



PONTIFICIA **UNIVERSIDAD CATÓLICA** DEL PERÚ

Esta obra ha sido publicada bajo la licencia Creative Commons
Reconocimiento-No comercial-Compartir bajo la misma licencia 2.5 Perú.

Para ver una copia de dicha licencia, visite
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



PONTIFICIA
**UNIVERSIDAD
CATÓLICA**
DEL PERÚ

DISEÑO DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN INTELIGENTE APLICADO AL PRIMER PISO DEL PABELLÓN V DE LA PUCP

Tesis para optar el Título de Ingeniero Electrónico, que presenta el bachiller:

VICTOR RAINIERO MONTALVO GONZALES

ASESOR: Willy Carrera Soria

Lima, septiembre del 2010

Resumen:

En el primer piso del pabellón V de la PUCP, el cual alberga a la sección de Ing. Electrónica y algunos ambientes que pertenecen a la sección de Ing. de Telecomunicaciones, se continúa utilizando equipos convencionales de iluminación. Se utilizan interruptores manuales sin tener un control sobre el consumo ni las horas que se encuentran encendidas, ocasionando muchas veces consumo innecesario de energía eléctrica.

Algunas tecnologías utilizadas para optimizar los sistemas de iluminación son los detectores de presencia, los cuales encienden las lámparas cuando se detectan personas en el ambiente; reguladores de luz artificial, los cuales verifican la cantidad de luz con la que cuenta el ambiente y finalmente sistemas centralizados en donde se puede programar el encendido ó apagado de las lámparas de acuerdo a los requerimientos del usuario.

Un sistema de iluminación inteligente basado en el uso de los elementos antes mencionados permitirán la obtención de un sistema más eficiente que brinde iluminación de acuerdo a las condiciones del ambiente; además de reducir el gasto por consumo de energía eléctrica. Actualmente el primer piso del pabellón V está compuesto por 30 ambientes. Será necesario dividir el total en 5 redes a controlar, teniendo como circuito encargado de recibir las señales (provenientes del sensores de movimiento, sensores de luz, interruptores para elegir el modo de funcionamiento del sistema), y procesarlas al circuito denominado esclavo y desde éste, enviarlas las respuestas correspondientes hacia los circuitos de encendido/apagado de lámparas y los circuitos de regulación de intensidad luminosa para indicar las acciones a realizar para cada ambiente. Para poder verificar el estado del sistema completo, así como manipularlo, se requiere de un circuito denominado maestro, el cual estará conectado a todos los circuitos esclavo, mediante el estándar de comunicaciones RS-485, y mostrará los datos que tienen éstos respecto al tiempo de uso de las lámparas y el estado de los equipos conectados.

En la parte de simulaciones, se presentará el funcionamiento del sistema utilizando un circuito maestro y un circuito esclavo con los sensores y actuadores para probar el correcto funcionamiento del sistema. Para conocer si el sistema es viable económicamente, se mostrará un presupuesto aproximado para la implementación de este sistema.

| INDICE | Pág |
|--|-----|
| INTRODUCCION..... | 4 |
| CAPÍTULO 1: SISTEMAS DE ILUMINACIÓN EN CENTROS DE ENSEÑANZA.. | 5 |
| 1.1 Características de contexto general..... | 5 |
| 1.2 Condición actual de los sistemas de iluminación de interiores..... | 5 |
| 1.3 Problemática de la situación actual..... | 5 |
| CAPÍTULO 2: TECNOLOGÍAS UTILIZADAS POR LOS SISTEMAS DE ILUMINACION..... | 8 |
| 2.1 Principales tecnologías aplicadas a la iluminación..... | 8 |
| 2.2 Control de la iluminación artificial mediante interruptores manuales y temporizados..... | 8 |
| 2.3 Control de iluminación artificial mediante controladores de luz natural..... | 9 |
| 2.4 Control de iluminación artificial mediante detectores de presencia..... | 10 |
| 2.5 Regulación y control por un sistema centralizado de gestión..... | 11 |
| CAPITULO 3: REQUERIMIENTOS PARA EL DISEÑO DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN INTELIGENTE APLICADO AL PRIMER PISO DEL PABELLÓN V DE LA PUCP..... | 12 |
| 3.1 Hipótesis de la investigación..... | 12 |
| 3.1.1 Hipótesis principal..... | 12 |
| 3.1.2 Hipótesis secundarias..... | 12 |
| 3.2 Objetivo de la investigación..... | 12 |
| 3.2.1 Objetivo General..... | 12 |
| 3.2.2 Objetivos específicos..... | 13 |
| 3.3 Situación actual del sistema..... | 13 |
| 3.4 Descripción de las redes a utilizar..... | 14 |
| 3.5 Desarrollo de la solución según la situación actual..... | 16 |
| 3.5.1 Bloque sensores, interruptor y actuadores..... | 17 |
| 3.5.2 Bloque de distribución..... | 17 |
| 3.5.3 Bloque de control..... | 18 |
| 3.6 Diseño de los elementos a utilizar..... | 18 |
| 3.6.1 Bloque sensores, interruptor y actuadores..... | 18 |
| 3.6.1.1 Sensor de luz..... | 18 |
| 3.6.1.2 Sensor de movimiento..... | 19 |
| 3.6.1.3 Interruptor..... | 19 |
| 3.6.1.4 Encendido/apagado de lámparas..... | 19 |
| 3.6.1.5 Regulación de intensidad luminosa..... | 20 |
| 3.6.1.6 Circuito A..... | 20 |

| | |
|---|-----------|
| 3.6.1.7 Circuito B..... | 21 |
| 3.6.1.8 Circuito C..... | 21 |
| 3.6.2 Bloque Circuito de Distribución..... | 21 |
| 3.6.3 Bloque de control..... | 22 |
| 3.6.3.1 Comunicación..... | 22 |
| 3.6.3.2 Circuito Esclavo..... | 22 |
| 3.6.3.3 Circuito Maestro..... | 25 |
| 3.7 Interconexión de equipos..... | 27 |
| 3.8 Lógica del bloque de control..... | 27 |
| 3.8.1 Programa circuito maestro..... | 27 |
| 3.8.2 Programa circuito esclavo..... | 29 |
| CAPÍTULO 4: SIMULACIÓN DE LA SOLUCIÓN..... | 33 |
| 4.1 Consideraciones preliminares..... | 33 |
| 4.1.1 Circuito maestro..... | 33 |
| 4.1.2 Circuito esclavo..... | 34 |
| 4.2 Simulador a utilizar..... | 34 |
| 4.3 Pruebas del sistema..... | 34 |
| 4.3.1 Mensaje inicial..... | 34 |
| 4.3.2 Ingresar contraseña..... | 35 |
| 4.3.3 Ingresar hora..... | 35 |
| 4.3.4 Operaciones circuito esclavo..... | 35 |
| 4.3.4.1 Reloj del circuito..... | 35 |
| 4.3.4.2 Detección de personas..... | 36 |
| 4.3.4.3 Interruptor en manual..... | 37 |
| 4.3.5 Operaciones circuito maestro..... | 38 |
| 4.3.5.1 Opción 1..... | 38 |
| 4.3.5.2 Opción 2..... | 38 |
| 4.3.5.3 Opción 3..... | 38 |
| 4.3.5.4 Opción 4..... | 39 |
| 4.4 Presupuesto..... | 39 |
| 4.5 Ahorro esperado..... | 40 |
| CONCLUSIONES..... | 41 |
| RECOMENDACIONES..... | 42 |
| FUENTES..... | 43 |
| ANEXOS | |

