

SISTEMA PARA CONTROL DE ILUMINACIÓN POR VÍA INALÁMBRICA

JAIRO EDGARDO ARIAS DURÁN
JORGE ALBERTO CABALLERO ESPÍNDOLA

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES
BUCARAMANGA
2008

SISTEMA PARA CONTROL DE ILUMINACIÓN POR VÍA INALÁMBRICA

JAIRO EDGARDO ARIAS DURÁN
JORGE ALBERTO CABALLERO ESPÍNDOLA

Trabajo de grado desarrollado como requisito parcial para optar al título
Ingeniero Electrónico

Director MSc.
JORGE HERNANDO RAMÓN SUÁREZ

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA
Y TELECOMUNICACIONES
BUCARAMANGA

2008

AGRADECIMIENTOS

A mi inspiración, mi hija VALERIA.

A la familia materna de mi hija, por facilitar y dar tranquilidad a mi papel de padre.

A mis padres URBANO RIVERA y NELLY DURÁN por su apoyo incondicional.

A mi compañero de proyecto "Betín" por no dejarme desfallecer.

Y finalmente a todas aquellas personas que siempre me brindaron una voz de aliento cada vez que fue necesario.

Jairo Edgardo Arias Durán

AGRADECIMIENTOS

A mis hijas NICOLA ANDREA y MARIA CAMILA.

A mi esposa MARITZA.

A mi hermana MÓNICA y mis padres JORGE y AMPARO

Y aquellas personas que nunca me han una mano amiga.

Jorge Alberto Caballero Espíndola

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN

1	MARCO TEÓRICO	6
1.1	MICROCONTROLADOR MC68HC908GP32	6
1.1.1	Pin externo de interrupción (IRQ)	6
1.1.2	Pines puertos Entrada/Salida (I/O)	6
1.1.3	Pines puerto E Entrada/Salida (I/O)	6
1.2	COMUNICACIONES INALÁMBRICAS	7
1.2.1	Radiofrecuencia	7
1.2.2	Transmisor	7
1.2.3	Receptor	8
1.3	ELECTRÓNICA DE POTENCIA	8
1.3.1	Relé de estado sólido	9
2	DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA IMPLEMENTADO	10
2.1	LUCES DE TECHO	12
2.1.1	Superior	13
2.1.2	Medio	13
2.1.3	Pleno	13
2.2	LOBBY	13
2.2.1	Perímetro	14
2.2.2	Pleno	16
2.3	PAR 64	16
2.4	HALÓGENAS	17
2.4.1	Escenario	18
2.4.2	Trabajo	18
2.5	VARIOS	19
2.5.1	Luces laterales	20

2.5.2	Luces de piso	20
2.6	TELÓN	21
2.7	ESQUEMA DEL SISTEMA IMPLEMENTADO	21
3	ETAPA DE CONTROL	24
3.1	INTERFAZ DE USUARIO	25
3.1.1	Diseño centrado en usuario	25
3.1.2	Pantalla	26
3.2	PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN	26
3.3	PROGRAMACIÓN MCU	30
3.3.1	Programación de la pantalla	32
3.3.2	Programación puerto E	33
3.3.3	Programación IRQ	33
3.3.4	Programación de comprobación	33
4	ETAPA DE COMUNICACIÓN	34
4.1	CRITERIOS DE SELECCIÓN DE TRANSMISOR Y RECEPTOR	34
4.2	PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN	35
4.3	CONSIDERACIONES DE INTERFERENCIA	36
5	ETAPA DE POTENCIA	38
5.1	DISPOSITIVO DE ESTADO SÓLIDO	38
5.2	DISIPADORES	38
5.3	VARISTOR	40
5.4	FUSIBLE	40
5.5	CIRCUITO DE POTENCIA	40
5.6	MEDIDAS DE CONTINGENCIA ANTE POSIBLES FALLAS	41
6	PRUEBAS	43
6.1	PRUEBAS ETAPA DE COMUNICACIÓN	43
6.1.1	Fidelidad	43

6.1.2 Alcance	44
6.2 POTENCIA	45
6.2.1 Temperatura	46
BIBLIOGRAFIA	51
ANEXOS	52

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 2-1 Imagen referencia auditorio	13
FIGURA 2-2 Imagen referencia lobby	15
FIGURA 2-3 Imagen referencia Par64	17
FIGURA 2-4 Imagen referencia halógenas	18
FIGURA 2-5 Imagen referencia laterales	19
FIGURA 2-6 Imagen referencia piso	21
FIGURA 2-7 Imagen referencia telón	21
FIGURA 3-1 Diagrama de comunicación	25
FIGURA 3-2 Esquema de funcionamiento	31
FIGURA 6-1 Puntos de envío señales de prueba	45
FIGURA 6-2 Medición temperatura SSR diseñado	47
FIGURA 6-3 Medición temperatura SSR comercial seleccionado (10 horas)	48
FIGURA 6-4 Medición temperatura SSR comercial seleccionado (1 hora)	49

LISTA DE TABLAS

TABLA 2-1 Referencias de interruptores luces techo	13
TABLA 2-2 Referencia de interruptores lobby	15
TABLA 2-3 Referencia de interruptores Par64	17
TABLA 2-4 Referencia de interruptores halógenas	18
TABLA 2-5 Referencia de interruptores varios	19
TABLA 2-6 Referencia de interruptores telón	21
TABLA 3-1 Conjuntos principales	27
TABLA 3-2 Subconjuntos	28
TABLA 3-3 Auditorio	29
TABLA 3-4 Par64	29
TABLA 3-5 Lobby	29
TABLA 3-6 Halógenas	29
TABLA 3-7 Telón	29
TABLA 3-8 Varios	29
TABLA 3-9 Distribución de puertos MCU	32
TABLA 4-1 Bits identificación CRM	36
TABLA 6-1 Parámetros prueba SSR diseñado	46
TABLA 6-2 Registro de temperatura SSR diseñado	47
TABLA 6-3 Parámetros prueba SSR comercial seleccionado	48
TABLA 6-4 Registro temperatura SSR comercial seleccionado	50

RESUMEN

TÍTULO: SISTEMA PARA CONTROL DE ILUMINACIÓN POR VÍA INALÁMBRICA*

AUTORES: JAIRO EDGARDO ARIAS DÚRAN Y JORGE ALBERTO CABALLERO ESPÍNDOLA**

PALABRAS CLAVE: control de iluminación, comunicación inalámbrica, relé de estado sólido, Microcontrolador MC68HC908GP32

DESCRIPCIÓN:

El presente proyecto contempla el diseño de un sistema de control de iluminación por vía inalámbrica para el auditorio Luís A. Calvo de la Universidad Industrial de Santander, donde se abarcan tres áreas importantes del espectro de la ingeniería electrónica como lo son electrónica de potencia, comunicación inalámbrica por radiofrecuencia y automatización mediante microprocesadores.

El objetivo del proyecto es brindar solución a la falta de un control central para el manejo del sistema eléctrico de iluminación del auditorio de la Universidad, para esto se utilizaron microcontroladores MC68HC908GP32 como dispositivos de procesamiento, dispositivos RXD-433-KH y TXE-433-KH como elementos de comunicación por radio frecuencia, una pantalla "HITACHI – HD44780U" como herramienta de visualización y relés de estado sólido de referencia TD48A40 monofásicos y TD48A40TP trifásicos como unidades de conmutación.

Desde el punto de vista del usuario se tuvo en cuenta conceptos de usabilidad y funcionalidad con el fin que el proyecto tuviese aplicabilidad a corto plazo en la automatización del sistema eléctrico de iluminación del auditorio. Además, todo el diseño contempla un sistema modular que permite adaptaciones y fácil cambio de las piezas que necesiten ser reemplazadas.

El diseño final contempla no solo aplicabilidad de conceptos de diseño de producto, sino también la oportunidad de una segura aplicación gracias a las pruebas y ensayos realizados que confirman la fiabilidad del sistema desarrollado.

* Trabajo de grado

** Facultad de ingenierías Físico-Mecánicas, Escuela de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones. Director. MsC. JORGE HERNANDO RAMÓN SUÁREZ

ABSTRACT

TITLE: A CONTROL SYSTEM FOR ILLUMINATION BY WIRELESS ROUTE*

AUTHORS: JAIRO EDGARDO ARIAS DURAN AND JORGE ALBERTO
CABALLERO ESPINDOLA**

KEYWORDS: Illumination control, wireless communication, solid state relay, Microcontroller MC68HC908GP32

DESCRIPTION

This project refers to the design of a system for control of illumination by wireless route for the Luis A. Calvo auditorium of the Universidad Industrial de Santander, that includes three important areas of the spectrum of electronic engineering. These areas are: power electronics, wireless communication by radiofrequency and automatization by means of microprocessors.

The aim of this project is to propose a solution to the lack of a central control for handling the electrical system of illumination of the University auditorium. To achieve this, micro processors MC68HC908GP32 were used as processing devices, RXD-433-KH and TXE-433-KH devices as elements of communication by radio frequency, a "HITACHI – HD44780U" screen as visualization tool and single-phase solid state relays with reference TD48A40 and three-phase TD48A40TP relays as commutation units were used.

The concepts of usage and functionality were taken into account from the customer's point of view with the purpose that the project had applicability in the short term with respect to the automatization of the electrical system of illumination of the auditorium. Besides, the whole design considers a modular system that allows adaptations and an easy replacement of the parts that need to be changed.

The final design considers not only the applicability of concepts of product design, but also the opportunity of a safe applicability thanks to the tests made that confirm the reliability of the system developed.

* Graduation Thesis

** Physical-mecanic Engineering Faculty, Electric, Electronic and Telecommunication Engineering Schools

INTRODUCCIÓN

La gran importancia que en la vida personal y profesional de quienes han pasado por la Universidad, lleva a cuestionar sobre la oportunidad de incluir dentro de la perspectiva para proyecto de grado, una aplicación de conocimientos hacia la solución de necesidades presentes en la Universidad, como una forma de retribuir en pequeña escala, la gran deuda académica adquirida con el Alma Mater y la sociedad.

Ahora, es importante recalcar que la gran riqueza de la Universidad Industrial de Santander (UIS) no solo proviene de su formación académica, sino, en gran medida de la formación política, social y cultural que aquí se ofrece, proporcionando esto, la formación integral que da grandeza a la educación pública. Esta formación integral es dada en los distintos espacios interdisciplinarios con que cuenta la Universidad, y es por todos sabido que el principal instrumento para el fomento de la cátedra política y sociocultural, y uno de los grandes estandartes del que nos enorgullecemos en la Universidad Industrial de Santander, es el auditorio “Luís A. Calvo”. Es ésta la razón que en esta oportunidad ha llevado a escoger a este magno recinto, como objetivo para la aplicación y retribución de los conocimientos adquiridos.

A raíz del diálogo con el actual Jefe de Dirección Cultural el señor Luís Álvaro Mejía Arguello, las visitas y constantes charlas con los auxiliares del auditorio, se ha encontrado que una de las principales limitaciones en la prestación de servicios a la comunidad de este recinto, es la dificultad en el manejo del sistema de iluminación del auditorio. El problema radica principalmente en las necesidades particulares de los distintos tipos de eventos, ya que durante estos se presentan grandes dificultades al operar el sistema de iluminación perteneciente al auditorio. Con más de 25 años de existencia el Auditorio Luís A. Calvo, a prestado numerosos e imperiosos servicios a la comunidad universitaria y santandereana, en él se han realizado quizás los más importantes eventos artísticos, lúdicos y sociales. Sin embargo, con el pasar de los años, es necesario avanzar a la par de los nuevos requerimientos técnicos necesarios para seguir atendiendo las exigencias de los diversos eventos. Entre ellos, el control central del sistema de iluminación del recinto.

Todo evento siempre quedará en la memoria de los asistentes, sin embargo, lo que sucede “detrás de bambalinas” es para la gran mayoría desconocido, por esto, contar con sistemas adecuados que soporten la calidad en la prestación de los servicios del auditorio es de vital importancia para el continuo servicio a la comunidad en general.

En el presente proyecto se diseñó e implementó una solución al problema planteado, buscando ofrecer un sistema práctico, versátil y adaptable a futuras modificaciones, adaptando tecnologías y conocimientos en pro del objetivo trazado.

El proyecto se ha planteado en varias etapas, que serán comentadas a lo largo del presente documento.

Capítulo 1 “*Marco Teórico*”, breve descripción teórica conceptual para fácil comprensión del presente proyecto y los criterios utilizados a lo largo del mismo.

Capítulo 2 “*Descripción del Sistema Implementado*”, en este capítulo se mostrarán cada una de las funciones del auditorio que requieren de automatización, con ubicación gráfica, referencia de líneas de energía, descripción de la naturaleza de la carga y su función específica.

Capítulo 3 “*Etapa de Control*”, descripción de los diversos criterios planteados para el desarrollo del sistema, desde elementos de software hasta el hardware que fue necesario integrar al sistema desarrollado, se describe la interfaz de usuario y lo relativo a la unidad de procesamiento central, allí se comprenderá el protocolo adaptado a la solución planteada y la forma como se controlan los diversos elementos.

Capítulo 4 “*Etapa de Comunicación*”, se aborda la descripción de los dispositivos de comunicación inalámbrica seleccionados, la forma como se comunican entre ellos y las consideraciones de interferencia que se han tenido en cuenta, siempre buscando la forma de mantener la mayor fiabilidad del enlace de comunicación.

Capítulo 5 “*Etapas de Potencia*”, aquí se muestra como finalmente las señales de control ejercen efecto sobre las cargas a controlar, como el sistema de control digital entrega señales a sistemas de control análogo, quienes finalmente actúan sobre la carga, además se hace énfasis en el relé de estado sólido trifásico desarrollado para esta aplicación en específico.

Al final se encontrará la bibliografía del material que ha servido de base teórica y documental, y los anexos que ayudan a sustentar los diversos criterios de selección de dispositivos.

1 MARCO TEÓRICO

1.1 MICROCONTROLADOR MC68HC908GP32¹

El microcontrolador MC68HC908GP32 del fabricante Freescale (otrora Motorola) es un miembro de bajo costo de la familia de MCU M68HC08 de 8 bits de alto performance. Todos los MCU de esta familia usan la extendida unidad central de procesamiento M68HC08 (CPU08) y están disponibles en una variedad de módulos, tamaños y tipos de memoria y diversos tipos de empaquetamiento.

