controlar. Los circuitos tienen como máximo 6 luminarias de 64W cada una, es decir deben manejar como máximo 384W, por lo que la corriente de los contactos del relé debe ser mayor a 3,2A.

Se utiliza los relés electromagnéticos de marca CAMSCO serie LY2, que tienen las siguientes características:

- Voltaje máximo de operación de los contactos 220V.
- Corriente máxima de los contactos 10 A.
- Voltaje de excitación de la bobina 12Vdc.
- 8 pines (2 contactos NA, 2 contactos NC).

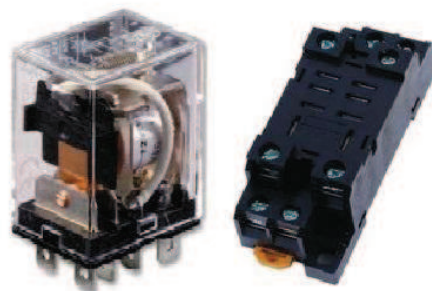


Figura 2.18 Relé electromagnético CAMSCO LY2 [20]

Para manejar los relés desde el microcontrolador es necesario realizar un acoplamiento, como se muestra en la Figura 2.19.

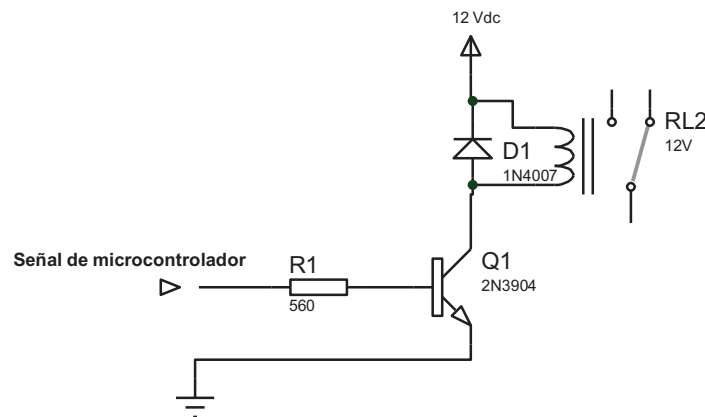


Figura 2.19 Ejemplo del acoplamiento de la señal del microcontrolador a los relés electromagnéticos CAMSCO LY2

Para el dimensionamiento del circuito de acoplamiento de la señal del microcontrolador a la bobina de los relés, se mide el valor de la corriente consumida por la bobina del relé, cuando se alimenta con el voltaje nominal desde una fuente de DC. El valor obtenido es de 80 mA.

Considerando esta corriente y el voltaje de excitación de la bobina (12V), se utiliza el transistor 2N3904, el cual soporta una corriente de colector I_c de hasta 200mA en saturación y un voltaje entre colector emisor V_{ce} de hasta 40 V cuando está en corte. Se selecciona el diodo 1N4007 que soporta 1A, en conducción y 1000V cuando está polarizado inversamente básicamente por su disponibilidad en el mercado.

Para el dimensionamiento de la resistencia R1 se utiliza la siguiente expresión:

$$R1 = \frac{V_{uc} - V_{BE}}{I_B} = \frac{V_{uc} - V_{BE}}{\frac{I_c}{\beta_{sat}}} \quad \text{Ec. 2.2}$$

Donde:

- V_{uc} , es el voltaje de la señal del microcontrolador (5V).
- V_{BE} , voltaje base-emisor del transistor (0.7V).
- I_B , corriente de la base del transistor.
- I_c , corriente de colector necesaria para la bobina del relé (80mA).
- β_{sat} , coeficiente de ganancia de corriente en saturación (10).

Reemplazando valores en la ecuación anterior, se tiene:

$$R1 = \frac{5V - 0.7V}{\frac{80mA}{10}} = 537.5 \Omega$$

Por disponibilidad en el mercado, se selecciona una $R1 = 560\Omega$

El circuito dimensionado se utiliza para todos los acoplamientos de los relés que manejan los distintos circuitos de iluminación.

2.1.4.2.2 *Balastos Dimerizables*

Para la selección de los balastos dimerizables es necesario tomar en cuenta las características de las luminarias en las que se van a utilizar. Las luminarias que se tienen en la BIEE son de 40W T12. Sin embargo se decide cambiar las luminarias por las de 32W T8, debido a que los balastos dimerizables disponibles en el mercado son para luminarias de dichas características. También por disponibilidad, se utilizan 7 balastos de marca LUTRON serie EC3T832GU210 y 14 de la serie ECOT8321202L, que tienen las siguientes características: [18]

- Dimerización del 10% al 100%.
- Arranque rápido programado.
- Voltaje de operación de 120 Vac 60Hz y 220 Vac 60Hz.
- Factor de potencia mayor de 0,95.
- THD menor del 20%.
- Voltaje de control en Corriente Alterna.

Para la zona 1 se utilizan 12 balastos de la serie ECOT8321202L, mientras que para la zona 2 se utilizan 2 balastos ECOT8321202L y 7 balastos EC3T832GU210.

Para una mejor comprensión, en el ANEXO C, las luminarias con balastos dimerizables tienen la notación mostrada en la Figura 2.20.

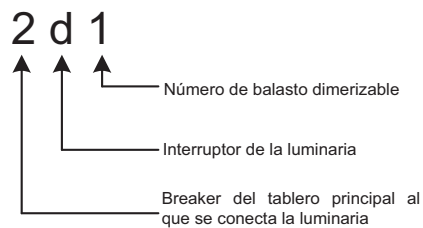


Figura 2.20 Ejemplo de la notación empleada en el ANEXO C1, para las luminarias con balastos dimerizables

El diagrama de conexión de los balastos EC3T832GU210 y ECOT8321202L, es idéntico y se muestra en la Figura 2.21. Los cables de color rojo, amarillo y azul van conectados a las luminarias, mientras que los cables de color negro, tomate y blanco son los que llevan la alimentación del balasto y el voltaje de control para la dimerización, estos últimos, se debe llevarlos al tablero de control (ANEXO D1).

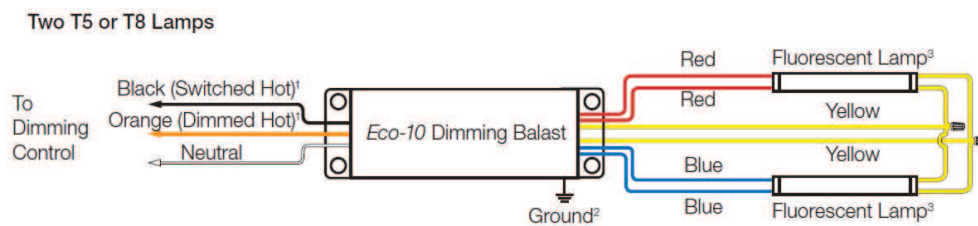


Figura 2.21 Diagrama de conexión de un balasto EC3T832GU210

Debido a que el voltaje de control para el balasto es de corriente alterna, se utiliza un convertor AC – AC, que varía el voltaje eficaz sin alterar la frecuencia de la señal de entrada y con el voltaje medio igual a cero.

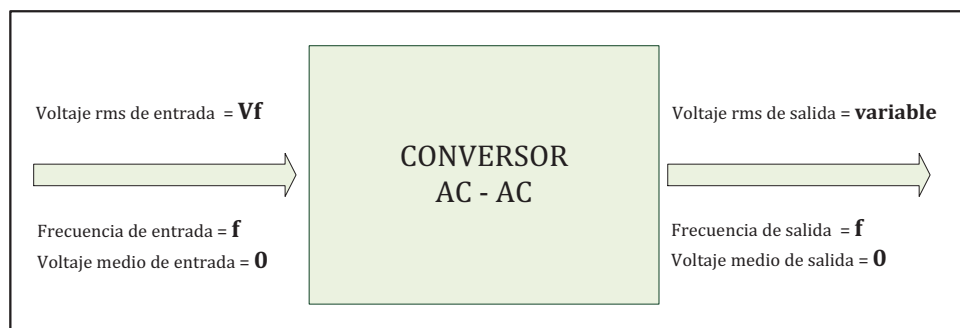


Figura 2.22 Esquema básico de un convertor AC – AC

Para implementar el convertor se escoge el Chopper de AC, que es una de las topologías para realizar este tipo de convertidores, básicamente por lo siguiente: [1]

- El control se realiza a través de una señal PWM, donde se varía la relación de trabajo de 0 a 1 y no es necesario que el PWM esté sincronizado con la red eléctrica.
- El contenido armónico es bajo, la primera componente armónica aparece a la frecuencia del PWM (f_c) menos la frecuencia de la fundamental (f), por lo que mientras mayor sea la f_c , es mejor.
- El elemento semiconductor puede ser un TBJ si se trabaja a baja frecuencia (cientos de Hz) o un MOSFET para frecuencias mayores (kHz).
- Con esta topología se logra mejorar el rendimiento de los convertidores AC – AC respecto a otras técnicas.

La topología de un convertidor AC – AC con estas características se muestra en la Figura 2.23, como se puede observar, el elemento que permite trocear a la señal de entrada es el SW, el cual puede ser un TBJ o un MOSFET, dependiendo de los requerimientos de carga, frecuencia y potencia. Debido a que cualquiera de esos elementos, son unidireccionales, no se puede conectar a SW directamente a la señal de entrada, sino que se hace a través de un arreglo de diodos (D1, D2, D3 y D4).

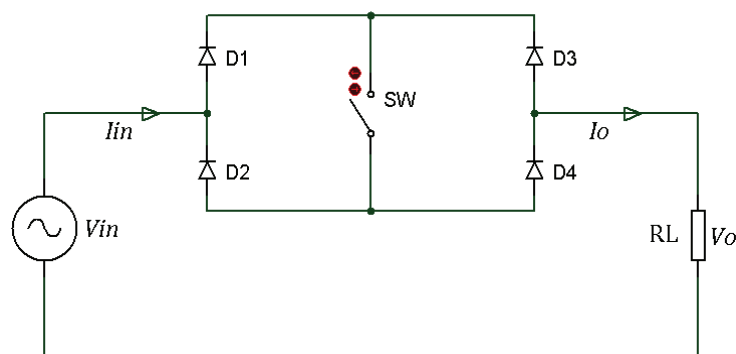


Figura 2.23 Topología del chopper de AC

Para el dimensionamiento de los elementos del convertidor AC – AC, se debe conocer el nivel de voltaje en la entrada y la carga que se desea acoplar.

Experimentalmente se determina que la corriente máxima que circula por el módulo de control del balasto dimerizable es de 200 mA, mientras que el voltaje de entrada máximo es de 120 Vrms.

Es por esto que se escoge para D1, D2, D3 y D4, al diodo rectificador 1N4007, que soporta 1000V en polarización inversa y hasta 1A en estado de conducción.

Para la selección del elemento semiconductor SW se elige un MOSFET, dado que la corriente que necesita el módulo de control del balasto dimerizable es baja, que se requiere cortos tiempos de conmutación y que el mando del dispositivo es por una señal de voltaje. Por la disponibilidad en el mercado se escoge el IRF730, elemento que soporta hasta 400V cuando no conduce y hasta 5.5A cuando está activado.

En la Figura 2.24 se muestra el circuito implementado:

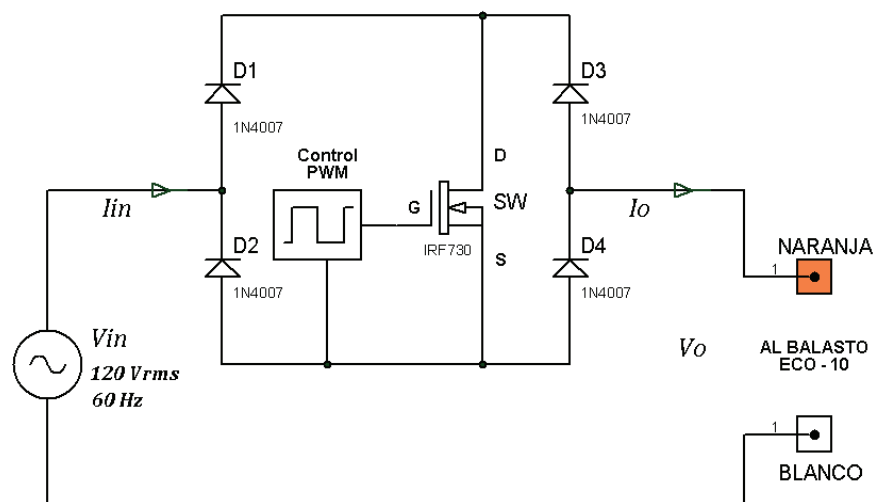


Figura 2.24 Chopper de AC implementado

Para mantener la sala uniformemente iluminada, se organiza el control de los balastos por bloques, dependiendo de la lejanía que tienen a la ventana. Por esta razón se distribuyen las luminarias como se muestra en la Tabla 2.2.

Tabla 2.2 Bloques de luminarias con balastos dimerizables

Bloque	Luminarias del bloque (ANEXO C1)	Tipo de balasto	Zona
B1	2d1, 2d2, 2d3	ECOT8321202L	1
B2	2e4, 2e5, 2e6	ECOT8321202L	
B3	2d7, 2d8, 2d9	ECOT8321202L	
B4	2e10, 2e11, 2e12	ECOT8321202L	
B5	1a13, 1a14	ECOT8321202L	2
B6	1b15, 1b16	EC3T832GU210	
B7	1a17, 1a18	EC3T832GU210	
B8	1b19, 1b20, 1b21	EC3T832GU210	

Para la dimerización de cada bloque es necesario una señal de control diferente, de forma que cuando la luz natural ingrese por la ventana el flujo luminoso del bloque 1 sea menor que del bloque 2 y así sucesivamente en los bloques de cada zona.

Debido a características en el comportamiento de los balastos, cada balasto de la serie EC3T832GU210 requiere un convertor AC/AC independiente, mientras los de la serie ECOT8321202L, funcionan adecuadamente compartiendo la señal del mismo convertor, con otros balastos de las mismas características.

Por estas razones es necesario implementar 12 convertidores AC/AC. En la Tabla 2.3 se presenta la distribución de cada convertor, mientras que en el ANEXO D1 su interconexión.

Tabla 2.3 Distribución de los convertidores AC/AC

Bloque	Luminaria	Convertor AC/AC
B1	2d1, 2d2, 2d3	C1
B2	2e4, 2e5, 2e6	C2
B3	2d7, 2d8, 2d9	C3
B4	2e10, 2e11, 2e12	C4
B5	1a13, 1a14	C5
B6	1b15	C6
	1b16	C7
B7	1a17	C8
	1a18	C9
B8	1b19	C10
	1b20	C11
	1b21	C12

2.1.4.3 Controladores del Sistema de Iluminación

Para realizar el control se utiliza el microcontrolador ATMEGA164P, que tiene las siguientes características: **Error! Marcador no definido.**

- Arquitectura de 8bits tipo RISC (Reduced Instruction Set Computer).
- 16 kBytes de memoria flash autoprogramable.
- 512 Bytes de memoria EEPROM.
- 1 Byte de SRAM.
- Dos Timer/Contadores de 8 bits con modo comparación.
- Un Timer/Contador de 16 bits con modo comparación y modo de captura.
- Contador en tiempo real con oscilador separado.
- 6 Canales para PWM.
- Ocho canales análogo digitales ADC de 10 bits.
- Modo Diferencial con ganancia seleccionable a x1, x10 o x200.
- Interrupciones debido a cambios externos e internos.
- Dos puertos Seriales USART Programables.
- Oscilador RC interno de 8 MHz.
- Voltaje de operación de 2.5 V a 5.5 V.

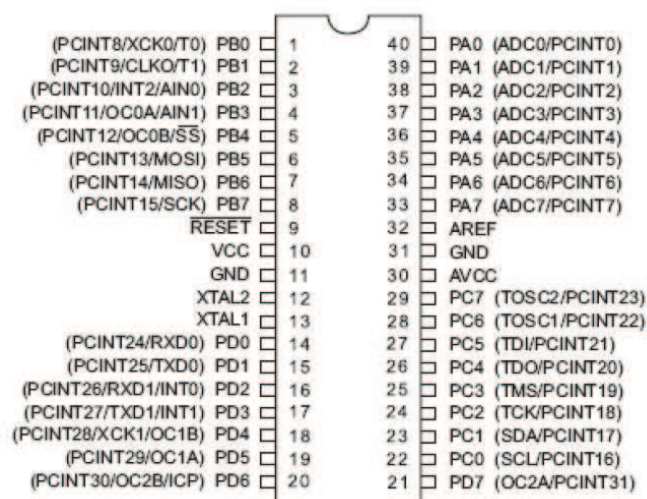


Figura 2.25 Entradas y salidas del microcontrolador ATMEGA 164P [21]

Como se indica en la Figura 2.7, se utiliza un controlador para cada una de las zonas. Por lo que el manejo de las entradas y salidas de los microcontroladores depende de su zona. A continuación se describen los recursos de cada uno de los microcontroladores.

Tabla 2.4 Asignación de recursos del microcontrolador de la zona 1

PIN	Entrada (E) / Salida(S)	Analógico (A) / Digital (D)	Descripción
PA0	E	A	Medida del sensor de iluminación de la zona 1
PB0	S	D	Visualización 1 del rango de iluminación
PB1	S	D	Visualización 2 del rango de iluminación
PB2	S	D	Visualización 3 del rango de iluminación
PB3	S	D	PWM para control del bloque 4 zona 1
PC0	S	D	Activación del relé del circuito 2 Nivel I
PC1	S	D	Activación del relé del circuito 3 Nivel I
PC2	S	D	Activación del relé del circuito 4 Nivel I
PD0	E	D	Comunicación USART, RXD
PD1	S	D	Comunicación USART, TXD
PD2	S	D	Transmisión / recepción de comunicación
PD4	S	D	PWM para control del bloque 3 zona 1
PD5	S	D	PWM para control del bloque 2 zona 1
PD6	S	D	PWM para control del bloque 1 zona 1

Tabla 2.5 Asignación de recursos del microcontrolador de la zona 2

PIN	Entrada (E) / Salida(S)	Analógico (A) / Digital (D)	Descripción
PA0	E	A	Medida del sensor de iluminación de la zona 2
PB0	S	D	Visualización 1 del rango de iluminación
PB1	S	D	Visualización 2 del rango de iluminación
PB2	S	D	Visualización 3 del rango de iluminación
PB3	S	D	PWM para control del bloque 4 zona 2
PC0	S	D	Activación del relé del circuito 6 Nivel I
PC1	S	D	Activación del relé del circuito 7 Nivel I
PC2	S	D	Activación del relé del circuito 8 Nivel I
PD0	E	D	Comunicación USART, RXD
PD1	S	D	Comunicación USART, TXD
PD2	S	D	Señal de control transmisión / recepción MAX485
PD4	S	D	PWM para control del bloque 3 zona 2
PD5	S	D	PWM para control del bloque 2 zona 2
PD6	S	D	PWM para control del bloque 1 zona 2

Tabla 2.6 Asignación de recursos del microcontrolador de la zona 3

PIN	Entrada (E) / Salida (S)	Analógico (A) / Digital (D)	Descripción
PA0	S	D	Visualización circuito secundario 1 - Nivel I
PA1	S	D	Visualización circuito secundario 5 - Nivel I
PA2	S	D	Visualización circuito secundario 10 - Nivel I
PA3	S	D	Visualización circuito secundario 9 - Nivel I
PA4	S	D	Visualización circuito secundario 11 - Nivel I
PA5	S	D	Visualización circuito secundario 12 - Nivel I
PB0	E	D	Señal del sensor de movimiento 1 - Nivel I
PB1	E	D	Señal del sensor de movimiento 2 - Nivel I
PB2	E	D	Señal del sensor de movimiento 3 - Nivel I
PB3	E	D	Señal del sensor de movimiento 4 - Nivel I
PB4	E	D	Señal del sensor de movimiento 5 - Nivel I
PC0	S	D	Activación del relé del circuito secundario 1 - Nivel I
PC1	S	D	Activación del relé del circuito secundario 5 - Nivel I
PC2	S	D	Activación del relé del circuito secundario 10 - Nivel I
PC3	S	D	Activación del relé del circuito secundario 9 - Nivel I
PC4	S	D	Activación del relé del circuito secundario 11 - Nivel I
PC5	S	D	Activación del relé del circuito secundario 12 - Nivel I
PD0	E	D	Recepción datos del máster
PD1	S	D	Transmisión datos al máster
PD4	S	D	Señal de control transmisión/recepción MAX485
PD5	S	D	Visualización comunicación RS485
PD6	S	D	Visualización comunicación RS485
PD7	S	D	Visualización comunicación RS485

Tabla 2.7 Asignación de recursos del microcontrolador de la zona 4

PIN	Entrada (E)/ Salida (S)	Analógico (A) / Digital (D)	Descripción
PA0	S	D	Visualización circuito secundario 1 - Nivel I
PA1	S	D	Visualización circuito secundario 5 - Nivel I
PA2	S	D	Visualización circuito secundario 10 - Nivel I
PA3	S	D	Visualización circuito secundario 9 - Nivel I
PA4	S	D	Visualización circuito secundario 11 - Nivel I
PA5	S	D	Visualización circuito secundario 12 - Nivel I
PB0	E	D	Señal del sensor de movimiento 1 - Nivel I
PB1	E	D	Señal del sensor de movimiento 2 - Nivel I
PB2	E	D	Señal del sensor de movimiento 3 - Nivel I
PB3	E	D	Señal del sensor de movimiento 4 - Nivel I
PB4	E	D	Señal del sensor de movimiento 5 - Nivel I
PC0	S	D	Activación del relé del circuito secundario 1 - Nivel I
PC1	S	D	Activación del relé del circuito secundario 5 - Nivel I
PC2	S	D	Activación del relé del circuito secundario 10 - Nivel I
PC3	S	D	Activación del relé del circuito secundario 9 - Nivel I
PC4	S	D	Activación del relé del circuito secundario 11 - Nivel I
PC5	S	D	Activación del relé del circuito secundario 12 - Nivel I
PD0	E	D	Recepción datos del máster
PD1	S	D	Transmisión datos al máster
PD4	S	D	Señal de control transmisión/recepción MAX485
PD5	S	D	Visualización comunicación RS485
PD6	S	D	Visualización comunicación RS485
PD7	S	D	Visualización comunicación RS485

Tabla 2.8 Asignación de recursos del microcontrolador máster

PIN	Entrada (E) / Salida (S)	Analógico (A) / Digital (D)	Descripción
PB2 – PB7	S	D	Control del LCD 16x2
PC0	S	D	Visualización comunicación RS485
PC1	S	D	Visualización comunicación RS485
PC2	S	D	Señal de control transmisión/recepción MAX485
PC3	S	D	Visualización comunicación esclavo 1
PC4	S	D	Visualización comunicación esclavo 2
PC5	S	D	Visualización comunicación esclavo 3
PC6	S	D	Visualización comunicación esclavo 4
PC7	S	D	Activación del relé para la reproducción de los mensajes pregrabados
PD0	E	D	Recepción datos de los esclavos
PD1	S	D	Transmisión de datos a los esclavos
PD2	E	D	Recepción datos de la PC
PD3	S	D	Transmisión de datos a la PC
PD4	S	D	Visualización comunicación con la PC
PD5	S	D	Visualización comunicación con la PC
PD6	S	D	Visualización comunicación con la PC
PD7	S	D	Visualización comunicación RS485

Los algoritmos de control de cada uno de los microcontroladores se presentan en el capítulo 3 del presente trabajo.

2.1.4.4 Interfaz de monitoreo y mando a distancia

Para el monitoreo del funcionamiento del sistema en modo automático y el mando a distancia del encendido o apagado de las luminarias, es necesaria una aplicación gráfica, la cual como principal característica es que debe cargarse en Ubuntu, una distribución de Linux, ya que es el sistema operativo que se maneja en la BIEE.

2.1.4.4.1 Gambas [2]

Gambas es un entorno de desarrollo que se distribuye con la licencia GPL GNU (*General Public Licence*). Esto significa que se distribuye siempre con el código fuente y respeta las cuatro libertades que define la Free Software Foundation:

- La libertad de usar el programa con cualquier propósito (libertad 0).
- La libertad de estudiar cómo funciona el programa y adaptarlo a las propias necesidades (libertad 1). El acceso al código fuente es una condición previa para esto.
- La libertad de distribuir copias, con las que se puede ayudar al vecino (libertad 2).
- La libertad de mejorar el programa y hacer públicas las mejoras a los demás, de modo que toda la comunidad se beneficie (libertad 3). El acceso al código fuente es un requisito previo para esto.

Uno de los errores más comunes en el uso de Software Libre es la creencia que este modelo de desarrollo obliga a que el trabajo se publique gratis, lo que no es del todo cierto. Estas cuatro libertades permiten que, quien lo desee venda copias de Gambas (entregando siempre el código fuente y respetando esas cuatro libertades) y, por supuesto de cualquier aplicación desarrollada con este programa. Las aplicaciones desarrolladas con Gambas pueden o no acogerse a la licencia GLP.

Gambas abre el entorno de la programación visual en Linux a todo el mundo, como lo hizo en su momento Visual Basic en Windows. Pero gracias al desarrollo de los últimos tiempos, Gambas procura no reproducir los errores que se cometieron anteriormente con Visual Basic, sus principales características son:

- Permite desarrollar complejas aplicaciones gráficas o de consola rápidamente, ofreciendo gran potencialidad, profesionalidad y modernidad, sin abandonar nunca la sencillez y claridad de este lenguaje de programación de alto nivel.
- Una API (Interfaz para programar la aplicación) sencilla y bien documentada. El lenguaje está preparado para ser independiente del gestor de ventanas que

utilice, es decir que sin cambiar líneas de código, una aplicación puede ser compilada para ejecutarse desde un escritorio Gnome o KDE.

- Una ayuda muy completa del lenguaje y cada uno de los componentes.

2.1.4.4.2 *Elementos de Gambas [2]*

Para desarrollar y ejecutar programas hechos en Gambas, son necesarios distintos elementos:

- Un **compilador** que se encargue de transformar todo el código fuente y archivos que formen parte del proyecto hecho en Gambas, en un programa ejecutable.
- Un **intérprete** capaz de hacer que los programas hechos en Gambas sean ejecutados por el sistema operativo.
- Un **entorno** de desarrollo que facilite la programación y diseño de las interfaces gráficas de los programas.
- **Componentes** que añaden funcionalidades al lenguaje. En la actualidad existen componentes para usar xml, conexiones de red, comunicación serial, etc.

2.1.4.4.3 *Organización de un proyecto de Gambas [2]*

Para que más adelante se entienda el desarrollo de la aplicación, es necesario resumir algunos conceptos previamente:

- El código fuente de los programas hechos en Gambas está compuesto de uno o más archivos que forman un proyecto. Este proyecto se archiva en un directorio del mismo nombre.

- Los archivos pueden ser: Módulos (contienen código BASIC que se ejecuta directamente), Clases (contienen el código BASIC que ejecuta un objeto clase) y Formularios (áreas donde se diseña la interfaz gráfica de la aplicación y que se corresponden con las ventanas del programa).
- Los proyectos de texto sólo contienen Módulos y/o Clases. Las aplicaciones gráficas contienen Formularios y Clases, pero también pueden contener Módulos.
- El proyecto puede contener otros archivos de datos, documentos, textos, imágenes, archivos de audio, etc., sin código BASIC para ser ejecutado por la aplicación.

Los archivos que contienen código en BASIC (*Módulos y Clases*) siempre están estructurados de la siguiente manera:

- Declaración de variables.
- Subrutinas y Funciones.

2.1.4.4.4 Descripción de la interfaz gráfica

Al ejecutar la aplicación, lo primero que aparece es la autenticación del administrador (Figura 2.26), con el nombre del usuario y la contraseña, la cual se encuentra guardada en una base de datos y puede ser cambiada dependiendo de las necesidades del usuario. Si se ingresa incorrectamente la contraseña en tres ocasiones, la aplicación se cerrará automáticamente.



The image shows a window titled 'BIEE' with a dark header bar. Below the header, the title 'DATOS DE AUTENTIFICACIÓN' is centered. The form contains two input fields: 'Usuario :' and 'Contraseña :'. Below these fields are three buttons: 'ACEPTAR' (centered), 'SALIR' (bottom left), and 'Cambiar contraseña' (bottom right, underlined).

Figura 2.26 Formulario de validación de datos del administrador

Una vez que se ha validado la información del administrador, se accede a la pantalla principal de la aplicación (Figura 2.27), desde la cual se puede ingresar al monitoreo del NIVEL I y del NIVEL II.



Figura 2.27 Pantalla principal al iniciar la aplicación

Ingresando a NIVEL I (Figura 2.28) o a NIVEL II (Figura 2.29), lo que aparece es una pantalla con la distribución de las luminarias dentro de cada nivel, en el que por defecto opera el Modo Automático. Lo que se visualiza corresponde a las luminarias que se encuentran encendidas o apagadas, además de que se actualiza cualquier cambio de estado de las mismas.