INTRODUCCIÓN:

Según estudios realizados el 30% del consumo de la energía eléctrica en edificios públicos está representado por los gastos de iluminación. En nuestra situación particular, el primer piso del pabellón V de la PUCP, el cual alberga a la sección de Ing. Electrónica y algunos ambientes que pertenecen a la sección de Ing. de Telecomunicaciones, continúa utilizando equipos convencionales de iluminación. El sistema actual sigue siendo manual, tanto para el encendido y apagado de las lámparas sin tener un control sobre el consumo ni las horas que se encuentran encendidas, ocasionando muchas veces consumo innecesario de energía eléctrica. De aquí que surge la necesidad de intentar aprovechar al máximo la energía eléctrica que nos llega a través de la red de distribución, y así como favorecer el aprovechamiento de la luz natural para obtener un mejor sistema de iluminación que aminore el gasto por consumo de energía eléctrica.

La presente investigación propone un sistema de iluminación inteligente basado en el uso de sensores y actuadores, que en conjunto permitirán la obtención de un sistema más eficiente que brinde iluminación de acuerdo a las condiciones del ambiente; además de reducir el gasto por consumo de energía eléctrica. Actualmente el primer piso del pabellón V está compuesto por 30 ambientes, por lo tanto, para albergar tal necesidad, será necesario dividir el total en 5 redes a controlar, teniendo como circuito encargado de recibir las señales para cada red y procesarlas al circuito denominado esclavo, el cual indicará las acciones a realizar para cada ambiente a través de los actuadores. Para poder verificar el estado del sistema completo, así como manipularlo, se requiere de un circuito denominado maestro, el cual estará conectado a todos los circuitos esclavos y mostrará los datos que tienen éstos respecto al tiempo de uso de las lámparas y el estado de los equipos conectados.

Finalmente se presentará una simulación del sistema, utilizando un circuito maestro y un circuito esclavo con sus diferentes sensores y actuadores para probar el correcto funcionamiento del sistema planteado. Además se mostrará un presupuesto aproximado para la implementación de este sistema, así como el ahorro que lograría obtenerse de implementarlo y los beneficios que traería esto tanto en el aspecto económico como el uso eficiente del recurso energético.

CAPÍTULO 1: SISTEMAS DE ILUMINACIÓN EN CENTROS DE ENSEÑANZA

1.1 CARACTERÍSTICAS DE CONTEXTO GENERAL

Los centros de enseñanza son conjuntos de dependencias dedicados a la formación educativa, donde desarrollan actividades las personas en los diferentes niveles que se promueven. De acuerdo al nivel que correspondan, los centros de enseñanza poseen distintas plantas físicas y entre ellas se tienen: aulas de enseñanza práctica; aulas de enseñanza teórica; aulas para actividades especiales; laboratorios; bibliotecas y salas de lectura.

En general, un centro de enseñanza tiene una gran utilización. Debido al carácter multidisciplinario y a la variedad de las actividades que se desarrollan, hay zonas que se pueden considerar de máximo uso anual, como puede ser el caso de aulas y laboratorios, otras en que el uso es menor a medida que la actividad se aparta de las estrictamente educativas.

1.2 CONDICIÓN ACTUAL DE LOS SISTEMAS DE ILUMINACIÓN DE INTERIORES

El sistema de iluminación de dichos centros está compuesto en su mayoría por lámparas fluorescentes, interruptores mecánicos, balastos, luminarias, distribuidas de manera tal que las áreas de mayor uso, poseen la mayor cantidad de lámparas. Dichas construcciones convencionales gastan 40% más de energía en iluminación que una construcción ecoeficiente (PUCP, 2009).

Diariamente, por dichos centros transitan alumnos, profesores, el personal que trabaja en dicho establecimiento y demás usuarios que pueda tener, entonces, el sistema de iluminación trabaja durante gran parte del día, con una frecuencia de uso variable, dependiendo de la hora en que se desarrollan las actividades. En un día normal, lo más probable que ocurra será que los usuarios ocuparán una determinada área y dependiendo de la hora del día y de la cantidad de luz natural presente en el ambiente, se encenderán las lámparas del centro de enseñanza y permanecerán así durante un tiempo indeterminado (IDAE, 2004).

1.3 PROBLEMÁTICA DE LA SITUACIÓN ACTUAL

De acuerdo a la Guía de Orientación del Uso Eficiente de la Energía y de Diagnóstico Energético para Edificios Públicos (DGE, 2008), el uso inadecuado de

la electricidad en sistemas de iluminación de interiores se atribuye a los siguientes factores:

- Se mantienen encendidas las lámparas aún cuando no se utilizan.
- Se encienden todas las lámparas de varias áreas con un solo interruptor.
- No se retiran las lámparas quemadas de las luminarias, ocasionando un consumo innecesario de energía (reactor).

Esto indica que los usuarios a menudo utilizan su criterio para el encendido de las lámparas, siendo la alternativa más frecuente encender las lámparas, desconociendo si la cantidad de luz natural presente en el ambiente es suficiente para que pueda desarrollar actividad alguna. Al ser el sistema de encendido de lámparas manual, entonces cualquiera de los usuarios puede hacer uso del mismo; esto representa un adicional a la alternativa de encender las lámparas por parte de cualquier usuario. El siguiente inconveniente detectado en el sistema actual es el apagado de las lámparas. El usuario olvida apagar la lámparas ya sea por descuido o porque cree que así otro usuario podrá hacer uso del sistema de iluminación y le evitará la molestia de tener que encenderlo nuevamente. Este tipo de usuario presta poca atención al hecho que está desperdiciando electricidad, ya que al no necesitarse iluminación en el ambiente, entonces está ocasionando un despilfarro de recursos que no lo afectan a él directamente (ENELVIESGO, 2005).