Se consideran funciones especiales aquellas características del MCU que se han considerado esenciales para el presente proyecto, es válido recordar que muchas otras funciones propias del MCU seleccionado serán subutilizadas dado que no representan ningún valor agregado para el sistema desarrollado en específico, pero no por esto, se resta validez a su importancia.

1.1.1 *Pin externo de interrupción (IRQ)*

El pin IRQ es una señal externa, ajena al MCU que permite interrumpir cualquier acción del MCU. De gran utilidad cuando se desea establecer ciertos criterios de tiempos de espera, tal como se verá en el Capítulo 3 “*Etapa de Control*”.

1.1.2 *Pines puertos Entrada/Salida (I/O)*

PTA, PTB, PTC, PTD son puertos bidireccionales de propósito general. Alguno o todos los pines de estos puertos pueden ser programados para servir como interruptores. Los pines

¹ MC68HC908GP32 HCMOS Microcontroller Unit TECHNICAL DATA, Freescale, 2000

de estos puertos tienen seleccionadores que pueden ser configurados para servir de modo entrada o salida, según necesidad.

1.1.3 Pines puerto E Entrada/Salida (I/O)

PTE0 – PTE1 son de propósito general, es un puerto de pines I/O bidireccionales. Estos pines también podrán ser programados para ser la interfaz de comunicación serial (SCI). Esta característica se considera esencial en este proyecto con el fin de realizar habilitaciones de comunicación que serán explicadas en el Capítulo 3 “*Etapa de Control*”.

1.2 COMUNICACIONES INALÁMBRICAS²

1.2.1 RADIOFRECUENCIA

El término radiofrecuencia, también denominado espectro de radiofrecuencia o RF (3_Hz a 300_GHz), se aplica a la porción del espectro electromagnético en el que se pueden generar ondas electromagnéticas aplicando corriente alterna a una antena³. En este caso en particular nos interesa la porción del espectro de radiofrecuencia denominado Ultra High Frequency (UHF), que es considerada de uso aficionado⁴.

1.2.2 TRANSMISOR⁵

Un transmisor es un dispositivo electrónico que junto a la ayuda de una antena propaga ondas electromagnéticas, estas señales pueden ser de radio, televisión u otras telecomunicaciones.

² Sistemas de Comunicación, Haykin, Limusa Wiley, 2002. Capítulo 8 pág 512-566

³ Radiofrecuencia, Wikipedia, www.wikipedia.org, Octubre de 2007.

⁴ www.mincomunicaciones.gov.co link espectro radioeléctrico

⁵ Transmitter, Wikipedia, www.wikipedia.org, Octubre de 2007. Traducción y edición de los autores del proyecto.

Un transmisor usualmente tiene una fuente de poder, un oscilador, un modulador y amplificadores para radiofrecuencia (RF). El modulador es un dispositivo que modula la señal de información sobre la frecuencia portadora para ser luego difundida (transmitida). Algunas veces el dispositivo o sistema diseñado combina el transmisor y un receptor, en este caso la unidad recibe el nombre de transreceptor.

La interpretación más general en comunicaciones y en procesamiento de información, un transmisor es algún objeto (fuente) que envía información a un observador (receptor).

1.2.3 RECEPTOR⁶

El receptor en teoría de la comunicación es quien recibe los datos al final de una línea de comunicación. Éste recibe mensajes codificados (información) que han sido codificados previamente por un transmisor (emisor). Algunas veces el receptor es diseñado incluyendo un decodificador. Los receptores reales (no ideales como en la teoría) como receptores de radio o teléfono no pueden esperar recibir tanta información como la predicha por el ruido presente en el canal.

1.3 ELECTRÓNICA DE POTENCIA⁷

Se denomina electrónica de potencia a la rama de la ingeniería eléctrica que se refiere a la aplicación de dispositivos electrónicos, principalmente semiconductores, al control y transformación de potencia eléctrica. Esto incluye tanto aplicaciones en sistemas de control como de suministro eléctrico a consumos industriales e incluso la interconexión de sistemas eléctricos de potencia.

⁶ Receiver, Wikipedia, www.wikipedia.org, Octubre de 2007. Traducción y edición de los autores del proyecto.

⁷ Electrónica de potencia, www.wikipedia.org, Octubre de 2007. Edición de los autores.

Para estas aplicaciones se han desarrollado una serie de dispositivos semiconductores de potencia, todos los cuales derivan del diodo o el transistor. A continuación veremos los relacionados con el presente proyecto:

1.3.1 RELÉ DE ESTADO SÓLIDO

Un relé de estado sólido, es un dispositivo que utiliza un interruptor de estado sólido (TRIAC) en vez de utilizar contactos mecánicos como los relés convencionales, para conmutar cargas con señales de bajo nivel de potencia. Estas señales de control pueden provenir de circuitos digitales y estar diseñadas para el control de aplicaciones como luces, motores, entre otros. Por lo general es necesario un aislamiento, lo cual será analizado en el Capítulo 5 "*Etapas de Potencia*".

El relé de estado sólido ofrece varias ventajas respecto a los tradicionales y los contactores electromecánicos: el tiempo de respuesta es más rápido, son más livianos y confiables, no sufren desgaste, inmunes a vibraciones, no producen arcos ni ionizan el aire circundante, la interferencia generada es muy poca, y en especial para este proyecto no genera ruido auditivo.

2 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA IMPLEMENTADO

Como se puede observar, a la fecha el auditorio “*Luís A. Calvo*” lleva un poco más de veinticinco (25) años durante los cuales ha cumplido imperiosos e importantes servicios a la comunidad universitaria y santandereana. Pero, hasta la fecha no ha recibido ningún tipo de mejora sustancial en su acondicionamiento técnico y eléctrico acorde a los nuevos requerimientos de los diversos eventos que allí se realizan.

Se observa, que uno de los principales inconvenientes se presenta cuando es necesario el manejo de la iluminación general del auditorio al llevar a cabo algún tipo de evento, para lo cual un determinado número de personas (de 3 a 4 personas) están en constante comunicación y coordinación, esto se debe a la no predicción en el momento de realizar el diseño eléctrico del auditorio de la necesidad de tener un control central de los distintos elementos del auditorio (sistemas de iluminación y manejo del telón), entonces los diversos interruptores quedaron ubicados en lugares distantes los unos de los otros, lo cual llevó a las condiciones ineficiencia mencionadas en la prestación de los servicios del auditorio.

Uno de los principales parámetros de diseño para la solución al reto planteado es poder implementar una estrategia sin afectar la estructura eléctrica existente y sin perjudicar las actividades cotidianas del auditorio, es decir sin detener los servicios prestados por un periodo de tiempo perjudicial para las actividades del auditorio, los espacios de trabajo para el desarrollo del proyecto se dan durante los recesos en servicios.

Para buscar la mejor alternativa, se realizó un análisis preliminar de las falencias técnicas del auditorio, en dicho análisis participó el personal directivo y técnico del auditorio, se planteó las necesidades y mejoras a lograr. La propuesta planteada está basada en la infraestructura eléctrica existente (planos eléctricos) y la experiencia del personal que presta servicios al auditorio, ya que estos últimos son los reales conocedores de los pormenores e inconvenientes presentes durante la prestación de servicios.

Según lo convenido entre las partes interesadas en el proyecto, se establecieron cuatro (4) parámetros principales para la solución propuesta:

- Un sistema de bajo costo
- No afectar la infraestructura física del auditorio
- Una solución que no afectará el funcionamiento normal del auditorio
- Un sistema de control centralizado

Después de revisar diversas posibilidades se llegó a la conclusión que el sistema tendría tres características necesarias:

- Adaptabilidad
- Inalámbrico
- Modular

Seguidamente se plantearon las funcionalidades a tener el sistema, estas necesidades fueron planteadas por grupos, con el fin de mostrar una representación gráfica se realizaron diagramas del auditorio para cada uno de los conjuntos eléctricos a automatizar.

Junto a los diagramas se mostrarán las referencias de las líneas de tensión, dichas referencias se toman teniendo en cuenta los planos técnicos eléctricos existentes actualmente en la oficina de Planeación de la Universidad, se utiliza la misma nomenclatura con el fin de conservar relación con lo existente.

2.1 LUCES DE TECHO (AUDITORIO)⁸

Se considera *lucos de techo* al conjunto de bombillas que iluminan el interior del recinto y se ubican en la cubierta del auditorio. Dicho conjunto está organizado por nueve líneas que son simétricas al arco arquitectónico del auditorio, por cada línea existen tres interruptores, dichas líneas se enumeran del uno (1) al nueve (9) siendo la de mayor denominación la más cercana a la tarima. Vale recordar que la línea más cercana a la tarima (9), cuyas referencias son los interruptores *N7A-25-26-27* se encuentra destinada para el conjunto de luces llamado *Par64*, del cual se hablará más adelante.

Los interruptores de las *lucos de techo* se encuentran ubicados en la cabina de proyección. En el análisis realizado junto al personal del auditorio se constató que en los diversos eventos se utilizaban tres grupos de luces en diversas configuraciones, dichos grupos se han organizado de la siguiente manera:

⁸ La gráfica anterior y las posteriores en este capítulo permitirán tener una visión de la organización física de las líneas de potencia a ser intervenidas para la automatización, más no es un esquema técnico del diseño eléctrico del auditorio

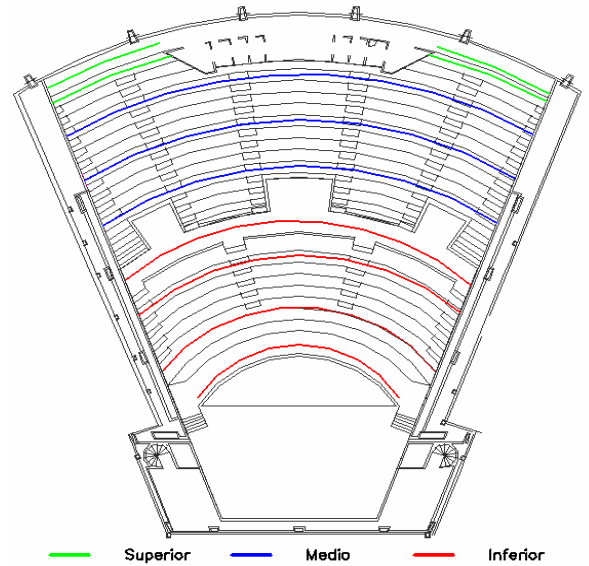
TABLA 2-1
auditorio

Referencias de interruptores
Luces de techo

	Línea	
Superior (Verde)	1	N7A-4-5-6
	2	N7A-4-5-6
Medio (Azul)	3	N7A-7-8-9
	4	N7A-10-11-12
	5	N7A-13-14-15
Inferior (Rojo)	6	N7A-16-17-18
	7	N7A-19-20-21
	8	N7A-22-23-24
	9	N7A-25-26-27

Fuente: autores

FIGURA 2-1 Imagen referencia



Fuente: autores

2.1.1 SUPERIOR

Comprenden las líneas de luces uno y dos ubicadas en la parte superior (de color verde según *Figura 2.1*) y de referencia *N7A-4-5-6*, estas líneas dan un efecto tenue de iluminación. Este caso se da particularmente cuando se necesita realizar algún tipo de proyección y es necesaria la interacción con el público.

2.1.2 MEDIO

Es la suma de la alternativa de la parte superior más las líneas faltantes hasta completar la mitad de líneas iluminadas (de color azul según *Figura 2.1*) y de referencia *N7A-7-8-9*, *N7A-10-11-12*, y *N7A-13-14-15*. Esta selección es de utilidad para la realización de eventos de interpretación musical.

2.1.3 PLENO

Significa que todas las líneas de iluminación del techo del auditorio serán encendidas, superior, medio e inferior (de color rojo según *Figura 2.1*), se considera inferior las líneas de referencia *N7A-16-17-18*, *N7A-19-20-21* y *N7A-22-23-24*. Se presenta este caso cuando se requiere una participación directa entre el público asistente al auditorio y la(s) persona(s) encargada(s) de dirigir la dinámica del evento.

2.2 LOBBY

Es el conjunto de luces presente en el *lobby* del auditorio, este conjunto es utilizado cuando el auditorio presta servicios en horas de la noche, en especial eventos artísticos, los interruptores de dicho conjunto se encuentran ubicados al lado de las escaleras de acceso del lado derecho (dirección sur) del recinto.

Según lo analizado, se vio la posibilidad de configurar los circuitos de tal manera que se pudiese prender tan solo el contorno del *lobby*, esto con el fin brindar un efecto estético y práctico al finalizar los eventos.

A diferencia de las referencias de *luces de techo*, las referencias de *lobby* no siguen un orden aparente, esto se debe a que los circuitos de las luces de *lobby* no fueron diseñados para prender de forma independiente, sino como un todo, por lo cual las referencias faltantes hacen parte de circuitos que no traen ninguna importancia para el presente proyecto, como lo pueden ser las luces de los baños o enchufes al interior de alguno de los cuartos.

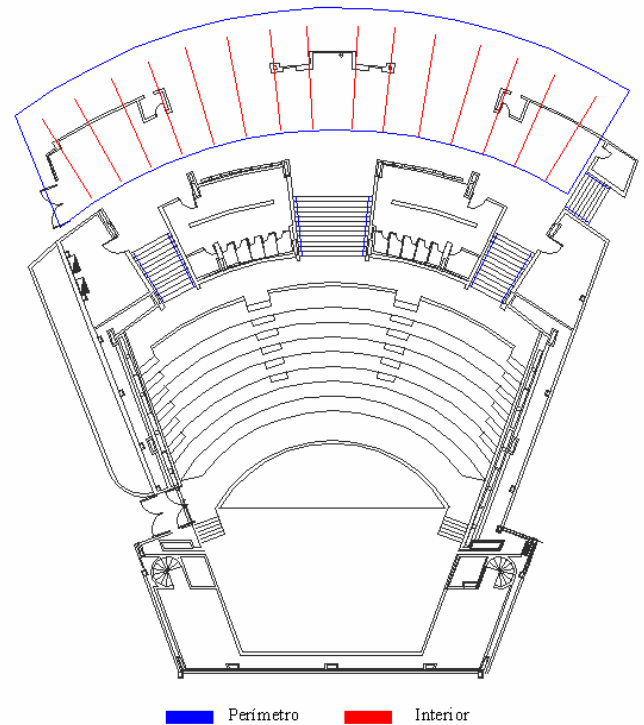
TABLA 2-2

Referencias de interruptores Lobby

	Línea	Referencia
Perímetro (Azul)	1	1N5-3
	2	1E2-1
	3	1N5-4
	4	1E2-1
	5	1N5-7
	6	1E2-6
	7	1N5-11
Escaleras de acceso (Azul)	8	1E2-2
	9	1E2-3
Interior (Rojo)	10	1N5-1
	11	1N5-2
	12	1N5-5
	13	1N5-9
	14	1N5-6

Fuente: Autores

FIGURA 2-2 Imagen referencia lobby



Fuente: autores

2.2.1 PERÍMETRO

Al terminar algún evento en horas de la noche, el perímetro del *lobby* será iluminado al igual que las luces de las escaleras de acceso al auditorio de tal manera que ofrezca un efecto estético al iluminar el contorno del *lobby* y comunique a los asistentes la finalización de la jornada programada para el evento en particular. Las referencias de los circuitos de *perímetro* se encuentran en el *Tabla 2.2* y están identificados por un color azul en la *Figura 2.2*.