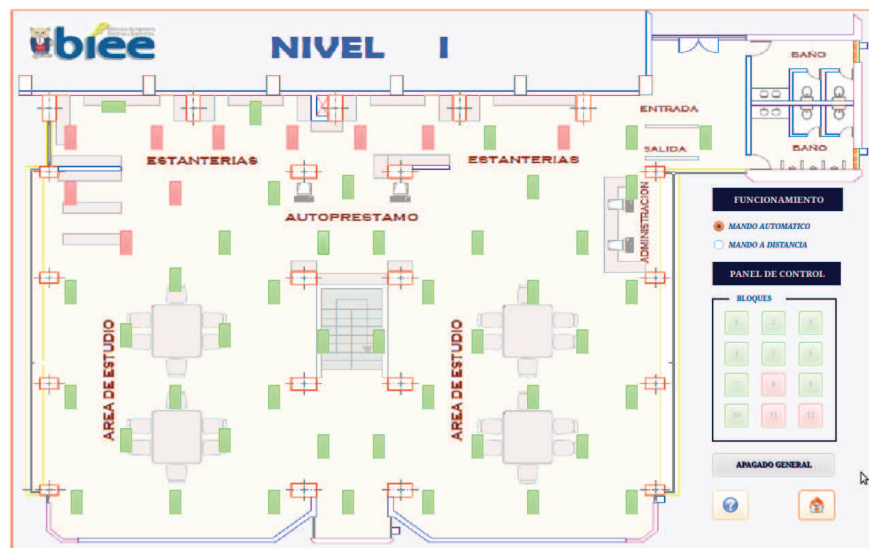


Figura 2.28 Interfaz de mando del Nivel I operando en modo automático

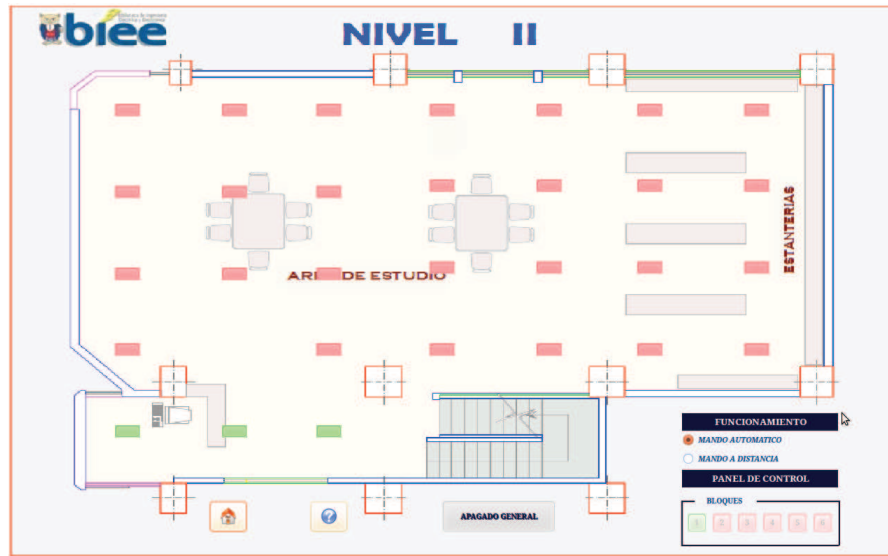


Figura 2.29 Interfaz de mando del Nivel II operando en modo automático

Para la distribución de los circuitos en la pantalla de la interfaz, se utiliza una numeración distinta a la mostrada en el ANEXO C, para facilitar su uso. Dicha numeración se muestra en la Tabla 2.9.

Tabla 2.9 Distribución de los circuitos en la interfaz

Nivel I	
ANEXO C	INTERFAZ
1a	6
1b	7
1c	8
2d	2
2e	3
3f	9
3g	10
4h	1
4k	4
5m	11
5n	12
6o	5
Nivel II	
2a	1
2b	2
4c	3
4d	4
6e	5
6f	6

Cuando el administrador requiera, se puede activar el **Mando a Distancia**, en ese caso se activa un panel de control (ver Figura 2.31), el cual permite encender o apagar el conjunto de luminarias asociadas a cada circuito secundario.

Es recomendable utilizar este modo de operación, para apagar las luminarias antes de suspender la atención en la BIEE, adicionalmente se agrega un botón de APAGADO GENERAL (Figura 2.30), con el cual, luego de confirmar la orden de apagado, se envía una sola orden a todas las luminarias de la BIEE.

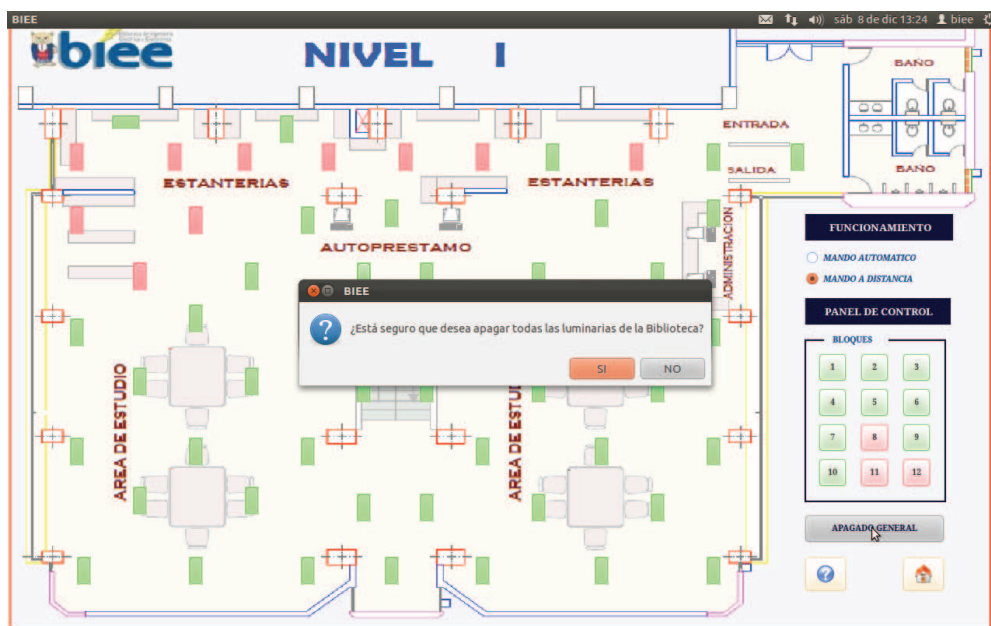


Figura 2.30 Apagado general de las luminarias de la biblioteca

Si existiera un usuario nuevo que no conozca en detalle el manejo de la interfaz, se agregan botones de ayuda (Figura 2.31), que al activarlos despliegan un pequeño manual de usuario.

La estructura y el entorno de la interfaz de mando del Nivel I y del Nivel II son muy similares, en la Figura 2.31, se muestra como ejemplo, la organización de la ventana donde se visualiza el estado del NIVEL II de la BIEE.

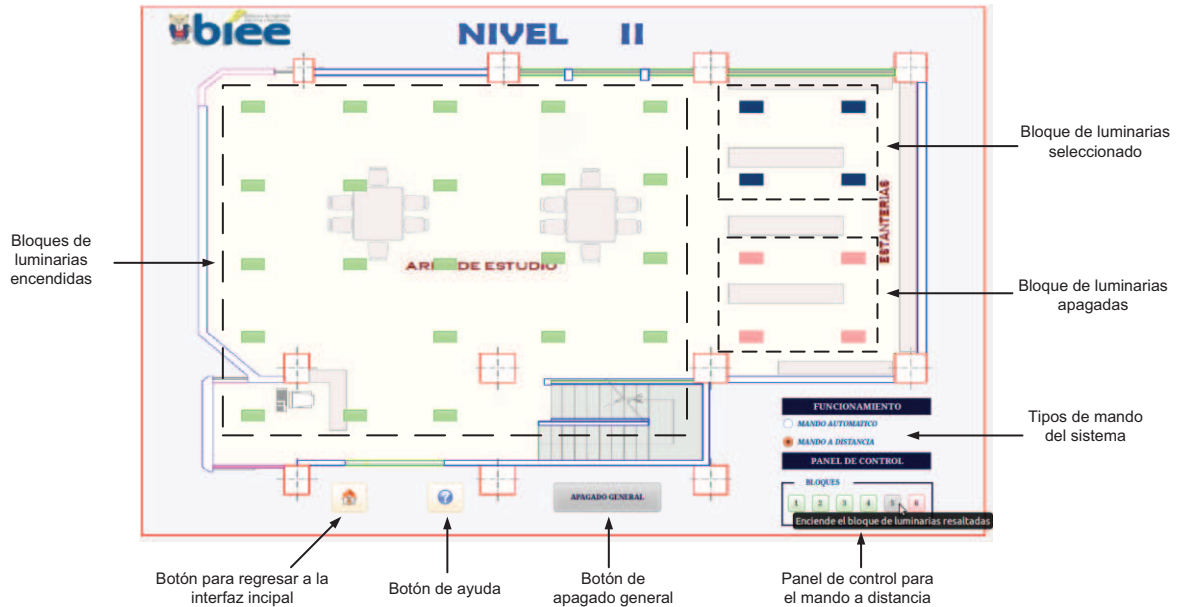


Figura 2.31 Elementos de la interfaz de control del Nivel II

2.1.4.5 Medios y protocolos de comunicación

Como se ha descrito anteriormente y se puede observar en la Figura 2.7, para el monitoreo y mando a distancia del sistema, es necesario que todos los elementos se comuniquen entre sí.

Además, Gambas es un software que trabaja bajo Linux y analizando los recursos del mismo para realizar la comunicación PC - microcontroladores, se opta por utilizar una comunicación serial asincrónica.

2.1.4.5.1 Comunicación entre el ordenador y el microcontrolador máster

Para que estos elementos interactúen correctamente, tomando en cuenta que la distancia entre ambos es de aproximadamente 3 metros, se sigue la norma EIA RS232, la cual define la interface mecánica, los pines, las señales y los protocolos que debe cumplir la comunicación serial.

El envío de niveles lógicos (bits) a través de cables o líneas de transmisión necesita la conversión a voltajes apropiados. Por lo tanto se necesita de una

interface que haga posible la conversión de los niveles de voltaje a los estándares manejados por los CI TTL, para lo cual se emplea el CI MAX 232.

Este dispositivo necesita solamente una fuente de +5V para su operación, internamente tiene un elevador de voltaje que convierte el voltaje de +5V al de doble polaridad de +12V y -12V. Para la interconexión del dispositivo se siguen las recomendaciones del fabricante, con capacitores electrolíticos de 1 uF.

Se selecciona un conductor apantallado de dos hilos para la transmisión de datos y se configura una velocidad de transferencia de datos de 9600 baudios.

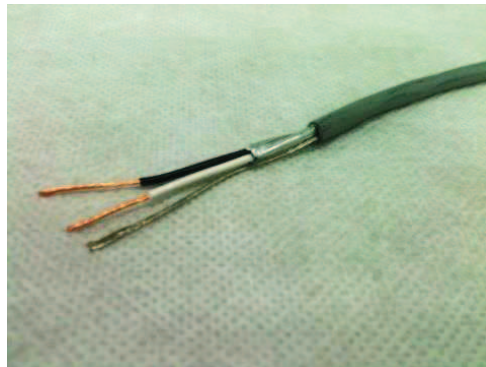


Figura 2.32 Conductor apantallado de dos hilos

Para conocer el estado de la comunicación, se agrega un diodo led RGB, de forma que cuando el hilo de datos esté libre, se activa el color verde, mientras el microcontrolador reciba datos se active el azul y cuando los esté enviando se active el rojo, el cálculo del valor de las resistencias limitadoras se presenta a continuación:

$$R = \frac{V_{CC} - V_{LED}}{I_{LED}} \quad \text{Ec. 2.3}$$

Donde:

- V_{CC} , señal de salida del microcontrolador (5V).
- V_{LED} , caída de voltaje en el led (promedio 2,5V).
- I_{LED} , corriente del led, de este valor depende el brillo (8mA).

Por lo que:

$$R = \frac{5V - 2.5V}{0.008A} = 312,5 \Omega$$

Por disponibilidad en el mercado se escoge, $RB1 = RB2 = RB3 = 330 \Omega$.

A continuación en la Figura 2.33, se presenta el esquema de lo explicado anteriormente:

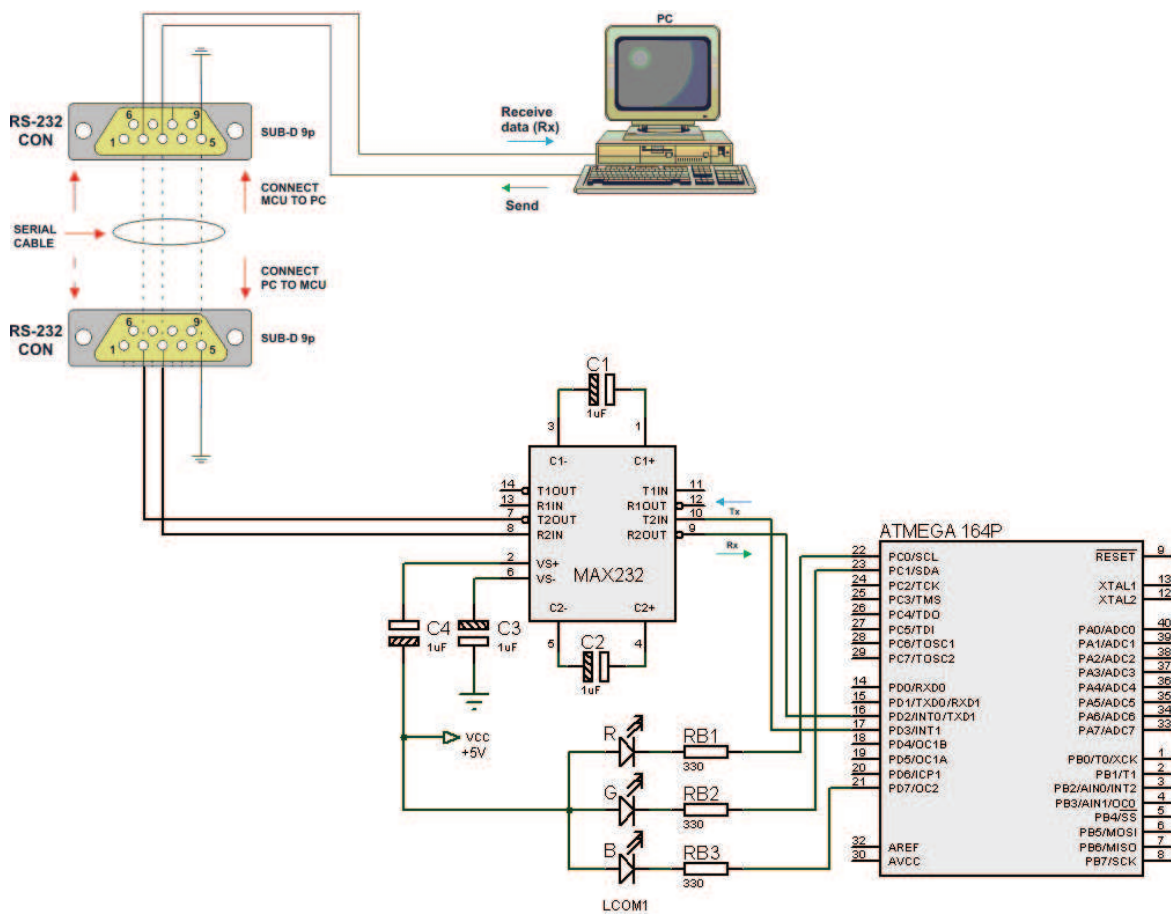


Figura 2.33 Esquema de la comunicación del microcontrolador máster con la PC

2.1.4.5.2 Comunicación entre el microcontrolador máster y los microcontroladores esclavo

La primera consideración que se debe tener en cuenta, es que estos elementos están ubicados a una distancia mayor de 10 metros, lo que no es recomendable

para RS232; también se debe indicar que se desea interconectar más de dos dispositivos, es por esto que se opta por la interface RS 485.

Entre las principales ventajas de la comunicación RS 485, se tienen: [22]

- Bajo costo.
- Múltiples transmisores y receptores.
- Alta impedancia receptora.
- Un máximo de 256 nodos.
- Longitud máxima entre nodos de 1200 metros.
- Utiliza balanceo de líneas diferencial, lo que permite tener mayor inmunidad al ruido, Figura 2.34.

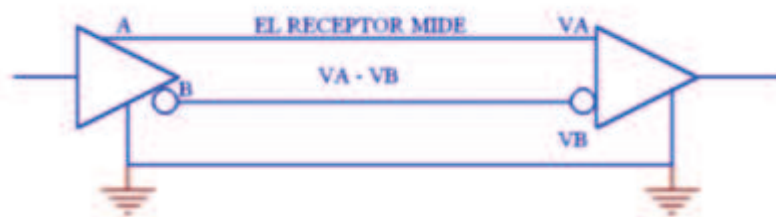


Figura 2.34 Balanceo de líneas diferencial [22]

Es importante destacar que el total de corriente utilizada por un enlace RS-485 puede variar debido a las impedancias de los componentes, incluyendo los transmisores, receptores, cables y la terminación de los componentes. Una baja impedancia a la salida del transmisor y una baja impedancia en los cables, facilita los cambios de nivel y asegura que el receptor vea la señal, no importa cuán larga sea la línea de transmisión. Una alta impedancia en el receptor decrementa la corriente en el enlace e incrementa la vida de la fuentes de voltaje. La terminación de los componentes, cuando se utiliza tiene un gran efecto sobre la corriente en el enlace. Muchos enlaces con RS-485 tienen una resistencia de 120 ohms a través de las líneas A y B en cada extremo de la línea. Por lo tanto cada enlace tiene dos terminales. [22]

2.1.4.5.3 La Comunicación RS-485 en Modo Half Duplex [22]

Para la comunicación de los componentes del sistema de control de iluminación, se opta por la interface RS-485 en modo Half Duplex, dado que el proceso no es crítico y se desea reducir costos de implementación. Se cuenta con un único bus de comunicación, para lo cual se emplea un conductor apantallado de dos hilos, que se muestra en la Figura 2.32.

El término Half Duplex, en un sistema de comunicación, se refiere a que, solamente en un tiempo determinado el sistema puede transmitir o recibir información, sin embargo no lo puede hacer al mismo tiempo, ya que se comparte el bus de datos. Por lo que se debe ser cuidadoso y asegurarse que el bus esté disponible para el envío de datos. La Figura 2.35 muestra este tipo de comunicación.

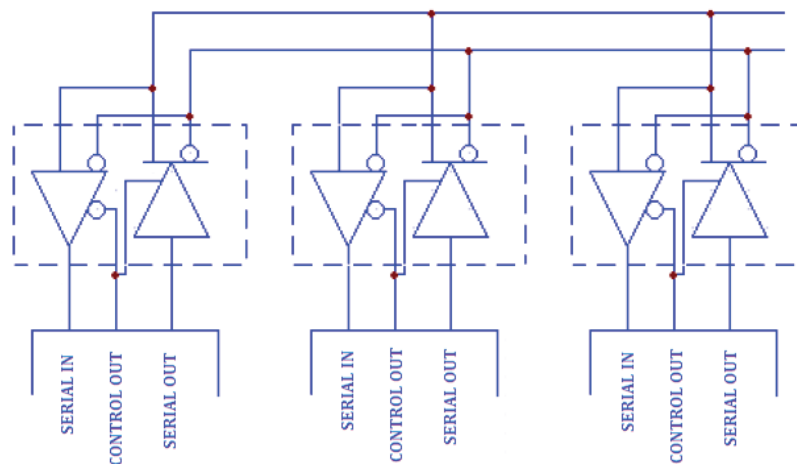


Figura 2.35 Comunicación half dúplex [22]

2.1.4.5.4 El circuito integrado MAX485

Este dispositivo se encarga de hacer la conversión entre los niveles TTL del microcontrolador y las señales del tipo diferencial que se utilizan el bus RS-485. En la Figura 2.36, se muestra la distribución de pines y la estructura interna básica de cómo está constituido.

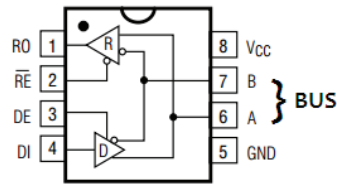


Figura 2.36 Diagrama de pines del CI MAX 485 [23]

Como se observa en la Figura 2.36, cada chip consta de un transmisor y un receptor, si las terminales \overline{RE} y DE se unen entre sí a una línea de control común, se controla el flujo de la información, de la siguiente manera: [22]

- En los pines VCC y GND se alimenta al CI con +5V.
- La terminal RO envía un nivel lógico TTL, si y solo si la línea \overline{RE} es habilitada con un '0' lógico.
- La terminal DI recibe un nivel lógico TTL, si y solo si la línea DE es habilitada con un '1' lógico.
- Las terminales A y B, son las líneas que forman el bus de transmisión y recepción.

2.1.4.5.5 Comunicación multiprocesador [24]

Los microcontroladores AVR pueden ser seteados, para comunicarse serialmente en modo multi-procesador (MPCM) y configurar una red maestro – esclavo. Cada esclavo tiene una dirección única y de esta forma las tramas de datos que no contienen una dirección válida serán ignoradas. De esta manera, los microcontroladores esclavo reducen significativamente el procesamiento de información, que deben realizar para la comunicación.

Para esto, se configura a los microcontroladores para que realicen la comunicación serial asincrónica de 9 bits. De forma que, si el noveno bit es 1 se

indica que los ocho bits restantes corresponden a una dirección, mientras que si es un 0, es un dato.

Para trabajar en Multi-processor Communication Mode, con los microcontroladores ATMEGA164P se debe seguir el siguiente procedimiento:

- a. En todos los microcontroladores que se configuren como esclavos, se debe setear inicialmente con uno el bit MPCMn (ubicado en el registro UCSRnA) y asignar una dirección.
- b. El microcontrolador máster envía una trama de dirección y todos los esclavos reciben y leen esa trama.
- c. Cada microcontrolador esclavo lee la trama y determina si la dirección enviada le corresponde, si lo hace, cambia el estado del bit MPCMn a cero, si no lo hace mantiene al bit MPCMn en uno esperando que el máster envíe una dirección válida.
- d. El microcontrolador que recibió una dirección válida, lee y procesa todas las tramas de datos que el máster envíe, mientras que los otros esclavos que no han recibido una dirección válida ignoran esas tramas.
- e. Cuando se ha recibido el último dato, el esclavo direccionado nuevamente pone en uno lógico el bit MPCMn, a la espera de una nueva dirección válida y se repite el proceso desde el literal b.
- f. Se debe indicar que el microcontrolador máster puede enviar y recibir datos en cualquier instante.

En la Figura 2.37, se muestra el diagrama de conexiones para la red Maestro (Máster) – Esclavo (Slave) de microcontroladores.

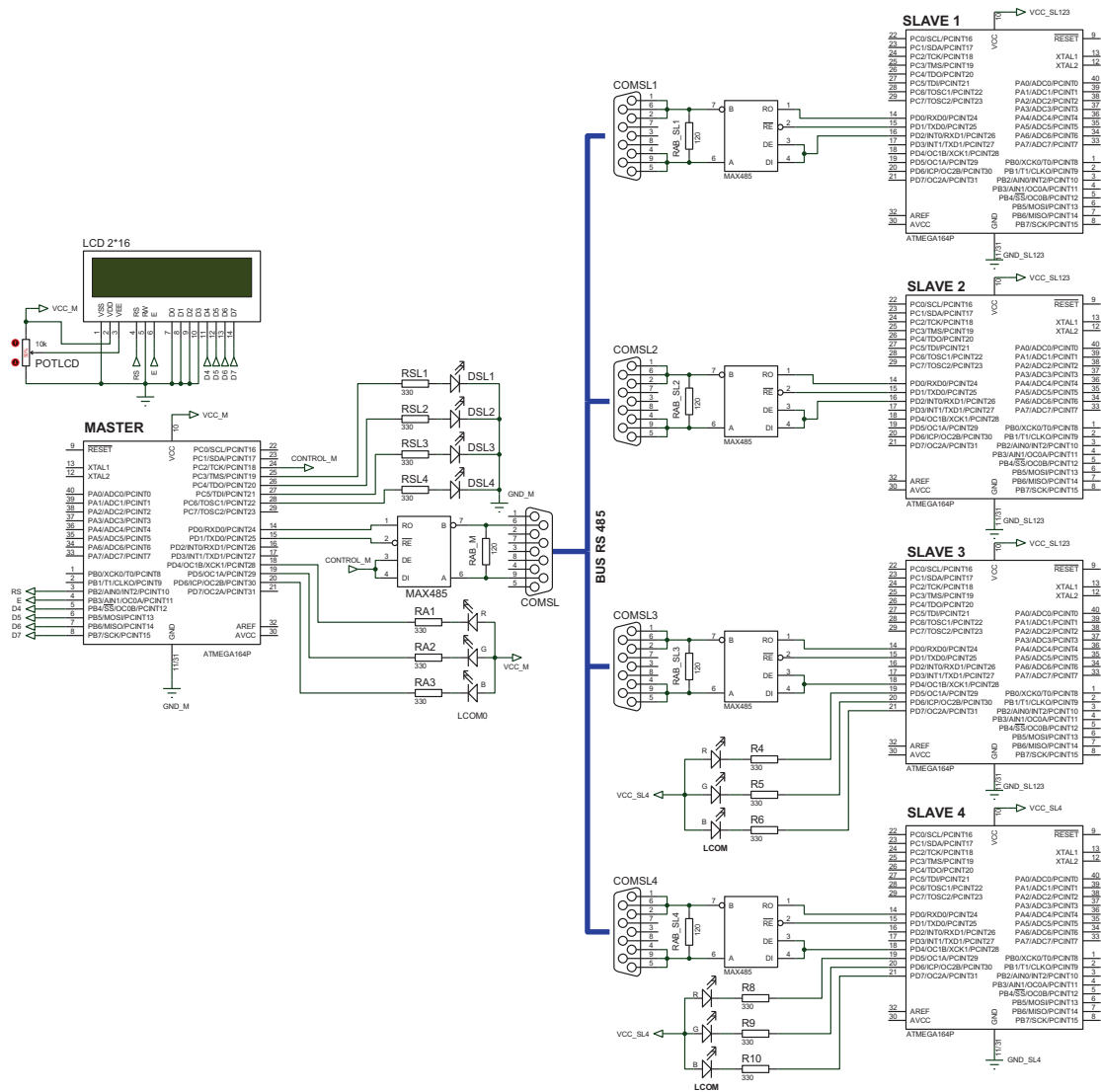


Figura 2.37 Diagrama de conexiones para la red Maestro – Esclavo

2.1.5 INTEGRACIÓN DE LOS COMPONENTES

En la integración de componentes, se describe a los circuitos adicionales, como fuentes de poder y de aislamiento que se necesitan para los distintos diagramas presentados; la interconexión de los distintos bloques que se describen en el subcapítulo 2.1.4; la ubicación física de cada uno de los elementos que integran el sistema.

Se utiliza 3 tableros para la organización de los distintos elementos de control del sistema. La numeración de los distintos tableros se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 2.10 Tableros de control del sistema

Tablero	Ubicación	Dimensiones del gabinete (cm)
TCA	Oficina del administrador	20X20X15
TCB	Nivel I, cercano al tablero eléctrico TTA Nivel I	40X60X20
TCC	Nivel II, cercano al tablero eléctrico TTA Nivel II	40X30X20

2.1.5.1 Fuentes de alimentación para los sistemas microcontrolados

Como se indica en la Figura 2.37 y en la Tabla 2.10, se cuenta con cuatro microcontroladores y tres tableros de control del sistema, organizados de la siguiente manera:

- Dentro del tablero TTA, se ubica al microcontrolador MÁSTER.
- Dentro del tablero TTB, se encuentran los microcontroladores SLAVE 1, SLAVE 2 y SALVE 3.
- Dentro del tablero TTC, se ubica el microcontrolador SLAVE 4.

Por este motivo se implementa una fuente de DC 5V, 1A, en cada tablero de acuerdo al diagrama de la Figura 2.38.

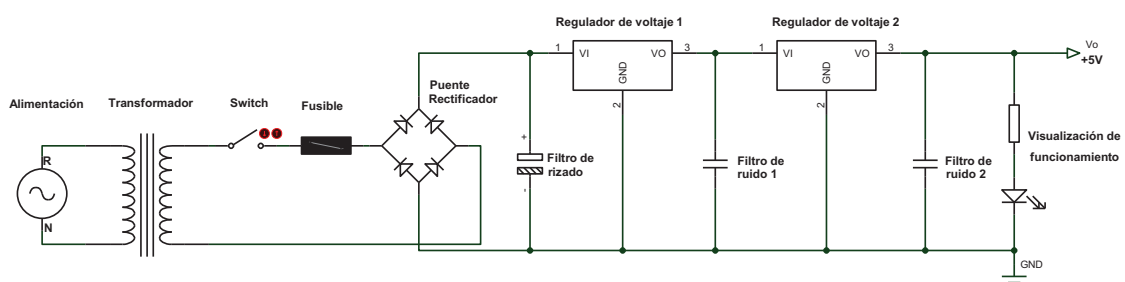


Figura 2.38 Esquema de las fuentes de +5V DC para los microcontroladores

En total, son necesarias tres fuentes, Fuente 1, Fuente 2 y Fuente 3 respectivamente. La *Alimentación* (Figura 2.38) de la Fuente 1 se la obtiene desde una UPS, la cual se encuentra ubicada en la oficina de administración, para que en caso de falta de suministro de energía eléctrica, el microcontrolador máster pueda seguir operando. La *Alimentación* (Figura 2.38) para la Fuente 2, se la obtiene del disyuntor eléctrico 1 del tablero TTA del Nivel I, fase R, (ver Figura 2.8). Mientras que la *Alimentación* (Figura 2.38) de la Fuente 3, se la toma del disyuntor eléctrico 2 del tablero TTA del Nivel II, fase R (Figura 2.9).