Hasta aquí se observa la ausencia de control del tiempo que permanecen encendidas las lámparas, pudiendo haber estado encendidas durante todo el día o solo por algunos momentos, lo cual repercutirá en el tiempo de vida útil que le queda a la lámpara, ya que la mayoría de ellas poseen un tiempo de vida promedio que se calcula en horas de trabajo. A medida que estén encendidas más tiempo, habrá que reemplazarlas con mayor frecuencia, representando esto otro gasto para el centro de enseñanza (Osram, 2007).

Debemos añadir también el gasto generado por este desperdicio de electricidad al centro de enseñanza por concepto de iluminación, ya que actualmente el primer piso del pabellón V cuenta con 211 pares de lámparas los cuales consumen 72W cada una y la mayoría de éstas permanecen encendidas por varias horas durante el día y casi todas durante la noche, lo que significa un gasto considerable solo en iluminación.

Por otro lado, muchos de los centros de enseñanza no definen muchas veces políticas claras a favor del ahorro de la energía, lo cual contribuye a que se presente esta problemática dentro de estas instituciones, ya que ante la ausencia de este tipo de políticas, no se define un control sobre los sistemas de iluminación, no se instruye al personal de dichos centros a tomar conciencia de los gastos y problemas que se incurren al utilizar los sistemas de iluminación de una manera no muy eficiente, no promueven el mejoramiento de la infraestructura para poder aprovechar la luz natural como alternativa al consumo de luz artificial (IDAE, 2004).

Este consumo innecesario de electricidad también representa un despilfarro de recursos naturales que permiten la generación de electricidad. Así tenemos que el problema no es solo para el centro de enseñanza, sino que también forma parte de uno de los grandes problemas de nuestro mundo actual: La contaminación (DGE, 2008).



CAPÍTULO 2: TECNOLOGÍAS UTILIZADAS POR LOS SISTEMAS DE ILUMINACIÓN

2.1 PRINCIPALES TECNOLOGÍAS APLICADAS A LA ILUMINACIÓN

La implementación de sistemas de control reduce los costes energéticos; de mantenimiento de la instalación e incrementa la flexibilidad del sistema de iluminación (IDAE, 2004). Este control permite realizar encendidos selectivos y regulación de las lámparas durante diferentes períodos de actividad, o según el tipo de actividad cambiante a desarrollar.

Se distinguen 4 tipos fundamentales:

- 1.- Regulación y control bajo demanda del usuario por interruptor manual, pulsador, potenciómetro o mando a distancia.
- 2.- Regulación de la iluminación artificial según aporte de luz natural.
- 3.- Control del encendido y apagado según presencia en la sala.
- 4.- Regulación y control por un sistema centralizado de gestión.

2.2 CONTROL DE LA ILUMINACIÓN ARTIFICIAL MEDIANTE INTERRUPTORES MANUALES Y TEMPORIZADOS

Los interruptores locales de pared son los más usados para el control de los dispositivos de control de iluminación de locales. Para obtener mejores resultados, los interruptores deben estar situados convenientemente para los usuarios y así alentar la desactivación de la iluminación cuando sea apropiado (DiLouie, 2005). También proporcionan flexibilidad a los sistemas de control de iluminación. Los trabajadores pueden apagar el alumbrado durante su ausencia en una dependencia, horas de comidas, etc. Esto es raramente realizado en la práctica. Cuando el primer ocupante de un local entra en él, la posibilidad de que encienda el alumbrado depende, principalmente, del nivel de luz natural existente en la sala. Sin embargo, el apagado del alumbrado no se produce hasta que el último ocupante del local lo haya abandonado (Osram, 2007). También se tienen los interruptores activados por llave, los cuales se encuentran en las paredes para encender o apagar las lámparas mediante una llave. Estos están instalados para prevenir un uso desautorizado o accidental de los circuitos de iluminación (DiLouie, 2005).

El control de iluminación mediante interruptores temporizados es un sistema más radical que los manuales. Las lámparas son apagadas desde un panel central a la misma hora cada día, coincidiendo con los tiempos libres. Los usuarios son libres de reencender aquellas lámparas que consideren necesarias. En cada caso, un interruptor de rango superior al temporizado, debe permitir reencender las lámparas que a criterio del usuario se consideren necesarias. Los interruptores temporizados independientes pueden ser utilizados en aquellas dependencias donde la permanencia de personas sea o deba ser por un tiempo limitado, por ejemplo, en los servicios.

Los dispositivos con control horario no se usan, por lo general, para encender luces, quedando esta función como atributo de los ocupantes que las ejecutan según sus necesidades. Resulta menos problemático y beneficioso usar el dispositivo para apagar antes que para encender las luces ya que es frecuente que algunos ocupantes permanezcan en los lugares de trabajo más allá de los horarios establecidos, se recomienda incluir una señal que advierta que las luces van a ser apagadas, en cuyo caso los usuarios optarán por retirarse o permanecer en los locales anulando el dispositivo de control (Osram, 2007).

2.3 CONTROL DE ILUMINACIÓN ARTIFICIAL MEDIANTE CONTROLADORES DE LUZ NATURAL.

La luz natural puede aportar incrementos en la eficiencia del sistema de iluminación, en particular cuando se combinan con sistemas automáticos de regulación de luz artificial. Este aporte de luz natural debe ser propiciado en primera fase por la incorporación en la propia estructura del edificio, de elementos arquitectónicos como ventanas, claraboyas y paramentos verticales acristalados y, en segunda fase, con la realización de un proyecto de regulación de los sistemas de iluminación artificial acorde a la contribución de la luz natural (Trento, 2004). Cuando existe aportación de luz natural en el interior, es importante eliminar las zonas oscuras con el apoyo de luz artificial y que ésta tenga el mismo color que la luz natural.

Existen dos tipos de sistemas de regulación:

- Todo/Nada: La iluminación se enciende y apaga por debajo o por encima de un nivel de iluminación prefijado.
- Regulación progresiva: La iluminación se va ajustando progresivamente según el aporte de luz exterior hasta conseguir el nivel de luz prefijado.

La alternativa más adecuada es la de utilizar luminarias con balastos electrónicos de alta frecuencia regulables, que controlados por una fotocélula, hace variar la aportación de flujo luminoso emitido por las lámparas en función de la variación de la luz natural (Epec, 2006).