2.2.2 PLENO

Comprende la totalidad de luces pertenecientes al *lobby* y las luces de piso que se encuentran en las escaleras de acceso al auditorio, permitiendo un espacio adecuado para la socialización durante los periodos de receso y antes de la iniciación de los eventos realizados en las noches. Se considera pleno las luces de *perímetro* más 15 líneas de luces, compuestas por cinco circuitos, dichos circuitos los hemos denominado *interior*, identificados por el color rojo en la *Figura 2.2* y con referencias según *Tabla 2.2*, *1N5-1-2-5* y *1N5-6-9*.

2.3 PAR 64

Son aquellas luces que proporcionan iluminación directa y focalizada a un punto de la tarima, además su ubicación es fija y por esta razón tiene una distribución tal que, desde sus diferentes posiciones cubre todo el escenario. Las luces denominadas *Par64*⁹ son luces de teatro y proyección que has sido adaptadas al auditorio dada su utilidad y flexibilidad de utilización.

Las luces *Par64* están ubicadas en las paredes laterales del recinto, a mitad de distancia del largo del auditorio, sobre el pasillo de acceso principal. Las *Par64* son utilizadas para efectos de luz de focalización amplia en la tarima. Estas luces son los círculos de color magenta que se ven en la *Figura 2.3* en la parte intermedia del auditorio y se alimentan de la línea de potencia con referencia *N7A-25-26-27* de la *Tabla 2.3*.

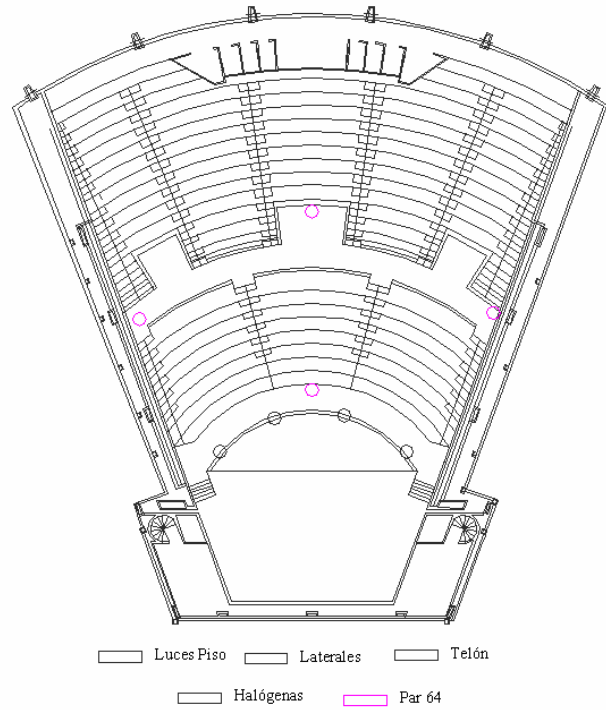
⁹ Ficha técnica de las luces *Par64* en *Anexo 2*

FIGURA 2-3 Imagen referencia Par64

TABLA 2-3
Referencias de interruptores Par
64

	Línea	Referencia
Par 64 (Magenta)	1	N7A-25
	2	N7A-26
	3	N7A-27

Fuente: autores



Fuente: autores

2.4 HALÓGENAS

Se considera el conjunto de luces ubicadas en la parte frontal de la tarima, se organizan en dos grupos así:

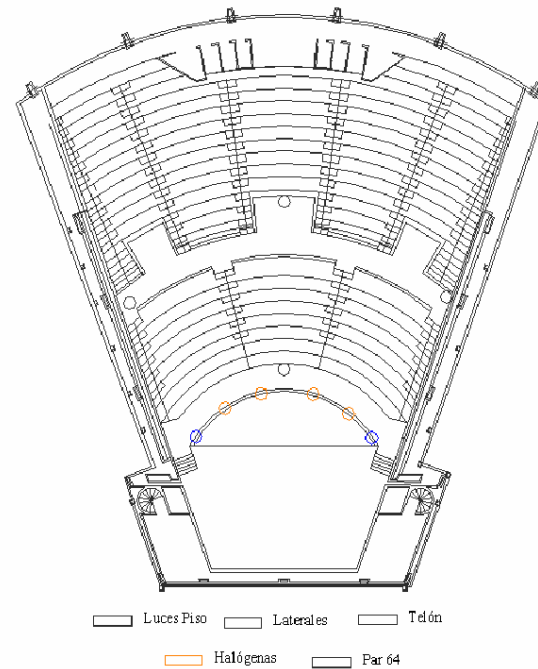
TABLA 2-4

**Referencias de interruptores
Halógenas**

	Línea	Referencia
Escenario (Azul)	1	N7A-28
	2	N7A-29
	3	N7A-30
Trabajo (Naranja)	4	1N6-7
	5	1N6-8
	6	1N6-9

Fuente: autores

FIGURA 2-4, Imagen referencia halógenas



Fuente: autores

2.4.1 ESCENARIO

Compuesto por dos luces ubicadas cada una a un costado de la tarima, permiten iluminar el escenario y utilizan bombillas de 500 wattios con núcleo de mercurio de descarga de alta densidad, cuya ficha técnica se encuentra referenciada en los *Anexos*.

2.4.2 TRABAJO

Son luces halógenas de 500 wattios lámparas de yodo cuarzo de doble terminal, conocidas popularmente como lámparas halógenas, estas sirven para iluminar la tarima cuando se necesita realizar algún tipo de trabajo y se requiere iluminación adecuada. La ficha técnica de estas lámparas se encuentra en los *Anexos*.

2.5 VARIOS

Denominamos varios, al conjunto de luces y elementos eléctricos que no tiene una relevancia significativa (en cuanto a necesidad de encendido y apagado continuo), por lo cual no son parte de las funciones primarias del proyecto, pero no por esto excluyentes.

TABLA 2-5

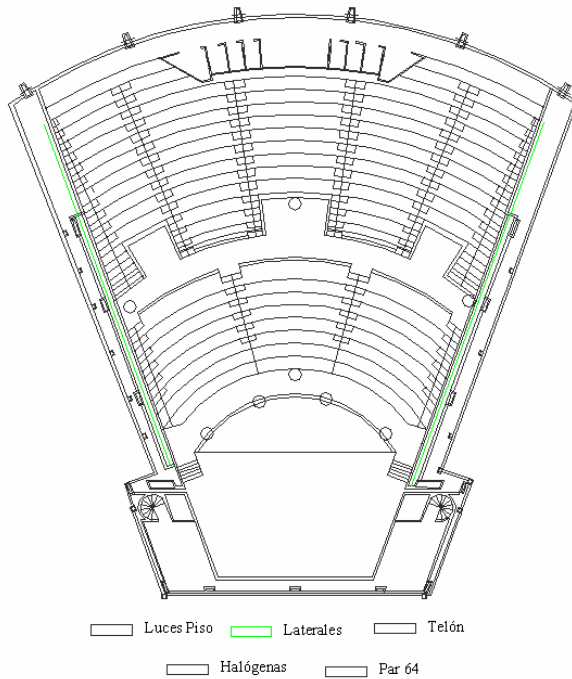
Referencias de interruptores

Varios

	Línea	Referencia
Laterales (Verde)	1	1N4-6
	2	1N4-7
Luces de piso (Azul)	3	1E3-2
	4	1E3-3
	5	1E3-4
	6	1E3-5
	7	1E3-6
	8	1E3-7
	9	1E3-8
	10	1E3-9
	11	1E3-10
	12	1E3-11
	13	1E3-12
	14	1E3-13

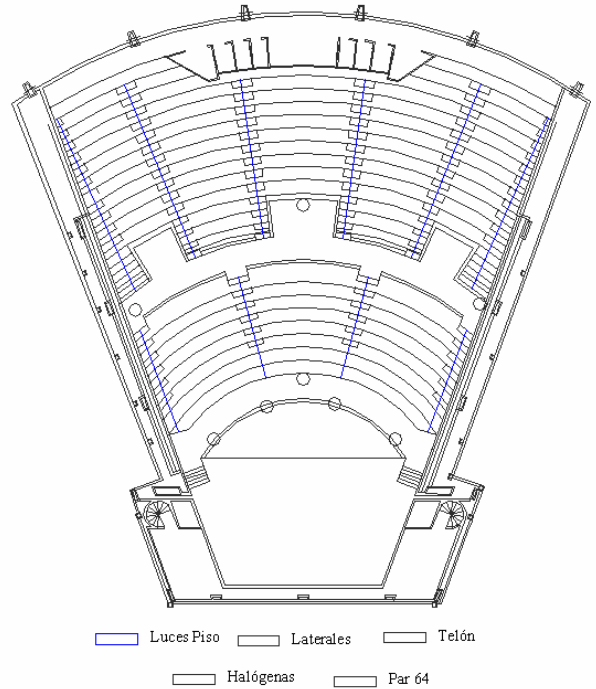
Fuente: autores

FIGURA 2-5 Imagen referencia laterales



Fuente: autores

FIGURA 2-6 Imagen referencia piso



Fuente: autores

2.5.1 LUCES LATERALES

Son luces fluorescentes ubicadas y ocultas en los costados del recinto del auditorio, sirven para brindar un efecto de luz tenue que permita la circulación de las personas al interior del auditorio. El tipo de lámpara utilizada es TL 40W y es controlada por la línea de tensión 1N4-6-7 tal como se observa en la tabla 2.5. La ficha técnica de esta lámpara se encuentra en los *Anexos*.

2.5.2 LUCES DE PISO

En eventos que requieren oscuridad absoluta, estas luces son encendidas con el fin de indicar a los asistentes puntos de referencias para la ubicación de las gradas y así evitar accidentes.

2.6 TELÓN

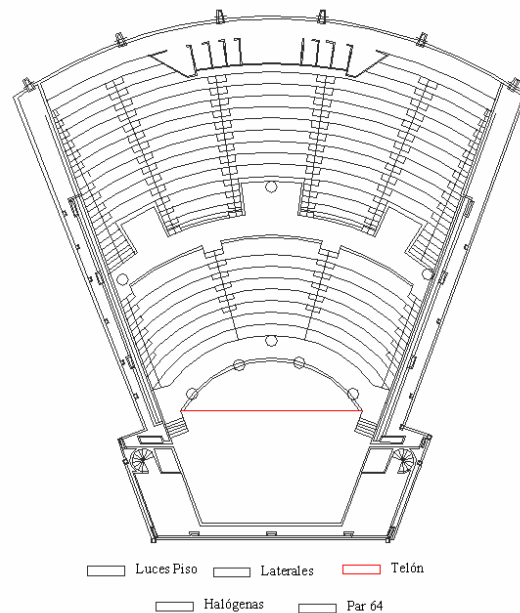
Sin ser un elemento muy dinámico dentro de los diversos eventos, es importante tener una forma de control para aquellos eventos artísticos como obras teatrales o similares. En la opción de telón se encuentran tres posibles acciones a ejecutar, que son: abrir, cerrar, y parar el telón.

TABLA 2-6
Referencias de interruptores telón

	Línea	Referencia
Telón (Rojo)	1	N4-6
	2	N4-7

Fuente: autores

FIGURA 2-7 Imagen referencia telón



Fuente: autores

2.7 ESQUEMA DEL SISTEMA PROPUESTO

Como principio básico de diseño se ha propuesto un desarrollo modular, de tal manera que cada uno de los componentes sea fácilmente intercambiable, y que ante cualquier adaptación solo se requiera interconectar un nuevo componente.

Físicamente el sistema está compuesto por tres partes principales, el control de mando central o control remoto, tres Cajas Receptoras Madre (CRM) y tres cajas de potencia quienes en su interior contienen los elementos de potencia seleccionados¹⁰.

Cada uno de estos componentes físicos tienen a su vez componentes internos quienes le dan funcionalidad al sistema en general, dichos componentes serán detallados a continuación.

El control remoto contiene una interfaz de usuario compuesta por una pantalla LCD de cuatro líneas, al lado de cada línea una tecla de selección de instrucciones dando como resultado dos teclados laterales de cuatro botones cada uno, las instrucciones dadas por el usuario son enviadas a un MCU quien hace la función de unidad de procesamiento de instrucciones, el MCU se encarga de realimentar la pantalla LCD y enviar funciones de control al sistema de comunicación que esta compuesto por un transmisor y un receptor de radiofrecuencia¹¹.

Las CRM es el elementos físico que sirve de puente de comunicación entre las cajas de potencia y el control remoto, para esto las CRM poseen en su interior un conjunto de transmisor receptor que se encarga de recibir las funciones procedentes del control remoto, una vez recibida la señal, ésta es analizada por un MCU al interior de la CRM que se encarga de corroborar si la señal recibida corresponde a sus funciones pre-programadas, en caso afirmativo responde al control remoto con el fin que éste deje de transmitir la función de control, a su vez el MCU de la CRM traduce la señal del control recibida en señales de control hacia las cajas de potencia, esto se realiza a través de dos cables UTP.

Las cajas de potencia reciben las señales de control vía UTP, dependiendo de la naturaleza de éstas, son replicadas a través de un circuito físico, esto teniendo en cuenta que una sola señal de control puede tener incidencia sobre varias cargas eléctricas a controlar, esto se realiza en un circuito que ha sido llamado multiplicador de señales.

¹⁰ Detalles sobre este desarrollo serán expuestos en el Capítulo 5 “*Etapa de Potencia*”

¹¹ Información más completa de los dispositivos de comunicación y sus consideraciones se podrá observar en el Capítulo 4 “*Etapa de Comunicación*”

La señal de control hasta este momento es tan solo un bit de información que necesita ser interpretado para conmutar el paso de corriente sobre la carga. La conmutación es realizada por relés de estado sólido seleccionados según las características del diseño propuesto, que podrán ser observadas en el capítulo cinco.