Los elementos empleados para la implementación de estas fuentes son los siguientes:

Tabla 2.11 Elementos empleados en las Fuentes 1, 2 y 3

Transformador	Vin=120V, Vo=12V, I=1 A
Switch	Interruptor de 2 A
Fusible	1 A
Puente rectificador	KBP210, 2A y 1000V
Filtro de rizado	Capacitor electrolítico de 1000uF y 50 V
Regulador de voltaje 1	LM7812, Vo=12V, I= 1 A
Filtro de ruido 1	Capacitor cerámico de 100Nf
Regulador de voltaje 2	LM7805, Vo=5V, I=1 A
Filtro de ruido 2	Capacitor cerámico de 100nF
Visualización de funcionamiento	Resistencia limitadora de corriente de 330 Ω
	Diodo led verde

2.1.5.2 Fuentes de alimentación para activación de los relés

Se debe implementar dos fuentes de 12 Vdc (Fuente 4 para el tablero de control TCB y Fuente 5 para el TCC), para activar a las bobinas de los relés (Figura 2.19). La capacidad de corriente de cada una de estas fuentes se determina bajo las peores condiciones, que corresponden para cuando todos los relés están energizados.

La peor condición se da dentro del tablero TCB, ya que se controlan 12 relés y cada uno de ellos consume 80mA. Al estar todos activos se tiene un total de 960

mA, por lo que se implementa una fuente de 2A de capacidad para cada tablero. El esquema del circuito, se muestra en la Figura 2.39, con el cual se tienen buenos resultados luego de varias pruebas.

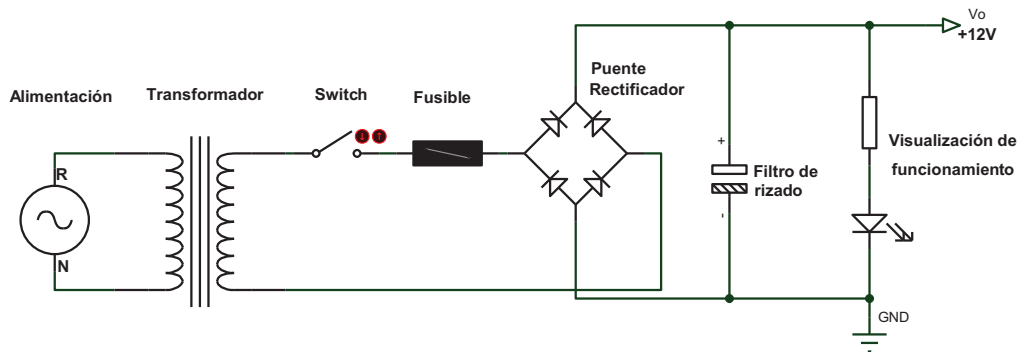


Figura 2.39 Esquema de las fuentes de +12V DC para los relés

Los elementos empleados para la implementación de la Fuente 4 y Fuente 5 son los siguientes:

Tabla 2.12 Elementos empleados en las Fuentes 4 y 5

Transformador	$V_{in}=120V, V_o=12V, I=2 A$
Switch	Interruptor de 2 A
Fusible	2 A
Puente rectificador	RS403, 4 A y 200V
Filtro de rizado	Capacitor electrolítico de 4700uF y 25 V
Visualización de funcionamiento	Resistencia limitadora de corriente de 330 Ω
	Diodo led verde

2.1.5.3 Aislamiento del conversor AC/AC y la señal de control

Como se observa en la Figura 2.24, es necesario conectar la referencia de la señal de control con el terminal de referencia del mosfet IRF740 (terminal source). Dado que hay varios conversores, no se debe hacer directamente, por esto es necesario implementar un circuito de aislamiento. Para esto se emplea el CI 6N137, que es un optoacoplador de alta velocidad. El circuito se presenta en la Figura 2.40, el cual está basado en las recomendaciones del fabricante.

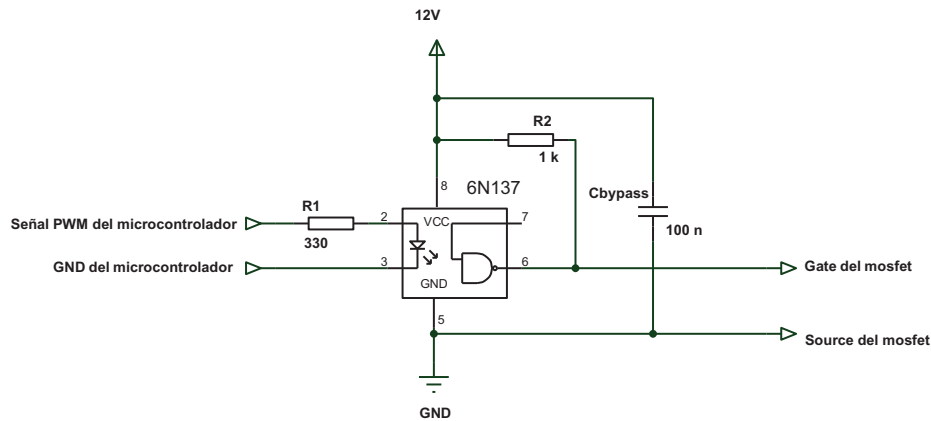


Figura 2.40 Circuito de aislamiento para el control del mosfet

Como se observa en la Figura 2.40, es necesaria una fuente con referencia aislada de 12V para el disparo del mosfet. El circuito de esta fuente se presenta en la Figura 2.41. Es necesario una fuente para cada convertidor AC/AC, por lo que se implementan 12 fuentes aisladas.

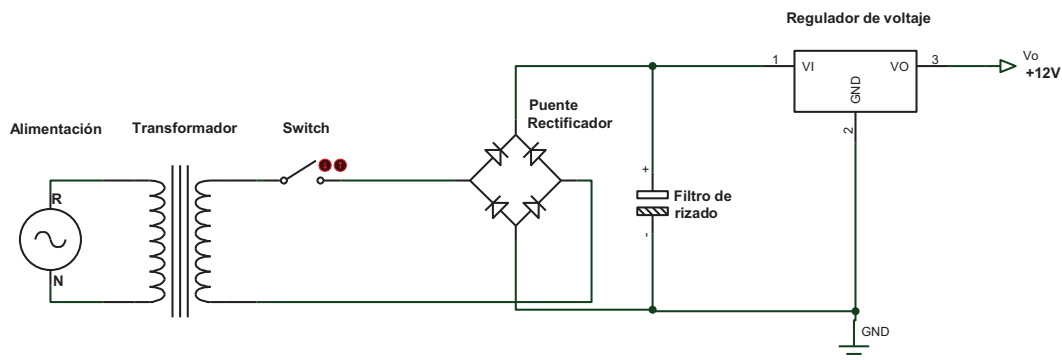


Figura 2.41 Esquema de las fuentes de 12 Vdc para el aislamiento

Debido a que la corriente que ingresa por el gate del mosfet, es bastante baja (μA), la fuente se implementa con un transformador de 300 mA, debido a que es el de capacidad más baja existente en el mercado. Los elementos empleados se presentan en la Tabla 2.13.

Tabla 2.13 Elementos empleados en las fuentes de aislamiento

Transformador	$V_{in}=120\text{V}$, $V_o=12\text{V}$, $I=300\text{ mA}$
Switch	Interruptor de 2A
Puente rectificador	KBP210, 2A y 1000V
Filtro de rizado	Capacitor electrolítico de 1000 μF y 25 V
Regulador de voltaje 1	LM7812, $V_o=12\text{V}$, $I=1\text{A}$

2.1.5.4 Integración de bloques

El diagrama en el que se muestra la integración de los distintos bloques utilizados en el sistema, se muestra en el ANEXO B. En la Tabla 2.14, se presentan todos los bloques implementados.

Tabla 2.14 Bloques implementados para el sistema de control de iluminación

Bloque	Descripción	Referencia	Ubicación
PC Interfaz		Subcapítulo 2.1.4.4	Tablero TCA
MAX 232		Figura 2.33	Tablero TCA
Microcontrolador Master		Figura 2.37	Tablero TCA
Fuente 1		Figura 2.38	Tablero TCA
MAX 485		Figura 2.37	Depende del microcontrolador
Microcontrolador Zona 1		Figura 2.37	Tablero TCB
Microcontrolador Zona 2		Figura 2.37	Tablero TCB
Microcontrolador Zona 3		Figura 2.37	Tablero TCB
Microcontrolador Zona 4		Figura 2.37	Tablero TCC
Sensor de iluminación		Figura 2.11	Techo falso
Acondicionamiento	Del sensor de iluminación	Figura 2.13	Tablero TCB
Fuente 2		Figura 2.38	Tablero TCB
Fuentes de Aislamiento	Se necesitan 12 fuentes	Figura 2.41	Tablero TCB
Aislamiento	Aislamiento de referencias del circuito de control al de potencia	Figura 2.40	Tablero TCB
Convertor AC/AC		Figura 2.24	Tablero TCB
Control balastos dimerizables		Figura 2.21	En las luminarias
Acoplamiento de relés		Figura 2.19	Depende del microcontrolador
Bobinas de relés		Figura 2.18	Depende del microcontrolador
Fuente 4		Figura 2.39	Tablero TCB
Sensores de presencia		Subcapítulo 2.1.4.1.2	En las paredes y techos falsos
Acoplamiento de sensores de presencia		Figura 2.19	Depende del microcontrolador
Alimentación General	Tomada desde los tableros eléctricos	Figura 2.8 Figura 2.9	Tablero TTA
Circuito de respaldo de modo manual		Figura 2.2	Depende del microcontrolador
Control de respaldo de modo manual		Figura 2.4	Depende del microcontrolador
Contactos de relés		Subcapítulo 2.1.4.2.1	Depende del microcontrolador
Interruptores de pared	Necesarios para el modo manual		Paredes

2.2 IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE VIDEO VIGILANCIA

2.2.1 REQUERIMIENTOS DE DISEÑO

Es necesario, que el sistema de video vigilancia para la BIEE, cumpla con las siguientes características:

- Amplia cobertura del espacio de la BIEE.
- La calidad del sistema de CCTV, debe alcanzar al RECONOCIMIENTO (Figura 1.10), para que el administrador tenga conocimiento de las actividades, que dentro de la BIEE se realizan.
- El administrador del sistema tiene acceso a la información del mismo y dependiendo de sus necesidades, puede respaldarla o eliminarla.
- Considerando el horario de atención, mientras la BIEE está abierta, se debe tener una grabación continua y por las noches solamente si se detecta movimiento.

Se elige un sistema de CCTV analógico, debido a que cumple satisfactoriamente con los requerimientos descritos anteriormente y relativamente el costo de implementación es bajo. En la Figura 2.42 se ilustran las partes más importantes de lo que se implementa:

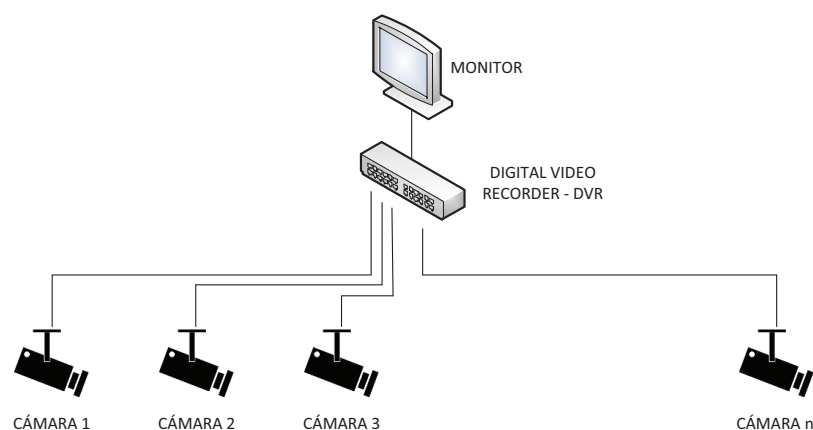


Figura 2.42 Esquema a implementar del sistema de CCTV

2.2.2 CÁMARAS DEL SISTEMA DE VIDEO VIGILANCIA

Básicamente, las características mínimas que deben tener las cámaras a utilizarse dentro de la BIEE deben ser las siguientes:

- Para uso en interiores.
- Para montaje en techo falso.
- Resolución mínima de 540 TVL (recomendadas para tener RECONOCIMIENTO de la escena).
- Lente varifocal para ajustar la imagen a ser grabada.
- Iluminación mínima de 0.1 Lux que corresponde a rangos de niveles de baja luz (ver Tabla 1.2) y que se tienen en la BIEE gracias al alumbrado público, cuando todas las luces están apagadas.

Por otro lado, para determinar el número total de cámaras, se toma en cuenta las zonas establecidas de la BIEE. A continuación se describe el análisis respectivo para la selección de cada una de ellas.

En un sistema de video vigilancia es muy importante supervisar el ingreso y la salida del lugar que se desea monitorear, por lo que se requiere una cámara para este efecto.

La zona 1 y zona 2 de la BIEE, son áreas donde normalmente existe gran cantidad de usuarios, por lo cual, se necesita una cámara para cada una de ellas.

Para cada caso se requieren cámaras que tengan compensación backlight, debido a que existen varias fuentes de luz (ventanas), las cuales afectan a las escenas que se desean grabar.

Dado que, lo que se requiere en las tres cámaras correspondientes a las áreas descritas anteriormente guardan ciertas semejanzas, se opta por la cámara tipo domo XTS - 690MDIVF-WDR, de la cual sus principales características se muestran a continuación:

Tabla 2.15 Características principales de la cámara XTS - 690MDIVF-WDR [25]

Modelo	690MDIVF-WDR
Sensor de imagen	1/3" DPS (Digital Pixel System)
Resolución	690 TVL
Iluminación mínima	0.1 Lux
Copensación backlight (BLC)	SI
Salida de video	1 Vp-p / 75 Ohms
Lente	Varifocal de 2.8 – 12 mm
Voltaje de alimentación	12 Vdc
Potencia/Corriente	< 330 W / 330 mA

En la Figura 2.43 Cámara XTS - 690MDIVF-WDRFigura 2.43, se presenta una imagen de la cámara.



Figura 2.43 Cámara XTS - 690MDIVF-WDR [25]

En la zona 3, existen varias columnas que impiden que una sola cámara cubra este espacio en su totalidad, es por esto que se aprovecha el campo de visión de personal administrativo, para ubicar una cámara que enfoque puntos ciegos para ellos. En este caso ya no se tienen fuentes de luz que afecten la escena, es por esto que no es necesario la compensación backlight (BLC), pero por otro lado se requiere una de mayor sensibilidad, ya que cuando las luces se apagan, la iluminación exterior no ingresa hasta el área de estanterías. La cámara que se escoge es tipo domo, modelo XTS - 700MDIVF, la cual se ilustra en la Figura 2.44.



Figura 2.44 Cámara XTS - 700MDIVF [26]

Las principales características se describen a continuación:

Tabla 2.16 Características principales de la cámara XTS - 700MDIVF [26]

Modelo	700MDIVF
Sensor de imagen	1/3" SONY Exview HAD II +EFFIO-E DSP
Resolución	700 TVL
Iluminación mínima	0.05 lux
Copensación backlight (BLC)	SI
Salida de video	1 Vp-p / 75 Ohms
Lente	Varifocal Autoiris 2.8~ 11 mm
Voltaje de alimentción	12 Vdc o 24 Vac
Corriente	240mA a12 VDC - 100mA a 24 VAC

En la zona 4 (Nivel II de la BIEE), son necesarias dos cámaras, la primera que cubra el área de estudio y estanterías y la segunda para cubrir los puntos ciegos de la primera, el ingreso a este nivel, el área de equipos y la salida de emergencia.

En esta zona no se tienen fuentes de luz, por lo que no se hace necesaria la compensación backlight y se selecciona cámara XTS - 700MDIVF, ver Figura 2.44 y Tabla 2.16.

Dado que la supervisión de equipos y la salida de emergencia son puntos que se requieren ser vigilados en todo momento, se elige una cámara que sea capaz de grabar en la noche, es decir con leds infrarrojos, el modelo seleccionado es: XTS-MDVPIR-540F. En la Figura 2.45, se muestra la misma y en la Tabla 2.17, sus características más importantes.

Tabla 2.17 Características principales de la cámara XTS-MDVPIR-540F [27]

Modelo	MDVPIR-540F
Sensor de imagen	1/3" Sony Super HAD CCD (DSP)
Resolución	540 TVL
Iluminación mínima	0.1 Lux (IR OFF); 0 Lux (IR on)
Copensación backlight (BLC)	Automática
Salida de video	1 Vp-p / 75 Ohms
Lente	Fijo de 3.6mm
Voltaje de alimentción	12 Vdc
Consumo de Potencia	80mA/300mA (LED On)



Figura 2.45 Cámara XTS-MDVPIR-540F [27]

La ubicación de las cámaras se muestra en el ANEXO E.

2.2.3 DISPOSITIVO DE ALMACENAMIENTO DE INFORMACIÓN DEL SISTEMA

Como se observa en la Figura 2.42, para almacenar la información que las cámaras toman, es necesario un DVR (Digital Video Recorder). Se debe elegir un equipo que cubra los requerimientos y que en lo posible permita la expansión del sistema. A continuación se describen las características mínimas que debe tener el DVR:

- Capacidad para 6 cámaras.
- Formato de compresión de las imágenes MPEG o H.264.
- Un puerto USB para realizar respaldos de información.

- Salida de video VGA o HDMI.
- Disco duro de 500 GB.

Se selecciona el equipo XTS – DVR8208S, una imagen del mismo se presenta en la Figura 2.46. Mientras que las principales características se presentan en la Tabla 2.18:

Tabla 2.18 Características del DVR XTS – DVR8208S [28]

PARÁMETRO	DESCRIPCIÓN
Procesador	High performance Dual-core embedded microprocessor
Sistema operativo	Embedded LINUX
Entrada	8 Channel, BNC (1.0Vp-p, 75Ω)
Salida	1 HDMI, 1 VGA, 1 BNC, 1 Spot BNC (1.0Vp-p, 75Ω)
Resolución	1 (1920x1080), 4 (1280x1024), 8 (1280x720), 9 (1024x768)
Formato de compression	H.264 / G.711
Modo Respaldo	Flash drive / USB HDD / USB CD&DVD-RW / Network download
Capacidad de almacenamiento	500 GB
Puertos USB	2 ports, 1 for mouse control, 1 for backup
Fuente de alimentación	DC12V/3.3A
Consumo de Potencia	15W (without HDD)



Figura 2.46 Digital video recorder XTS – DVR8208S [28]

2.2.4 INTERCONEXIÓN DE DISPOSITIVOS

En la Figura 2.47, se observa el monitor LED AOC 23" RazorLED e2343Fk, el cual, es el que se utiliza como elemento de visualización del sistema de CCTV. Este equipo tiene las siguientes características: [29]

- Screen Size: 23"W.
- Recommended Resolution: 1920×1080@60Hz.
- Input Signal: Analog RGB and DVI-D.
- Input Connector: 15-pin D-Sub and 24-pin DVI.
- Power Supply: 12VDC,3A.
- Power Consumption: Power On: <28W(Typical), Standby: <0.5W.
- Speakers: No.
- Cabine Colour: Black.



Figura 2.47 Monitor LED AOC 23" RazorLED e2343Fk [29]

La interconexión entre el monitor y el DVR se hace a través del puerto VGA y se emplea un cable VGA de 5 m de longitud, que tiene conectores DB15 machos en cada uno de sus extremos, como se muestra en la Figura 2.48.



Figura 2.48 Cable VGA con conector DB15 macho en cada extremo

Para la interconexión de las cámaras hacia el DVR, es necesario cable coaxial, además al determinar que la distancia entre la cámara más lejana y el DVR no sobrepasa los 225m, de acuerdo a la Tabla 1.3, se utiliza cable coaxial RG59, con conectores BNC machos en cada extremo, como se ilustra en la Figura 2.49.

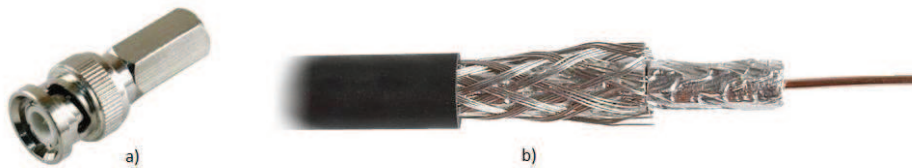


Figura 2.49 a) Conector BNC macho b) Cable coaxial RG59

También es necesario indicar que la alimentación de las cámaras es un tomacorriente regulado, es decir, de una UPS, de forma que si no existe suministro de energía eléctrica, las cámaras puedan seguir grabando por un tiempo adicional.

En la Figura 2.50, se muestra el diagrama que resume a los equipos y medios de transmisión utilizados en la implementación del sistema de CCTV de la BIEE.

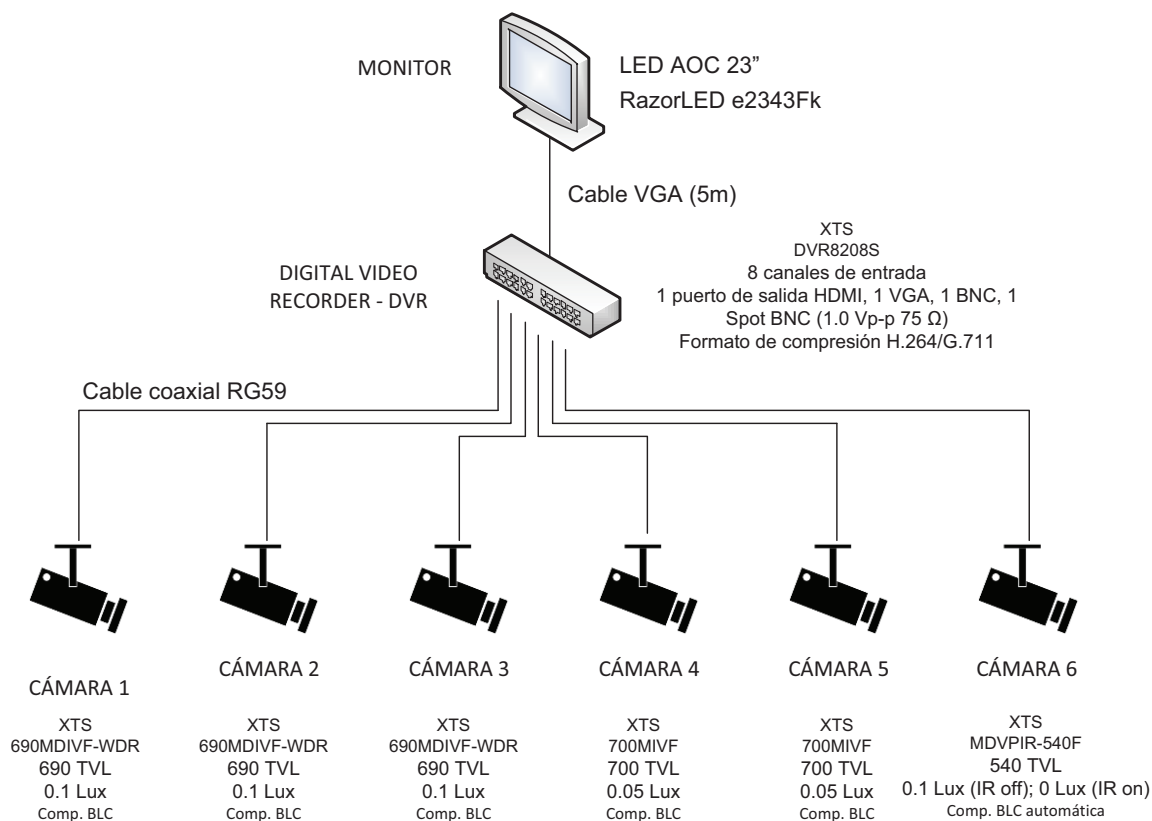


Figura 2.50 Diagrama del CCTV implementado en la BIEE

2.3 IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE COMUNICACIÓN DE MENSAJES DE AUDIO

La primera consideración, que se tiene para la implementación del sistema, es que se trata de un local cerrado y la transmisión es solamente de palabra, por lo que es necesario que el sistema cuente con un sonido claro y nítido para su entendimiento.

También se considera que el nivel máximo de volumen se mantenga entre 60 y 70 dBs (como se muestra en la Figura 1.14 del apartado 1.4.1), para evitar molestias en los usuarios, ya que en la BIEE se trabaja en silencio.

La ubicación de los altavoces se la realiza en cada una de las zonas de estudio (zona 1, zona 2, zona 4), de este modo no se centraliza al sistema, a una sola fuente sonora.

Los altavoces se conectan a través de un amplificador de audio para elevar la potencia de la señal de entrada. El ingreso del sonido al amplificador, se hace a través de dos medios, el primero con un micrófono manejado por el administrador, y el segundo por medio de la computadora con mensajes pregrabados. El diagrama del sistema se lo muestra en la Figura 2.51.

Es necesario tener las dos formas de introducir la señal de audio, debido a que existen mensajes repetitivos que se pueden reproducir desde grabaciones, pero eventualmente van a existir ciertas disposiciones diferentes, para lo cual el administrador debe transmitir el mensaje a través del micrófono.

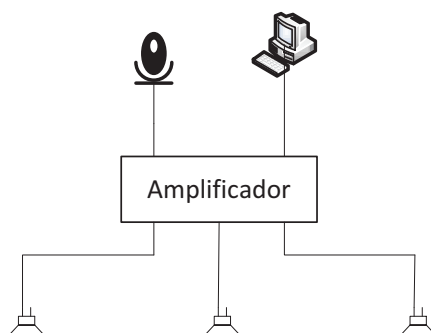


Figura 2.51 Conexión de los elementos del sistema de audio

2.3.1 COMPONENTES DEL SISTEMA DE COMUNICACIÓN DE MENSAJES DE AUDIO

2.3.1.1 Altavoces

Es necesario el uso de 3 altavoces ubicados en cada una de las zonas de estudio, como se muestra en el ANEXO E. La posición de cada uno de los altavoces se hace tomando en cuenta el centro de la sala de estudio para que la atenuación sea uniforme.

Es necesario que el sonido sea nítido, por lo que se utilizan componentes de la misma marca y bajo las recomendaciones del fabricante. Los altavoces que se utilizan son de marca BOSE de la serie DS – 16F. En la Figura 2.52, se observa a estos altavoces.



Figura 2.52 Altavoces BOSE de la serie DS – 16F [30]

A continuación se describen las principales características de estos equipos: [30]

- Sensibilidad 84 dBs SPL.
- Volumen máximo 96 dBs SPL.
- Impedancia 8 Ω .
- Para locales cerrados.
- Recomendable usar cable de 14 AWG a 18 AWG.
- Potencia 16w.
- Ancho de banda de 95 Hz a 17 kHz.
- Uso recomendado con el amplificador BOSE IZA 250 – LZ.
- Dispersión nominal 140° cónica.

2.3.1.2 Amplificador

El amplificador utilizado es la marca BOSE de la serie IZA 250 – LZ, y tiene las siguientes características: [31]

- Dos canales de salida.
- Potencia 2 x 50w a 4 Ω ; 2 x 25w a 8 Ω .
- Ancho de banda de 40 Hz a 20 kHz.
- Entradas: dos líneas de entrada RCA, 1 entrada de micrófono, 1 entrada auxiliar.
- Consumo de potencia eléctrica de 15w a 200w.



Figura 2.53 Amplificador BOSE de la serie IZA 250 – LZ [31]

2.3.1.3 Entrada de audio

Como se mencionó anteriormente, se utiliza dos líneas de entrada de audio. La primera a través de un micrófono de escritorio, colocado en la oficina del administrador. El micrófono que se utiliza es de cuello de ganso, para escritorio, de la serie TDM - 300. En la Figura 2.54, se muestra el micrófono utilizado en la sistema de comunicación de mensajes de audio.



Figura 2.54 Micrófono TDM - 300

La segunda forma de ingresar el sonido al amplificador es a través de la PC, para lo cual se conecta la tarjeta de sonido de la misma a una de las entradas del amplificador.

2.3.2 CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DEL SISTEMA

Los altavoces seleccionados tienen un volumen máximo de 96 dBs y un ángulo de cobertura de 140°. También es necesario tomar en cuenta las dimensiones del área que cubren los altavoces, para calcular aproximadamente la atenuación que se tiene en la sala. La zona 1 y zona 2 tienen aproximadamente las mismas dimensiones:

Tabla 2.19 Dimensiones de las zonas que cubren los altavoces

Zona	Largo	Ancho	Alto
Zona 1	17.5 m	9.5 m	3.35 m
Zona 2	17.5 m	9.5 m	3.35 m
Zona 4	17.5 m	9.5 m	2.70 m

Para la zona 1 y zona 2, los altavoces son fuentes sonoras puntuales y se ubican aproximadamente en el centro de la sala, aproximadamente a 8.75m de la pared más lejana.

El cálculo de la atenuación se hace tomando en cuenta, el criterio de que en fuentes puntuales la atenuación es de 6 dBs cada vez que se duplica la distancia a la fuente, como se explica en el subcapítulo 1.4.2.1. Se toma en cuenta 2 puntos críticos (A y B), como se muestra en la Figura 2.55.

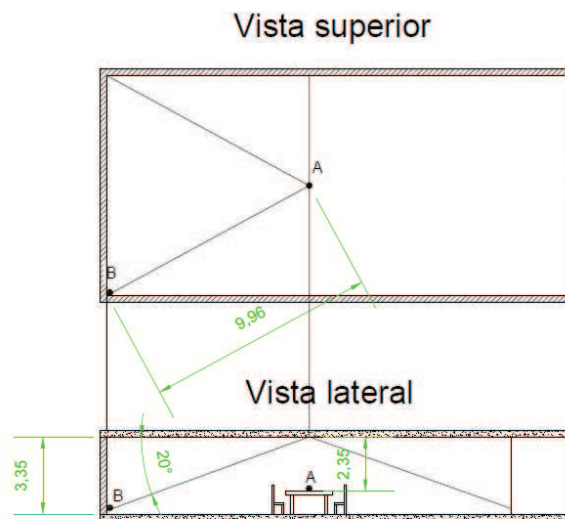


Figura 2.55 Distancias de atenuación de los altavoces zona 1,2

El primer punto crítico A, es en el lugar más cercano al altavoz, a una distancia de 2,35m. Entonces la atenuación es de aproximadamente 12 dBs.