Aprovechar la luz natural con el sistema de control convencional significa considerar, en diferentes circunstancias, si la luz que está ingresando por la ventana es suficiente para la remisión total o parcial de la luz artificial, una tarea que para los ocupantes de una oficina, por ejemplo, sería aceptable sólo si es realizada voluntariamente, como un compromiso en contra del derroche de la energía, nunca si se vieran presionados a ello. El control con sensor fotoeléctrico ahorra esas molestias al ocupante, siendo casi infalible en la evaluación de la cantidad de luz. Los sensores no son otra cosa que elementos fotosensibles colimados por una lente enfocada sobre el área de interés (Gossmann, 2001). Este control es recomendable solo en locales o zonas que dispongan de una buena contribución de luz natural.

2.4 CONTROL DE ILUMINACIÓN ARTIFICIAL MEDIANTE DETECTORES DE PRESENCIA.

El derroche por factor ocupacional ha sido caracterizado como un importante factor en la ineficiencia en los sistemas de alumbrado. Valores típicos del desperdicio por las luces encendidas, en locales desocupados de un edificio, pueden ser del 25 % de la energía total disipada en iluminación (IDAE, 2004). El sensor ocupacional es un dispositivo que detecta la presencia de personas en los locales para realizar el control (Pallas, 1998).

Los detectores de presencia responden a la ausencia de personas en la sala con el apagado del alumbrado artificial. Existen dos tipos de detectores de presencia (Gossmann, 2001).

Tecnología de infrarroja: Los sensores infrarrojos pasivos PIR, consisten en opto-resistencias que se hallan colimadas por una lente Fresnel. Detecta la ocupación del espacio por diferencias de temperatura entre los cuerpos en movimiento y el ambiente. La principal ventaja es que son económicos y el área de control está perfectamente delimitada (Roso Electric Supply, 2006).

Tecnología Ultrasónica: Actúan por efecto Doppler producido por el movimiento de la fuente emisora. La señal ultrasónica de un emisor de cristal de cuarzo, reflejada por los objetos del local, es recibida por uno o más receptores,

permitiendo la detección de movimiento por cambios en el tiempo de retorno de la señal. Debido a que el sonido se propaga en todas direcciones, se denominan también detectores volumétricos, característica que deberá considerarse cuando se realiza el diseño de una instalación con este tipo de sensores, en atención a la existencia de fuentes de perturbación que ocasionen falsos disparos (Sinclair, 2001).

2.5 REGULACIÓN Y CONTROL POR UN SISTEMA CENTRALIZADO DE GESTIÓN.

En edificios destinados a usos múltiples, como son las escuelas o universidades, es cada vez más interesante disponer de un sistema que permita el manejo y el control energético de las instalaciones de iluminación, de forma similar a los implantados para otras instalaciones como las de climatización. El control centralizado supone una serie de ventajas, entre las que se citan:

- Posibilidad de encendido/apagado de zonas mediante órdenes centrales, bien sea manuales o automáticas (control horario).
- Modificación de circuitos de encendido a nivel central sin obras eléctricas.
- Monitorización de estado de los circuitos y consumos de los mismos.

Si el sistema centralizado dispone simultáneamente de control local, un buen uso de la centralización permitirá un considerable ahorro de energía, aplicando un buen control horario, de acuerdo con las necesidades del usuario, que evite luces olvidadas (Osram, 2007). Precisamente para este propósito, la industria de la iluminación ha desarrollado un nuevo estándar digital de comunicación para aplicaciones en iluminación. Es el llamado DALI, abreviatura de la expresión inglesa: Digital Addressable Lighting Interface. DALI ha sido creado de manera conjunta por todos los principales fabricantes de equipos de conexión electrónicos (ECE) para garantizar un estándar unificado en la industria de la iluminación. DALI no hace referencia a un sistema de iluminación, sino que hace referencia al estándar de comunicación entre un controlador o unidad de control y los equipos de conexión electrónicos, y por lo tanto, está incluido como apéndice E4 en la norma de equipos de conexión electrónicos EN 60929. Por ello, la compatibilidad de ECE de diferentes fabricantes está garantizada.

CAPITULO 3: REQUERIMIENTOS PARA EL DISEÑO DE UN SISTEMA DE ILUMINACIÓN INTELIGENTE APLICADO AL PRIMER PISO DEL PABELLÓN V DE LA PUCP.

3.1 HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.1 Hipótesis principal

Dado que en el primer piso del pabellón V de la PUCP el control de la iluminación es manual, no existen instrumentos para medir la luz natural recibida y las lámparas permanecen encendidas un tiempo indeterminado a pesar que no es necesario su funcionamiento; entonces, un sistema de iluminación inteligente basado en el uso de sensores, permitirá optimizar el uso de los recursos para generar un ahorro en el consumo de energía eléctrica y prolongará la vida útil de las lámparas que se utilizan.

3.1.2 Hipótesis secundarias

- 1) Desarrollar un sistema de iluminación que permita verificar el estado de los elementos que incorpora; así, se podrán reemplazar los elementos defectuosos evitando así que sigan consumiendo electricidad.
- 2) Hacer posible el uso del sistema de manera manual, dado que se trata de un centro de enseñanza, es posible que se requieran realizar presentaciones u otras actividades que requieran apagar las lámparas, por lo tanto el sistema deberá ser flexible ante estas situaciones.
- 3) Regular la intensidad luminosa de las lámparas de acuerdo a la cantidad de luz natural recibida, de esta manera, el sistema compensará la ausencia de luz natural con luz artificial, dependiendo del tipo de ambiente a iluminar.

3.2 OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN

3.2.1 Objetivo General

Diseñar un sistema centralizado que permita controlar el encendido/apagado de las lámparas, siempre que se detecten personas en el área a iluminar y de acuerdo a la cantidad de luz natural recibida, así como también regular la intensidad luminosa que proporcionarán las mismas, dependiendo del tipo de ambiente que se utiliza.

3.2.2 Objetivos específicos

- 1) Diseñar un circuito que permita sensor la cantidad de luz recibida en el ambiente.
- 2) Seleccionar adecuadamente el sensor de movimiento de acuerdo a los requerimientos del sistema.
- 3) Diseñar circuitos de distribución que permitan acondicionar y agrupar las señales.
- 4) Diseñar circuitos que permitan la regulación de la intensidad luminosa de las lámparas y el encendido de las mismas.
- 5) Diseñar un circuito “esclavo” que se encargue de procesar las señales recibidas y ejecute las acciones requeridas en base a dichas señales.
- 6) Diseñar un circuito “maestro” que permita controlar a los circuitos esclavos y poder configurar a éstos desde el circuito maestro.
- 7) Seleccionar un sistema de comunicación que permita transportar datos a gran distancia entre los circuitos “esclavo” y el circuito “maestro”.