3 ETAPA DE CONTROL

El sistema esta compuesto por una etapa de control que es la encargada de traducir las instrucciones del usuario al sistema desarrollado. Para esto, se ha creado un sencillo protocolo adaptado a las necesidades del proyecto y desarrollado un sistema de comunicación entre la interfaz de trabajo (pantalla y teclado) y la unidad de procesamiento de datos (microcontrolador), este microcontrolador es el encargado de realizar todas las operaciones internas de control una vez se haya dado una instrucción en específico.

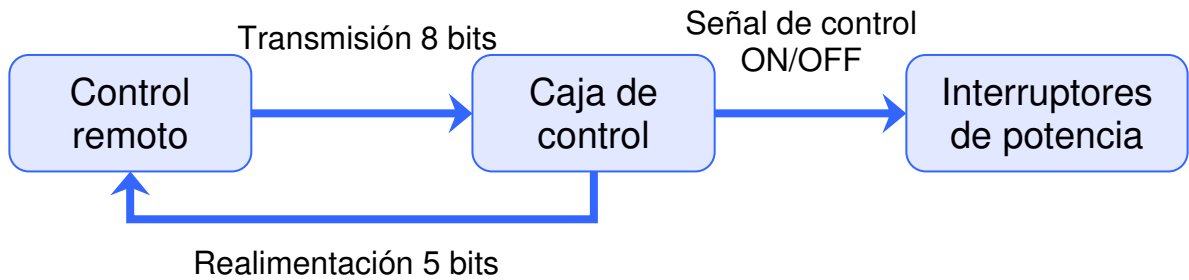
El elemento central del proyecto es el control remoto, este es una tarjeta compuesta por dispositivos de comunicación por radiofrecuencia (RF), una unidad de procesamiento central o microcontrolador (MCU) y la interfaz de usuario compuesta por pantalla y teclado.

Con el fin de brindar confiabilidad al desarrollo, este se ha diseñado con sistema de realimentación para garantizar que todas las señales cumplan con su cometido final. El sistema envía y recibe señales por RF entre el control remoto y lo que hemos denominado cajas receptoras madre (CRM), que son las tarjetas que interpretan a través de dispositivos de comunicación inalámbrica y un MCU, las señales entre el control remoto y los circuitos de potencia.

El control remoto transmite ocho bits de datos, las CRM los recibe y su vez responde con cinco bits de datos al control remoto en caso de ser una señal válida, creando un circuito realimentado.

A continuación mostraremos el esquema de funcionamiento con respecto a una caja:

FIGURA 3-1 Diagrama de comunicación



Fuente: autores

Para la selección del MCU adecuado se tuvieron en cuenta los siguientes parámetros:

- Fácil adquisición en el comercio regional
- Manejo de software de programación ampliamente conocido
- Número de pines de salida, respecto a las necesidades del proyecto
- Facilidad de programación

Las características anteriormente mencionadas, proporcionan una serie de ventajas tanto para el desarrollo del proyecto, como para brindar al sistema desarrollado de capacidades de adaptabilidad a futuro. Por lo anterior, el MCU escogido ha sido el MC68HC908GP32. Cuyas características principales ya han sido descritas en el capítulo dos (Cap 2, Marco Teórico) y cuya hoja técnica se encontrará anexa a este documento.

3.1 INTERFAZ DE USUARIO

3.1.1 *Diseño centrado en usuario*

Es uno de los aspectos más importantes a tener en cuenta dentro de un desarrollo es la interfaz de usuario, pero por lo general por no tener en cuenta conceptos de usabilidad, los desarrollos electrónicos a pesar de su funcionalidad, no son operables para usuarios finales carentes de conocimientos técnicos.

Como modelo de partida se tomo el diseño de uso de los cajeros automáticos de las entidades bancarias, debido a la forma didáctica de uso. Con el fin de lograr este objetivo se seleccionó una pantalla LCD de cuatro líneas que será mencionada más adelante en este capítulo y cuatro botones a cada lado para tomar las opciones elegibles. Por lo mencionado, podemos asegurar que el sistema desarrollado es un diseño centrado en usuario (DCU).

3.1.2 PANTALLA

La pantalla se usa como dispositivo de salida de la interfaz de usuario, a partir de allí es donde el usuario podrá entablar comunicación con las funciones que desee elegir. Teniendo en cuenta el ambiente en el cual se despliega el uso del sistema desarrollado, se optó por una pantalla con luz de trasfondo y un contraste que ayude a su visualización en ambientes oscuros, además de la necesidad de poseer al menos cuatro líneas de caracteres.

Teniendo en cuenta las necesidades anteriores descritas, se seleccionó una pantalla de referencia “HITACHI – HD44780U”, con luz de fondo azul y letras blancas, cuatro líneas de visualización y veinte caracteres por línea. Cada carácter de la pantalla es una matriz de puntos de 5x8.

3.2 PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN

A pesar de la simplicidad del protocolo de comunicación utilizado, se debe comprender que éste tiene distintos niveles por lo cual el protocolo de comunicación será mencionado en este capítulo y en el capítulo de “Etapa de Comunicación” (Cap. 5). Una vez entendidas las necesidades del problema, es necesario esclarecer la forma como se comunicarán los diversos dispositivos, es decir, los MCU a través de los dispositivos de comunicación por RF.

La forma más fácil de establecer un control, es comprendiendo de que manera se utilizan las distintas aplicaciones, después de un tiempo prudencial de trabajo con los operarios del auditorio, se esclareció los diversos conjuntos y subconjuntos de luces a controlar, el resultado viene dado tal como se explicó en el capítulo anterior “Descripción del Sistema Implementado”, además para el protocolo de comunicación también se tuvo en cuenta la ubicación del tablero de control manual en donde se aplicará el sistema automatizado, existen por lo tanto tres conjuntos principales que dependen de la ubicación de la caja de control manual, estas son; tablero en sala de operarios, tablero en sala de proyección y tablero de tarima.

TABLA 3-1

Conjuntos Principales

<i>Conjunto</i>	<i>Binario</i>
Tablero proyección	100
Tablero operarios	110
Tablero tarima	111

Fuente: autores

La tabla anterior muestra la identificación en binario de los conjuntos principales, dicha identificación corresponde a los tres bits más significativos dentro del byte de transmisión a comunicar, quienes identificarán la CRM a la cual corresponde la función transmitida. Los cinco bits menos significativos restantes corresponden a la identificación de la función que se desea controlar, que a su vez controla los circuitos descritos en el capítulo anterior.

Los grupos de circuitos serán denominados funciones, estas funciones pertenecen a subconjuntos de funciones que serán descritos a continuación.

TABLA 3-2

Subconjuntos

<i>Subconjunto</i>	<i>Hexadecimal</i>	<i>Binario</i>
Auditorio	128	10000000
Lobby	64	1000000
Par-64	32	100000
Timbre	16	10000
Halógenas	8	1000
Telón	4	100
Varios	2	10

Fuente: autores

Los subconjuntos descritos no corresponden a datos transmitidos, sino, hace parte del proceso para seleccionar funciones en el menú principal del control remoto, es decir comunicación interna en el MCU y la pantalla del control remoto. Estos subconjuntos contienen las funciones mediante las cuales se controlará el auditorio.

A continuación se mostrarán las funciones y su código binario, según el protocolo de comunicación diseñado para la aplicación de este proyecto:

TABLA 3-3 ***Auditorio***

Tablero Proyección: Auditorio

(100)/128

<i>Función</i>	<i>Hexadecimal</i>	<i>Binario</i>
Pleno on	129/1	10000001
Pleno off	130/2	10000010
Medio on	131/3	10000011
Medio off	132/4	10000100
Superior on	133/5	10000101
Superior off	134/6	10000110

Fuente: autores

TABLA 3-4 ***Par 64***

Tablero Proyección: Par-64

(100)/128dec

<i>Función</i>	<i>Hexadecimal</i>	<i>Binario</i>
Lateral off	135/7	10000111
Lateral on	136/8	10001000
Central off	137/9	10001001
Central on	138/10	10001010
Chorro off	139/11	10001011
Chorro on	140/12	10001100

Fuente: autores

TABLA 3-5 **Lobby**

Tablero operarios: Lobby
(110)/192dec

<i>Función</i>	<i>Hexadecimal</i>	<i>Binario</i>
Lobby off	205/13	11001101
Lobby on	206/14	11001110
Perímetro off	207/15	11001111
Perímetro on	208/16	11010000
Timbre on	222/30	11011110

Fuente: autores

TABLA 3-6 **Halógenas**

Tablero escenario: Halógenas
(111)/224dec

<i>Función</i>	<i>Hexadecimal</i>	<i>Binario</i>
Bombillas off	241/17	11110001
Bombillas on	242/18	11110010
Trabajo off	243/19	11110011
Trabajo on	244/20	11110100

Fuente: autores

TABLA 3-7 **Telón**

Tablero escenario: Telón
(111)/224dec

<i>Función</i>	<i>Hexadecimal</i>	<i>Binario</i>
Abrir	247/23	11110111
Cerrar	248/24	11111000
Parar	249/25	11111001

Fuente: autores

TABLA 3-8 **Varios**

Tablero escenario: Varios
(111)/224dec

<i>Función</i>	<i>Hexadecimal</i>	<i>Binario</i>
Laterales off	250/26	11111010
Laterales on	251/27	11111011
Piso inter off	252/28	11111100
Piso inter on	253/29	11111101

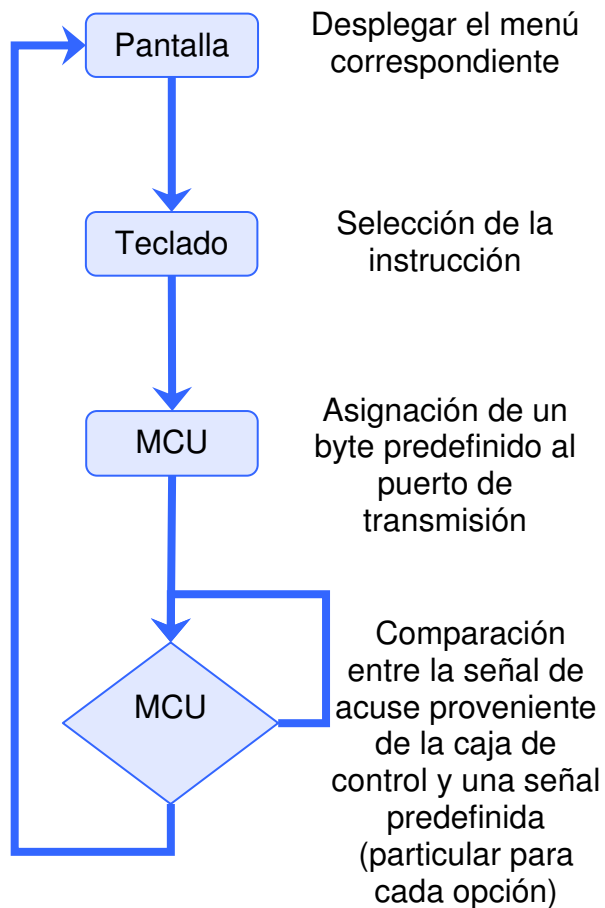
Fuente: autores

Las tablas anteriores muestran de qué manera se implementó el protocolo de comunicación, sin importar los tres bits más significativos, los cinco bits menos significativos son distintos, esto ayuda al control de errores que será abordado en el capítulo siguiente. Las funciones “0”, “21” y “22” no han sido implementadas, dando espacio a tres funciones adicionales en caso de futuras adecuaciones al sistema desarrollado, y si se desea ampliar el rango del control se podría incluso fusionar los tres bits más significativos a la función ampliando significativamente las señales de control.

3.3 PROGRAMACIÓN MCU

El MCU es el “cerebro” del control remoto, es el encargado de ejecutar las tareas programadas de forma sistemática y repetitiva. La primera de estas tareas es desplegar en una pantalla un menú, en el que se encuentran las opciones a escoger, luego de haber elegido una opción, el microcontrolador asigna un byte al transmisor para que este lo transmita quedando en espera de una señal de cinco bits, una vez recibida la señal de cinco bits que confirma que se ejecutó la acción deseada procede a quedar en espera de que el usuario escoja una nueva opción del menú. A continuación se muestra un diagrama que ilustra el funcionamiento del control remoto y los puertos adjudicados a cada dispositivo.

FIGURA 3-2 Esquema de funcionamiento



Fuente: autores

Nota: si la señal de acuse recibida y la señal predefinida son iguales se habilita de nuevo el menú, pero si no lo son, el microcontrolador estará esperando a que llegue la opción deseada. Esto se hace para garantizar que el interruptor electrónico afectado sea el que se quería controlar inicialmente.

TABLA 3-9 Distribución de puertos MCU

<i>Dispositivo o Función</i>	<i>Puerto</i>	<i>Nº bits</i>
Pantalla	<i>PTD</i>	<i>6 Bits</i>
Teclado	<i>PTB</i>	<i>8 bits</i>
Transmisor	<i>PTA</i>	<i>8 bits</i>
Receptor	<i>PTC</i>	<i>5 bits</i>
Transmisión Habilitada	<i>PTE0</i>	<i>1 bit</i>
Recepción Habilitada	<i>PTE1</i>	<i>1 bit</i>
Bloqueo de Teclado o Hold	<i>IRQ</i>	<i>1 bit</i>

Fuente: autores

3.3.1 PROGRAMACIÓN DE LA PANTALLA

Para la programación de la pantalla se ejecuta una rutina que inicializa la pantalla habilitándola para ser utilizada, luego, se utilizan otras subrutinas que permiten llamar los menús programados, el menú principal es el primero en ser llamado. Una vez llamado el menú, se hace una lectura constante del teclado con el fin de detectar nuevas instrucciones, en caso de existir alguna instrucción se hace un llamado al sub-menú seleccionado que será mostrado en la pantalla.

En los seis sub-menús, están las instrucciones que finalmente me permiten controlar los dispositivos del auditorio, al igual que en el menú principal se hace una lectura constante del teclado, al detectar alguna entrada, el estado de la instrucción cambia en la pantalla (on/off) y el MCU se encarga enviar byte de control a la CRM correspondiente.