En el segundo punto crítico, que es el lugar más alejado de la sala, se calcula la distancia:

$$d = \sqrt{9,96^2 + 3,35^2} = 10.51m$$

Por lo tanto, la atenuación es de aproximadamente 24 dBs.

Si se toma en cuenta el nivel máximo de volumen de los parlantes de 96 dB, se tiene un nivel de volumen en el primer punto crítico de 84 dB y en el segundo de 72 dB.

Para la zona 4 se realiza los cálculos de igual manera y se tiene las medidas como se muestra en la Figura 2.56.

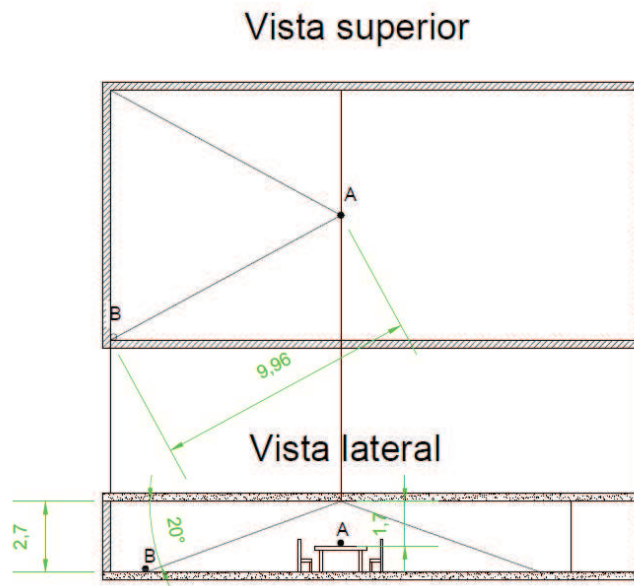


Figura 2.56 Distancias de atenuación del altavoz zona 4

El primer punto crítico es en el lugar más cercano al altavoz, a una distancia de 1,7m. Por lo tanto la atenuación es de aproximadamente 12 dBs. En el segundo punto crítico, que es el lugar más alejado de la sala, se calcula la distancia:

$$d = \sqrt{9,96^2 + 2,7^2} = 10.32m$$

Por lo tanto, la atenuación es de aproximadamente 24 dBs.

Si se toma en cuenta el nivel máximo de volumen de los parlantes de 96 dB, se tiene un nivel de volumen en el primer punto crítico de 84 dB y en el segundo de 72 dB.

Es decir el volumen del altavoz es suficiente para tener un sonido claro y nítido, sin embargo no es necesario utilizar los altavoces al volumen máximo, para evitar que éste sea muy alto en el punto A. La calibración se hace experimentalmente, una vez instalado el sistema.

2.3.3 INTERCONEXIÓN DE LOS DISPOSITIVOS DEL SISTEMA [31]

Para la conexión de los altavoces con el amplificador, hay que tomar en cuenta que el amplificador de sonido tiene dos salidas por impedancia constante (2x50W a 4Ω o 2x25W a 8Ω). Además la impedancia de cada uno de los altavoces es de 8Ω. Por lo que se conecta en el canal 1 dos altavoces en paralelo (4 Ω) y en el canal 2 el tercer altavoz (8 Ω), como se muestra en la Figura 2.57.

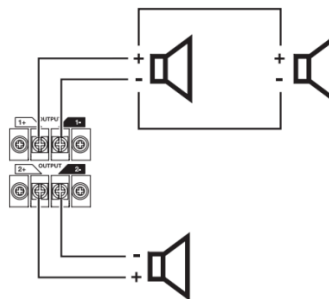


Figura 2.57 Conexión de los altavoces a las salidas del amplificador [31]

Es necesario determinar el modo en que se utilizan las dos entradas de audio, ya que se utilizan canales independientes del amplificador. Para la conexión de la señal de audio de la PC, se siguen las recomendaciones del fabricante para un conector mono estéreo, como se muestra en la Figura 2.58. Se habilita la misma, cortocircuitando dos terminales de la entrada (PPT y ▼), como se muestra en la Figura 2.59. Para realizar esta acción se utiliza un relé electromagnético controlado desde la interfaz y así cuando es necesario transmitir un mensaje pregrabado, se lo activa. La entrada del micrófono está habilitada en cualquier

momento. Para transmitir un mensaje es necesario encenderlo (se recomienda tener el micrófono apagado y encenderlo solamente cuando vaya a ser usado). Mientras se transmite un mensaje pregrabado, la entrada del micrófono se bloquea.

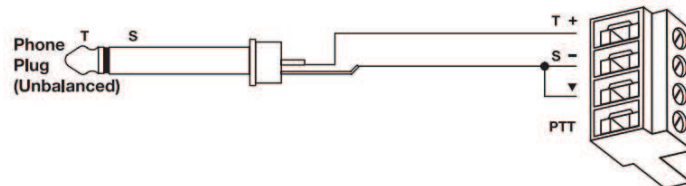


Figura 2.58 Conexión de la entrada de audio del amplificador [31]

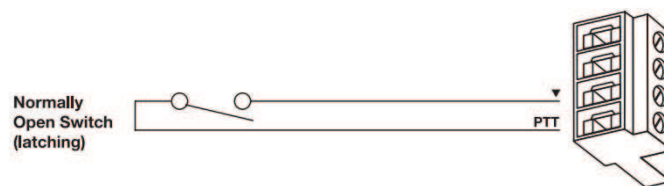


Figura 2.59 Habilitación de la entrada de audio [31]

Para seleccionar el mensaje pregrabado a transmitirse, se utiliza la misma interfaz que para el sistema de control automático de iluminación, Figura 2.27. En la cual se tiene la opción para acceder a la ventana de mensajes de audio. Al ingresar, se tiene la pantalla que se muestra en la Figura 2.60.



Figura 2.60 Interfaz para el manejo de mensajes pregrabados de audio

Los mensajes disponibles para la reproducción, están almacenados en el directorio: “/home/biee/Documentos/Mensajes de audio” de la PC del administrador. En la parte superior derecha de la Figura 2.60, se muestran los archivos disponibles. En la parte inferior se tiene los controles, los cuales incluyen botones de reproducir, parar y aumentar/disminuir volumen. También se tiene la opción de regresar a la pantalla inicial y un botón de ayuda.

CAPÍTULO 3

3 DESARROLLO DEL PROGRAMA DE CONTROL

Los programas de los microcontroladores se desarrollaron en mikroC PRO for AVR 5.0 de MikroElektronika, cuyo compilador utiliza lenguaje C.

Por otro lado la programación de la interfaz gráfica, se la realiza bajo software libre, en Gambas2, un compilador que utiliza el lenguaje BASIC, como se describe en el apartado 2.1.4.4.

3.1 PROGRAMA PARA LA INTERFAZ DE MONITOREO Y MANDO DEL SISTEMA DE CONTROL DE ILUMINACIÓN

3.1.1 DESCRIPCIÓN GENERAL

La interfaz de monitoreo que se desarrolla, está basada en la programación orientada a eventos, que a diferencia de la secuencial y la interactiva, una vez que se ha iniciado la aplicación, lo único que hace es esperar que el usuario realice alguna acción, la cual es denominada evento. Algunos ejemplos de programas orientados a eventos son las aplicaciones típicas de Windows, tales como: Word, Excel, PowerPoint y otros.

Asimismo, las acciones que el usuario puede realizar en un momento determinado son muy variadas. Son eventos típicos el clic sobre un botón, hacer doble clic sobre el nombre de un fichero para abrirlo, arrastrar un ícono, pulsar una tecla o combinación de teclas, el elegir una opción de un menú, el escribir en una caja de texto, o simplemente mover el ratón.

Cada vez que se produce un evento sobre un determinado tipo de control, arranca una función o procedimiento que realiza la acción programada por el usuario.

Gambas nombra a estos procedimientos automáticamente, por ejemplo: txtBox_click donde txtBox es el objeto y click el evento.

3.1.2 DESCRIPCIÓN DE LA INTERFAZ

La interfaz de monitoreo y mando a distancia del sistema, está formada por un conjunto de ventanas. En la Figura 3.1, se muestra el diagrama de estados de la interfaz, en el cual, se sintetizan los eventos generados por el usuario bajo los cuales se despliegan las distintas ventanas.

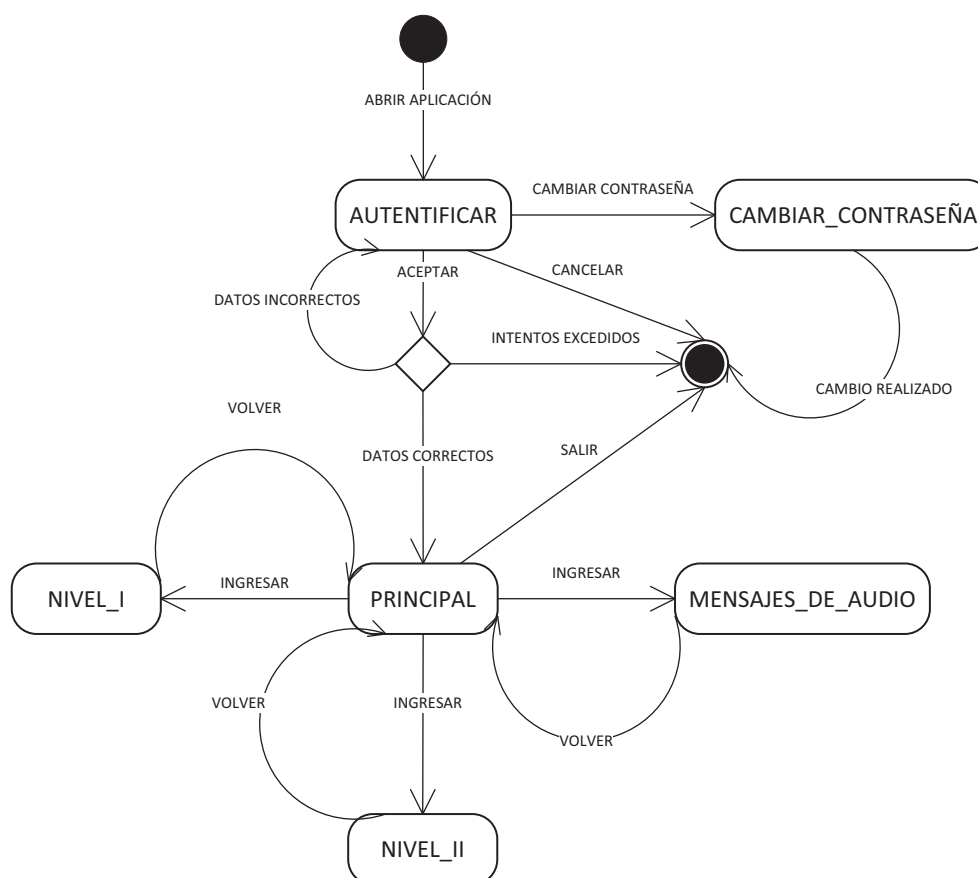


Figura 3.1 Diagrama de estados de la interfaz de monitoreo y mando a distancia del sistema

3.1.2.1 Ventana AUTENTIFICACIÓN

La aplicación se inicia al hacer doble clic en un archivo ejecutable guardado en un ordenador de la administración de la BIEE (Figura 3.2), al realizar esta acción lo

primero que se muestra es la ventana para validar los datos del administrador (Figura 3.3), a través de un usuario y una contraseña.

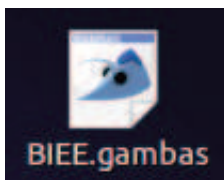


Figura 3.2 Ícono para arrancar la aplicación

El usuario cuenta con 3 intentos para ingresar los datos correctamente, en caso de no hacerlo se muestra un mensaje de "Intentos excedidos" y se cierra la aplicación.

La ventana de autenticación tiene un título "BIEE" y un subtítulo "DATOS DE AUTENTIFICACIÓN". Incluye campos de entrada para "Usuario" y "Contraseña", un botón "ACEPTAR", un botón "SALIR" y un enlace "Cambiar contraseña".

Figura 3.3 Ventana AUTENTIFICACIÓN

Al presionar ENTER o dar clic sobre el botón ACEPTAR en esta ventana, se comparan los datos con los almacenados en una base de datos. Luego de verificar que los campos coincidan, se despliega otra ventana que se muestra en la Figura 3.7.

3.1.2.2 Ventana CAMBIAR_CONTRASEÑA

Existe la posibilidad de cambiar la contraseña, al dar doble clic sobre esa opción (Figura 3.3), se despliega una nueva ventana, la cual solicita el ingreso de la contraseña actual (Figura 3.4).

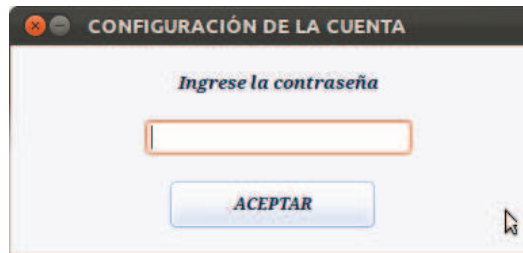


Figura 3.4 Ventana para ingresar contraseña actual

Si se ingresa correctamente, se abre una nueva ventana que solicita completar los campos mostrados en la Figura 3.5. Cuando se da clic sobre la opción GUARDAR, se muestra un mensaje para confirmar el cambio de la contraseña, si se acepta, se actualiza la base de datos y se cierra la aplicación para ser reiniciada, caso contrario se los desecha y se regresa a la ventana AUTENTIFICACIÓN.



Figura 3.5 Ventana con campos para cambiar contraseña

3.1.2.3 Ventana PRINCIPAL

Una vez que se han verificado los datos de usuario, se abre la ventana de la Figura 3.7 y se ejecuta a subrutina PRINCIPAL_Open, dentro de la cual se configura el puerto de comunicación serial para utilizarlo desde una salida USB del ordenador. Además, se verifica el modo de operación, en caso de ser manual se muestra un mensaje de aviso, mientras que si es automático/distancia se realiza la inicialización y actualización del sistema, para lo cual se debe cargar la ventana NIVEL_I y NIVEL_II sin necesidad de mostrarlas. Esta subrutina se observa en la Figura 3.6

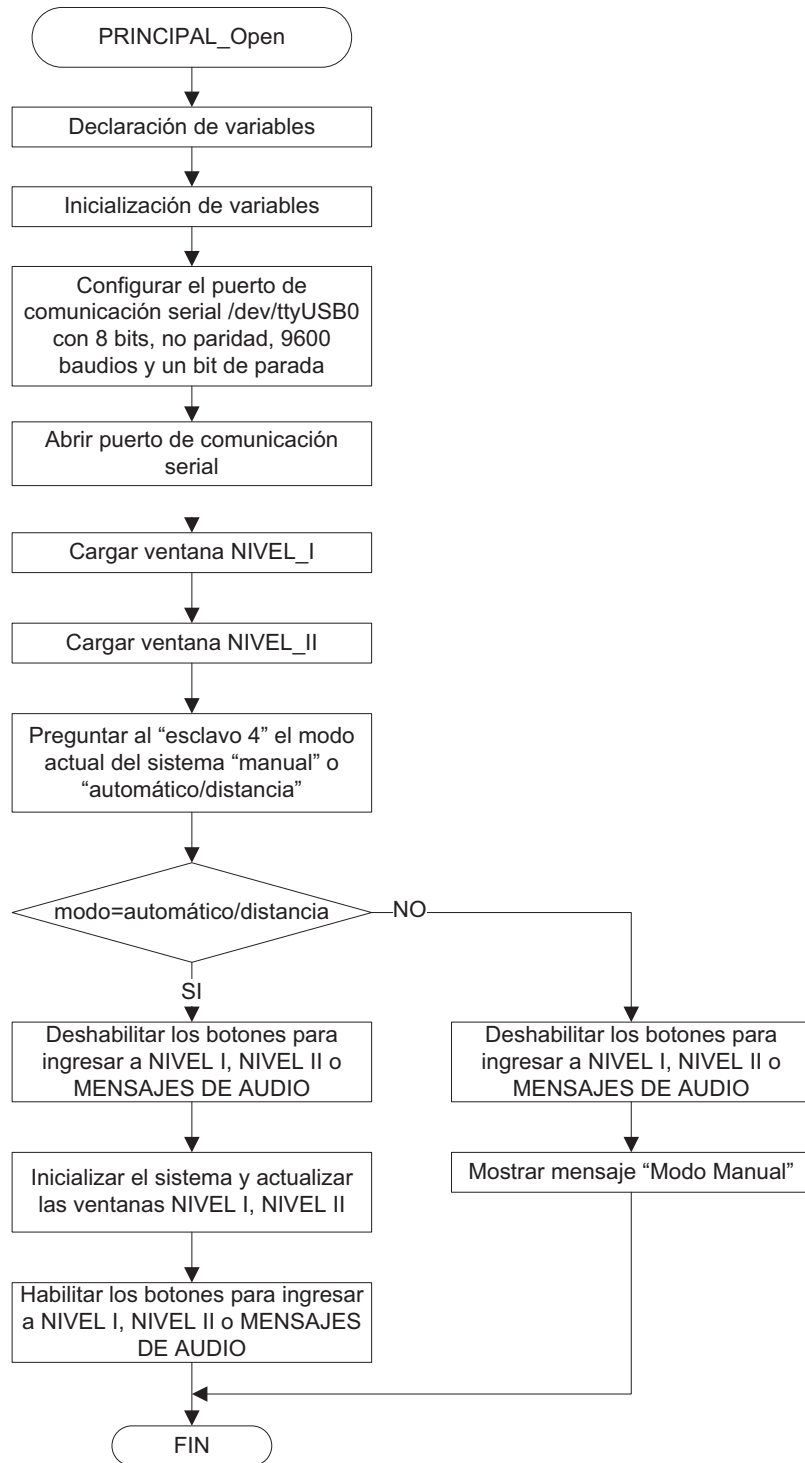


Figura 3.6 Subrutina PRINCIPAL_Open

Mientras se inicializa la aplicación, y el modo de operación del sistema es automático/distancia, una barra va mostrando el progreso, cuando alcanza el 100%, se oculta y los botones de INGRESAR se habilitan.



Figura 3.7 Ventana PRINCIPAL en la inicialización

Cuando se da clic sobre alguno de los botones INGRESAR, de NIVEL I, NIVEL II y de MENSAJES DE AUDIO Figura 3.7, se despliega la ventana NIVEL_I, NIVEL_II y MENSAJES_DE_AUDIO respectivamente.

3.1.2.4 Ventana de monitoreo y mando NIVEL_I

Una vez que se ha ingresado en esta ventana, se despliega una pantalla con el esquema organizativo del Nivel I de la BIEE y con la distribución de todas las luminarias (Figura 3.8).

El color de las luminarias indica su estado, rojo si están apagadas y verde si están encendidas, cada vez que alguna cambie de estado se la actualiza.

Por defecto, la aplicación inicia en modo automático, por lo que el PANEL DE CONTROL y el botón APAGADO GENERAL, se encuentran deshabilitados y se habilitan al activar el MANDO A DISTANCIA, ya que solamente se los utiliza en este caso.

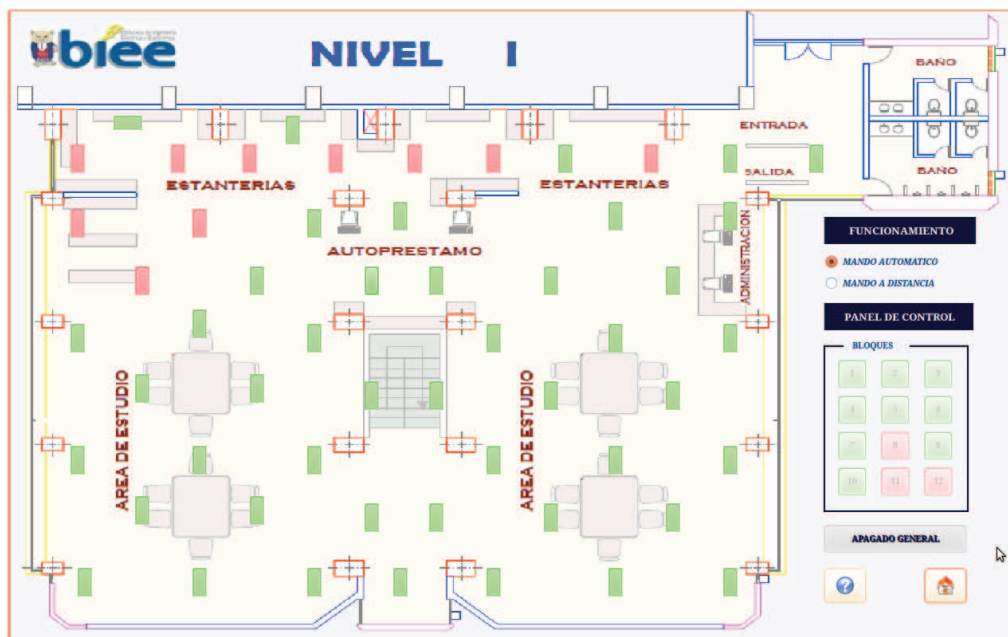


Figura 3.8 Ventana de monitoreo y mando NIVEL_I en modo automático

Para el mando a distancia, cuando el usuario desee encender uno o más conjuntos de luminarias, debe acercar el puntero del ratón al PANEL DE CONTROL (Figura 3.9), dependiendo del botón que se seleccione, se pintan de azul, las luminarias correspondientes a ese circuito, y con un clic sobre el botón se enciende o se apaga el circuito correspondiente.

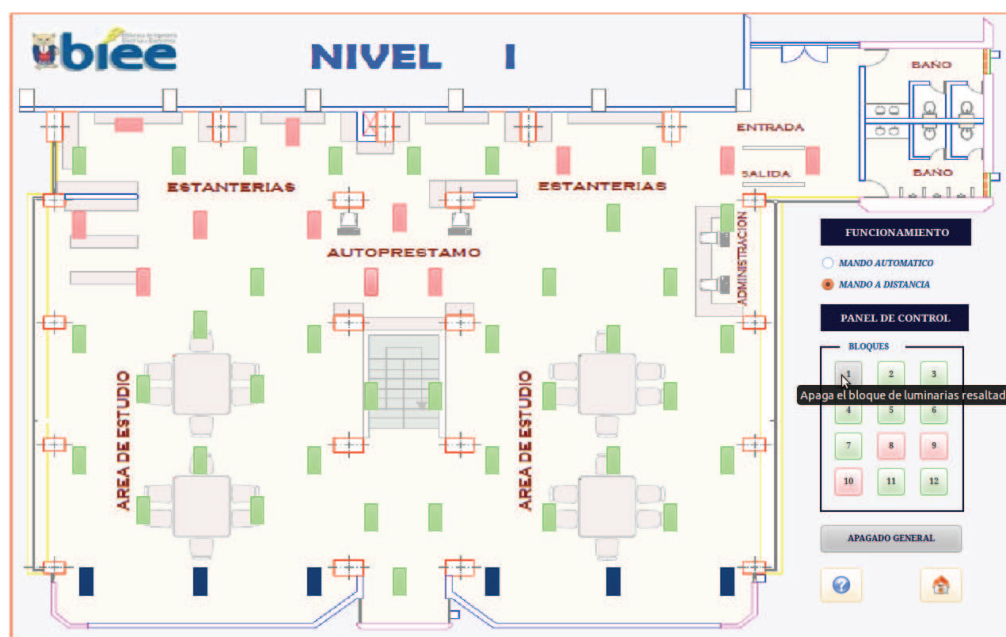


Figura 3.9 Selección del circuito 1 para apagar las luminarias azules

El botón APAGADO GENERAL, despliega una ventana de confirmación (Figura 3.10), si ésta es aceptada, se pide al usuario ingresar la contraseña (Figura 3.4). Al ser validada se ejecuta la orden y se apagan todas las luminarias de la biblioteca, luego de lo cual se realiza el procedimiento de actualización del estado de las luminarias.

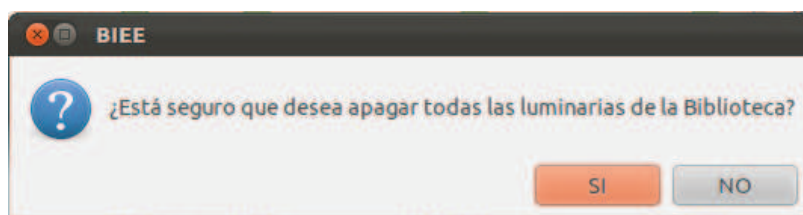


Figura 3.10 Mensaje de confirmación de la orden APAGADO GENERAL

3.1.2.5 Ventana de monitoreo y mando NIVEL_II

En la Figura 3.11, se muestra la ventana con la organización del Nivel II de la BIEE y la distribución de las luminarias, la cual cuenta con una estructura similar a la descrita para el Nivel I.

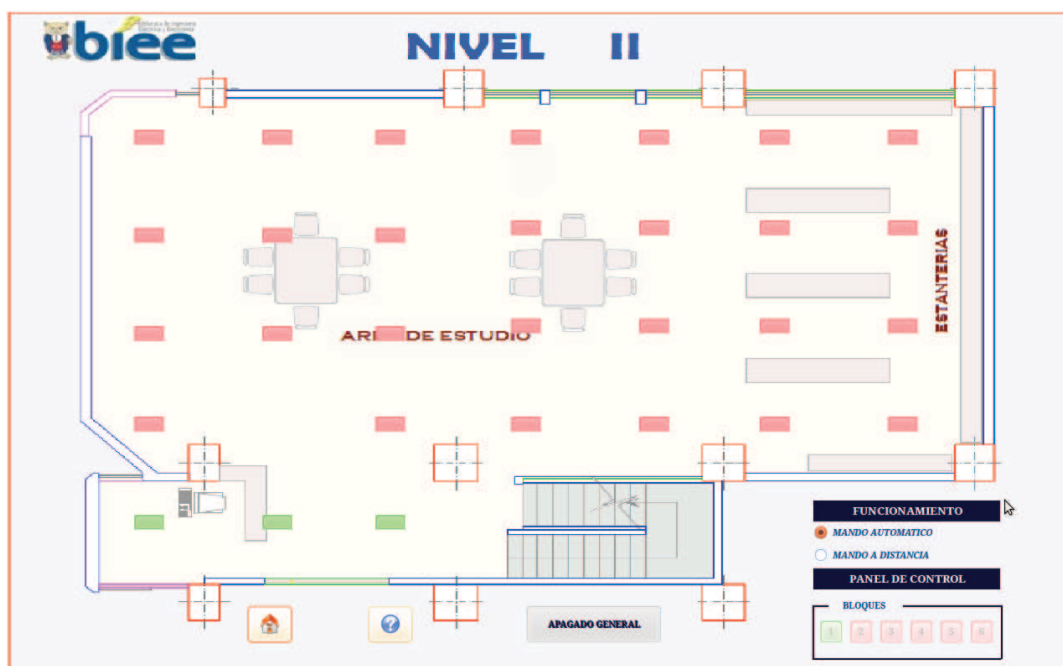


Figura 3.11 Ventana de monitoreo y mando NIVEL_II en modo automático

3.1.2.6 Ventana MENSAJES_DE_AUDIO

Al ingresar en esta ventana (Figura 3.12), los botones de PLAY/PAUSE y el de STOP, están deshabilitados, y solo se habilitan una vez que el usuario seleccione el mensaje a reproducir, haciendo doble clic sobre alguno de ellos. Además, se cuenta con un control de volumen que por defecto inicia al 50%.

Con un clic sobre el botón PLAY/PAUSE, se envía la orden al microcontrolador máster que active el relé electromagnético, para habilitar el canal de entrada de la señal de audio (procedente del computador) en el amplificador. Cuando termina la reproducción, se envía la orden para desactivar el relé y deshabilitar la entrada. Nuevamente el botón PLAY/PAUSE vuelve a su estado inicial.

El botón STOP detiene la reproducción del mensaje en cualquier momento y envía la orden de desactivación del relé.



Figura 3.12 Ventana MENSAJES_DE_AUDIO

Se debe indicar que las ventanas: NIVEL_I, NIVEL_II Y MENSAJES_DE_AUDIO, cuentan con un botón para regresar a la ventana PRINCIPAL y otro para obtener ayuda sobre el uso de la aplicación.

3.1.3 COMUNICACIÓN DE LA PC CON EL MICROCONTROLADOR MÁSTER

Para realizar la comunicación se configura un objeto de la clase SerialPort, el cual se ubica en el formulario de la ventana PRINCIPAL, eso quiere decir que tanto el envío y la recepción de datos, se realizan dentro de dicha ventana mientras se ejecuta, por este motivo cuando se desea realizar una acción desde NIVEL_I, NIVEL_II o MENSAJES_DE_AUDIO, se asigna la cadena de caracteres a una variable global para que sea enviada desde la ventana PRINCIPAL.

Algo muy similar ocurre en la recepción, la subrutina de lectura se ejecuta en la ventana PRINCIPAL y dependiendo del estado que se reporte desde el microcontrolador máster se realizan cambios en NIVEL_I o NIVEL_II.

3.1.3.1 Envío de datos desde el computador al microcontrolador máster

Cuando se ejecuta una orden desde el computador, éste envía un paquete de datos. La instrucción "PRINT" de Gambas, envía un dato de tipo string, agregando un carácter nulo, el cual indica el fin de la cadena de caracteres.

En la Figura 3.13 se presenta un ejemplo de la cadena de caracteres que se envía para realizar una orden y se indica lo que representa cada uno de ellos.