3.3 SITUACIÓN ACTUAL DEL SISTEMA

En el primer piso del pabellón V de la PUCP se encuentran los laboratorios y oficinas de la sección de Ing. Electrónica y algunos ambientes que pertenecen a la sección de Ing. de Telecomunicaciones, que forman un total de 30 ambientes, los cuales se detallan en la tabla 1. El desarrollo de esta tesis abarcará el control del sistema de iluminación para los 30 ambientes, para ello, se utilizará la actual distribución de lámparas para cada ambiente.

Para los laboratorios, oficinas y talleres se implementarán sistemas de regulación de intensidad luminosa bajo demanda, debido a que poseen grandes ventanas por donde ingresa luz natural, la cual debe ser aprovechada de acuerdo a las condiciones a lo largo del día. Para el caso de los pasillos, hall de ingreso y los servicios higiénicos solo se utilizará el sistema de encendido y apagado, ya son zonas con una ocupación muy intermitente por lo cual se brindará la máxima intensidad luminosa sin regulación.

| No. | Aula | Área | Área (m ²) | Número de Lámparas (pares) | Corriente Requerida (A) |
|-----|------|--|------------------------|----------------------------|-------------------------|
| 1 | | Taller de Proyectos Electrónicos | 58,5 | 12 | 3,93 |
| 2 | V115 | Laboratorio de Proyectos Electrónicos | 117 | 30 | 9,82 |
| 3 | V111 | Laboratorio de Bioingeniería | 41,1 | 9 | 2,95 |
| 4 | | Oficina Laboratorio de Bioingeniería | 17,4 | 3 | 0,98 |
| 5 | V109 | Laboratorio de Control Avanzado | 58,5 | 12 | 3,93 |
| 6 | | Radio Club PUCP | 3,3825 | 1 | 0,33 |
| 7 | | Hall Ingreso Posterior | 11,4 | 1 | 0,33 |
| 8 | | SSHH Hombres | 15,86 | 2 | 0,65 |
| 9 | | SSHH Hombres Privado | 2,0125 | 1 | 0,33 |
| 10 | | SSHH Mujeres Privado | 2,0125 | 1 | 0,33 |
| 11 | | SSHH Mujeres | 15,86 | 2 | 0,65 |
| 12 | | Almacén | 75 | 18 | 5,89 |
| 13 | | Pasillo V115 | 18 | 2 | 0,65 |
| 14 | | Pasillo V111- V113 | 18 | 2 | 0,65 |
| 15 | | Pasillo V107 - V109 | 18 | 2 | 0,65 |
| 16 | V108 | Laboratorio de Imágenes Médicas | 18,75 | 3 | 0,98 |
| 17 | | Oficina | 18,75 | 3 | 0,98 |
| 18 | V106 | Laboratorio de Telecomunicaciones Ópticas A | 18,75 | 3 | 0,98 |
| 19 | V106 | Laboratorio de Telecomunicaciones Ópticas B | 18,75 | 3 | 0,98 |
| 20 | V105 | Laboratorio Sistemas Eléctricos | 55,77 | 12 | 3,93 |
| 21 | V107 | Laboratorio de Control y Automatización | 58,5 | 12 | 3,93 |
| 22 | V103 | Laboratorio Microprocesadores | 55,77 | 12 | 3,93 |
| 23 | V101 | Laboratorio de Circuitos y Sistemas Electrónicos | 117 | 24 | 7,85 |
| 24 | | Pasillo V103 - V105 | 18 | 2 | 0,65 |
| 25 | | Pasillo V101 | 18 | 2 | 0,65 |
| 26 | V102 | Taller de Electrónica | 37,5 | 9 | 2,95 |
| 27 | V104 | Laboratorio Telecomunicaciones | 75 | 18 | 5,89 |
| 28 | | Hall Ingreso | 20,026 | 2 | 0,65 |
| 29 | | SSHH Mujeres Exterior | 24,4 | 4 | 1,31 |
| 30 | | SSHH Hombres Exterior | 20,5 | 4 | 1,31 |

Tabla 1: Características de los ambientes

Se utilizará el sistema de iluminación con el que actualmente se cuenta. Las características de las lámparas que actualmente se utilizan se muestran en la tabla 2.

| Lámpara | Potencia (W) | Flujo Luminoso (lm) | Eficacia (lm/w) | Temperatura de color (K) |
|-------------------|--------------|---------------------|-----------------|--------------------------|
| Phillips TLD -36W | 36 | 2500 | 69 | 6200 |

Tabla 2: Características del sistema de iluminación actual

3.4 DESCRIPCIÓN DE LAS REDES A UTILIZAR

Tal como se detalló anteriormente, el sistema cuenta con 30 ambientes en donde se requiere controlar el sistema de iluminación, por lo tanto será necesario que el sistema cuente con circuitos que se encarguen de sensar la cantidad de luz recibida, detectar la presencia de las personas dentro del área a iluminar y también

poder contar con un interruptor en cada área, en el caso de ser necesario, que permita apagar las lámparas en forma manual.

Estos circuitos deberán enviar sus señales hacia un circuito denominado esclavo, el cual tomará las decisiones a partir de estas señales recibidas e indicará la acción a realizar (encender/apagar las lámparas ó regular la cantidad de luz artificial que entregarán las lámparas). Debido a que las distancias entre los ambientes hacia los circuitos esclavos son prolongadas, será necesario contar también con circuitos de distribución los cuales recopilarán las señales de “sub-áreas”, las acondicionarán, y las llevarán de manera conjunta hacia el circuito esclavo para tener así un sistema con cableado ordenado. Esto también permitirá ahorrar en el cableado de alimentación que requieren los circuitos de sensado antes mencionado, dado que el esclavo proporcionará alimentación en DC a través de un par de cables hacia el circuito de distribución y de aquí pueden distribuir dicha alimentación DC hacia los demás circuitos. Agrupando las señales mediante los circuitos de distribución permitirá ahorrar en el uso de canaletas de protección de los cables, ya que a partir de éste solo habrá una canaleta que se dirija hacia el esclavo, teniendo así una mejor organización del sistema.