3.3.2 PROGRAMACIÓN PUERTO E

Debido a que los MCU utilizados están acoplados a circuitos de comunicación y que con el fin de brindar confiabilidad al sistema se utilizó realimentación (comunicación de doble

vía), para esto se habilitó el puerto E del MCU, los pines de este puerto han sido utilizados como salida para habilitar y deshabilitar el *TE* (transmir enable) en los transmisores y el *PDN* (Power Down) en los receptores. Buscando que solo exista un dispositivo transmitiendo al tiempo, el puerto E se utiliza para habilitar los pines de *TE* en el transmisor y *PDN* en el receptor, a fin que solo se transmita una señal al tiempo y que mientras se transmite el receptor del módulo esté inhabilitado de tal manera que no reciba su propia señal.

3.3.3 PROGRAMACIÓN IRQ

El pin IRQ (interrupción externa) del MCU del control remoto que tiene la función de interrumpir el programa hasta que el pin IRQ se desactiva y continúa la ejecución del programa, esto ha sido útil para la configuración del teclado, una vez seleccionadas las instrucciones deseadas, se debe inhabilitar el teclado para evitar falsas instrucciones (hold), de esta manera se contará con una opción para habilitar e inhabilitar el teclado según se necesite.

3.3.4 PROGRAMACIÓN DE COMPROBACIÓN

Es una rutina del MCU del control remoto que permite comparar el dato de recibido con el enviado, comparándolos de tal forma que al ser iguales permite MCU para recibir la siguiente instrucción del usuario, en caso que los datos sean diferentes el MCU reenvía la señal y espera el acuse respectivo, hasta recibir el correspondiente.

4 ETAPA DE COMUNICACIÓN

4.1 CRITERIOS DE SELECCIÓN DEL TRANSMISOR Y RECEPTOR

Debido a la necesidad de utilizar comunicación inalámbrica se utilizaron dispositivos de radiofrecuencia en la banda de 433MHz de tipo decimétricas categoría UHF (Ultra High Frequency), teniendo en cuenta la atribución de bandas de radiofrecuencias del espectro electromagnético del Ministerio de Comunicaciones de la República de Colombia.¹²

De acuerdo con la Resolución 797 de 8 de junio de 2001, se atribuye a la banda de frecuencia comprendida entre 433,000 MHz y 434,790 MHz; para ser utilizada libremente por parte del público en general para aplicaciones de telemetría y telecontrol con bajos niveles de potencia o intensidad de campo y respeten los límites de intensidad de campo descritos en el artículo 3º, tabla No 3.1 de la citada Resolución.¹³

Dado la normatividad anterior, se observa que los dispositivos seleccionados RXD-433-KH y TXE-433-KH de la empresa LINX Technologies son aptos para la aplicación seleccionada.

Otros aspectos que se tuvieron en cuenta en la selección de los dispositivos adecuados para la etapa de radiofrecuencia, fue el alcance del enlace de 33 pies (100.6 m), la transmisión de ocho datos en paralelo, que no se requiere componentes adicionales de radiofrecuencia, posee 10 bits para direcciones de codificación y decodificación (tri-estados), bajo consumo de potencia, entre otras características como disponibilidad en el mercado y el bajo costo.¹⁴

¹² www.mincomunicaciones.gov.co link espectro radioeléctrico

¹³ CLM 81, Cuadro Nacional de Atribución a Bandas de Radiofrecuencia, Ministerio de Comunicaciones de la República de Colombia, 2004.

¹⁴ Datasheets de componentes RXD y TXE 433-KH de Linx Technologies, www.linxtechnologies.com

4.2 PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN

De manera técnica, un protocolo establece las reglas de comunicación entre dos sistemas, dicho protocolo es la convención o estándar que se encarga de regular la comunicación. En cuanto a protocolos no se puede generalizar, esto debido a la diversidad de sistemas de comunicación y aplicaciones, que hacen que diversos protocolos sean aplicados dependiendo de los dispositivos de comunicación, al alcance y las necesidades propias del sistema.

Teniendo en cuenta los requerimientos del sistema se ha diseñado un protocolo muy simple de comunicación, para esto se ha tenido en cuenta principalmente, el número de direcciones necesarias para el sistema y la flexibilidad que puedan ofrecer los dispositivos de comunicación seleccionados. (Ver numeral 3.2 “*Etapas de control, protocolo de comunicación*”)

Los dispositivos de comunicación seleccionados de la marca Linx (TXE-433-KH y RXD-433-KH) ofrecen ocho bits de dirección para datos (1 byte) y 10 bits para codificación de la dirección. Para el sistema planteado era necesario 13 funciones con opciones de encendido y apagado, más tres funciones adicionales del telón, en total 29 direcciones. Con cinco bits se tienen 32 direcciones para las funciones, por lo cual se decidió dejar los tres bits más significativos para identificar la caja receptora que posea la función pertinente dentro de su programación y así utilizar los ocho bits de datos ofrecidos por los dispositivos de comunicación seleccionados.

Dado lo anterior, aseguramos que ninguna dirección de cinco bits se repita y que solo la CRM que tenga la función específica sea quien acepte la señal transmitida. En sí cada CRM esta facultada para albergar 32 funciones distintas y podrían llegar a existir ocho CRM distintas para un total de 256 funciones que corresponden a los ocho bites de datos. Sin embargo, como control de errores se decidió que los cinco bits de datos menos significativos fuesen distintos sin importar los tres bits más significativos que corresponden a la identificación de las CRM del sistema, de esta manera, para que se produzca una señal falsa deberá producirse un error tanto en los cinco bits de datos

menos significativos como en los 3 bits de datos más significativos y existir relación entre los resultados de los errores, de tal manera que el nuevo paquete de datos tenga sentido para alguna de las CRM.

De los tres bits más significativos, se han seleccionado las siguientes combinaciones:

TABLA 4-1

Bits identificación CRM

<i>Caja</i>	<i>Combinación</i>	<i>Funciones</i>
Caja de proyección	<i>100-XXXXX</i>	Auditorio
Caja de entrada	<i>110-XXXXX</i>	Lobby
Caja de tarima	<i>111-XXXXX</i>	Par_64, Halógenas, Telón, varios

Fuente: autores

4.3 CONSIDERACIONES DE INTERFERENCIA

Debido a que se utilizarán dispositivos inalámbricos, estamos sujetos a influencias externas que no se presentan en comunicaciones directas. Estas influencias están en capacidad de interrumpir y corromper los datos que están siendo enviados por el transmisor, ocasionando que los datos leídos por el receptor sean incorrectos. Lo adecuado para controlar estas posibles interferencias, es tener en cuenta ciertas consideraciones para hacer tolerante el sistema al ruido. El objetivo de estas consideraciones es sincronizar la comunicación entre transmisores y receptores, identificando paquetes de datos válidos, verificando que los paquetes de datos son correctos y posiblemente corrigiendo paquetes de datos con errores.

Algo importante a tener en cuenta es que las direcciones digitales no se implementan para distinguir un dispositivo inalámbrico de otro, sino, para crear un dominio RF común a todos los dispositivos y así diferenciar las señales deseadas del ruido presente en el ambiente.

Para el diseño del sistema de comunicación inalámbrica primero se han tenido en cuenta los siguientes aspectos para mitigar las fuentes potenciales de ruido:

- Principios de comunicación: cableado dentro del control remoto y las CRM, codificación de datos, fuentes de ruido electromagnético, interferencia banda de frecuencia.
- Recepción de datos: Presencia de solo un transmisor utilizando el canal, sensibilización del receptor, velocidad de transmisión.
- Decodificación de datos.

5 ETAPA DE POTENCIA

Esta etapa marca la diferencia entre pasar de un manejo digital del sistema hacia un manejo análogo para el control directo de los interruptores de potencia, comercialmente conocidos como cortacircuitos. Es quizá, esta etapa la que se considera de mayor cuidado en diseño con el fin de inmunizar el sistema de ruido electromagnético y hacerlo lo suficientemente robusto, para un proyecto donde la confiabilidad del sistema es uno de los requisitos primarios dado los tipos de eventos que se realiza en el auditorio Luís A. Calvo.

En el momento que la señal llega a la CRM y es procesada por el MCU, señales de control son puestas en los puertos de salida del MCU, estas señales viajan a través de cable UTP para ser redireccionadas a los circuitos análogos por medio de los SSR's.

5.1 DISPOSITIVO DE ESTADO SÓLIDO (SSR)

El componente encargado de realizar la conmutación del circuito análogo, mediante una señal digital es el relé de estado sólido (SSR), que son en realidad TRIAC adaptados, los SSR presentan ventajas como dispositivos para este tipo de aplicación, y aunque su alto costo constituye una desventaja, la mayoría de aplicaciones de potencia necesitan tener un margen de confiabilidad alto, por lo cual la relación costo beneficio bien vale la inversión.

En una etapa inicial del proyecto se realizó el diseño de relés de estado sólido monofásico y trifásico, a pesar que se logró el diseño de un dispositivo acorde a las necesidades funcionales, la temperatura de operación llegó a los 145_°C en tan solo 3 minutos, esta situación unida a los altos costos de producción, la incapacidad de realizar una producción rápida y eficiente fueron razones suficientes para desechar la opción de usar los relés diseñados.

Dada la coyuntura anteriormente descrita, se optó por usar relés comerciales, dado que el proyecto involucra una gran cantidad de componentes, utilizar dispositivos comerciales minimiza los riesgos de errores y futuras fallas.

Los parámetros de selección de los relés fueron los siguientes:

- Desempeño prolongado.
- Alto nivel de confiabilidad.
- Inmunidad al ruido electromagnético.
- Temperatura de operación adecuada (65_°C).
- Fácil y rápida adquisición en el mercado local, en caso de daño.

Luego de evaluar estos criterios, se escogió los relés de estado sólido que fabrica la empresa OPTEC, ya que cumple con los criterios anteriormente citados. OPTEC es una empresa con trayectoria, que ofrece garantía, asesoría y soporte técnico sobre sus productos, además posee un distribuidor local reconocido.

Después de evaluar los criterios generales se hace una selección puntual de los dispositivos a utilizar, para esto se tienen en cuenta los siguientes puntos:

Tipo de carga a manejar (AC capacitiva para las lámparas y AC inductiva para el motor).

- Voltaje de control (entrada 0 a 5_V).
- Voltaje de línea (salida 110_VAC).
- Corriente de carga (20 a 30_Amp AC).

Después de tener en cuenta los criterios tanto generales como específicos, se llega a la elección final. La selección esta compuesta por relés de estado sólido de con detector de cruce por cero, entrada DC y salida AC con una corriente de carga de 40_A. La corriente del relé esta a un 65% de la carga nominal, protegiendo al relé de trabajar al limite de la carga y permitiendo un menor nivel de calentamiento del mismo, ya que esta diseñado para soportar mayor carga.

5.2 DISIPADORES

Siguiendo detalladamente las recomendaciones del fabricante, se usan disipadores de alto desempeño para el control de la temperatura, consiguiendo las siguientes ventajas:

- Mejor relación disipación/espacio.
- Más compactos.
- Montaje en riel DIN.
- Montaje para ventilador.

5.3 VARISTOR

El varistor es una resistencia que varía su valor de acuerdo a la tensión que le sea aplicada. El varistor seleccionado (V480LA40A) no deja pasar corriente “circuito abierto” por él, hasta una tensión de 480 voltios, y se vuelve un corto cuando el voltaje en sus terminales supera 480 voltios. Cuando se presenta esa sobre tensión, el varistor se vuelve un corto y en ese instante en el orden de nano- segundos el fusible ultrarrápido “detecta el corto” y se “abre” protegiendo el equipo contra el sobrevoltaje. El varistor se ira deteriorando de acuerdo a la cantidad y tamaño de sobre tensiones que proteja.

5.4 FUSIBLE

Con el objetivo de proteger los SSR's y a su vez garantizar un buen funcionamiento de los mismos, se añaden fusibles. Estos fusibles se denominan fusibles ultrarrápidos ya que poseen un $I^2.T$ (parámetro que representa la capacidad de soportar un corto circuito) menor al $I^2.T$ del semiconductor. Un fusible de estas características cumple dos funciones importantes que son:

- Proteger contra un corto circuito
- Hacer un “equipo de protección” con un MOV (varistor de oxido metálico) para proteger el SSR contra sobrevoltaje.

5.5. CIRCUITO DE POTENCIA

El circuito de potencia se diseño basado en la fiabilidad que este debe tener, es decir, que debe desarrollar su función de abrir o cerrar independientemente de las fallas que se puedan presentar en el SSR debido a corrientes, sobre tensiones, falsos disparos y apagado indeseado.

El circuito consta de dos circuitos conectados en paralelo que se llaman circuito 1 y circuito 2. El circuito 1 consta de un cortacircuito que normalmente esta abierto y el circuito 2 esta compuesto por un cortacircuito normalmente cerrado, un SSR y un fusible conectados en serie.

5.6 MEDIDAS DE CONTINGENCIA ANTE POSIBLES FALLAS

Las medidas de contingencia son básicas para manejar el funcionamiento errado del sistema, de esta forma cualquier falla se puede solucionar sin afectar gravemente el normal funcionamiento del auditorio. A continuación se enumeran las fallas posibles:

Sobre Corrientes: Si se produce un cortocircuito, el fusible se abrirá protegiendo al SSR de la alta corriente.

Sobre Voltajes: Cuando se presenta un sobre voltaje, el varistor que se encuentra conectado al SSR se cortocircuita, llevando la corriente al fusible ultrarápido, quien en cuestión de nano segundos se abre protegiendo de esta manera al SSR. El varistor absorbe parte de la carga y no debe ser reemplazado inmediatamente mientras que el fusible si tendrá que cambiarse.

Disparos Falsos del SSR:

Si se presenta un disparo falso en el SSR, se encenderá una luz o activara cualquier otro circuito indeseablemente. Para solucionar el problema, existe el corta circuitos que esta

en serie con el SSR. Una vez se presenta el disparo falso, se debe accionar manualmente (abrir) el cortacircuito que esta en serie con el SSR, cortando de esta manera el flujo de corriente y solucionando el inconveniente presentado.

Apagado no deseado: Al presentarse el apagado no deseado de un SSR determinado, se apagara una luz o cualquiera otro circuito. Para solucionar el inconveniente existe el circuito 1 que esta normalmente abierto, se debe cerrar manualmente, de esta forma pasara de apagado a encendido, solucionando el problema existente.

6. PRUEBAS

Una vez realizado el diseño propuesto, es necesario realizar una serie de pruebas con el fin de garantizar la confiabilidad del diseño, para de esta manera llevar a cabo la implementación del sistema propuesto.