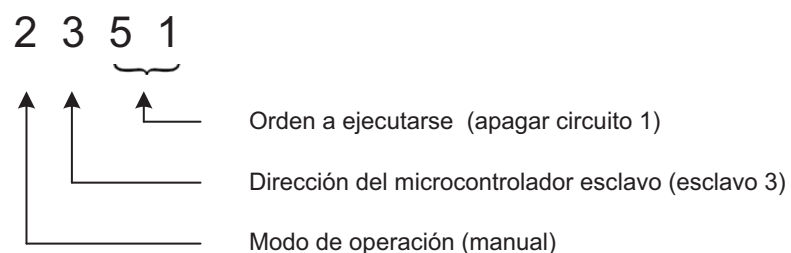


Figura 3.13 Ejemplo del formato de envío de datos desde la PC al microcontrolador máster

3.1.3.2 Recepción de datos

Dado que el microcontrolador máster envía tres bytes para reportar del estado de los esclavos (como se muestra en la Figura 3.14), dentro de la subrutina de lectura, se lee los bytes en un vector hasta que llegue el carácter 'Z', cuando esto ocurre se hace un barrido para determinar la acción a ser realizada en la ventana NIVEL_I o NIVEL_II.

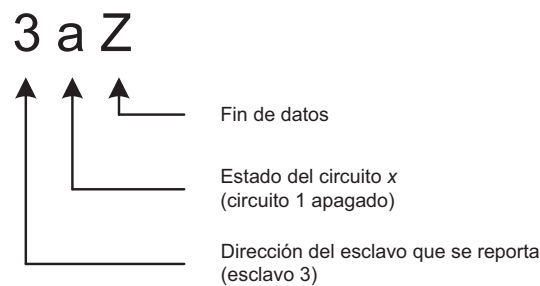


Figura 3.14 Ejemplo del formato de datos que se reciben

3.2 PROGRAMA DE CONTROL PARA EL MICROCONTROLADOR MÁSTER

3.2.1 DESCRIPCIÓN GENERAL

La función principal que desempeña el microcontrolador máster es la de reducir el procesamiento de información, al transmitir datos desde el ordenador hacia cada uno de los esclavos y viceversa.

También se encarga de controlar el relé electromagnético, para que los mensajes de audio pregrabados sean reproducidos.

Los recursos que utiliza son los dos puertos de comunicación serial a 9600 baudios, un temporizador y varios pines de entrada y salida. Además se tiene un cristal externo de 16 MHz y un botón de reset.

3.2.1.1 Programa Principal

Cuando el programa principal empieza a ejecutarse, se configuran e inicializan los recursos que se aprovechan del microcontrolador, luego de ello se verifica el modo de operación actual del sistema (manual o automático/distancia, ver explicación del apartado 2.1.1), en caso de que el modo sea automático/distancia se ejecuta la subrutina BARRIDO_INICIO, para actualizar la interfaz de monitoreo.

Dentro del lazo repetitivo, se verifica si el modo de operación es automático/distancia y si alguno de los microcontroladores esclavo se ha reiniciado para ejecutar la subrutina BARRIDO_INICIO y volver actualizar todo el sistema. A continuación se presenta el diagrama de flujo del programa principal.

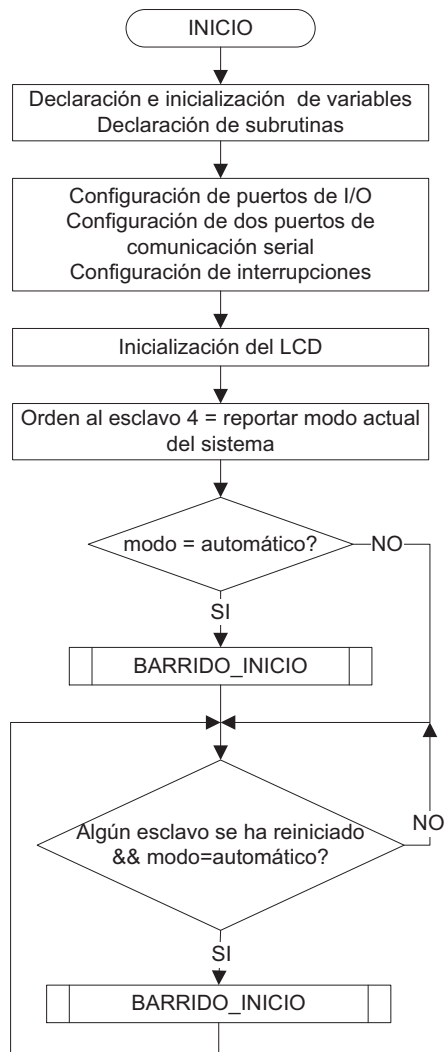


Figura 3.15 Programa principal del microcontrolador máster

3.2.1.2 Subrutina BARRIDO_INICIO

Esta subrutina se ejecuta en los siguientes casos:

- La interfaz de monitoreo inicia
- En la interfaz de monitoreo se ordena el cambio a modo automático
- El microcontrolador máster o algún esclavo se ha reiniciado

Básicamente se ordena a los esclavos el funcionamiento en modo automático y se les solicita el reporte del estado de los circuitos de iluminación que cada uno de ellos controla, esta subrutina se presenta en la Figura 3.16.

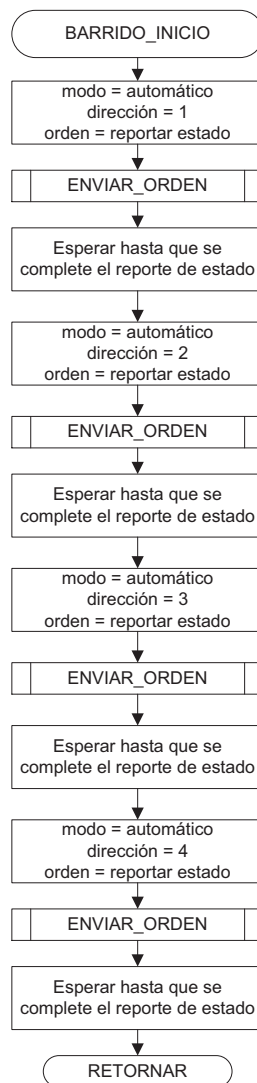


Figura 3.16 Subrutina BARRIDO_INICIO

3.2.1.3 Interrupción de comunicación COM_PC_MÁSTER

El microcontrolador máster almacena los datos que llegan, en un arreglo hasta encontrar el carácter nulo. Luego, decodifica la orden y la envía al esclavo respectivo. Para la reproducción de mensajes pregrabados de audio, la orden la ejecuta el mismo máster. En la Figura 3.17 se presenta el respectivo diagrama de flujo.

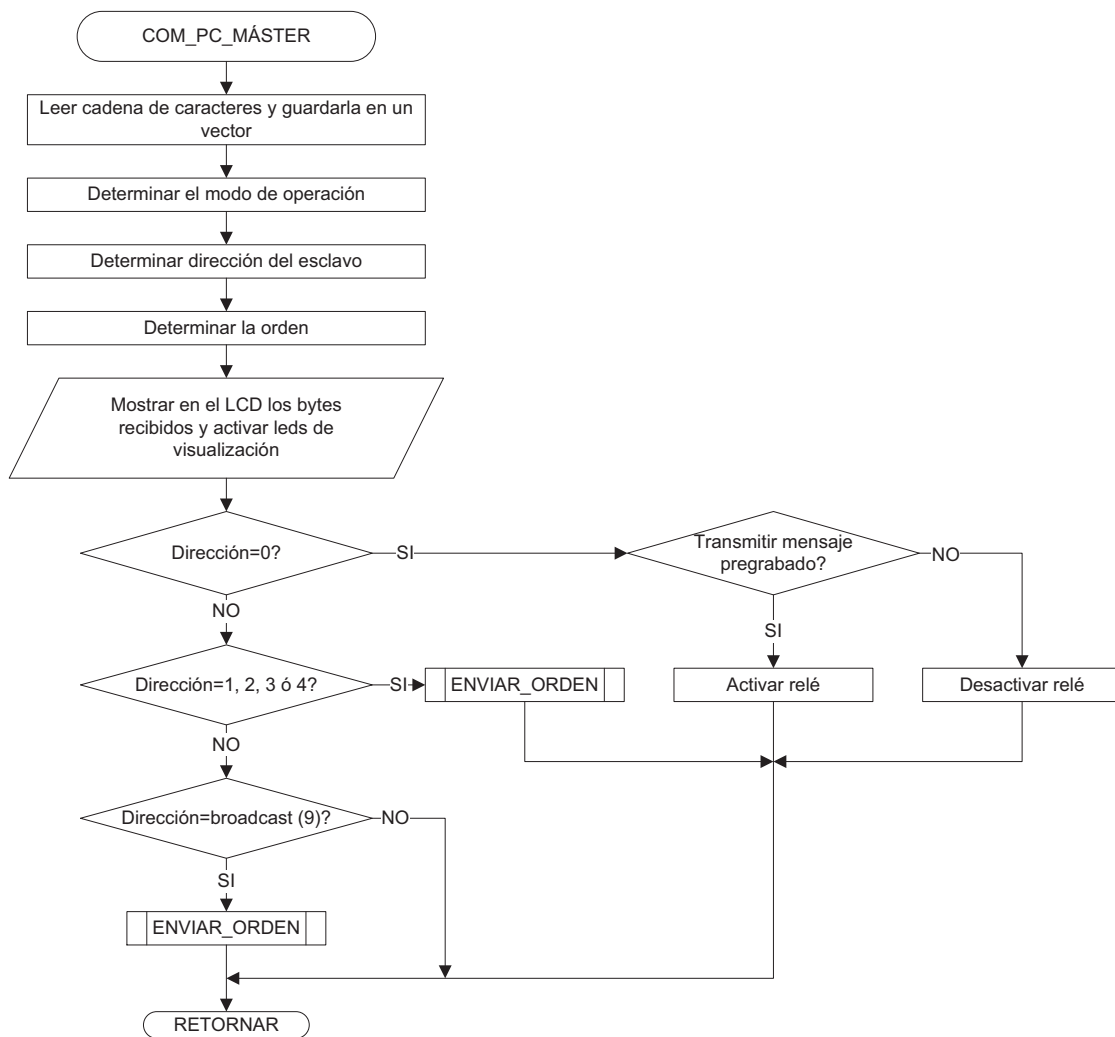


Figura 3.17 Interrupción de recepción COM_PC_MÁSTER

3.2.1.4 Subrutina de envío de datos ENVIAR_ORDEN

Como se ha indicado anteriormente, la comunicación entre el máster y los esclavos es serial asincrónico de 9 bits y se cambia los niveles de voltaje, según

lo establecido en el estándar RS485. Para eso se emplean los CI MAX485, dispositivos que tienen líneas de control para habilitar o deshabilitar el envío y recepción de datos. Se configura al CI MAX485 para recibir datos en cualquier momento y solamente dentro de esta subrutina (ENVIAR_ORDEN), cambie de estado y se permita el envío de datos. En la Figura 3.18 se presenta el diagrama de flujo respectivo.

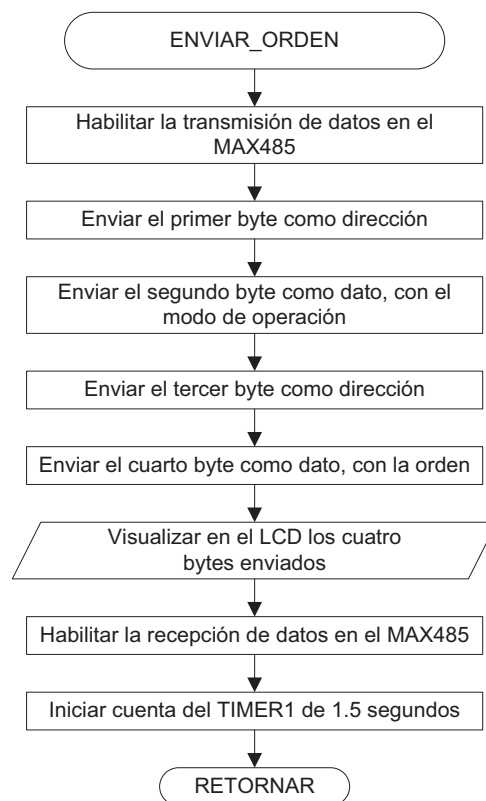


Figura 3.18 Subrutina ENVIAR_ORDEN

Es necesario indicar que siempre que se envía un dato a alguno de los esclavos, se espera la confirmación de que se los ha recibido. En caso de que no se confirme, se configura el temporizador TIMER1 para que después de 1.5 segundos el máster envíe la orden nuevamente, esto se hace hasta por tres ocasiones. En caso de que no se reciba ninguna confirmación luego de este procedimiento, se desecha la orden y en la interfaz se presenta un mensaje indicando que se ha tenido un error en la comunicación y que se debe repetir la orden. La subrutina que se ejecuta, cuando el temporizador finaliza la cuenta de 1,5 segundos, se presenta en la Figura 3.19.

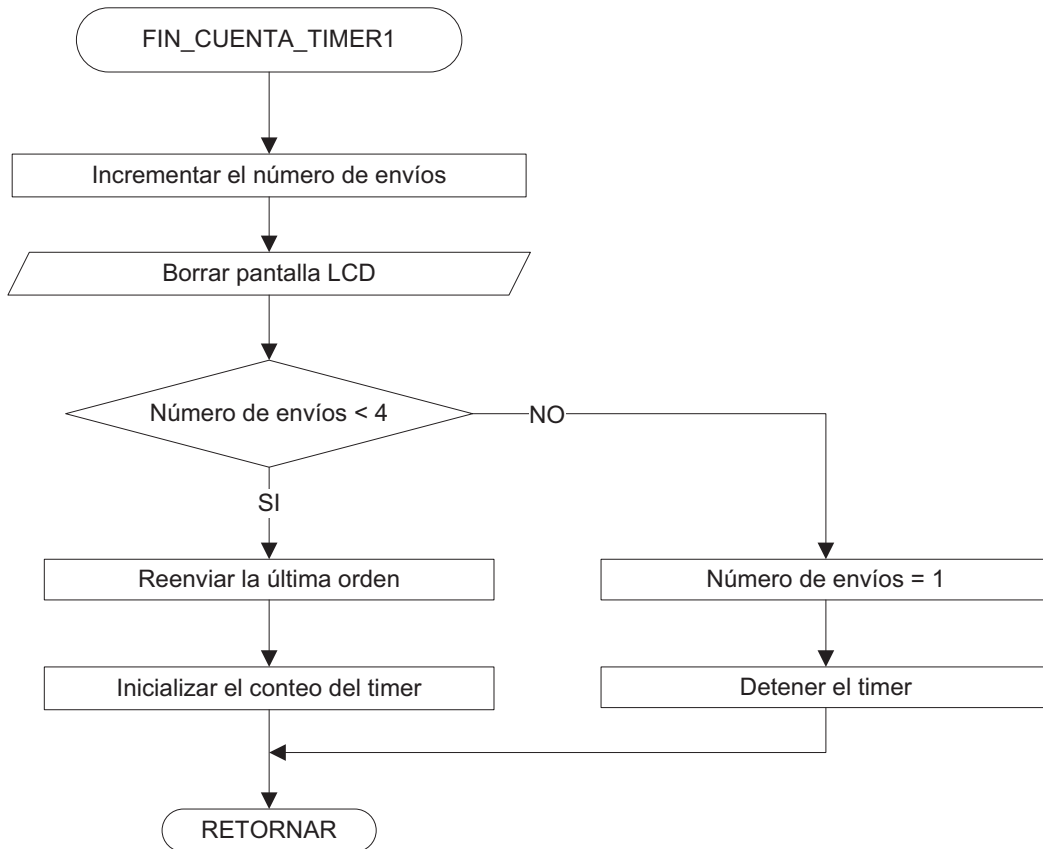


Figura 3.19 Subrutina FIN_CUENTA_TIMER1

3.2.1.5 Interrupción de comunicación COM_ESCLAVO_MÁSTER

Cada esclavo se comunica con el máster enviando un paquete tres bytes, el primero indica la dirección, el segundo indica el estado del esclavo, mientras que el tercero indica el final del paquete de comunicación (carácter 'Z').

Esta subrutina se ejecuta cada vez que llega un byte procedente de algún esclavo, cada byte se almacena en un vector y se comprueba si es 'Z', en cuyo caso, se reinicia el índice del vector (paquete completo). También se determina la dirección y el estado del esclavo, luego de lo cual, esa información se envía al computador a través de la subrutina ENVIAR_RESP. El diagrama de flujo se muestra en la Figura 3.20.

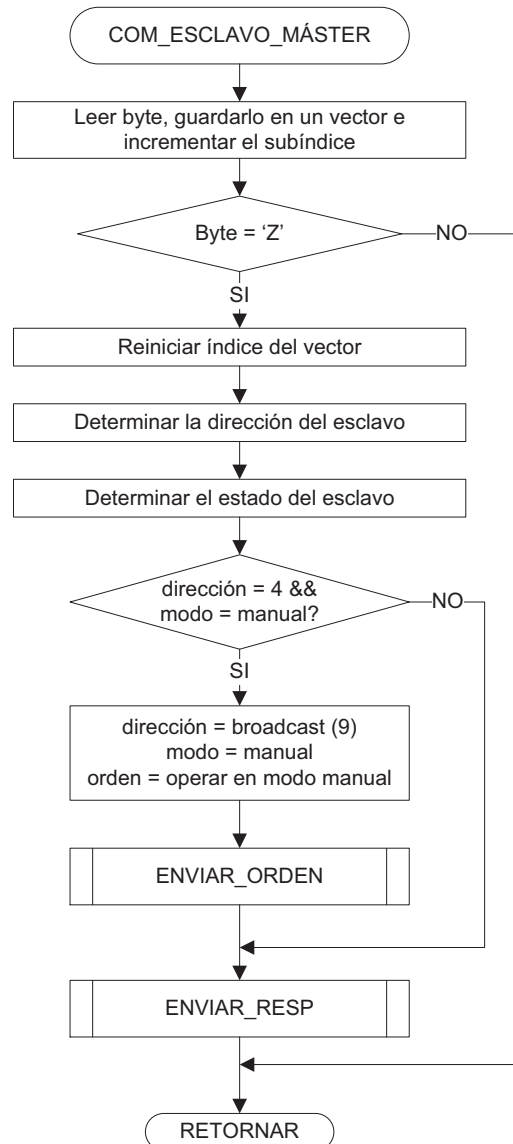


Figura 3.20 Interrupción de recepción COM_ESCLAVO_MÁSTER

3.2.1.6 Subrutina de envío de datos MÁSTER_PC

Para comunicar al microcontrolador máster y la PC, se envían tres bytes. El primero de ellos corresponde a la dirección del esclavo, que previamente se ha comunicado con el máster; el segundo indica el estado de los circuitos de iluminación (encendido o apagado); y el tercero es el que indica el fin de la trama (carácter 'Z'), para que el ordenador procese los datos recibidos. En la Figura 3.21 se presenta el diagrama de flujo respectivo.

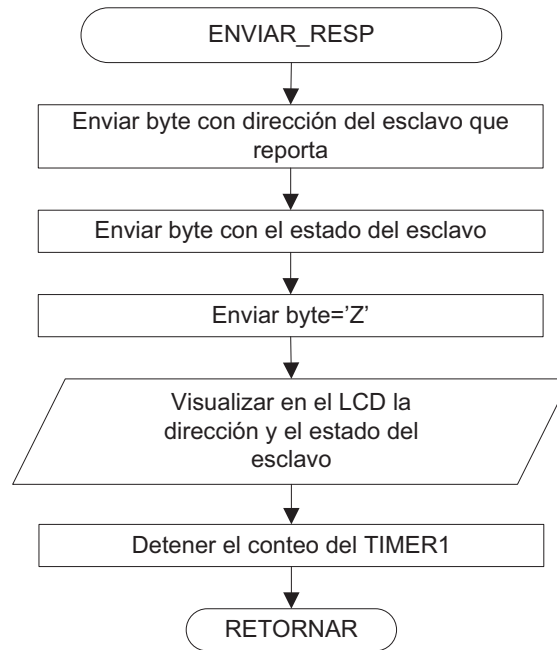


Figura 3.21 Subrutina ENVIAR_RESP

3.3 PROGRAMA DE CONTROL PARA LOS MICROCONTROLADORES ESCLAVOS

3.3.1 DESCRIPCIÓN GENERAL

Los programas de control de los microcontroladores esclavos 1 y 2 son similares, ya que ambos realizan las mismas estrategias de control. De igual manera sucede con los microcontroladores esclavos 3 y 4. Por lo que los diagramas de flujo se presentan de forma genérica para dichos microcontroladores.

Las configuraciones que tienen en común los microcontroladores esclavos son las siguientes:

- Frecuencia de trabajo con cristal externo de 16 MHz.
- Cuentan con un botón de reset.
- Comunicación multiprocesador, RS232 a 9600 baudios.
- Interrupción de recepción USART0 Rx Complete habilitada.

3.3.2 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROGRAMA DE LOS MICROCONTROLADORES ESCLAVOS 1 Y 2

Estos microcontroladores controlan la dimerización de los balastos, además del encendido y apagado de los circuitos de la zona 1 y zona 2.

Para la dimerización se envía al balasto una señal de voltaje de AC, para lo cual se utiliza el convertor AC/AC que se describe en el apartado 2.1.4.2.2. La señal de control que llega al convertor, es una señal PWM en la cual el ancho de pulso determina el valor de voltaje de AC en la salida del convertor.

Como se ha explicado en el apartado 2.1.4.2.2, son necesarias 4 señales de control en cada zona. Dichas señales son de tipo PWM y se las obtiene con los temporizadores del microcontrolador.

Se configura a los temporizadores con un prescalador de 64 para obtener una frecuencia de 490 Hz, determinada experimentalmente para una dimerización adecuada.

Dado que el acoplamiento de la señal del microcontrolador al convertor, invierte la señal en el terminal gate del mosfet (apartado 2.1.5.3), para compensar este efecto, se configura a los temporizadores con salida invertida.

La lectura del valor del sensor de iluminación (0 a 5 Vdc después del acondicionamiento, subcapítulo 2.1.4.1.1), se lo hace a través del canal 1 del convertidor ADC del microcontrolador. El programa utilizado (mikroC AVR), permite configurar el canal ADC a través de la misma orden de lectura, por lo que se utiliza la configuración por defecto que proporciona el programa.

3.3.2.1 Programa principal de los microcontroladores esclavos 1 y 2

La programación del microcontrolador se la realiza a través de varias subrutinas, la principal se la muestra en la Figura 3.22. En esta subrutina se tiene un lazo que

permite verificar si el modo de trabajo es automático, a través de la variable “modo”, para ejecutar la subrutina AUTOMÁTICO, la cual realiza el control sobre los balastos dimerizables.

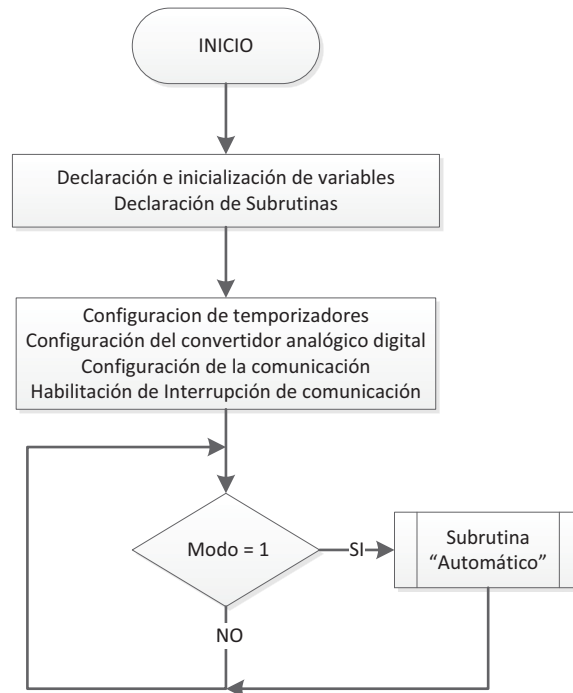


Figura 3.22 Programa principal de los microcontroladores esclavos 1 y 2

3.3.2.2 Subrutina AUTOMÁTICO de los microcontroladores esclavos 1 y 2

El diagrama de flujo de la subrutina AUTOMÁTICO se presenta en la Figura 3.23. La lectura del valor del canal ADC0 se hace cada 100 iteraciones de esta subrutina, para evitar que la conversión análogo-digital haga que su duración sea más larga. Para esto se utiliza la variable “contador” para determinar cuándo hay que realizar la conversión.

Debido a que la luz natural sobre la sala, influye en mayor medida que las luminarias, el ancho de pulso de las salidas PWM se determina dividiendo al rango total de la lectura del ADC0 en 8 niveles de iluminación diferentes. Donde en el nivel 0 indica que el sensor mide iluminación máxima y el nivel 7, iluminación mínima. En cada nivel se tiene un valor definido para cada salida PWM.

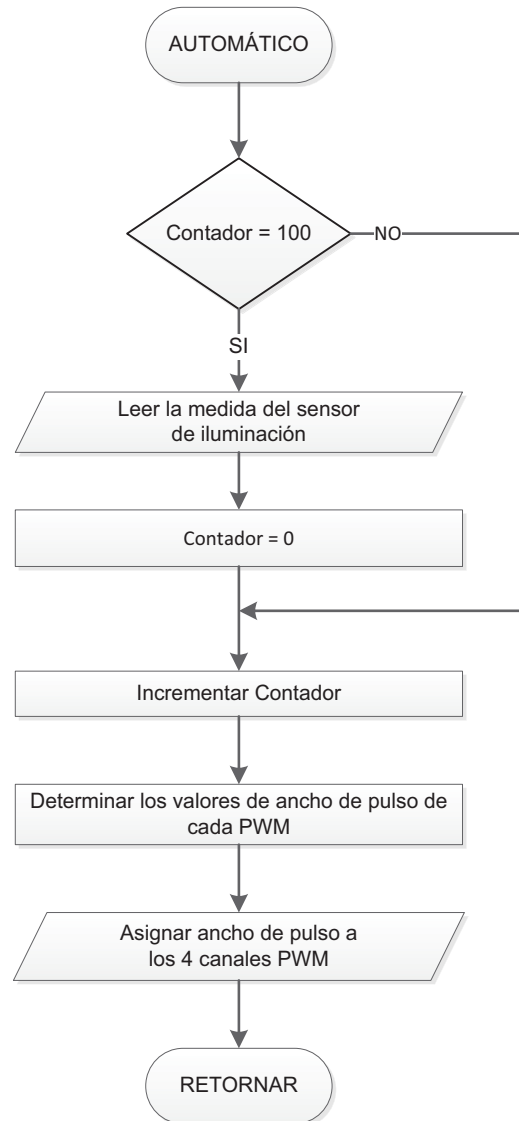


Figura 3.23 Subrutina AUTOMÁTICO de los microcontroladores esclavos 1 y 2

Además, el microcontrolador esclavo 2 controla el encendido y apagado del circuito 8 (circuito 1c del ANEXO C1), si el nivel es mayor o igual a 4 se enciende el circuito y si es menor o igual a 2, se apaga.

3.3.2.3 Interrupción de comunicación COM_MÁSTER_ESCLAVO

La recepción de los paquetes de datos se hace de acuerdo al procedimiento detallado en el apartado 2.1.4.5.5, se ejecuta la interrupción de recepción del USART0, siempre y cuando el noveno bit de la comunicación sea uno (es dirección), o el MPCM sea 0 (es dato).

El protocolo que se emplea en este caso, se detalla en la Figura 3.18, ahí se observa que se envían cuatro bytes, en este orden: dirección, modo de trabajo, dirección y orden a ejecutar. En la Figura 3.24, se indica el procedimiento de la recepción de cada byte. Los bytes de dirección solamente cambian el estado del MPCM0, mientras que el segundo y cuarto byte son los que ejecutan la subrutina ORDEN.

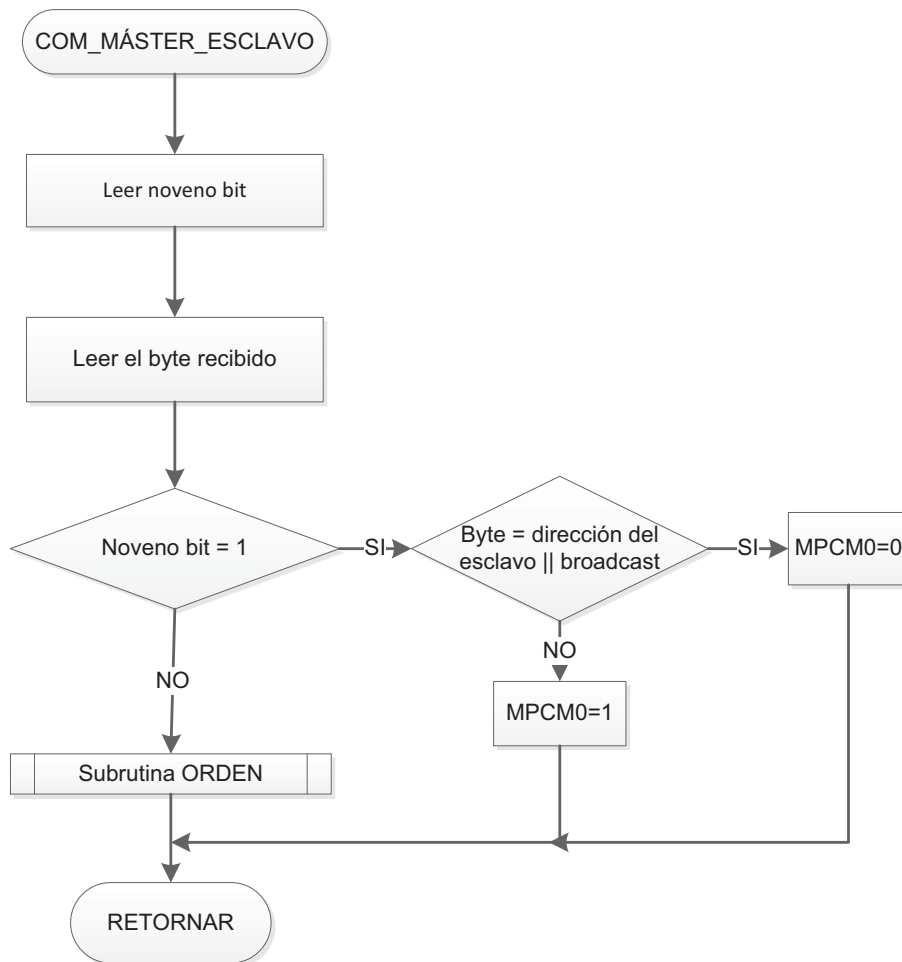


Figura 3.24 Interrupción de recepción COM_MÁSTER_ESCLAVO

3.3.2.4 Subrutina ORDEN de los microcontroladores esclavos 1 y 2

La subrutina ORDEN, se muestra en la Figura 3.25, en la cual se reciben y ejecutan las acciones que se establecen con la comunicación.