Sin la alternativa de programar los circuitos esclavos directamente, ya que no contarán con dispositivos para el ingreso de datos por parte del usuario (pulsadores, teclado, etc.), ni tampoco se podrá visualizar en ellos su condición, entonces es aquí donde es necesario el circuito maestro, el cual podrá controlar a los circuitos esclavos y también brindará la posibilidad de programar acciones mediante un teclado matricial y a su vez se podrá ver el estado de los mismos en una pantalla LCD. Es así que para la comunicación entre los circuitos esclavos y maestro es requerido un bus de comunicaciones que pueda soportar grandes distancias, para lo cual se optó por el estándar RS-485, el cual llevará la información desde el circuito maestro y los esclavos devolverán la información solicitada por este medio. Con todo esto, se ve la necesidad de contar con 5 redes, los cuales agruparán de 4 a 8 ambientes, determinados a partir de su contigüidad y así no perder la información recibida de los sensores y tampoco la información enviada desde el esclavo para ejecutar las acciones pertinentes por estar alejados. Estas 5 redes a su vez estarán conectadas hacia el circuito maestro, el cual se comunica a una distancia entre 10 a 30 metros mediante el estándar RS 485 y así se podrá controlar las acciones de los esclavos. La figura 1, muestra las distintas señales que se necesitarán para el diseño del sistema. Como se observa no todos

los ambientes tienen las 3 señales de sensado y las 2 señales de acción hacia las lámparas o el balastro electrónico.

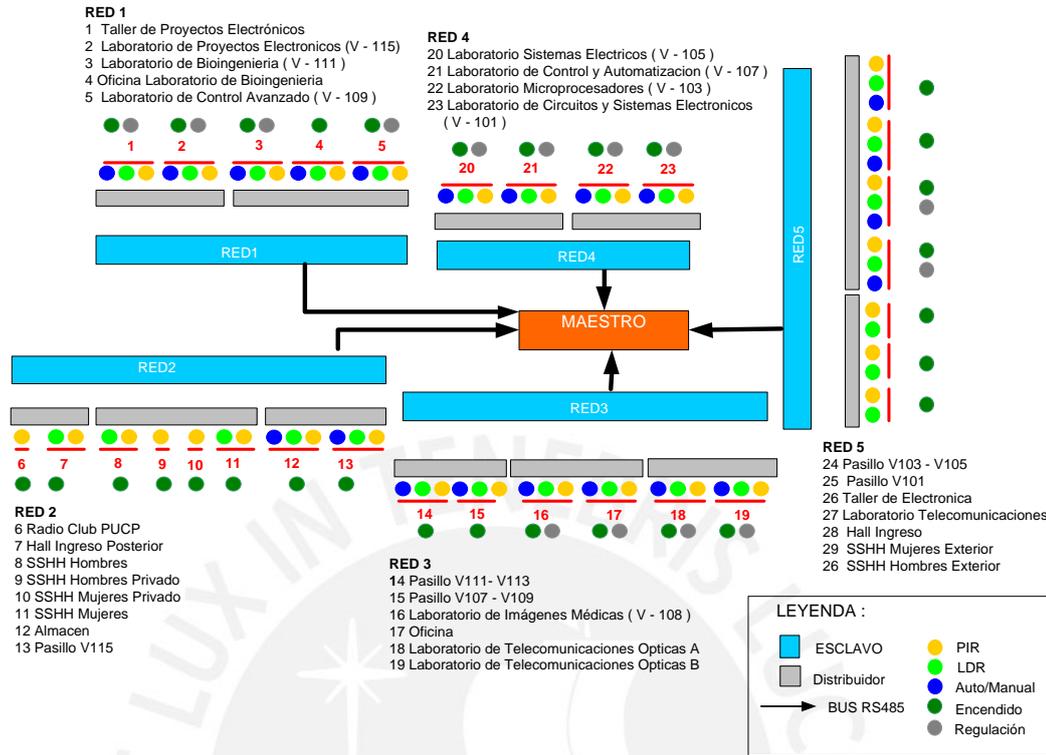


Figura 1: Distribución de las redes a utilizar

En la tabla 3 se detallan los sensores y actuadores necesarios para el cada una de estas redes. De aquí en adelante, se utilizará el término “distribuidor” para hacer referencia al circuito de distribución. Las características y detalles de cada una de las redes a utilizar se detallan en el anexo 1.

| Circuito | Cantidad |
|-----------------------------------|----------|
| Sensor de luz | 27 |
| Sensor de Movimiento | 30 |
| Interruptor Manual/automático | 21 |
| Encendido/apagado | 30 |
| Regulación de intensidad luminosa | 14 |

Tabla 3: Cantidad de circuitos a utilizar

3.5 DESARROLLO DE LA SOLUCIÓN SEGÚN LA SITUACIÓN ACTUAL

El planteamiento de solución para el sistema se muestra en la figura 2 y se detalla a continuación:

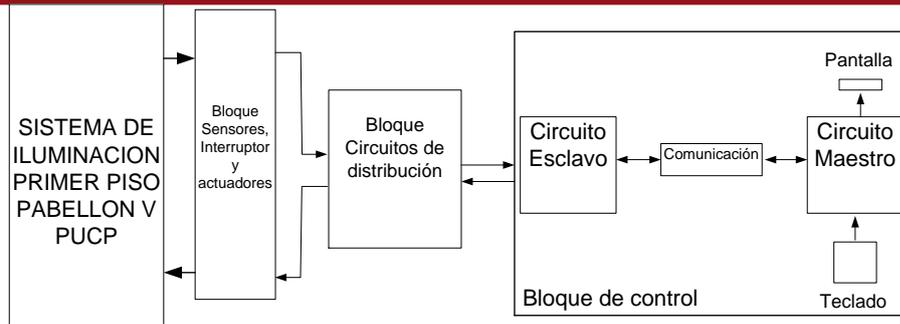


Figura 2: Planteamiento de solución del sistema

3.5.1 Bloque sensores, interruptor y actuadores

A manera de resumen, en la tabla 4 se detallan los circuitos vistos hasta el momento y en el tabla 5 las señales que manejan estos circuitos.

| Circuito | Circuitos que incorpora | Señales de paso |
|----------|--|--|
| A | Interruptor Manual/Automático | Sensor de Movimiento, Sensor de Luz, Regulación intensidad luminosa, Encendido/apagado |
| B | Sensor de Luz Interruptor Manual/Automático | |
| C | | Sensor de Movimiento, Sensor de Luz, Encendido/apagado |
| D | Sensor de Luz | |
| E | Encendido/apagado | |

Tabla 4: Detalle de los circuitos A, B, C, D y E a utilizar

| Circuito | Cantidad | Salidas | | | Entradas | |
|----------|----------|---------------|----------------------|-------------------------------|-------------------|--------------------------------|
| | | Sensor de Luz | Sensor de Movimiento | Interruptor Manual/Automático | Encendido/apagado | Regulación intensidad Luminosa |
| A | 4 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| B | 17 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| C | 3 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| D | 10 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| E | 30 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |

Tabla 5: Señales que utilizan los circuitos A, B, C, D y E

3.5.2 Bloque circuitos de distribución

Para los circuitos de distribución se muestra las señales a manejar en la tabla 6.

| Distribuidor | Entradas | | | | |
|--------------|---------------|----------------------|--------------------------------|--------------------|--------------------------------|
| | Sensor de luz | Sensor de movimiento | Interruptor manual/ automático | Encendido/ apagado | Regulación intensidad luminosa |
| 1 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 |
| 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 3 | 1 | 2 | 0 | 2 | 0 |
| 4 | 2 | 4 | 0 | 4 | 0 |
| 5 | 2 | 2 | 2 | 2 | 0 |
| 6 | 2 | 2 | 2 | 2 | 0 |
| 7 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 8 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 9 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 10 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 11 | 4 | 4 | 4 | 4 | 2 |
| 12 | 3 | 3 | 0 | 3 | 0 |
| Total | 27 | 30 | 21 | 30 | 14 |

Tabla 6: Cantidad de señales que maneja cada distribuidor

3.5.3 Bloque de control

Para el bloque de control, las señales a manejar se muestran en la tabla 7.

| Esclavo | Entradas | | | Salidas | |
|---------|---------------|----------------------|--------------------------------|--------------------|--------------------------------|
| | Sensor de luz | Sensor de movimiento | Interruptor manual /automático | Encendido/ apagado | Regulación intensidad luminosa |
| 1 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4 |
| 2 | 5 | 8 | 2 | 8 | 0 |
| 3 | 6 | 6 | 6 | 6 | 4 |
| 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| 5 | 7 | 7 | 4 | 7 | 2 |
| Total | 27 | 30 | 21 | 30 | 14 |

Tabla 7: Cantidad de señales que maneja cada esclavo

3.6 DISEÑO DE LOS ELEMENTOS A UTILIZAR

3.6.1 Bloque sensores, interruptor y actuadores

3.6.1.1 Sensor de luz

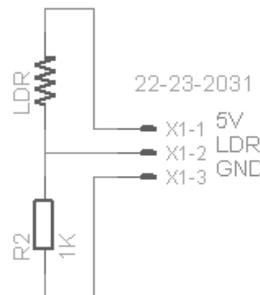


Figura 3: Circuito sensor de luz, circuito D

De acuerdo a las especificaciones mostradas en el anexo 2, se utilizará un LDR configurado como divisor de voltaje junto a una resistencia de 1K. La figura 3 muestra el diagrama esquemático de este circuito.

3.6.1.2 Sensor de movimiento

De acuerdo a lo expuesto en el anexo 3, la mejor alternativa será utilizar el sensor de la marca Rokonet, el cual cumple con las especificaciones requeridas, sin embargo, para el caso de los ambientes más grandes (mayores a 60m²), se utilizará el sensor Honeywell.

3.6.1.3 Interruptor

El sistema ofrecerá al usuario la posibilidad de apagar las luminarias cuando éste lo requiera. Para ello se utilizará un interruptor para apagar las lámparas en cada ambiente en forma manual. Para encender nuevamente las lámparas, bastará con colocar el interruptor en la posición “automático”. Se utilizará un interruptor que en el modo “automático” estará conectado a una fuente de 5Vcc, lo cual funcionará como un “1” lógico hacia el microcontrolador, y para el modo “manual”, se cambiará la posición del mismo hacia GND ó “0” lógico. El interruptor contará con luz de neón, para visualizar el modo de funcionamiento en el cual se encuentra. La figura 4 muestra el diseño de este circuito. Se utiliza una resistencia de 10k para limitar la corriente hacia el circuito esclavo (el valor de corriente es menor a un miliamperio). Este circuito siempre estará incorporado dentro de otro circuito dado que es pequeño y así puede utilizarse la alimentación Vcc de dicho circuito.



Figura 4: Circuito Interruptor manual/automático

3.6.1.4 Encendido/apagado de lámparas

El sistema planteado permitirá dos tipos de sistemas de regulación, tal como se señala en el punto 2.3. La figura 5 muestra el diseño del circuito para el encendido/apagado de las lámparas. Tal como se observa, el circuito utilizará un relé controlado por una señal proveniente desde un microcontrolador. Para mayor detalle referirse al anexo 4.

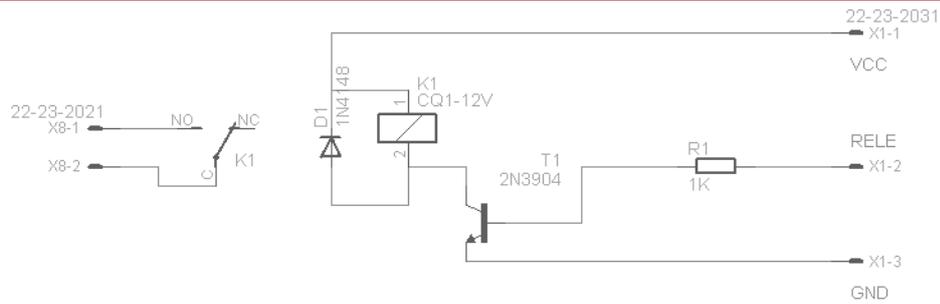


Figura 5: Circuito de encendido/apagado de lámparas, circuito E

3.6.1.5 Regulación de intensidad luminosa

De acuerdo anexo 5, para la regulación progresiva, los balastos electrónicos son la mejor alternativa. La señal de regulación proviene desde el circuito esclavo, entonces en los circuitos distribuidores se incorporarán borneras, las cuales se conectarán a los balastos electrónicos y se le proporcionará la señal de regulación requerida. De acuerdo a esto, el balastro elegido es el HF-R 236 TLD de Phillips dado que resulta más económico y se adapta mejor al sistema de iluminación que se tiene.