6.1 PRUEBAS ETAPA DE COMUNICACIÓN

La etapa de comunicación tiene dos pilares sobre los que se sustenta, el primero es la fidelidad en la transmisión de los datos y el segundo se refiere a la distancia en metros a la que puede llegar la señal. Teniendo en cuenta estos dos aspectos se efectuaron las siguientes pruebas:

6.1.1 FIDELIDAD

Se enviaron 300 órdenes desde el control remoto hasta las cajas receptoras madre (CMR) y se obtuvo la siguiente estadística.

Envíos de Información: 300

Errores: 8

Porcentaje de Error: 2.6%

Porcentaje de Aciertos: 97.4%

Vale aclarar que la prueba se realizó con las tarjetas electrónicas sin estar dentro de un soporte o carcasa, se identificó que los errores fueron a causa del contacto manual con la cara inferior de las tarjetas que contienen los botones de selección, lo cual causaba una corrupción en la señal originada al oprimir el botón, ocasionando un bloqueo en el control

remoto, más no el envío de señales erradas, esto se soluciona reiniciando el sistema (apagar y prender el control) y volviendo a enviar la señal deseada.

La mayor parte de los errores se localizaron en los primeros 100 envíos de información, en donde se registraron 6 errores (error = 6%), una vez identificada la anomalía, se procedió a realizar los envíos siguientes teniendo precaución de no tener contacto con la cara inferior de la tarjeta electrónica de los botones, en los siguientes 200 envíos se registraron 2 errores equivalente al 1% de error.

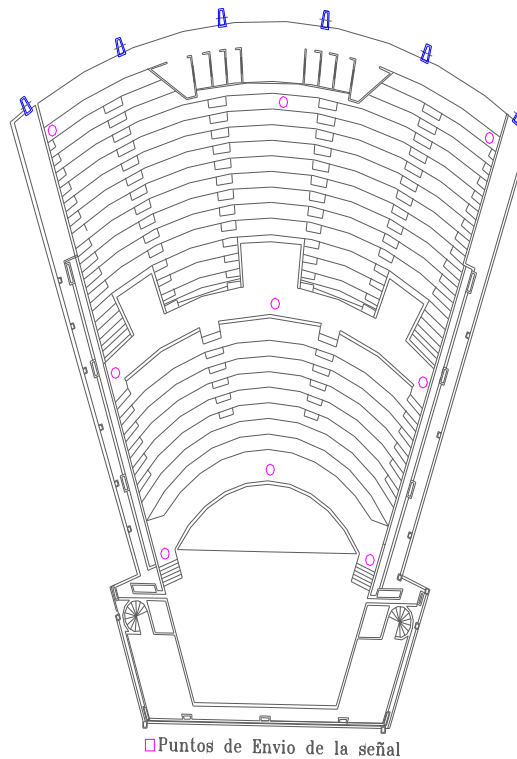
Se espera que los errores registrados por el contacto con la tarjeta electrónica se vean superados una vez se implemente el sistema bajo los parámetros de funcionamiento adecuados.

6.1.2 ALCANCE

Se hicieron envíos de información desde nueve puntos ubicados al interior del auditorio como muestra la figura 6-1, alcanzando con éxito la comunicación entre el control remoto y la caja receptora madre (CMR). Desde cada punto se accionaron aleatoriamente 9 relés de estado sólido, desde todos los puntos de envío hubo alcance óptimo y se logra un resultado satisfactorio.

Desde cada punto fueron enviadas 18 órdenes a las CRM, todas las instrucciones fueron ejecutadas con éxito por las CRM.

FIGURA 6-1 Puntos de envío señales de prueba



Fuente: autores

6.2 POTENCIA

En una primera fase buscando obtener economía en el diseño del sistema implementado, se optó por un diseño propio de relé de estado sólido en vez de la opción comercial, sin embargo a pesar que el desarrollo cumplía con la función principal de conmutar adecuadamente al recibir señal de control, se presentaban problemas con la temperatura generada por el dispositivo. Al analizar la viabilidad de pasar del prototipo a una versión estándar los costos de producción y los problemas con el manejo de la temperatura hicieron que se optara finalmente por una versión comercial.

Como soporte de lo anterior se adjuntan las figuras de los registros de temperatura, vale aclarar que el objetivo del proyecto es el diseño del sistema de control de iluminación por comunicación inalámbrica, por lo cual optar por un relé de estado sólido comercial no cambia los objetivos planteados.

6.2.1 TEMPERATURA

Debido a los niveles de potencia que maneja el sistema de iluminación del auditorio, uno de los aspectos críticos es el relacionado con un correcto manejo de la temperatura, al estar varios relés de estado sólido manejando cargas por encima de las 500 W y no tener un correcto control de la temperatura generada, se podría crear un ambiente peligroso tanto para el sistema como para quien lo opere.

Como se mencionó anteriormente, se hizo un intento de diseño de un SSR, pero problemas con la temperatura lo hicieron no confiable, y por lo tanto se debió optar por una versión comercial.

Los parámetros de la prueba fueron los siguientes:

TABLA 6-1 Parámetros prueba SSR diseñado

Condiciones de la Prueba	
Temperatura Ambiente	26° C
Corriente de carga	14,5 A
Voltage de la carga	110 V
Corriente entrada Relé	11,6 mA

Fuente: autores

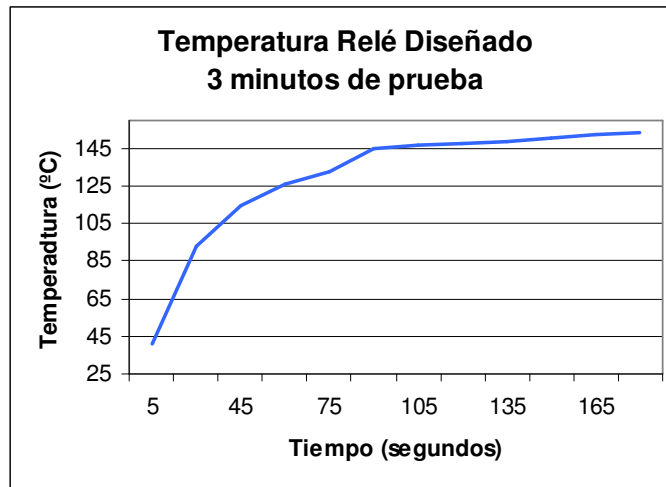
Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

TABLA 6-2 Registro de temperatura SSR diseñado

Tiempo (Minutos)	Temperatura (°C)
5	41
30	93
45	115
60	126
75	133
90	145
105	147
120	148
135	149
150	151
165	152
180	153

Fuente: autores

Figura 6-2 Medición temperatura SSR diseñado



Fuente: autores

Dada la alta temperatura alcanzada por el relé de estado sólido diseñado, sumado a que se debía llevar de prototipo a un modelo funcional, la baja economía de escala y la dificultad de producción conllevaron a optar por un SSR comercial. Obteniendo resultados óptimos de conmutación a señal enviada, se procedió a realizar la prueba de temperatura.

Con el fin de obtener datos confiables al límite de lo máximo que podría llegar a registrarse en un caso crítico de operación, la prueba se realizó teniendo en cuenta un periodo de prueba de 10 horas y utilizando la carga máxima a la que se somete una línea de tensión del auditorio, 1000 W con lámparas tipo PAR64 (siguiendo en importancia de carga lámparas halógenas de 500 W), cuando los lapsos más amplios de operación con éste tipo de lámparas difícilmente sobrepasan las dos horas.

Los parámetros de la prueba fueron los siguientes:

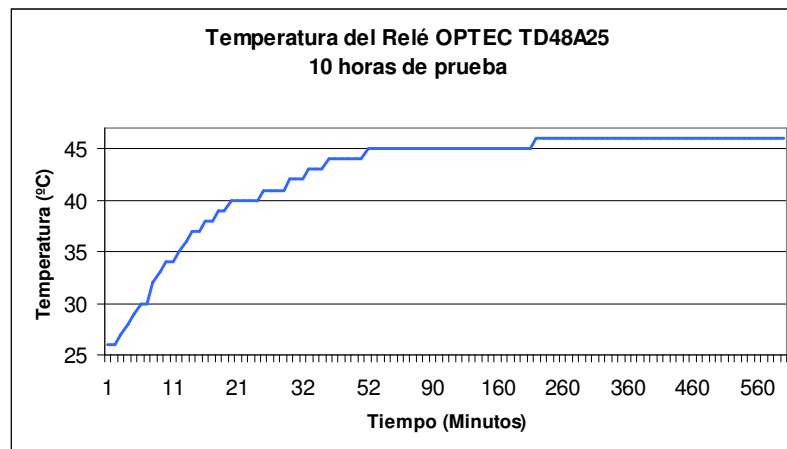
TABLA 6-3 Parámetros prueba SSR comercial seleccionado

Condiciones de la Prueba	
Temperatura Ambiente	26° C
Corriente de carga	8,8 A
Voltage de la carga	110 V
Corriente entrada Relé	12,1 mA

Fuente: autores

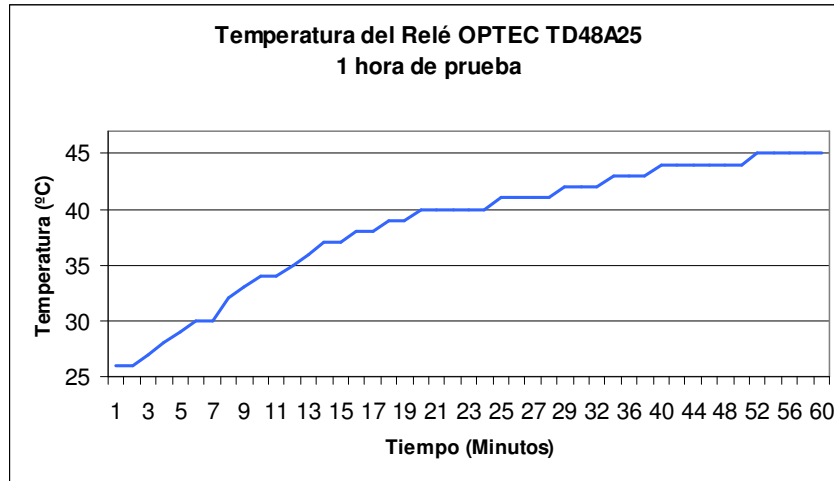
Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

FIGURA 6-3 Medición temperatura SSR comercial seleccionado (10 horas)



Fuente: autores

FIGURA 6-4 Medición temperatura SSR comercial seleccionado (1 hora)



Fuente: autores

Como se observa, a las cuatro horas de funcionamiento se estabiliza la temperatura en los 46° centígrados en el SSR comercial seleccionado, mientras, el SSR diseñado llegó a registrar temperaturas de 153° centígrados en tan solo tres minutos de operación, vale aclarar que sin disipador de temperatura, sin embargo, temperaturas tan altas, hicieron desistir de extender la prueba más allá, sin que dicha opción fuese parte de los objetivos del proyecto planteado.

Se recomienda en la implementación utilizar ventiladores en los tableros de control que contengan los SSR, aunque vale aclarar que difícilmente se dará la posibilidad de tener dos cargas de 1000 W operando al tiempo por un periodo superior a dos horas, sin embargo, para garantizar no solo confiabilidad, sino seguridad en el sistema una vez implementado, es válido tener en cuenta esta opción.

TABLA 6-4 Registro temperatura SSR comercial seleccionado

Tiempo (Minutos)	Temperatura (°C)	Tiempo (Minutos)	Temperatura (°C)	Tiempo (Minutos)	Temperatura (°C)
1	26	44	44	280	46
2	26	46	44	290	46
3	27	48	44	300	46
4	28	50	44	310	46
5	29	52	45	320	46
6	30	54	45	330	46
7	30	56	45	340	46
8	32	58	45	350	46
9	33	60	45	360	46
10	34	65	45	370	46
11	34	70	45	380	46
12	35	75	45	390	46
13	36	80	45	400	46
14	37	85	45	410	46
15	37	90	45	420	46
16	38	95	45	430	46
17	38	100	45	440	46
18	39	105	45	450	46
19	39	110	45	460	46
20	40	115	45	470	46
21	40	120	45	480	46
22	40	130	45	490	46
23	40	140	45	500	46
24	40	150	45	510	46
25	41	160	45	520	46
26	41	170	45	530	46
27	41	180	45	540	46
28	41	190	45	550	46
29	42	200	45	560	46
30	42	210	45	570	46
32	42	220	46	580	46
34	43	230	46	590	46
36	43	240	46	600	46
38	43	250	46		
40	44	260	46		
42	44	270	46		

Fuente: autores

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Libros

- WAYNE TOMASI, *Sistemas de Comunicaciones Electrónicas*, 4° edición, Pearson Educación, 2003.
- MINISTERIO DE COMUNICACIONES DE LA REPÚBLICA DE COLOMBIA, *Cuadro Nacional de Atribución a Bandas de Radiofrecuencia*, 2004.
- HAYKIN, *Sistemas de Comunicación*, 1° edición, Limusa Wiley, 2002.
- MUHAMMAD RASHID, *Power electronics: circuits, devices, and applications*, 2°, Prentice-Hall, 1993

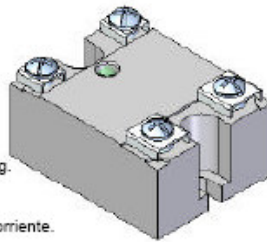
Documentos

- LINX TECHNOLOGIES, Application Note AN00160, Considerations for sending data over wireless link. Disponible en [<http://www.linxtechnologies.com/Documents/AN-00160.pdf>]
- NATIONAL SEMICONDUCTOR, COP8 Microcontroller Databook, Lit 400004, 1997, Disponible en [www.national.com]
- FREESCALE SEMICONDUCTORS, MC68HC908GP32 HCMOS Microcontroller Unit TECHNICAL DATA, 2000. [http://www.freescale.com/webapp/sps/site/prod_summary.jsp?code=68HC908GP32&nodeId=016246844976638055]
- GRUPO ENERGÍA Y AMBIENTE – UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES, *Estudio de impactos en el ambiente debidos al uso intensivo de lámparas fluorescentes*, Buenos Aires – Argentina, 2006.