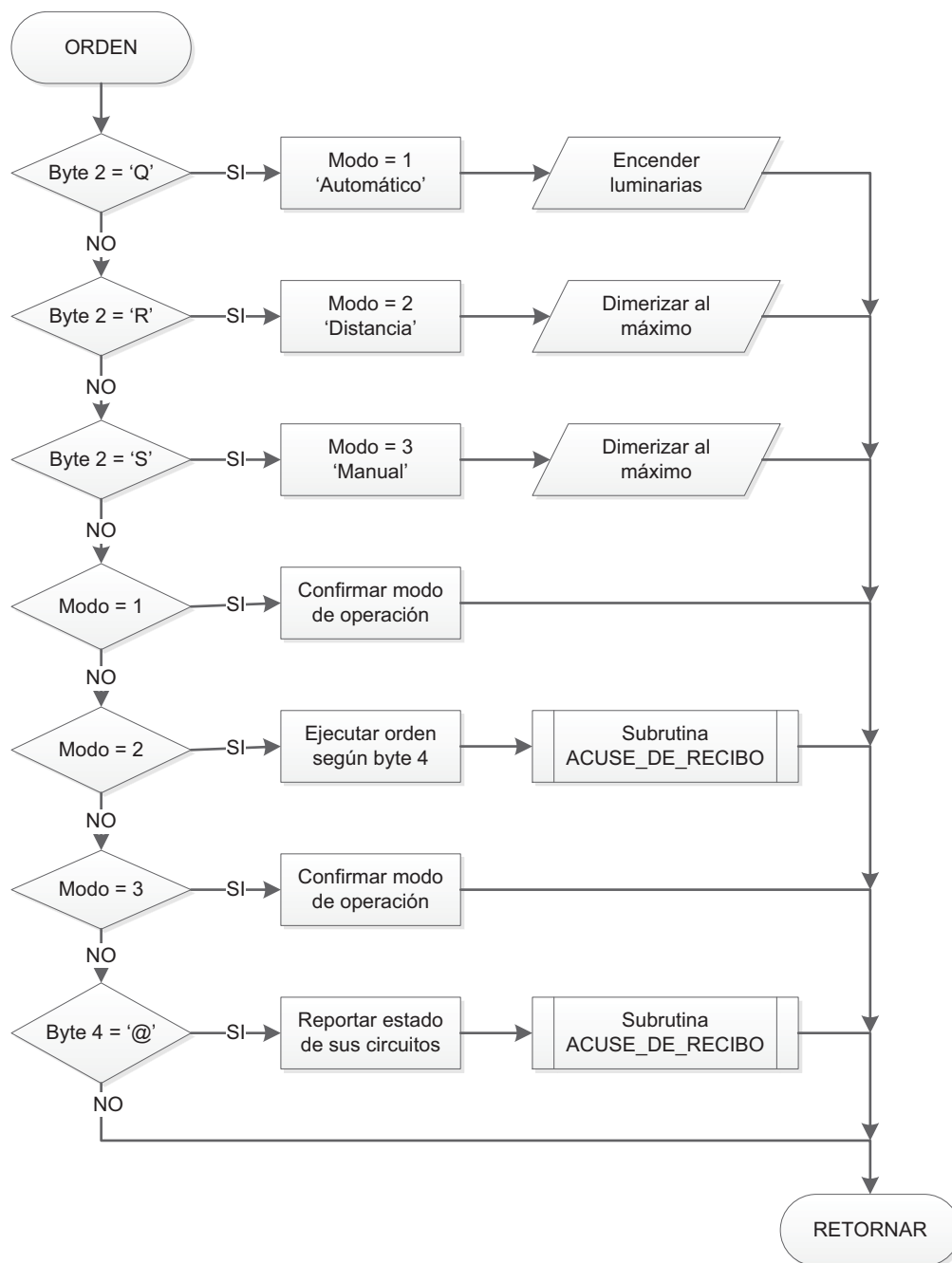


Figura 3.25 Subrutina ORDEN de los microcontroladores esclavos 1 y 2

Con el segundo byte se determina el modo de trabajo. Para el modo automático, la acción inmediata es encender los circuitos que controlan, debido a que las luminarias de su zona (zona 1 y zona 2 respectivamente), deben estar encendidas. En el modo manual y modo distancia, se hace que las luminarias con balastos dimerizables entreguen máximo flujo luminoso, ya que la dimerización se realiza solo en modo automático.

Con el cuarto byte se determina la orden a realizar. Para el modo automático y modo manual, la única orden que se recibe es el cambio del modo de trabajo.

En el modo distancia las órdenes que se ejecutan son el encendido y el apagado de los circuitos de las luminarias. Siempre que una orden es recibida y cumplida, se envía la confirmación con la subrutina ACUSE_DE_RECIBO.

La orden “@”, es la que recibe el microcontrolador esclavo cuando el máster ejecuta la subrutina BARRIDO_INICIO (apartado 3.2.1.2), en este caso el esclavo realiza el envío del estado de los circuitos de iluminación, a través de la subrutina ACUSE_DE_RECIBO.

3.3.2.5 Subrutina ACUSE_DE_RECIBO de los microcontroladores esclavos 1 y 2

En la subrutina ACUSE_DE_RECIBO (Figura 3.26), se envía un paquete de 3 bytes como se explica en el apartado 3.2.1.5.

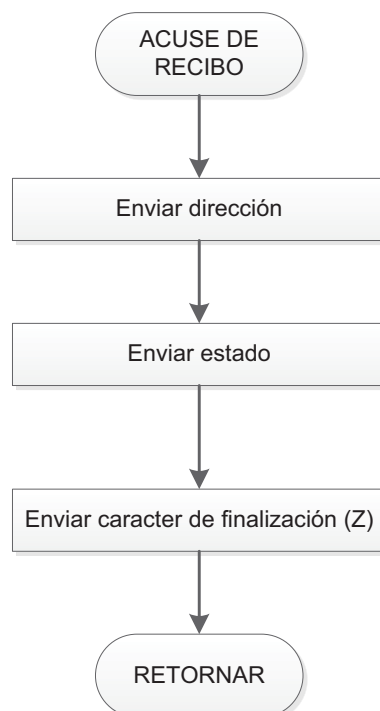


Figura 3.26 Subrutina ACUSE_DE_RECIBO

3.3.3 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROGRAMA DE LOS MICROCONTROLADORES ESCLAVOS 3 Y 4

Estos microcontroladores realizan el control de detección de presencia en las zonas 3 y 4 de la biblioteca, para lo cual es necesario enviar la señal de los sensores de movimiento y presencia al microcontrolador. Se habilitan las interrupciones externas de cambio de estado de un pin (PCINT15..8) correspondientes al puerto B y también la interrupción de recepción de la comunicación.

3.3.3.1 Subrutina principal de los microcontroladores esclavos 3 y 4

La subrutina principal, que se muestra en la Figura 3.27, se mantiene en un lazo que permite la visualización del modo de operación actual del sistema, a través de leds. Las acciones de control se realizan una vez que se haya generado alguna de las interrupciones.

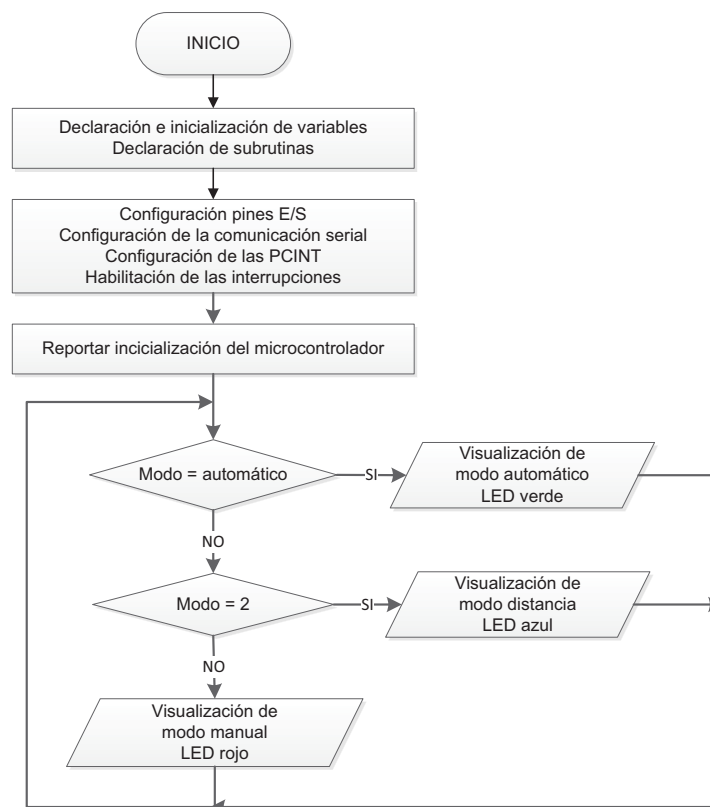


Figura 3.27 Subrutina principal de los microcontroladores esclavos 3 y 4

3.3.3.2 Interrupción externa CAMBIO_ESTADO_SENSOR de los microcontroladores esclavos 3 y 4

Esta interrupción se ejecuta solo cuando alguno de los sensores ha cambiado de estado y lo reporta al microcontrolador máster, a través de la subrutina MODO_AUTOMÁTICO, como se muestra en la Figura 3.28.

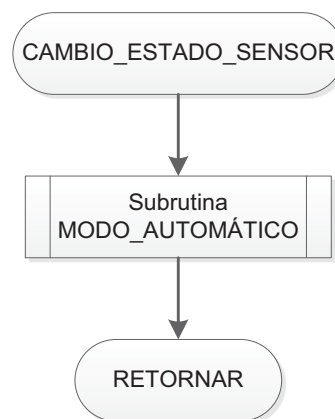


Figura 3.28 Interrupción externa CAMBIO_ESTADO_SENSOR microcontroladores esclavos 3 y 4

3.3.3.3 Interrupción de recepción COM_MÁSTER_ESCLAVO

Esta interrupción tiene el mismo procedimiento que los microcontroladores esclavos 1 y 2, el diagrama de flujo se muestra en la Figura 3.24.

3.3.3.4 Subrutina ORDEN de los microcontroladores esclavos 3 y 4

Esta subrutina se genera, con el segundo y cuarto byte del paquete. El procedimiento es similar a la subrutina ORDEN de los microcontroladores 1 y 2. La subrutina ORDEN se presenta en la Figura 3.29 para el microcontrolador 3.

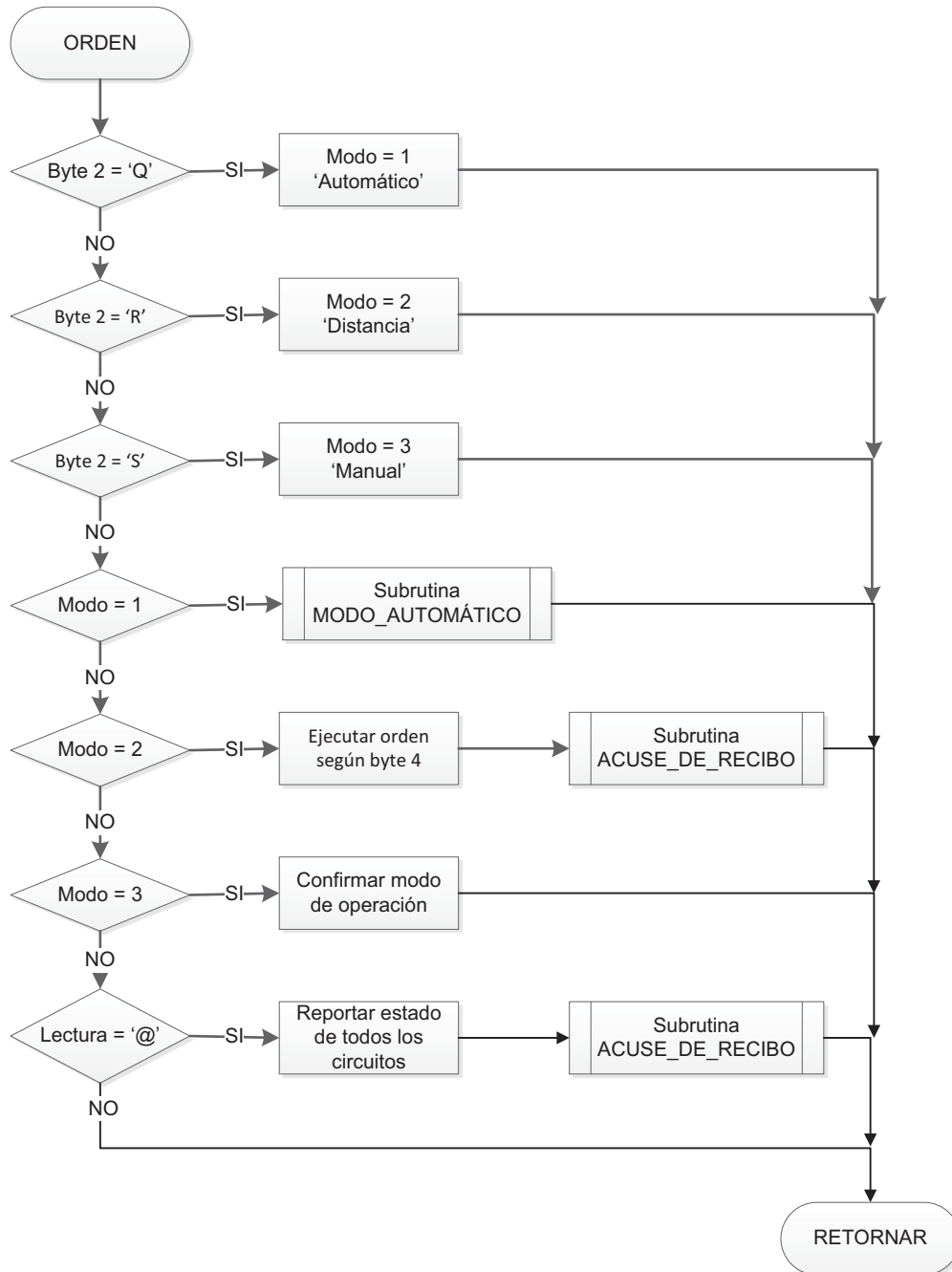


Figura 3.29 Subrutina ORDEN del microcontrolador esclavo 3

La subrutina ORDEN del microcontrolador esclavo 4, además de reportar el estado de los circuitos, también diferencia entre modo automático/distancia y manual, ya que el microcontrolador recibe esta información desde contactos normalmente abiertos de los contactores CM3 y CA3 (Figura 2.4). Esta subrutina se presenta en la Figura 3.30.

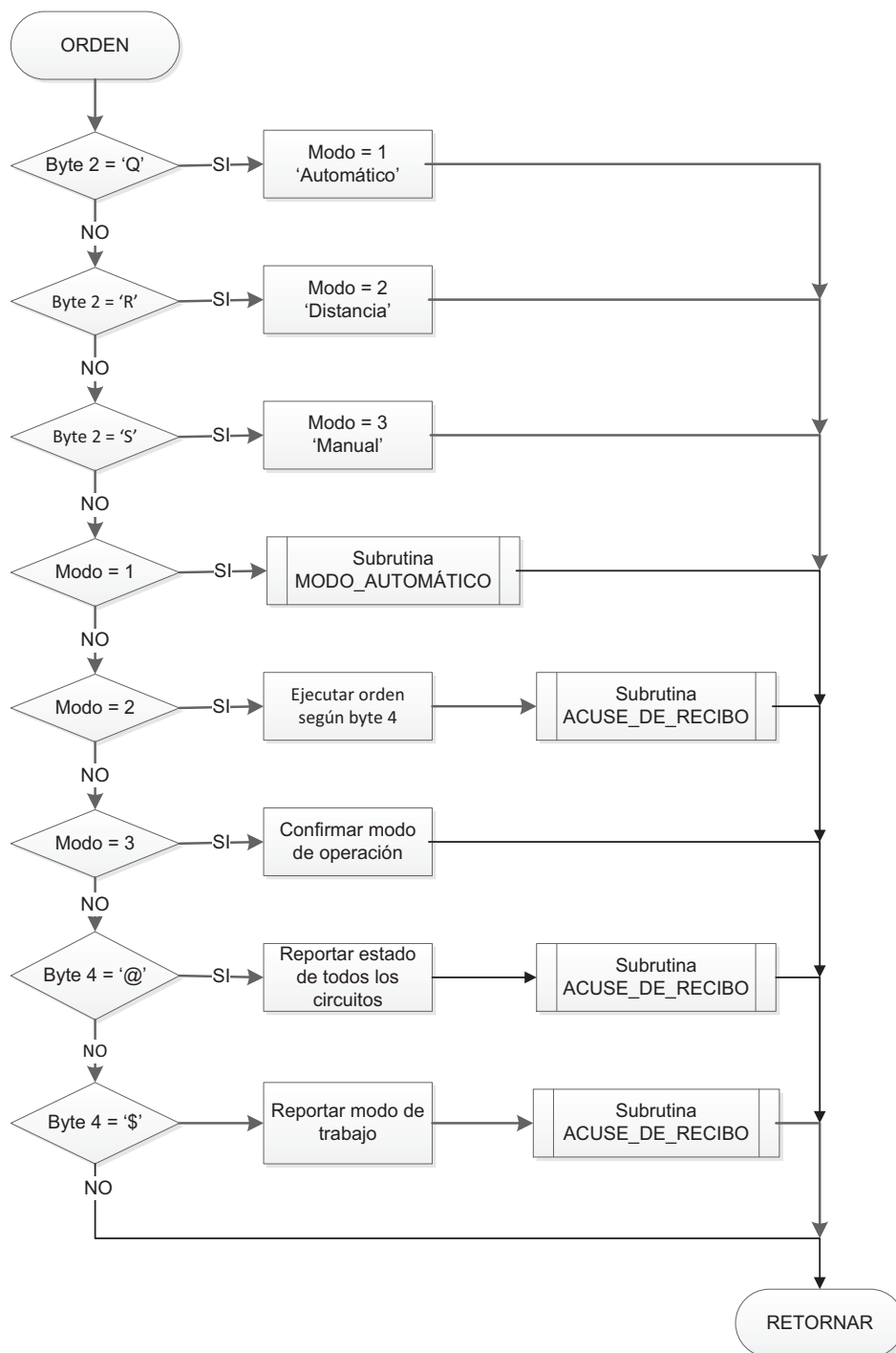


Figura 3.30 Subrutina ORDEN del microcontrolador esclavo 4

3.3.3.5 Subrutina MODO_AUTOMÁTICO de los microcontroladores esclavos 3 y 4

La subrutina de MODO_AUTOMÁTICO se presenta en la Figura 3.31. Como se explica en el apartado 2.1.3, en el modo automático es necesario que algunos

circuitos estén encendidos todo el tiempo. Luego se comprueba el estado de las entradas de los sensores, comparándoles con el estado anterior, para saber cuál fue el que se modificó. De este modo se realiza la acción de encendido o apagado de los circuitos que controlan los sensores y se reporta dicha acción a través de la subrutina ACUSE_DE_RECIBO.

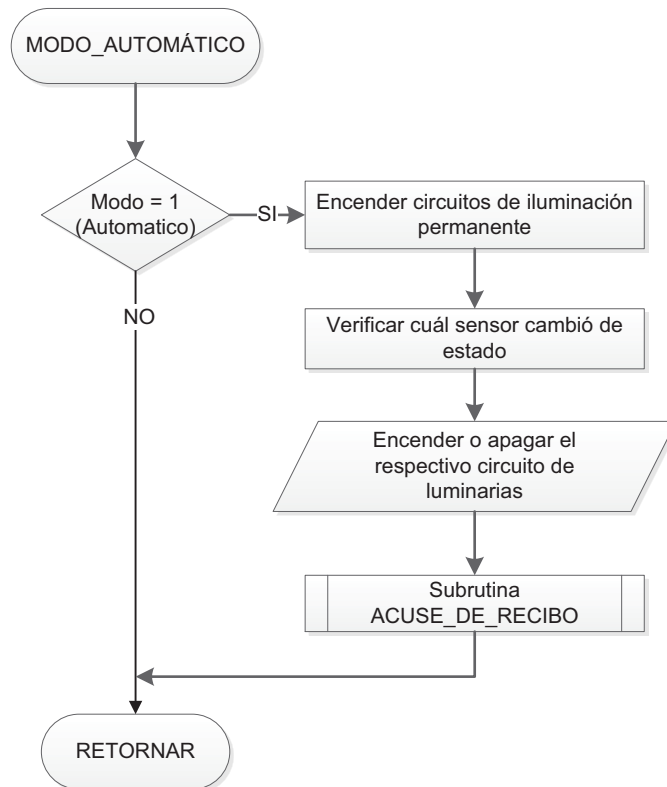


Figura 3.31 Subrutina MODO_AUTOMÁTICO de los microcontroladores esclavos 3 y 4

CAPÍTULO 4

4 PRUEBAS Y RESULTADOS

4.1 PRUEBAS DE LOS CIRCUITOS IMPLEMENTADOS DEL SISTEMA DE CONTROL DE ILUMINACIÓN

4.1.1 ACONDICIONAMIENTO DE LOS SENSORES DE ILUMINACIÓN

El circuito de acondicionamiento del sensor de iluminación se describe en el apartado 2.1.4.1.1. Las pruebas realizadas son para saber cómo enviar la señal al microcontrolador.

El diagrama de bloques de la Figura 2.12, muestra las etapas que se utilizan para realizar el acondicionamiento del sensor.

La primera etapa es la del convertidor de corriente a voltaje. Se determinan los puntos de saturación de voltaje del sensor. Para esto se colocan distintos valores de resistencias a la llegada de la señal del sensor (Tablero TCB), para medir el voltaje en condiciones máximas y mínimas de iluminación.

El resultado de las pruebas anteriores, muestra que independientemente del valor de la resistencia colocada, el rango máximo de voltaje que entregan los sensores (luego de la conversión de corriente a voltaje), es de 14.7V y 15.2V cuando la iluminación es máxima y 0.8V y 1.5 cuando la iluminación es mínima, para el sensor 1 y 2 respectivamente.

En base a los puntos de saturación medidos, se determina el valor de la resistencia para obtener el rango completo de voltaje que entrega el sensor, dentro de las condiciones de iluminación que tienen las dos áreas de estudio. Los resultados son distintos para cada una de las áreas de estudio. Las resistencias son de 390 k Ω para la zona 1 y 1 M Ω para la zona 2.

Para la siguiente etapa de amplificación se coloca las resistencias de acuerdo al diseño presentado en el apartado 2.1.4.1.1 y se comprueba el funcionamiento del circuito. Se obtiene los siguientes resultados, para los puntos de saturación del sensor:

Tabla 4.1 Resultados del convertidor de corriente a voltaje y del acondicionamiento del sensor de iluminación

	Sensor 1		Sensor 2	
Saturación	Convertidor I/V [V]	Entrada al controlador [V]	Convertidor I/V [V]	Entrada al controlador [V]
Mínima	0.8	0.4	1.3	0.4
Máxima	14.6	4.7	15.0	4.8

Como se explica en el apartado 3.3.2.2, para realizar el control sobre los balastos dimerizables se divide el rango total de la lectura del sensor en 8 niveles de iluminación diferentes.

Al realizar las primeras pruebas del sistema, se observa que la señal procedente del sensor tiene variaciones de voltaje de alta frecuencia (ruido), esto ocasiona que el nivel de iluminación cambie continuamente y sea molesto para los usuarios. Por este motivo, se incluye histéresis para cada cambio de nivel. De esta manera, las variaciones de voltaje del sensor, no producen sobre las luminarias un efecto de parpadeo. El valor de voltaje en la entrada del microcontrolador para cada uno de los niveles se presenta en la Figura 4.1.

Se observa en la Figura 4.1 que los niveles de iluminación se numeran del 0 al 7. En el nivel 0 se tiene máxima iluminación y en el nivel 7 se tiene mínima iluminación. El número del nivel se utiliza para determinar la atenuación de las luminarias. De modo que en el nivel 0 el flujo luminoso sea mínimo y en el nivel 7 sea máximo. Por lo tanto la numeración de los niveles es directamente proporcional al flujo luminoso que deben generar las luminarias, e inversamente proporcional a la iluminación que se tiene en la sala.

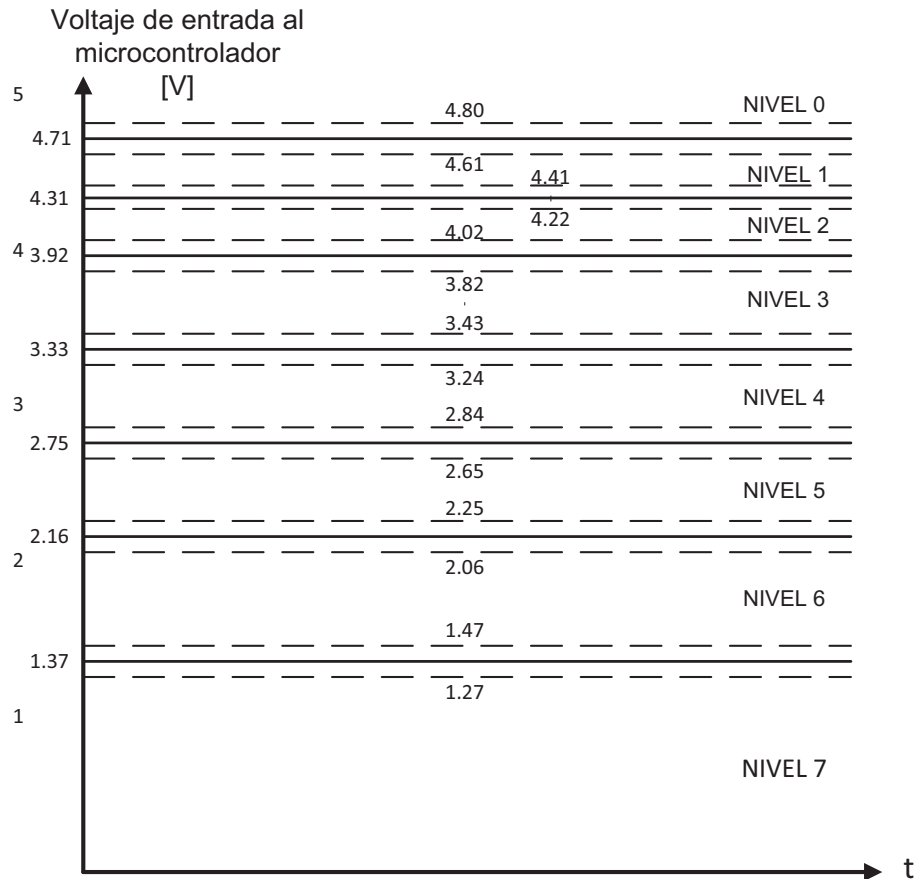


Figura 4.1 Histéresis que se utiliza para cada nivel de iluminación

Para obtener mejores resultados, se divide el rango total de la medida de iluminación, de manera no lineal. Debido a que la mayor parte del tiempo se tiene buena iluminación externa y se mantiene entre el NIVEL 0 al NIVEL 3, dependiendo de la claridad del día.

4.1.2 DISPOSICIÓN DE PARÁMETROS DE LOS SENSORES DE MOVIMIENTO

En el Nivel I zona 3, se utilizan 5 sensores de movimiento de las mismas características. Tienen 3 parámetros ajustables que son: la sensibilidad, iluminación y temporización. Se puede variar los parámetros a través de perillas que tienen los sensores en la parte inferior.

La sensibilidad determina la distancia máxima a la que pueden detectar movimiento. Según las características del sensor se puede ajustar desde 2m a 11m.

El parámetro de iluminación determina un nivel mínimo por debajo del cual se empieza a detectar movimiento. Es útil para cuando se desea que los sensores funcionen solo en la noche o con condiciones de iluminación baja. En el caso de la BIEE, se utiliza en los sensores que cubren zonas que tienen suficiente iluminación en ciertas horas del día. Se puede ajustar la iluminación de 10 a 2000 luxes.

El tercer parámetro determina el tiempo que permanece activo el relé interno del sensor, luego de detectar movimiento por última vez. Este parámetro es necesario para evitar que los circuitos de luminarias se enciendan y apaguen muchas veces. De acuerdo a las características de los sensores que se utilizan, la temporización se puede variar desde 5 segundos hasta 7 minutos.

La disposición de los parámetros se especifica en la Tabla 4.2. La ubicación de cada sensor se observa en el ANEXO D1.

Tabla 4.2 Disposición de los parámetros de los sensores de movimiento

Sensor	Sensibilidad [%]	Iluminación [%]	Temporización [minutos]
SM-1	10	100	2
SM-2	10	60	2
SM-3	50	80	6
SM-4	80	100	2
SM-5	30	50	3

4.1.3 DISPOSICIÓN DE PARÁMETROS DE LOS SENSORES DE PRESENCIA

Para el Nivel II (zona 4), se utilizan 2 sensores de presencia LUTRON LOS-CDT-500R, los cuales, tienen tres formas de ajustar el temporizador, descritas a continuación:

- Automáticamente, en esta opción, el sensor adapta continuamente el tiempo que debe permanecer activo, de acuerdo a las condiciones del lugar donde se lo ha instalado. Para ello combina la tecnología ultrasónica, para máxima sensibilidad y la infrarroja para inmunizarlo de falsas alarmas. El microprocesador de auto calibración, analiza la composición de la suma de ambas señales para eliminar tiempos innecesarios de consumo.
- Manualmente, en esta opción la sensibilidad y el tiempo de activación del sensor se ajusta manualmente, para esto se cuenta con 4 perillas de diferente color, que representan la sensibilidad infrarroja (roja), la sensibilidad ultrasónica (verde), la cantidad de iluminación (azul) y la temporización (negra). Se debe indicar que el tiempo de activación puede variar entre 8 y 30 minutos.
- A prueba, que normalmente se usa cuando se instala el sensor, el tiempo de activación del sensor para este caso es de 8 segundos.

Se opta para que el sensor ajuste el temporizador automáticamente, por las ventajas que tiene respecto de la forma manual. Como recomienda el fabricante se deja en operación a los sensores por 4 semanas para que se optimice el tiempo de activación.

Para estos sensores SP1 y SP2, no se presentan mediciones del tiempo que permanecen activos desde su última detección, debido a que el ajuste automático hace que los tiempos cambien continuamente.

4.1.4 ACOPLAMIENTO DEL CONTROLADOR A LOS BALASTOS DIMERIZABLES

Debido a que no se conoce el comportamiento real de los balastos dimerizables, se realizan varias pruebas, que se presentan a continuación.

4.1.4.1 Respuesta en el dominio del tiempo de un balasto dimerizable con una señal de control sinusoidal

En esta prueba se conecta uno de los balastos ECOT8321202L a una luminaria y se controla el nivel de dimerización, con un voltaje alterno sinusoidal regulado por variac monofásico POWERSTAT.

Se toman formas de onda de voltaje y corriente a la entrada del balasto para dos casos: cuando existe máxima y mínima dimerización, respectivamente.

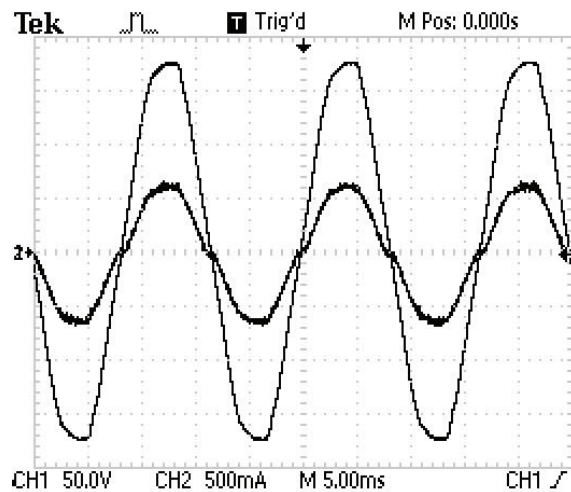


Figura 4.2 Forma de onda de voltaje (CH1) y corriente (CH2) a la entrada del balasto, sin dimerización

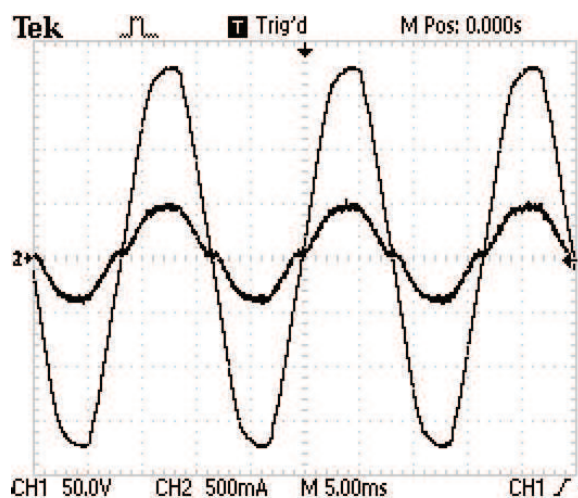


Figura 4.3 Forma de onda de voltaje (CH1) y corriente (CH2) a la entrada del balasto, con máxima dimerización

Como se observa en la Figura 4.2 y Figura 4.3, en ambos casos, la corriente tiene mínima distorsión armónica y se encuentra en fase con el voltaje, por estas razones el factor de potencia es alto.

4.1.4.2 Respuesta de potencia activa consumida respecto a la señal de control

En esta prueba, se busca conocer el comportamiento de la potencia activa consumida para distintos valores de voltaje de control de un balasto dimerizable ECOT8321202L, conectado a una luminaria fluorescente de 2x32W.

Para variar el voltaje de control del balasto, se emplea un variac monofásico POWERSTAT. Mientras que con ayuda de un analizador de armónicos FLUKE 41B, se mide potencia activa y factor de potencia, obteniéndose los siguientes resultados:

Tabla 4.3 Mediciones de potencia activa y factor de potencia para un balasto ECOT8321202L

Voltaje de control [V]	Potencia activa [W]	Factor de potencia
Mayor a 80 y menor a 120	65	0.99 en atraso
80.0	64	0.99 en atraso
50.8	60	0.98 en atraso
40.1	55	0.96 en atraso
30.0	41	0.95 en atraso
24 o menos	22	0.95 en atraso

Luego se conectan tres balastos a tres luminarias 2x32 [W] respectivamente con la señal de control en común, se realizan las mismas mediciones, y se nota que el comportamiento de estas variables, es muy similar al presentado en la Tabla 4.3. Para el caso de la potencia activa, multiplicado por un factor de 3.

Este procedimiento se repite para los balastos dimerizables EC3T832GU210, para los cuales, se notan dos diferencias:

- Cuando el voltaje de control es nulo, el flujo luminoso es máximo, a diferencia de los balastos ECOT8321202L que para el mismo caso el flujo luminoso es mínimo.
- Cuando se interconectan tres balastos EC3T832GU210 compartiendo la línea de control, se observa que los tubos fluorescentes parpadean. Por este motivo, se opta por implementar el sistema, con señales de control (convertidores AC-AC) independientes para cada balasto de este tipo.

De la realización de esta prueba, se nota que, ambos modelos de balastos tienen un comportamiento no lineal, entre el voltaje rms de control y la potencia disipada.

En la Tabla 4.4, se muestra un cuadro comparativo de los balastos dimerizables.

Tabla 4.4 Cuadro comparativo entre los balastos ECOT8321202L y EC3T832GU210

Parámetro	ECOT8321202L	EC3T832GU210
Respuesta potencia vs señal de control	No lineal	No lineal
Señal de control nula o ausente	Flujo luminoso mínimo	Flujo luminoso máximo
Señal de control compartida	SI	NO
Factor de potencia mínimo	0.95 en atraso	0.95 en atraso
Potencia de disipación mínima	22 W	24 W
Potencia de disipación máxima	65 W	65 W

4.1.4.3 Respuesta del módulo de control de un balasto dimerizable alimentado con una señal alterna variable y distorsionada

Como se explica en el apartado 2.1.4.2.2, para regular el nivel de dimerización de los balastos se implementa convertidores AC-AC, con la técnica chopper de AC.

En la Figura 4.4, Figura 4.5, Figura 4.6 y Figura 4.7, se presentan las formas de onda obtenidas, al acoplar la salida del convertidor al módulo de control de un

balasto dimerizable ECOT8321202L, para diferentes valores de ancho de pulso (δ) de la señal PWM que gobierna el convertor .

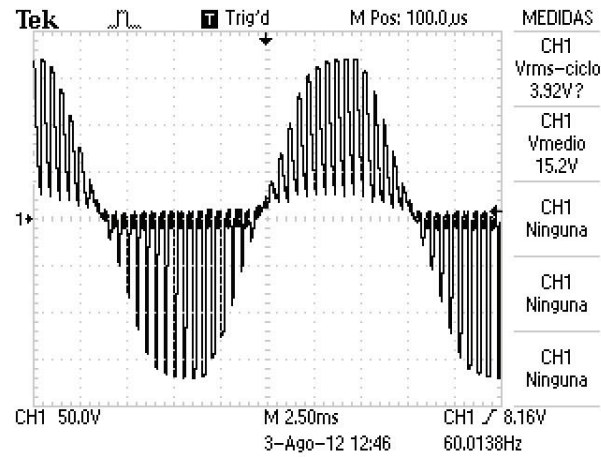


Figura 4.4 Voltaje a la entrada del módulo de control para $\delta=0.2$

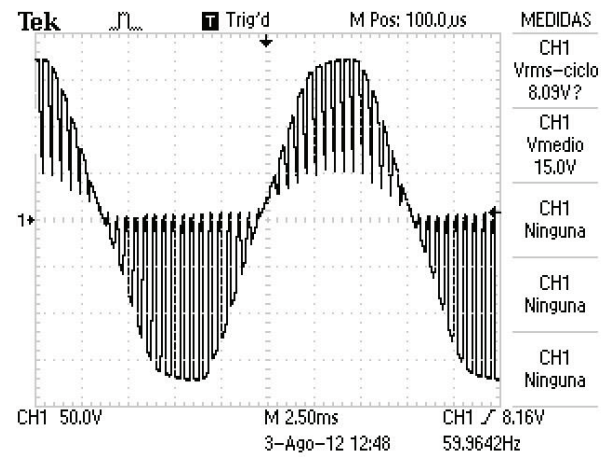


Figura 4.5 Voltaje a la entrada del módulo de control para $\delta=0.4$

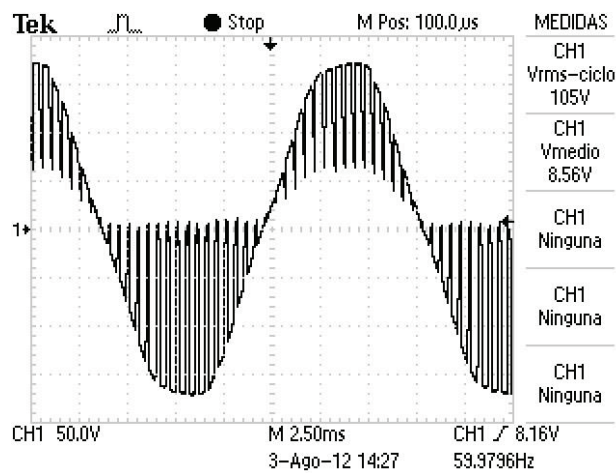


Figura 4.6 Voltaje a la entrada del módulo de control para $\delta=0.6$

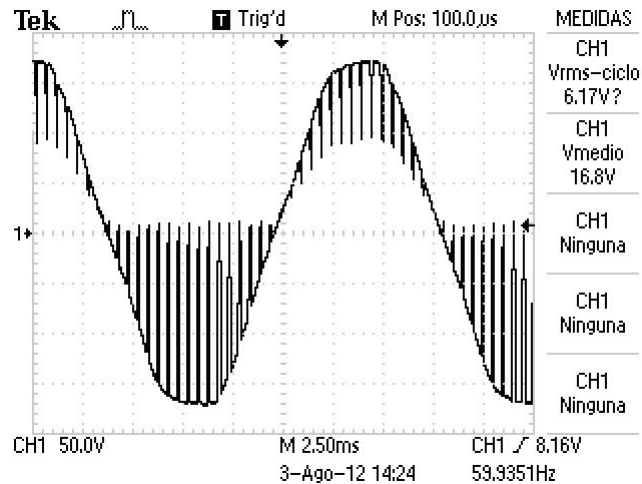


Figura 4.7 Voltaje a la entrada del módulo de control para $\delta=0.8$

Como se observa en las figuras anteriores, las formas de onda obtenidas contienen un nivel de voltaje DC, el cual se debe al tipo de carga que se acopla al convertidor. En este caso la carga es el módulo de control del balasto, el cual internamente está formado por otros convertidores estáticos.

Experimentalmente se determina que con 490 Hz de frecuencia de conmutación del chopper de AC, los balastos operan adecuadamente.

4.1.4.4 Señal de salida enviada desde un balasto dimerizable a los tubos fluorescentes

Otra prueba que se realiza, consiste en tomar la forma de onda del voltaje entre los sockets de una luminaria, para visualizar el efecto producido al variar el voltaje de control del balasto.

En la Figura 4.8, se muestra el resultado cuando las luminarias no están dimerizadas, mientras que la Figura 4.9, cuando si lo están.

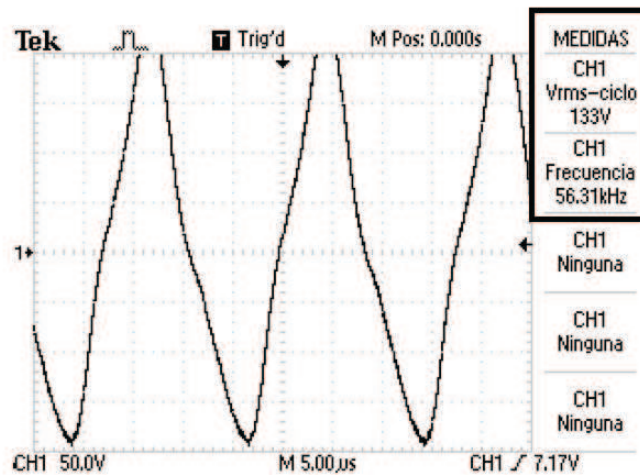


Figura 4.8 Forma de onda de voltaje en un tubo fluorescente de 32 W, sin dimerización.

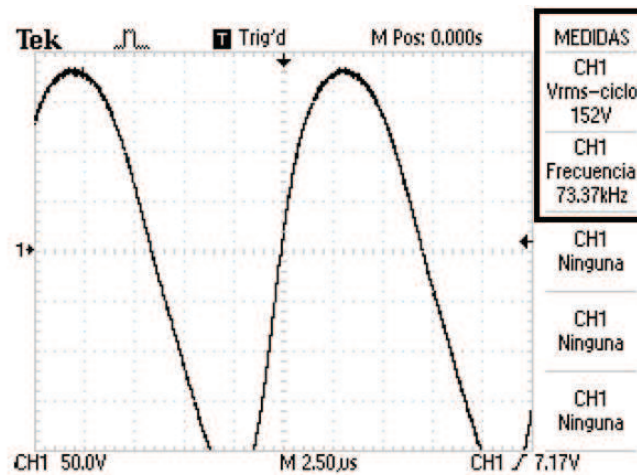


Figura 4.9 Forma de onda de voltaje en un tubo fluorescente de 32 W, con dimerización máxima.

Como se observa en las gráficas anteriores, la señal en los sockets de la luminaria no es sinusoidal y además, una variación del voltaje de control del balasto, genera lo siguiente:

- El voltaje para obtener un flujo luminoso máximo, es menor que para un flujo luminoso mínimo.
- La frecuencia para obtener un flujo luminoso máximo, es menor que para un flujo luminoso mínimo.

El cambio de la frecuencia de la señal en los sockets de la luminaria, es el principio de operación de un balasto dimerizable y es el que evita que los tubos fluorescentes parpadeen.

4.1.4.5 Voltajes de control de los balastos dimerizables

En este apartado se presentan los voltajes de control obtenidos para los 8 niveles de iluminación y que se envían a los balastos dimerizables, una vez que se han implementado doce convertidores AC-AC (Tablero TCB).

Tabla 4.5 Voltajes RMS de control de los balastos dimerizables

Nivel de Iluminación	Señales de control											
	C1 [V]	C2 [V]	C3 [V]	C4 [V]	C5 [V]	C6 [V]	C7 [V]	C8 [V]	C9 [V]	C10 [V]	C11 [V]	C12 [V]
0	2.7	2.7	24.7	47.0	19.0	26.0	27.0	39.0	29.8	46.5	44.2	42.4
1	2.7	18.3	46.9	64.1	20.1	39.3	41.1	48.4	36.2	56.0	53.0	51.9
2	18.5	25.3	63.4	77.5	25.5	47.8	49.7	58.1	55.4	68.9	66.8	64.8
3	25.1	36.0	78.6	78.1	31.3	58.3	60.2	71.2	68.6	102.3	101.2	100.0
4	35.9	64.5	78.3	77.7	49.9	71.3	73.5	103.0	101.8	102.4	101.0	100.0
5	64.3	77.8	77.5	77.6	62.9	101.0	102.0	102.0	101.0	101.0	100.0	100.0
6	77.3	77.3	77.3	77.0	95.0	100.0	101.0	101.0	100.0	100.0	98.0	98.0
7	77.8	77.8	77.8	77.8	95.0	99.0	101.0	101.0	99.0	99.0	98.0	98.0

De la Tabla 4.5 se observa que, el rango de variación de voltaje de control para la dimerización de los balastos ECOT8321202L va desde los 2,7V hasta los 78,6V, mientras que para los de la serie EC3T832GU210 va desde 24V hasta los 100V aproximadamente, ya que varía dependiendo cada balasto.

4.1.5 COMUNICACIÓN ENTRE DISPOSITIVOS

4.1.5.1 Comunicación entre PC y microncontrolador máster

Como ya se ha explicado anteriormente, el protocolo empleado para comunicar ambos dispositivos es el EIA-RS 232.

Gambas2 es una plataforma de desarrollo que se encuentra en mejoramiento continuo. Para ciertos procedimientos es muy potente, pero la comunicación serial presenta limitaciones, principalmente con el tipo de datos que envía o que puede recibir.

Las limitaciones más relevantes, halladas en el desarrollo de la aplicación, son:

- Gambas2 por defecto envía y recibe cadena de caracteres (datos tipo string) por el puerto de comunicación serial.
- No dispone de ninguna instrucción que permita vaciar el buffer de entrada.
- La longitud máxima de un arreglo de cadena de caracteres es 8.

4.1.5.2 Comunicación entre microcontrolador máster y microcontroladores esclavo

Para que la comunicación entre el microcontrolador máster y los microcontroladores esclavo sea exitosa, se ajusta el tiempo de espera, desde que se habilita la transmisión de datos en el CI MAX485, hasta enviar el primero, y de igual forma desde que se envía el último, hasta que nuevamente se habilita la recepción. Este tiempo se determina experimentalmente y es 20 ms.

4.2 RESULTADOS DEL SISTEMA DE CONTROL DE ILUMINACIÓN

4.2.1 TABLEROS INSTALADOS

Se utiliza 3 tableros para la ubicación de los elementos que realizan el control en el sistema de iluminación. El tablero TCA se encuentra en la oficina del administrador y contiene el selector de mando S1 (Figura 2.4) y luces piloto para observar el modo de trabajo. Este tablero se muestra en la Figura 4.10.



Figura 4.10 Ubicación del tablero TCA

El tablero TCB que contiene los elementos de control para el Nivel I, en su interior contiene indicadores del modo de funcionamiento que son leds RGB, los cuales cambian de color dependiendo del modo de funcionamiento. Además tiene indicadores del nivel de iluminación de la zona 1 y zona 2, que se muestra en 3 leds con salida binaria. La ubicación de este tablero de control, es debido a la cercanía con el tablero eléctrico TTA del Nivel I, sobre las estanterías. La instalación de este tablero se muestra en la Figura 4.11.



Figura 4.11 Ubicación tablero TCB

El tablero TCC contiene los elementos de control del Nivel II. En su interior tiene indicadores del modo de funcionamiento, que de igual manera son leds RGB. La ubicación de este tablero se debe a la cercanía con el tablero eléctrico TTA del Nivel II y se observa en la Figura 4.12.



Figura 4.12 Ubicación del tablero TCC

4.2.2 OPERACIÓN DEL SISTEMA EN LOS DISTINTOS MODOS DE FUNCIONAMIENTO

Como se explica en el apartado 2.1.1, se tiene 2 modos principales de funcionamiento: el modo manual y el modo automático/mando a distancia. Para escoger entre estos 2 modos se utiliza el selector S1 (Figura 2.4), el cual se encuentra colocado en el tablero TCA. Las luces piloto colocadas sobre el mismo tablero se encienden en color rojo para el modo manual y verde para el modo automático/mando a distancia, como se muestra en la Figura 4.13.

Cuando el selector se encuentra en la posición cero, ambas luces piloto permanecen apagadas y ningún modo de trabajo se activa. En este caso no se puede encender ninguna luminaria de la BIEE. Esta posición del selector también se utiliza como apagado general del sistema de control de iluminación.



Figura 4.13 Luces piloto encendidas para los modos manual y automático/distancia respectivamente

Los indicadores del modo de funcionamiento que se encuentran en los tableros TCB y TCC se encienden de acuerdo al contenido de la Tabla 4.6.

Tabla 4.6 Colores de los indicadores del modo de funcionamiento (led RGB)

Modo	Mando	Color
Manual		Rojo
Automático		Verde
	Distancia	Azul

Otra forma de identificar el modo de funcionamiento del sistema consiste en observar los contactores enclavados dentro de los tableros TCB y TCC.

En la Figura 4.14 y en la Figura 4.15, se observa el interior de los tableros TCB y TCC, donde se encuentran los indicadores antes mencionados.

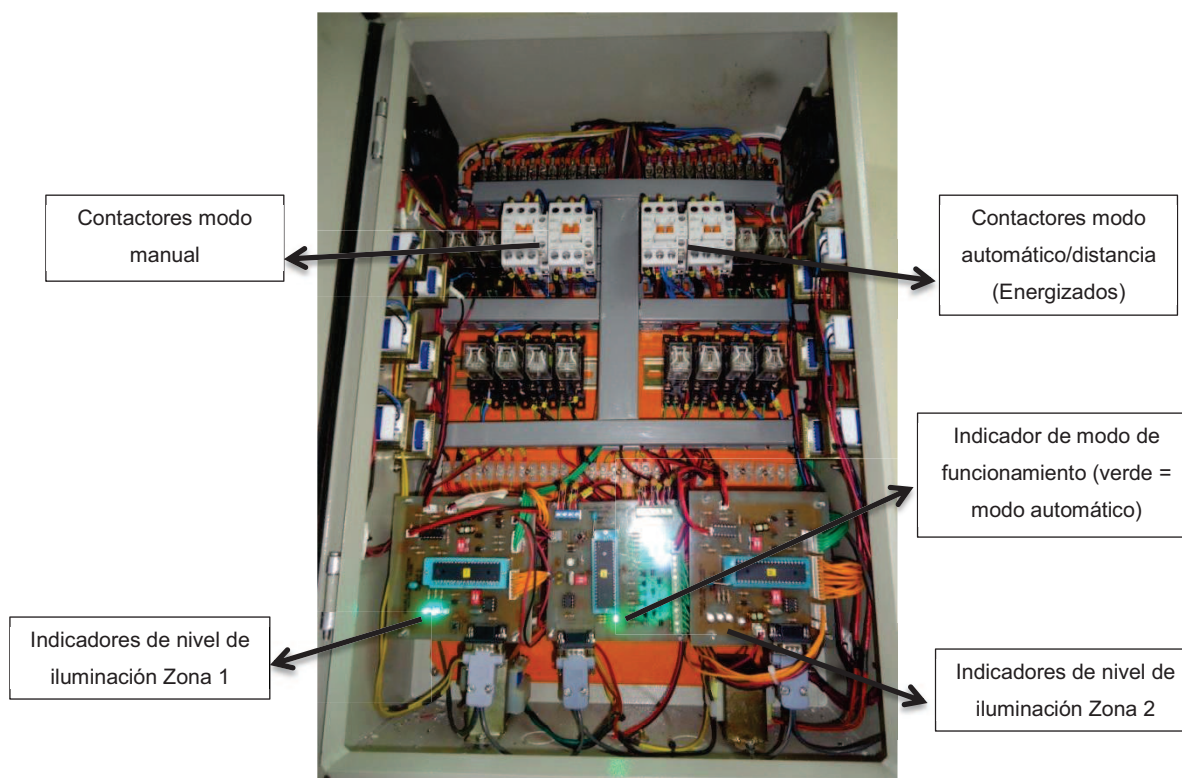


Figura 4.14 Interior del tablero TCB

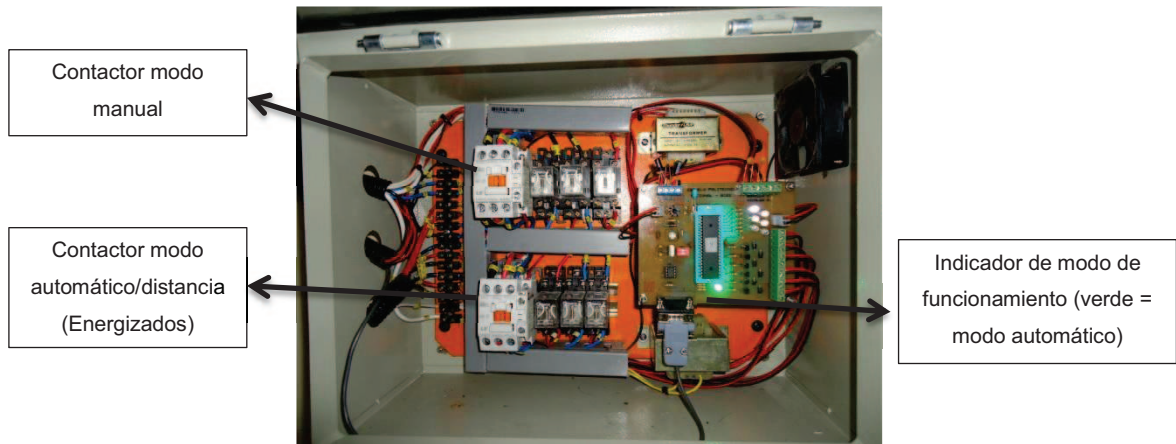


Figura 4.15 Interior del tablero TCC

Cuando se activa el modo manual, la interfaz de monitoreo y mando a distancia no realiza ninguna acción, por lo que es necesario indicar al administrador que el sistema se encuentra en este modo. En la Figura 4.16, se observa el mensaje que se despliega en este caso.

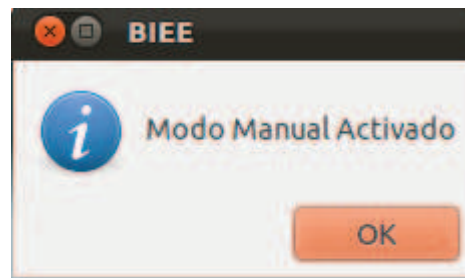


Figura 4.16 Mensaje que se muestra cuando el modo manual está activo

4.2.3 NIVELES DE ILUMINACIÓN EN LAS ZONAS DE ESTUDIO

En este caso se procede a tomar lecturas del nivel de iluminación que se tiene en las mesas de trabajo de la BIEE en la zona 1 y en la zona 2.

En la zona 1 se tienen 14 mesas de trabajo, mientras que en la zona 2, se cuenta con 15. Las medidas se toman con un luxómetro marca AEMC Instruments, modelo CA811, para diferentes condiciones ambientales, estas son: soleado, poco soleado, nublado, lluvioso y oscuro.

Tabla 4.7 Mediciones del nivel de iluminación para el sistema en modo automático

		SOLEADO [lux]	POCO SOLEADO [lux]	NUBLADO [lux]	LLUVIOSO [lux]	OSCURO [lux]
Zona 1	Mesa 1	443	425	221	174	170
	Mesa 2	357	339	207	177	175
	Mesa 3	511	493	220	185	175
	Mesa 4	503	485	226	175	170
	Mesa 5	579	561	234	180	180
	Mesa 6	575	557	233	175	180
	Mesa 7	490	472	220	178	175
	Mesa 8	407	378	207	175	170
	Mesa 9	1004	975	310	151	145
	Mesa 10	1479	1450	418	160	150
	Mesa 11	1474	1445	424	165	155
	Mesa 12	1419	1390	390	168	155
	Mesa 13	1463	1434	398	160	149
	Mesa 14	1495	1466	392	157	150
Zona 2	Mesa 1	482	465	203	185	180
	Mesa 2	585	568	223	200	196
	Mesa 3	510	493	208	170	180
	Mesa 4	457	440	200	186	182
	Mesa 5	427	410	195	178	163
	Mesa 6	746	725	285	162	164
	Mesa 7	799	778	341	180	180
	Mesa 8	868	847	350	239	217
	Mesa 9	832	811	364	220	210
	Mesa 10	776	755	388	234	211
	Mesa 11	1724	1699	1050	235	185
	Mesa 12	1573	1548	872	230	190
	Mesa 13	1378	1353	800	235	196
	Mesa 14	1655	1630	690	210	188
	Mesa 15	1336	1311	686	184	162

4.2.4 ESTUDIO DEL CONSUMO DE ENERGÍA DE ILUMINACIÓN DE LA BIEE

4.2.4.1 Mediciones para el modo de funcionamiento manual

4.2.4.1.1 Mediciones correspondientes al Nivel I

En el modo de funcionamiento manual del Nivel I, normalmente se tienen a todas las luminarias encendidas y las que cuentan con balastos dimerizables, con flujo luminoso máximo. En la Figura 4.17, se observan los valores de voltaje, corriente y potencia, correspondientes a este caso. Las mediciones se realizan con el analizador de armónicos FLUKE 41B.