ANEXO 1

Datasheet Relé de estado sólido monofásico TD48A40

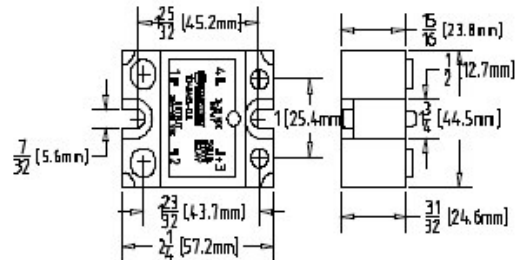
RELES DE ESTADO SOLIDO UNA-FASE
15-25-40 Arms 480VACrms - TRIAC



Características:

- Aislamiento Optico.
- 600 voltios de voltage blocking.
- Detector de cruce por cero.
- Alta capacidad de picos de corriente.
- Puente de snubber.
- 4000 Voltios de Aislamiento
- RTVSS, Resettable Transient Voltage Suppressor System. Sistema de proteccion de transientes para relés de entrada 20-275Vac

DIMENSIONES



MODELOS MONOFASICOS DE CONTROL AC, CON DETECTOR DE CRUCE POR CERO, CON TRIAC				
MODELO	Rango de Corriente de Carga (Arms)	Voltaje de Control (VAC)	Voltaje de Linea (VACrms)	I ² .T Para Fusibles (Amp ² .seg)
TA48A15	0.10-15	20-275	24-575	144
TA48A25	0.10-25	20-275	24-575	340
TA48A40	0.10-40	20-275	24-575	880

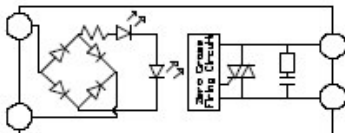
MODELOS MONOFASICOS DE CONTROL DC, CON DETECTOR DE CRUCE POR CERO, CON TRIAC				
MODELO	Rango de Corriente de Carga (Arms)	Voltaje de Control (VDC)	Voltaje de Linea (VACrms)	I ² .T Para Fusibles (Amp ² .seg)
TD48A15	0.10-15	4-32	24-575	144
TD48A25	0.10-25	4-32	24-575	340
TD48A40	0.10-40	4-32	24-575	880

MODELOS MONOFASICOS DE CONTROL AC, SIN DETECTOR DE CRUCE POR CERO, CON TRIAC				
MODELO	Rango de Corriente de Carga (Arms)	Voltaje de Control (VAC)	Voltaje de Linea (VACrms)	I ² .T Para Fusibles (Amp ² .seg)
TA48A15R	0.10-15	20-275	24-575	144
TA48A25R	0.10-25	20-275	24-575	340
TA48A40R	0.10-40	20-275	24-575	880

MODELOS MONOFASICOS DE CONTROL DC, SIN DETECTOR DE CRUCE POR CERO, CON TRIAC				
MODELO	Rango de Corriente de Carga (Arms)	Voltaje de Control (VDC)	Voltaje de Linea (VACrms)	I ² .T Para Fusibles (Amp ² .seg)
TD48A15R	0.10-15	4-32	24-575	144
TD48A25R	0.10-25	4-32	24-575	340
TD48A40R	0.10-40	4-32	24-575	880

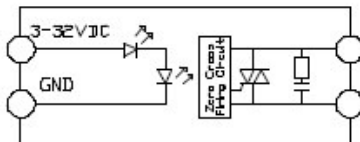
ESQUEMA ENTRADA AC

Instalación

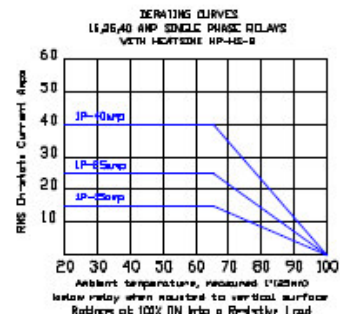


ESQUEMA ENTRADA DC

Instalación



CURVAS DE TEMPERATURA



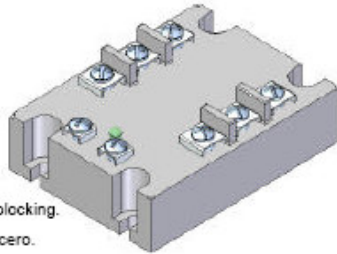
RELES DE ENTRADA 3-32VDC
 LOW DROP OUT Opcional: Agregar "LD" a la referencia

ANEXO 2

Datasheet Relé de estado sólido trifásico TD48A40TP

RELES DE ESTADO SOLIDO TRIFASICOS

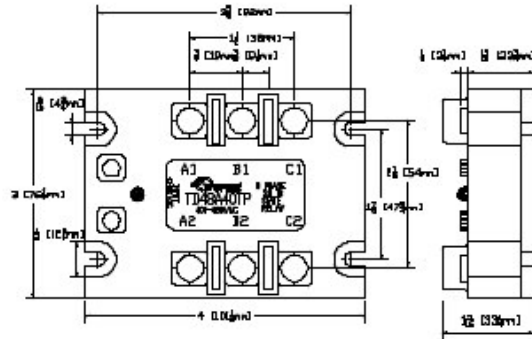
15-25-40 Arms 240-480VACrms - ALTERNISTOR



Características:

- Aislamiento Optico.
- 800 voltios de voltage blocking.
- Detector de cruce por cero.
- Alta capacidad de picos de corriente.
- Punte de snubber.
- 4000 Voltios de Aislamiento.
- RTVSS, Resettable Transient Voltage Suppressor System. Sistema de proteccion de transientes para relés de entrada 20-275Vac.

DIMENSIONES



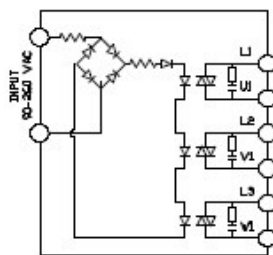
MODELOS TRIFASICOS DE CONTROL AC, CON DETECTOR DE CRUCE POR CERO, CON TRIAC				
MODELO	Rango de Corriente de Carga (Arms)	Voltaje de Control (VAC)	Voltaje de Linea (VACrms)	I ² .T Para Fusibles (Amp ² .seg)
TA48A15TP	0.10-15	20-275	24-575	144
TA48A25TP	0.10-25	20-275	24-575	340
TA48A40TP	0.10-40	20-275	24-575	880

MODELOS TRIFASICOS DE CONTROL DC, CON DETECTOR DE CRUCE POR CERO, CON TRIAC				
MODELO	Rango de Corriente de Carga (Arms)	Voltaje de Control (VDC)	Voltaje de Linea (VACrms)	I ² .T Para Fusibles (Amp ² .seg)
TD48A15TP	0.10-15	4-32	24-575	144
TD48A25TP	0.10-25	4-32	24-575	340
TD48A40TP	0.10-40	4-32	24-575	880

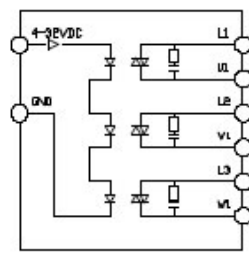
MODELOS TRIFASICOS DE CONTROL AC, SIN DETECTOR DE CRUCE POR CERO, CON TRIAC				
MODELO	Rango de Corriente de Carga (Arms)	Voltaje de Control (VAC)	Voltaje de Linea (VACrms)	I ² .T Para Fusibles (Amp ² .seg)
TA48A15TPR	0.10-15	20-275	24-575	144
TA48A25TPR	0.10-25	20-275	24-575	340
TA48A40TPR	0.10-40	20-275	24-575	880

MODELOS TRIFASICOS DE CONTROL DC, SIN DETECTOR DE CRUCE POR CERO, CON TRIAC				
MODELO	Rango de Corriente de Carga (Arms)	Voltaje de Control (VDC)	Voltaje de Linea (VACrms)	I ² .T Para Fusibles (Amp ² .seg)
TD48A15TPR	0.10-15	4-32	24-575	144
TD48A25TPR	0.10-25	4-32	24-575	340
TD48A40TPR	0.10-40	4-32	24-575	880

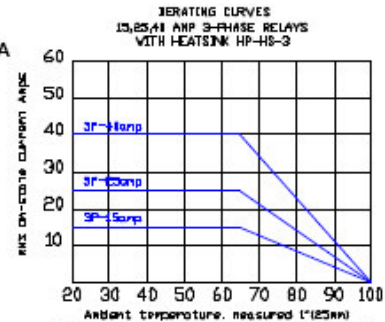
ESQUEMA ENTRADA AC



ESQUEMA ENTRADA DC



CURVAS DE TEMPERATURA



RELES DE ENTRADA 3-32VDC
LOW DROP OUT Opcional: Agregar "LD" a la referencia

ANEXO 3

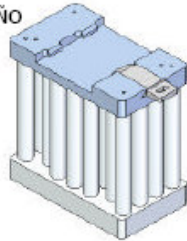
Disipadores de alto desempeño OPTEC

DISIPADORES DE ALTO DESEMPEÑO OPTEC

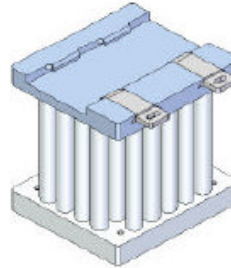
- Más compactos.
- Mejor relación disipación / espacio.
- Montaje en Riel Din.
- Montaje para ventilador.



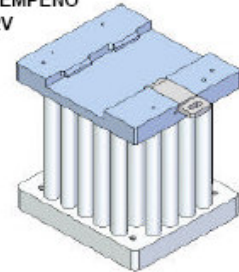
DISIPADOR DE
ALTO DESEMPEÑO
HS-OPT-01



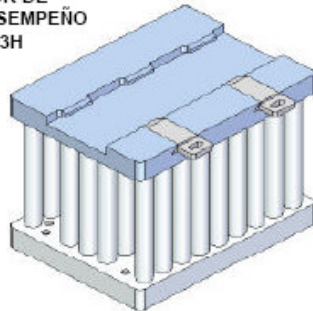
DISIPADOR DE
ALTO DESEMPEÑO
HS-OPT-02H



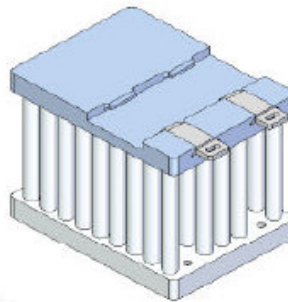
DISIPADOR DE
ALTO DESEMPEÑO
HS-OPT-02V



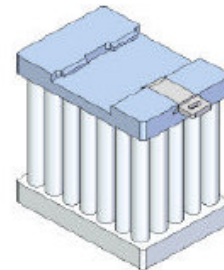
DISIPADOR DE
ALTO DESEMPEÑO
HS-OPT-03H



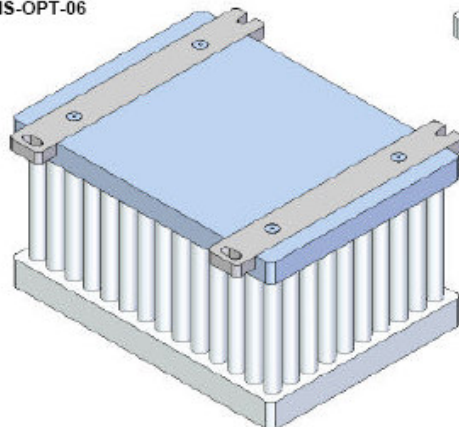
DISIPADOR DE
ALTO DESEMPEÑO
HS-OPT-03V



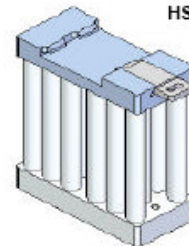
DISIPADOR DE
ALTO DESEMPEÑO
HS-OPT-05



DISIPADOR DE
ALTO DESEMPEÑO
HS-OPT-06



DISIPADOR DE
ALTO DESEMPEÑO
HS-OPT-07



ANEXO 4

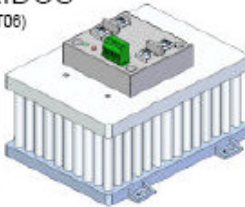
Montajes sugeridos y accesorios

DISIPADORES DE ALTO DESEMPEÑO OPTEC									
MODELO	Dimensiones (mm) DxCxA	Area De Disipacion (pulg.^2)	Rth (°C/W)	Rango de Cargas (Amps) Relés 1Fase	Rango de Cargas (Amps) Relés 2Fase	Rango de Cargas (Amps) Relés 3Fase	Rango de Cargas (Amps) Relés 1Fase con Ventilador	Rango de Cargas (Amps) Relés 2Fase Con Ventilador	Rango de Cargas (Amps) Relés 3Fase Con Ventilador
HS-OPT-01	45x90x70	135	1,95	8-40					
HS-OPT-02V	80x70x70	185	1,72	8-75	8-50		8-75	8-75	
HS-OPT-02H	80x70x70	185	1,72	8-75	8-50		8-75	8-75	
HS-OPT-03V	107x80x70	275	3,00	8-75	8-50	8-40	8-50	8-50	8-50
HS-OPT-03H	107x80x70	275	3,00	8-75	8-50	8-40	8-50	8-50	8-50
HS-OPT-05	83x58x70	185	1,70	8-75		8-40	8-75		8-50
HS-OPT-06	117x160x70	450	3,50	8-75	8-75	8-50	8-75	8-75	8-75
HS-OPT-07	58x34x70	110	1,50	8-40			8-50		

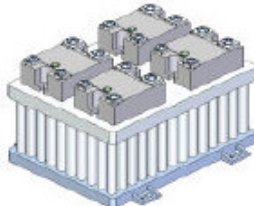


MONTAJES SUGERIDOS

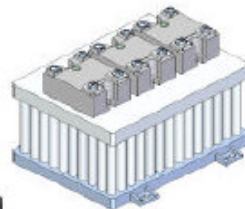
MONTAJE A (OPI+HSOPT06)



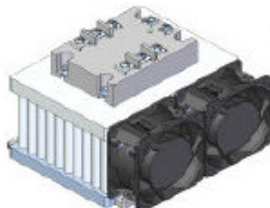
MONTAJE B (4FET+HSOPT06)



MONTAJE C (3TD+HSOPT06)



MONTAJE D (1TP+HSOPT06)



MONTAJE E (1TP+HSOPT03)



MONTAJE F (1TP+HSOPT03)



MONTAJE G (2MP+HSOPT03)



MONTAJE H (1MP+HSOPT01)



ACCESORIOS

A. Ventiladores



Referencia	Voltaje	Medidas
FAN 1	110	80x80mm
FAN 2	220	80x80mm
FAN 3	110	120x120mm
FAN 4	220	120x120mm