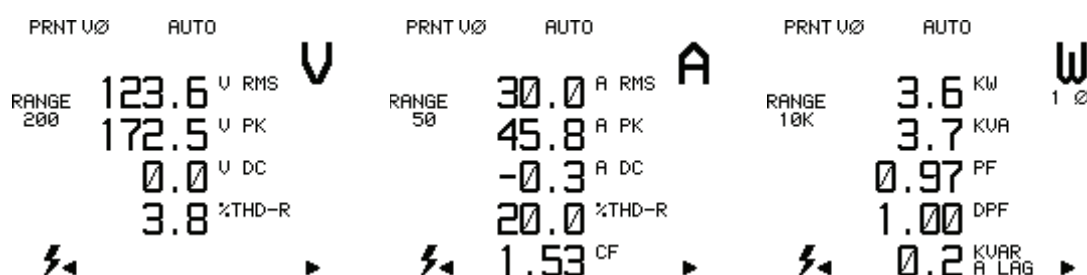


Figura 4.17 Valores medidos correspondientes al funcionamiento del sistema en modo manual para el Nivel I

Las formas de onda correspondientes a las variables de la Figura 4.17, se presentan en el ANEXO F.

Para conocer el consumo energético (kWh) en este nivel, se mide la potencia activa consumida en kW durante 10 horas de atención, por tres días. El horario considerado es a partir de las 08:00 hasta las 18:00. Los resultados obtenidos, se muestran en la Tabla 4.8.

Tabla 4.8 Consumo de energía en el Nivel I, modo de operación manual

	Día 1	Día 2	Día 3	Promedio
Consumo [kWh]	36.73	37.00	36.08	36.60

4.2.4.1.2 Mediciones correspondientes al Nivel II

En el modo de operación manual, normalmente, todas las luminarias correspondientes a este nivel, permanecen encendidas. Con el analizador de

armónicos FLUKE 41B, se capturan las pantallas, correspondientes al voltaje, corriente y potencias, para este caso (Figura 4.18).

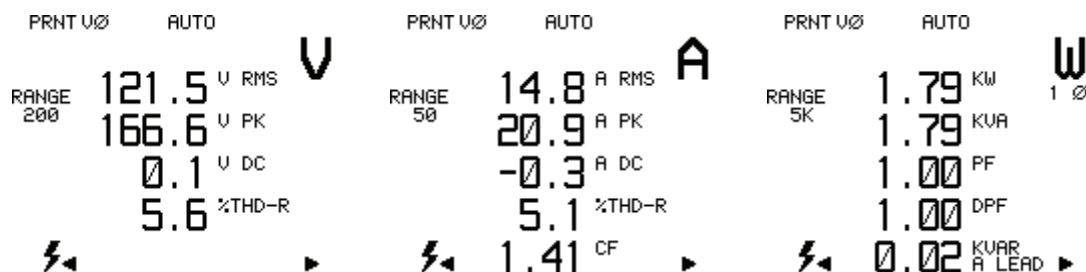


Figura 4.18 Valores medidos correspondientes al funcionamiento del sistema en modo manual para el Nivel II

También se toman las formas de onda, correspondientes a estas variables, las cuales se presentan en el ANEXO F.

Para conocer el consumo energético diario en kWh, se procede de igual forma que para el Nivel I. Los resultados obtenidos, se muestran en la Tabla 4.9.

Tabla 4.9 Consumo de energía en el Nivel II, modo de operación manual

	Día 1	Día 2	Día 3	Promedio
Consumo [kWh]	17.52	17.95	17.50	17.66

4.2.4.1.3 Consumo de energía total en modo manual

Tomando en cuenta los resultados obtenidos sobre el consumo de energía promedio de la BIEE, para el funcionamiento del sistema de control de iluminación en modo manual, se tiene lo siguiente:

Tabla 4.10 Consumo de energía diario de la BIEE, modo de funcionamiento manual

Consumo promedio Nivel I	36.60 [kWh]
Consumo promedio Nivel II	17.66 [kWh]
Consumo promedio total	54.26 [kWh]

4.2.4.2 Mediciones para el modo de funcionamiento automático

4.2.4.2.1 Mediciones correspondientes al Nivel I

Para el modo de operación automático, se consideran algunos casos, de los muchos que pudieran presentarse dentro del Nivel I, para lo cual se combinan ciertas condiciones ambientales y de presencia de usuarios en este nivel. En la Tabla 4.11, se presentan los resultados obtenidos:

Tabla 4.11 Mediciones para modo automático bajo diferentes condiciones

Cantidad de usuarios	Condiciones climáticas	Voltaje	THD V	Corriente	THD I	Potencia Activa	Factor de Potencia
		[V]	[%]	[A]	[%]	[kW]	
Alta	Soleado	123.54	4.72	23.29	23.95	2.77	0.96 en atraso
Alta	Poco solado	122.75	4.12	24.67	22.65	2.93	0.97 en atraso
Alta	Nublado	123.03	4.12	29.76	20.44	3.56	0.97 en atraso
Alta	Oscuro	123.53	3.98	30.29	20.59	3.64	0.97 en atraso
Media	Soleado	122.58	4.84	20.64	24.17	2.43	0.96 en atraso
Media	Poco solado	121.44	4.90	23.32	23.62	2.73	0.96 en atraso
Media	Nublado	123.18	4.61	21.29	23.96	2.52	0.96 en atraso
Media	Oscuro	122.26	4.33	28.05	19.77	3,34	0.97 en atraso
Baja	Soleado	123.84	4.43	17.26	23.13	2.06	0.96 en atraso
Baja	Poco solado	122.33	4.91	20.72	23.55	2.44	0.96 en atraso
Baja	Nublado	124.53	4.54	27.34	20.38	3.31	0.97 en atraso
Baja	Oscuro	124.20	4.60	29.86	20.73	3.60	0.97 en atraso

Las capturas de las pantallas del analizador FLUKE 41B, de varios casos tomados para la Tabla 4.11, se presentan en el ANEXO G.

Para la medición del consumo energético en kWh, se toman las mismas consideraciones que para el modo manual. Los resultados obtenidos, se muestran en la Tabla 4.12.

Tabla 4.12 Consumo de energía en el Nivel I, modo de funcionamiento automático

	Día 1	Día 2	Día 3	Promedio
Consumo [kWh]	27.47	26.49	28.25	27.40

4.2.4.2.2 Mediciones correspondientes al Nivel II

Dado que en el Nivel II, para el modo de funcionamiento automático, el control de las luminarias depende únicamente de la presencia o no de usuarios dentro del mismo, se consideran los cuatro posibles casos, que pueden presentarse. Los casos se describen a continuación:

- Presencia de usuarios en el área de estudio y de tesis (Caso A).
- Presencia de usuarios solamente en el área de estudio (Caso B).
- Presencia de usuario solamente en el área de tesis (Caso C).
- Ausencia total de usuarios (Caso D).

Para cada caso se miden, valores asociados al voltaje, corriente y potencia, propios de este nivel. En la Tabla 4.13, se presentan las mediciones obtenidas.

Tabla 4.13 Mediciones en el modo de funcionamiento automático del Nivel II

	Voltaje [Vrms]	THD V [%]	Corriente [Arms]	THD I [%]	Potencia Activa [kW]	Factor de potencia
Caso A	121.5	5.6	14.8	51	1.79	1
Caso B	117.6	5.8	10.89	5.9	1.28	1
Caso C*	118.9	5.5	5.37	5.5	0.64	1
Caso D	116.6	5.7	1.65	6.0	0.19	1

(*) Este caso no se presenta con regularidad

Las capturas de las pantallas del analizador FLUKE 41B, de varios casos tomados para la Tabla 4.13, se presentan en el ANEXO G.

En la Tabla 4.14, se muestran las mediciones del consumo de energía, que normalmente se tiene en el Nivel II.

Tabla 4.14 Consumo de energía en el Nivel II, modo de funcionamiento automático

	Día 1	Día 2	Día 3	Promedio
Consumo [kWh]	13.67	12.41	12.63	12.90

4.2.4.2.3 Consumo de energía total en modo automático

Considerando los resultados obtenidos de consumo de energía promedio de la BIEE, para el funcionamiento del sistema de control de iluminación en modo automático, se tiene lo siguiente:

Tabla 4.15 Consumo de energía diario de la BIEE, modo de funcionamiento automático

Consumo promedio Nivel I	27.40 [kWh]
Consumo promedio Nivel II	12.90 [kWh]
Consumo promedio total	40.30 [kWh]

4.2.4.3 Comparación modo manual vs modo automático

La Figura 4.19 resume el contenido de la Tabla 4.10 y la Tabla 4.15. En esta gráfica se observa que si el sistema de control de iluminación opera en modo automático, se consigue ahorrar aproximadamente el 25.73% de energía, respecto a lo que se consume en modo manual.

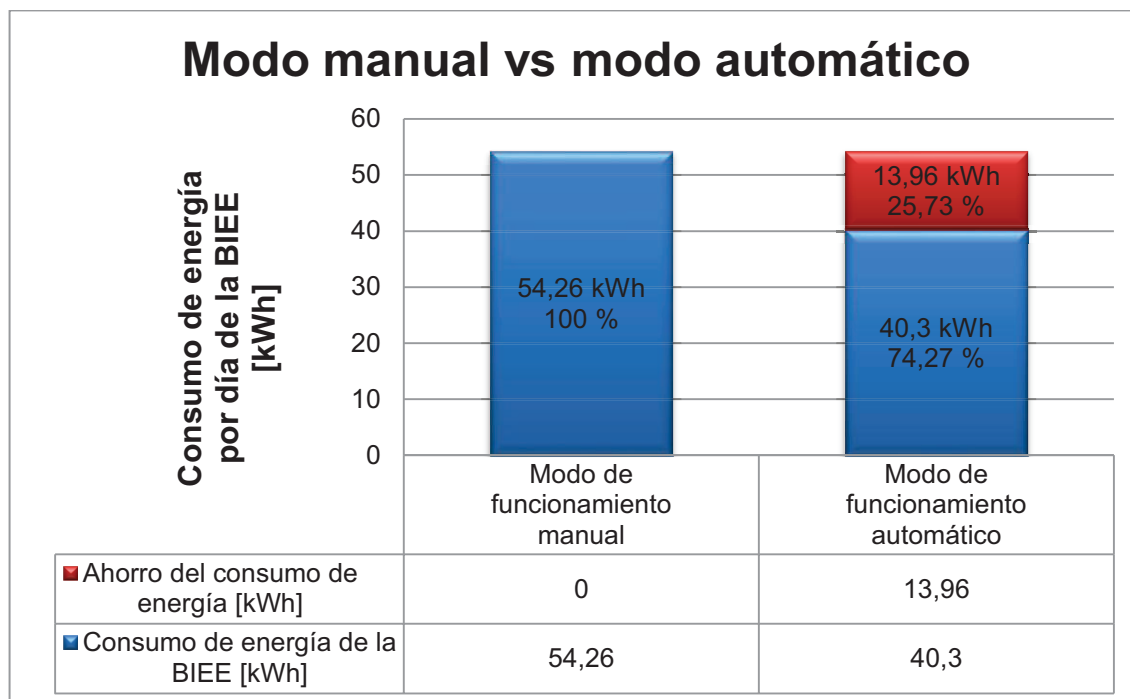


Figura 4.19 Cuadro comparativo de consumo de energía por día de la BIEE

4.3 PRUEBAS Y RESULTADOS DEL SISTEMA DE CCTV

La finalidad del sistema de CCTV es el reconocimiento de las actividades que se realizan en la BIEE. Con los equipos instalados en el sistema se logra los objetivos propuestos, ya que la nitidez con la que cuentan las cámaras sirve para reconocer dichas actividades.

El sistema de CCTV consta de 6 cámaras, 4 de las cuales se encuentran en el Nivel I y las 2 restantes en el Nivel II.

Para calcular la cobertura de las cámaras en el espacio físico de la BIEE, se observa la cobertura de cada cámara y se la gráfica en el plano tomando en cuenta las obstrucciones que tienen. En el plano se calcula cada una de las zonas que se cubre con las cámaras y se compara con el área total de la BIEE, para determinar el porcentaje de área cubierta. No se presenta el plano de cobertura de las cámaras, ya que el administrador se reserva esta disposición.

En el Nivel I, se determina que la cobertura efectiva que tienen las cámaras es de aproximadamente el 66,8%. Sin embargo, uno de los criterios para la ubicación de las cámaras, fue cubrir lugares a los cuales no se puede observar desde la oficina de administración. Si se desprecia los puntos que no cubren las cámaras, pero se tiene visibilidad desde la oficina de administración, la cobertura llega al 93,6%. El montaje de las cámaras en el Nivel I se observa en la Figura 4.20, mientras que en la Figura 4.21 la ubicación del DVR.



Figura 4.20 Montaje de las cámaras del Nivel I



Figura 4.21 Ubicación del DVR en el armario de la oficina de la administración

En el Nivel II, no se tiene visibilidad directa desde la administración por esto es necesario ubicar las cámaras de modo que cubran la mayor área posible. La cobertura que se tiene en este nivel es del 94,4%, y se da prioridad a zonas como la oficina (ubicada en el Nivel II y que pasa la mayor parte del tiempo

desocupada), las gradas de ingreso a la sala, y la puerta de salida de emergencia. El montaje de las cámaras del Nivel II se muestra en la Figura 4.22.



Figura 4.22 Montaje de las cámaras en el Nivel II

El DVR instalado tiene una capacidad de almacenamiento de 500 GB. Se configura el DVR para que cuando se llene la memoria, se sobrescriban los nuevos datos, sobre los más antiguos.

También se configura al DVR, para grabar permanentemente durante el horario de atención de la BIEE, y cuando la BIEE esté cerrada, se mantiene al sistema en grabación por detección de movimiento. De esto depende el tiempo que permanecerán los videos grabados en el DVR, ya que si hubo detección de movimiento se ocupa espacio en la memoria.

Las cámaras que se configuran con modo de detección de movimiento son las cámaras CAM-1, CAM-3, CAM-4 del Nivel I y CAM-5 del Nivel II (ANEXO E). La CAM-2 cuenta con el modo de detección de movimiento, sin embargo por estar enfocando a la ventana, detecta movimiento externo, el cual ocupa espacio innecesario en la memoria del DVR. Mientras que la CAM-6 no cuenta con esta opción.

También es importante destacar que durante el tiempo que ha estado funcionando el sistema de CCTV se ha recuperado varios objetos perdidos, y se ha devuelto algunos objetos olvidados. También la presencia de las cámaras ayuda a tener un mejor comportamiento por parte de los usuarios.

4.4 PRUEBAS Y RESULTADOS DEL SISTEMA DE COMUNICACIÓN DE MENSAJES DE AUDIO

4.4.1 MONTAJE DEL SISTEMA DE COMUNICACIÓN DE MENSAJES DE AUDIO

Los equipos seleccionados para la implementación del sistema (parlantes y amplificador), se montan de acuerdo a las recomendaciones, dadas por el fabricante. En la Figura 4.23, Figura 4.24 se presenta fotografías tomadas de los equipos ya instalados.



Figura 4.23 Montaje de los parlantes 1, 2 y 3, respectivamente



Figura 4.24 Ubicación del amplificador en el armario de la oficina de la administración

4.4.2 MENSAJES PREGRABADOS DISPONIBLES

Actualmente, dadas las condiciones operativas de la BIEE, se considera que las siguientes situaciones requieren de mensajes establecidos previamente:

- Informar el horario de atención de la BIEE, que actualmente, es de lunes a viernes de 07:00 a 18:00.
- Informar que debido a una falla en el suministro de energía eléctrica, los estudiantes deben abandonar la biblioteca, de esta forma evitar la pérdida de libros, ya que su sistema de seguridad después de un corte de energía, depende del tiempo de autonomía de la UPS (25 minutos con la carga instalada actual).
- Informar que en caso de hallar objetos olvidados dentro de la BIEE, éstos deben ser entregados en la administración de la misma.
- En caso de que exista demasiado ruido dentro de la BIEE, se les solicite, orden y silencio a los usuarios.
- Informar a los usuarios que abandonen la biblioteca minutos antes de que termine el horario de atención.

Existe la posibilidad de que se presenten otro tipo de circunstancias, en las cuales el personal administrativo deberá informar a los usuarios utilizando el micrófono.

4.4.3 CONTROLES DE VOLUMEN

Como se ha explicado anteriormente, lo que se desea es la trasmisión de ciertos mensajes a los usuarios de la BIEE, es decir transmisión de palabra, para esto es necesario ajustar los controles de volumen del sistema de transmisión de audio, para lo cual, existen tres posibilidades de controlar el volumen:

- Desde la interfaz gráfica.
- Con el control de volumen general del amplificador.
- Con el control de volumen de cada canal del amplificador.

Experimentalmente se determina, el nivel por defecto que tiene cada uno de ellos, el administrador tiene la capacidad de variar cualquiera de éstos, dependiendo de las necesidades de la BIEE.

Tabla 4.16 Control de volumen del sistema de comunicación de mensajes de audio

Control de Volumen	Nivel de audio (%)
Interfaz gráfica	75%
Volumen general del amplificador	60%
Volumen del canal 1 (Nivel I)	100%
Volumen del canal 2 (Nivel II)	80%

La diferencia entre el volumen de cada canal, radica en que el techo del Nivel I, se encuentra a 3.35 m, mientras que el del Nivel II, está a 2.7 m y debe compensar el efecto de atenuación de la señal de audio debido a la distancia.

4.4.4 ENCUESTA PARA DETERMINAR EL NIVEL DE SATISFACCIÓN CON EL SISTEMA DE COMUNICACIÓN DE MENSAJES

Para validar el funcionamiento del sistema de comunicación de mensajes de audio y la aceptación que tiene en los usuarios, se realiza una encuesta, el contenido de la misma se presenta en el ANEXO H.

La encuesta se realiza a 50 usuarios, luego de haber reproducido uno de los mensajes de audio pregrabados disponibles, en 2 días distintos de atención (25 encuestas por día). El primer día con una baja cantidad de usuarios y el segundo con alta presencia de los mismos. A continuación, se presenta el detalle de los resultados.

- El 98% de los encuestados, considera que el mensaje reproducido, fue comprensible y solamente un 2% que no lo fue.

- El 82% asegura que el nivel de volumen de los mensajes es adecuado, un 18% que es muy alto, mientras que nadie que fue muy bajo.
- El 66% interrumpió sus actividades para escuchar el mensaje, mientras que el 34% las continuó realizando mientras el mensaje era transmitido.
- El 94% considera efectiva el mecanismo empleado para la información dentro de la BIEE y solo al 6% restante, no lo hace.
- Al igual que en el caso anterior, el 94% considera que mensaje nítido, y un 6% que no lo fue.
- El 66% de los usuarios encuestados piensa que la frecuencia con la que se deben reproducir debe ser media, un 30 que debe ser baja y un 4% que debe ser alta.

Tabla 4.17 Resultados de la encuesta (pregunta 1 a 6)

PREGUNTA 1		
Opciones	Resultado	Porcentaje
SI	49	98.0%
NO	1	2.0%
PREGUNTA 2		
Opciones	Resultado	Porcentaje
MUY ALTO	9	18.0%
ADECUADO	41	82.0%
MUY BAJO	0	0.0%
PREGUNTA 3		
Opciones	Resultado	Porcentaje
SI	33	66.0%
NO	17	34.0%
PREGUNTA 4		
Opciones	Resultado	Porcentaje
SI	47	94.0%
NO	3	6.0%
PREGUNTA 5		
Opciones	Resultado	Porcentaje
SI	47	94.0%
NO	3	6.0%

PREGUNTA 6		
Opciones	Resultado	Porcentaje
ALTA	2	4.0%
MEDIA	33	66.0%
BAJA	15	30.0%

En la pregunta 7 de la encuesta, se pidieron sugerencias sobre otro tipo de información que los usuarios deseen que se comuniquen a través del sistema implementado, obteniendo los siguientes resultados.

Tabla 4.18 Resultados de la pregunta 7 de la encuesta

PREGUNTA 7		
Sugerencias	Resultado	Porcentaje
Eventos, cursos y actividades a realizarse	24	48.0%
Servicios con los que cuenta la BIEE	6	12.0%
Comportamiento dentro de la BIEE	9	18.0%
Otros (comunicación de la hora, objetos olvidados, entre otros)	7	14.0%
Ninguno	4	8.0%

De lo obtenido se recalca, que utilizando el micrófono, se pueden informar cualquiera de las opciones presentadas en la Tabla 4.18 si el administrador lo considera necesario.

CAPÍTULO 5

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- Con el sistema de control de iluminación, se tiene un uso más eficiente en el consumo de energía, logrando ahorrar hasta un 25% de energía durante un día particular. El porcentaje varía de acuerdo a distintas condiciones de iluminación externa, y número de usuarios dentro de las instalaciones.
- Tomando en cuenta la Tabla 1.1, en la que se muestra los niveles mínimos de iluminación, según la norma NTE INEN 1153:84 y las pruebas realizadas, se observa que los niveles obtenidos, están sobre los 150 luxes (Tabla 4.7). Entonces se cumple uno de los objetivos del proyecto que es el uso eficiente de energía sin desmejorar los niveles necesarios de iluminación.
- El sistema de CCTV implementado en la BIEE tiene la finalidad de obtener un reconocimiento de las actividades dentro de las instalaciones. En distintas ocasiones se logra resolver algunos problemas, gracias al sistema de CCTV, en cuanto a pérdidas y olvidos de objetos. Además por el solo hecho de tener instaladas las cámaras, el comportamiento de los usuarios se ve mejorado.
- El sistema de comunicación de mensajes de audio, se realiza con el objetivo de dar a conocer de manera eficiente cualquier tipo de disposiciones dentro de la BIEE, a todos los usuarios. En base a los resultados de las encuestas realizadas se conoce que los usuarios se encuentran satisfechos con el sistema implementado.
- En el sistema de control de iluminación se utilizan balastos dimerizables, sensores de iluminación y sensores de movimiento, los cuales son parte de un sistema completo que vende el fabricante. Hay que tomar en cuenta que este

sistema tiene un costo elevado, además de limitaciones al momento de adaptarlo a un lugar específico. Por lo que se decide utilizar los elementos antes mencionados, pero diseñar los controladores para adaptarlos a los modos de trabajo que se requieren en la BIEE. Lo que reduce el costo total del sistema.

- La interfaz de monitoreo y mando a distancia es desarrollada bajo software libre, debido a un requerimiento del administrador de la BIEE. Por esta razón se utiliza el software Gambas2, el cual tiene limitaciones al momento de realizar las comunicaciones, debido a que no es desarrollado específicamente para el tipo de comunicación que se utiliza.
- Se utiliza un sistema microprocesado para realizar el control del sistema de iluminación. La desventaja que suelen ofrecer este tipo de sistemas es en cuanto a la robustez, ya que suelen tener problemas con interferencias. Para lo cual es necesario seguir las recomendaciones del fabricante del microcontrolador al momento de realizar el diseño de las placas PCB. También se sigue las recomendaciones en cuanto a las alimentaciones de los microcontroladores.
- Para el sistema de control de iluminación es importante saber que se trabaja sobre un diseño de ubicación de luminarias, el cual no es alterado para el desarrollo del presente proyecto. Por lo que es importante destacar que el sistema está limitado a las condiciones de iluminación que se diseñaron originalmente.
- Debido a la forma en que se realiza el sistema de control de iluminación, es necesario que cuando se trabaja en modo automático/mando a distancia, los interruptores de modo manual estén desactivados, ya que puede generar problemas en el funcionamiento.
- La comunicación que se utiliza es RS-485, con el CI MAX-485, el cual tiene el canal de comunicación con voltaje diferencial. Sin embargo al momento de

realizar las pruebas se referencia al mismo punto todos los MAX-485, obteniendo así buenos resultados en la comunicación. Para conectar las referencias se emplea el apantallamiento del cable utilizado (par trenzado apantallado).

- De las mediciones realizadas, se observa que el factor de potencia del sistema de control de iluminación, se mantiene sobre el valor recomendable, por lo que se concluye que el uso de balastos dimerizables LUTRON, introduce niveles de distorsión mínimos.

5.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda que el sistema de control de iluminación opere en modo automático de forma permanente y que el modo manual se utilice solo en casos especiales.
- Dado los resultados de las encuestas realizadas para el sistema de comunicación de mensajes de audio, se recomienda al personal administrativo de la biblioteca, que se informe a los usuarios, sobre ciertas actividades importantes que se desarrollen dentro de la facultad y den a conocer los nuevos servicios con los que cuenta la BIEE.
- De los resultados de la encuesta, se recomienda que la frecuencia de reproducción de los mensajes de audio sea media, para evitar interrupciones continuas en las actividades de los usuarios.
- Se recomienda realizar las copias de seguridad del DVR semanalmente, para evitar que la información sea borrada.
- Se recomienda que cuando el modo de funcionamiento del sistema de control de iluminación sea automático, los interruptores que gobiernan el modo manual, permanezcan inactivos, debido a que pueden generar mal funcionamiento del modo automático, en caso de ser activados.

- Al combinar el uso de contactores con sistemas microprocesados, es necesario tomar en cuenta que al abrir y cerrar los contactos, se pueden generar interferencias que resetean a los microcontroladores, para evitar este tipo de problemas se recomienda el uso de filtros pasivos.
- Se recomienda a futuro aumentar la cobertura efectiva del sistema de CCTV, ya que el DVR, tiene dos entradas de video que pueden ser utilizadas para este efecto.

6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

LIBROS

- [1] MUHAMMAD RASHID, *Electrónica de Potencia - Circuitos, dispositivos y aplicaciones*, Tercera ed. México, México: PEARSON Educación, 2004.
- [2] Daniel CAMPOS and José Luis REDREJO, *Gambas - Programación visual con Software Libre*, Primera ed. Madrid, España: EDIT LIN, 2005.

ESTÁNDARES

- [3] Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN, Norma NTE INEN 1153:84 Iluminación natural en escuelas - Requisitos, 2012.

REVISTAS

- [4] RNDS, "Componentes y características de un Sistema de CCTV," *Revista Negocios de Seguridad*, vol. I, no. 37, pp. 140-156, Mayo 2008.
- [5] RNDS, "Diseño de un sistema de CCTV," *Revista Negocios de Seguridad*, vol. I, no. 38, pp. 144-156, Julio 2008.
- [6] RNDS, "Prestaciones de los Sistemas de Grabación Digital de Video (DVR)," *Revista Negocios de Seguridad*, vol. I, no. 41, pp. 132-148, Noviembre 2008.

TRABAJOS DE TITULACIÓN

- [7] Ledesma Bolívar Morillo Andrés, *Diseño del sistema de automatización para un edificio inteligente*. Quito, Ecuador, 2009.

SITIOS WEB

- [8] CASADOMO. (2012) www.casadomo.com. [Online].
<http://www.casadomo.com/noticiasDetalle.aspx?c=14&m=21&idm=21&n2=20>
- [9] Universidad Tecnológica Nacional de Argentina. (2002)
<http://www.edutecne.utn.edu.ar/>. [Online]. <http://www.edutecne.utn.edu.ar/eli-iluminacion/cap07.pdf>
- [10] Laboratorio de Control Industrial - EPN, CD de material didáctico.
- [11] Universidad de las Américas Puebla. (2005) <http://biblio.udlap.mx/>. [Online].
http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/martinez_v_da/capitulo1.pdf
- [12] CASADOMO. (2012) www.casadomo.com. [Online].
<http://www.casadomo.com/noticiasDetalle.aspx?c=33&m=37&idm=41&n2=36>
- [13] ACCESOR. (2012) www.accesor.com. [Online].
http://www.accesor.com/esp/art2_query.php?fam=5
- [14] BOSH. www.boschsecurity.com.ve. [Online].
http://www.boschsecurity.com.ve/acerca/noticias_y_eventos_productos/pdf/cctv/Nota_C%C3%B3mo%20seleccionar%20la%20c%C3%A1mara%20correcta_Marzo2009.pdf
- [15] IndigoVision. (2012) www.indigovision.com. [Online].
http://www.indigovision.com/documents/public/articles/DVR-vs-NVR_Article_Feb12_Spanish_Final.pdf
- [16] CENTRO DOCUMENTACIÓN DE ESTUDIOS Y OPOSICIONES. (2012)
<http://www.cede.es>. [Online].
https://www.serina.es/empresas/cede_muestra/302/TEMA%20MUESTRA.pdf
- [17] BIEE. (2012) www.biee.epn.edu.ec. [Online].
http://biee.epn.edu.ec/?page_id=70
- [18] LUTRON. <http://www.lutron.com>. [Online].
<http://www.lutron.com/TechnicalDocumentLibrary>
- [19] BLITZ, Hoja de datos sensor serie LX16C.

- [20] CAMSCO, Hoja de datos del relé electromagnético CAMSCO LY2.
- [21] ATMEL, Hojas técnicas del microcontrolador ATMEGA 164P.
- [22] Ingeniería en Microcontroladores. (2012) <http://www.i-micro.com>. [Online].
<http://www.i-micro.com/pdf/articulos/rs-485.pdf>
- [23] MAX 485, Hojas de datos del CI MAX 485.
- [24] ATMEL. (2012) <http://www.atmel.com>. [Online].
<http://www.atmel.com/Images/doc7674.pdf>
- [25] XTS. <http://www.omcvistech.com>. [Online].
<http://www.omcvistech.com/Portals/0/Store/XTS/XTS-690MDIVF-WDR.pdf>
- [26] XTS. <http://www.xtscorp.com>. [Online].
http://www.xtscorp.com/documents/products/1510_700mdivf.pdf
- [27] XTS. <http://www.jmtelcom.com.gt>. [Online].
http://www.jmtelcom.com.gt/uploaded/mod_documentos/XTS-MDVPIR-540.pdf
- [28] XTS. <http://xtscorp.com>. [Online].
http://xtscorp.com/documents/ads/1726_NewProductAnnounc%20DVR8200.pdf
- [29] AOC, Hojas técnicas monitor LED AOC e2343Fk.
- [30] BOSE. <http://pro.bose.com>. [Online].
http://pro.bose.com/pdf/pro/tech_data/ds16f/td_freespace_ds16f.pdf
- [31] BOSE. (2012) <http://worldwide.bose.com>. [Online].
http://worldwide.bose.com/pro/assets/pdf/en/tds_fs_iza_190_250.pdf