B. Potenciómetros

POTENCIOMETROS		
Código	Referencia	Descripción
OPT960	Pot 100k	Potenciometro 100k/ 10 Vueltas
OPT961	10T KNOB	Potenciometer knob (perilla de 10 Vueltas)
OPT962	Pot 100k	Potenciometro 100k/ 1 Vuelta economico
OPT963	10T KNOB	Potenciometer knob Perilla de 1 economico

1 Vuelta



10 Vueltas



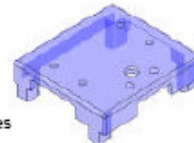
C. Tapas protectoras al tacto

TAPAS		
Código	Referencia	Descripción
OPT960	Cover 1 Phase	Tapa de protección al tacto para relés Monofasicos
OPT961	Cover 2 Phase	Tapa de protección al tacto para relés Bifasicos
OPT962	Cover 3 Phase	Tapa de protección al tacto para relés Trifasicos

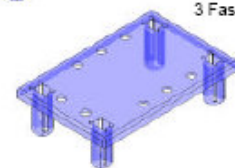
1 Fase



2 Fases

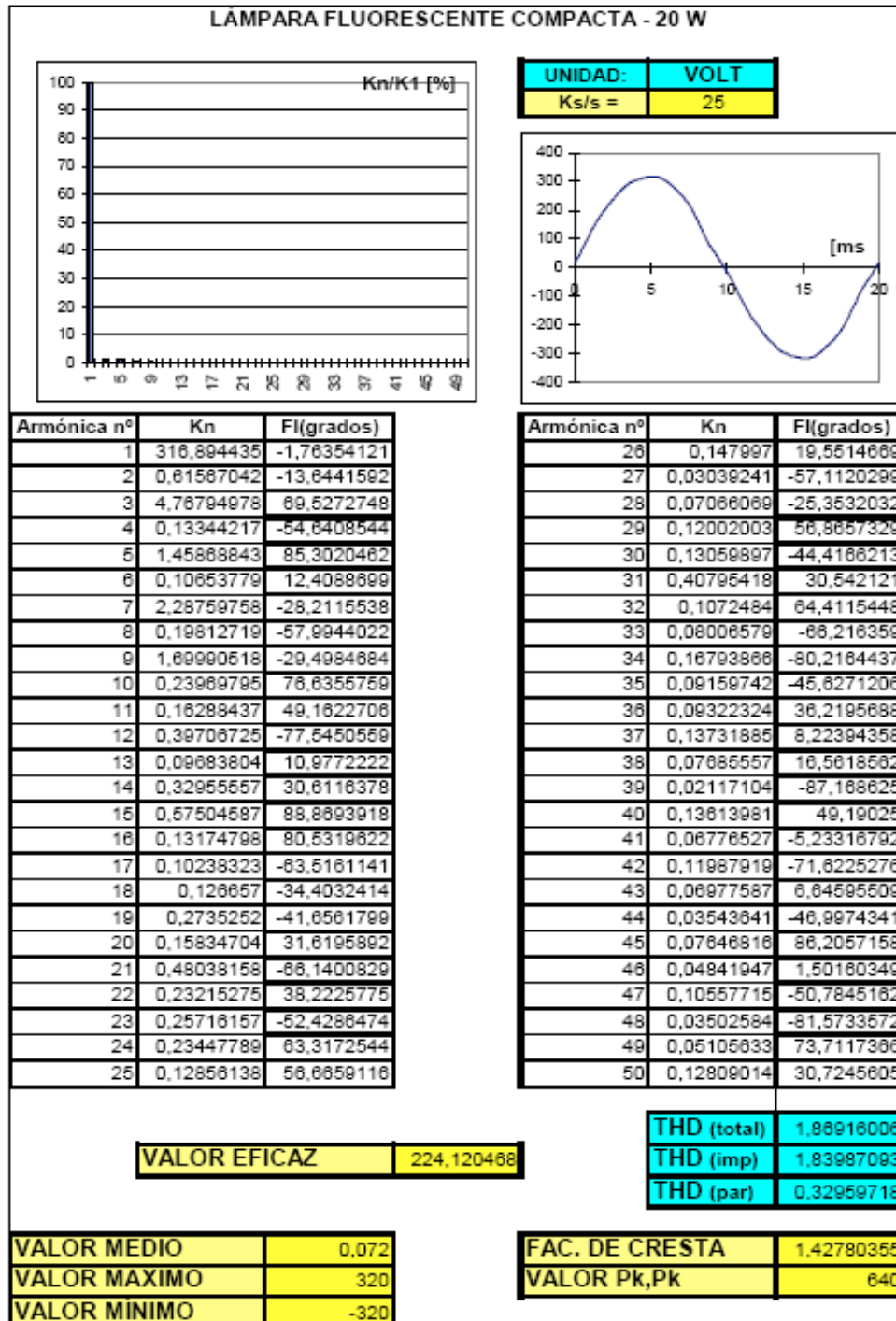


3 Fases



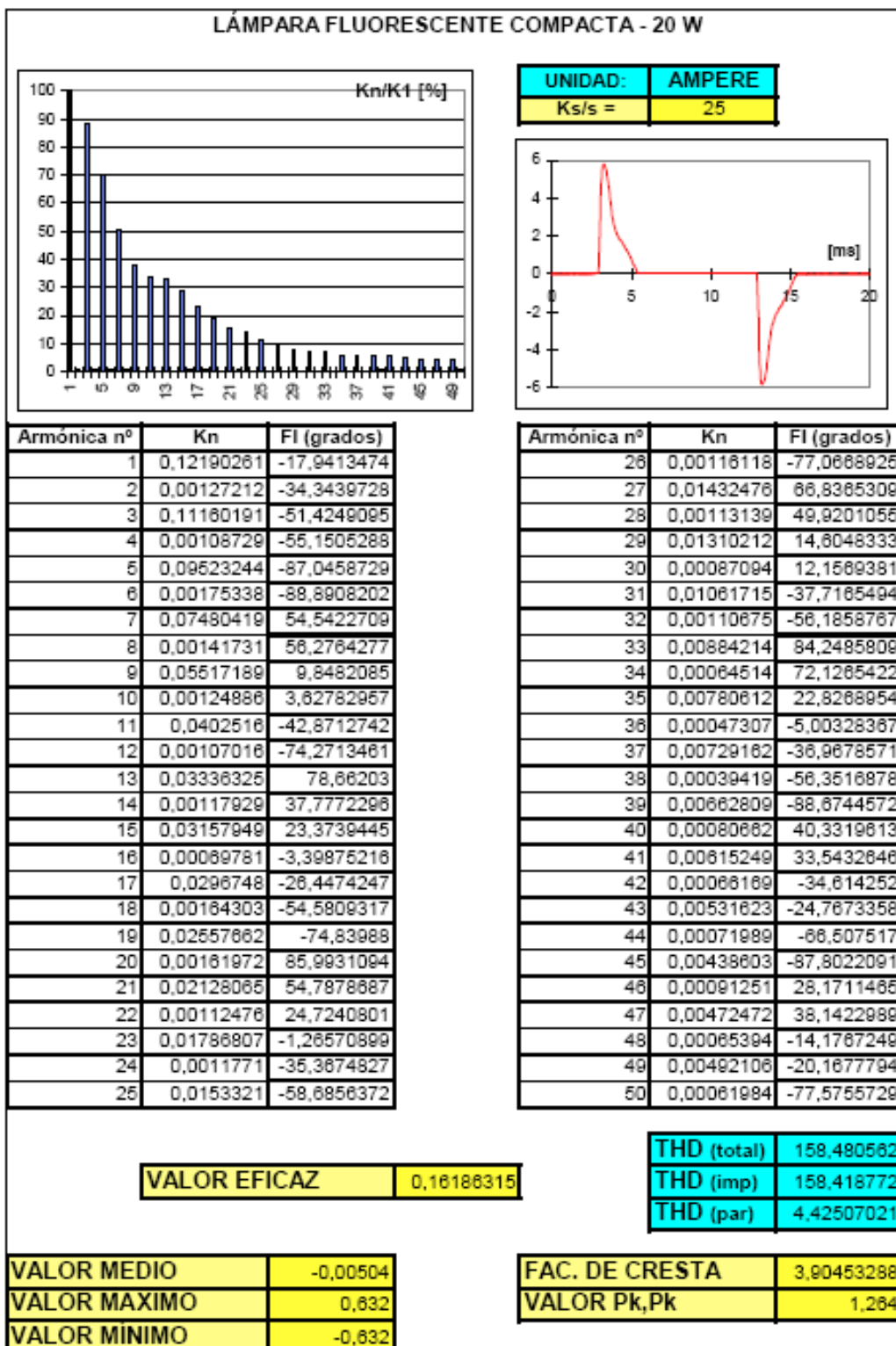
ANEXO 5

1 Caracterización carga bombillas fluorescentes de 20W



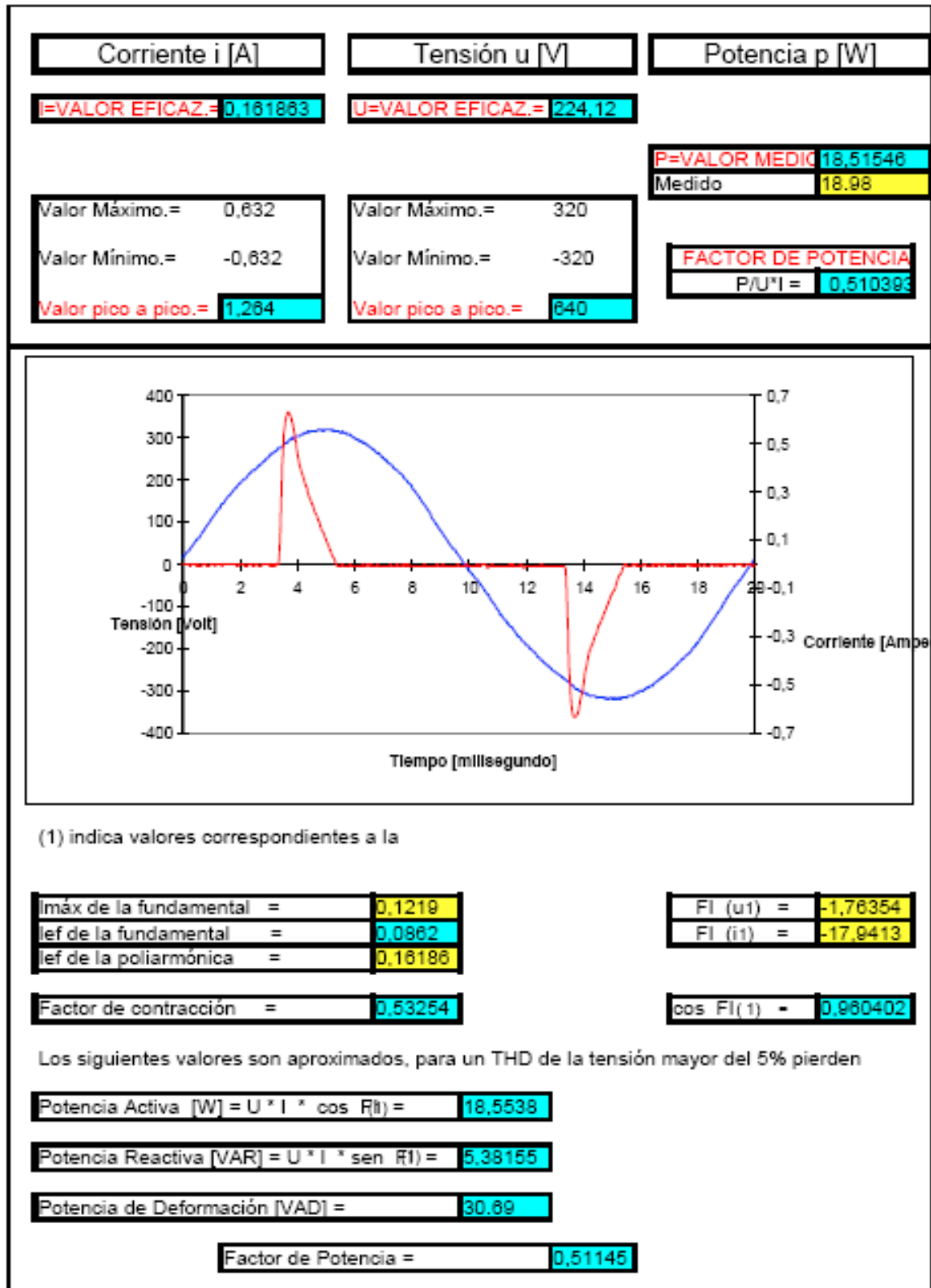
ANEXO 6

2 Caracterización carga bombillas fluorescentes de 20W



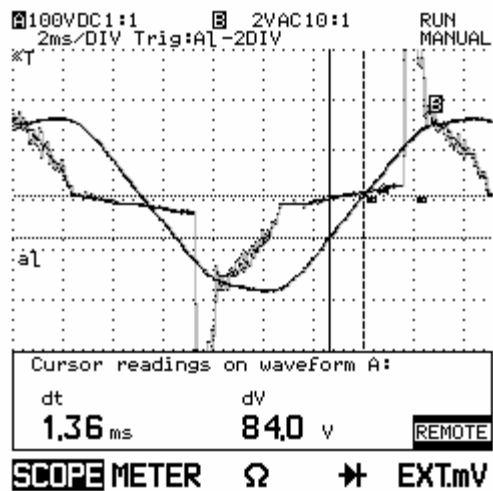
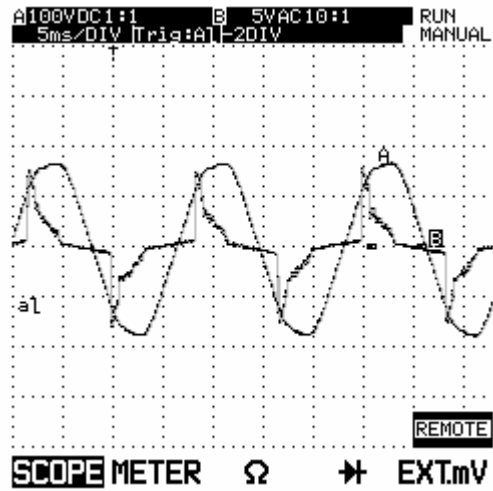
ANEXO 7

3 Caracterización carga bombillas fluorescentes de 20W



ANEXO 8

Curvas características de carga bombillas fluorescentes 20W



ANEXO 9

Esquema propuesto