3.6.1.6 Circuito A

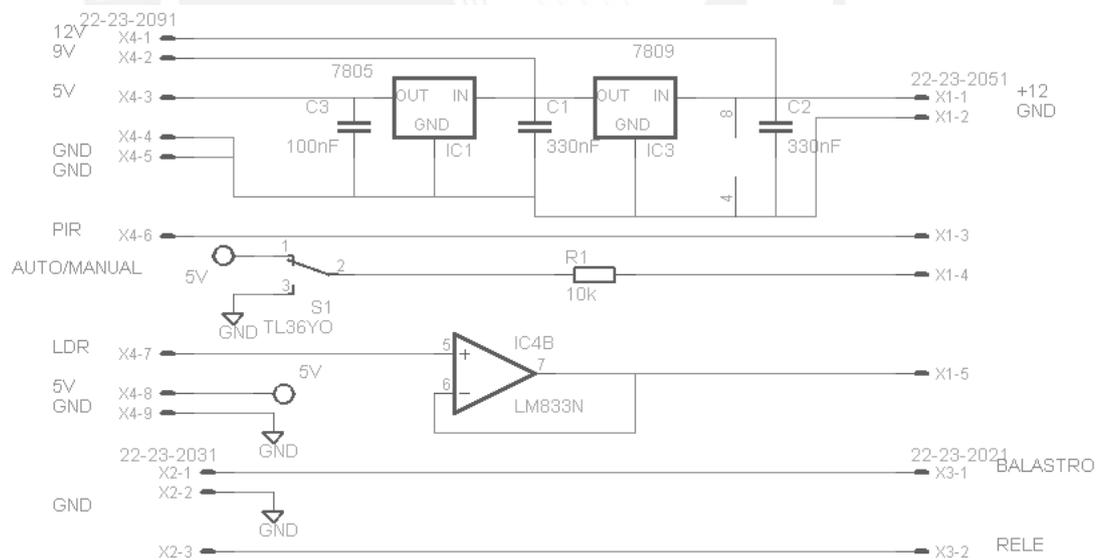


Figura 6: Circuito A

Se muestra el circuito A en la figura 6. Incorpora el circuito interruptor manual/automático mencionado en el ítem 3.6.1.3. También se incorporan borneras para las señales de paso según la tabla 4. Para mayor detalle de los elementos que incorpora, referirse al anexo 6.

3.6.1.7 Circuito B

Tal como se indicó en la tabla 4, éste circuito (figura 7) incorpora al interruptor manual/automático y el circuito sensor de luz (Circuito D). Las especificaciones para dichos elementos se trataron en los puntos 3.6.1.1 y 3.6.1.3.

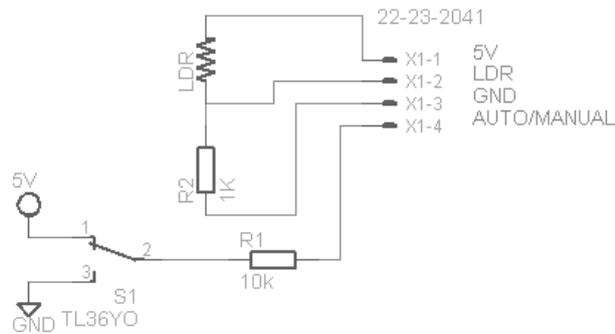


Figura 7: Circuito B

3.6.1.8 Circuito C

Este circuito (figura 8) es similar al circuito A, con la diferencia que no cuenta con el circuito de interruptor manual/automático. Para conocer las características de este circuito, referirse al punto 3.6.1.6.

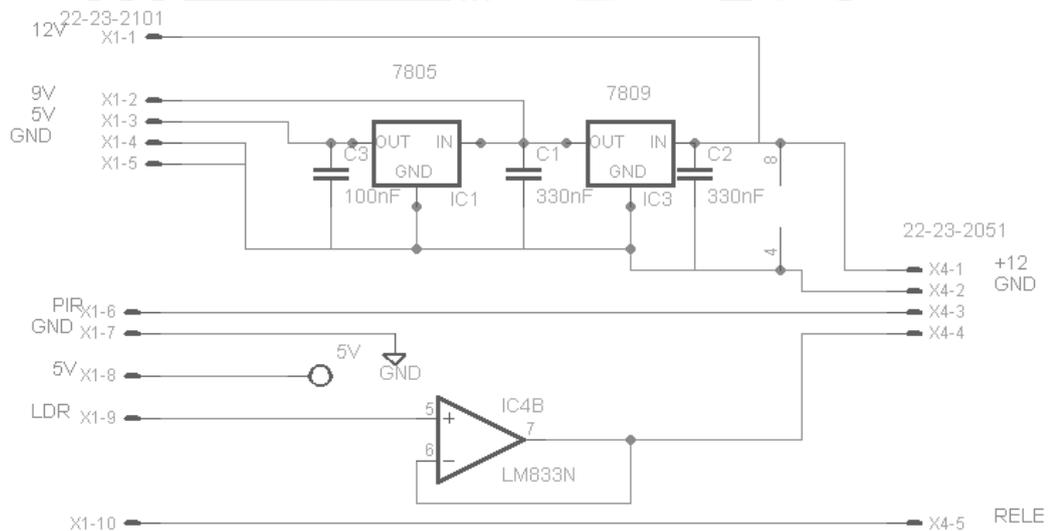


Figura 8: Circuito C

3.6.2 Bloque Circuito de Distribución

Estos circuitos cumplirán tres funciones:

- **Acondicionamiento de señal:** Para nuestra aplicación, será necesario mantener el nivel de voltaje a la salida del sensor de luz, dado que dicha señal servirá de entrada al convertidor análogo-digital.
- **Distribución de alimentación:** Este circuito recibirá alimentación de 12 V directamente desde el circuito esclavo y lo distribuirá hacia los sensores y actuadores. Con esto se consigue un ahorro de cableado, ya que no tiene que hacerse conexiones para cada sensor desde el circuito esclavo.
- **Agrupamiento de señales:** Este circuito se encargará de agrupar las señales provenientes de los diversos sensores y los conducirá hacia el circuito esclavo para obtener un sistema de cableado organizado.

El detalle de cada uno de los circuitos de distribución requeridos según la tabla 6 se muestra en el anexo 7.

3.6.3 Bloque de control

3.6.3.1 Comunicación

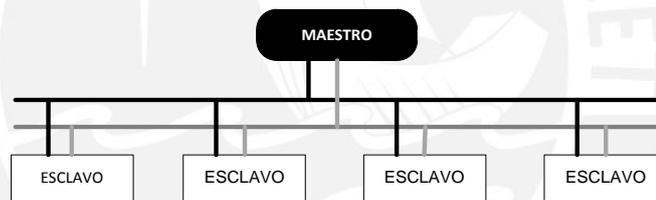


Figura 9: Descripción del sistema de comunicación

Para el control del sistema total es necesario contar con un sistema de interconexión que pueda transmitir información a distancias grandes (superiores a 10 metros). Es por ello que se opta por el sistema RS 485 configurado de acuerdo a la figura 9. Para mayor detalle, referirse al anexo 8.

3.6.3.2 Circuito Esclavo

El circuito esclavo será el encargado del procesamiento de las señales, de acuerdo a la tabla 7, para lo cual deberá contar con los elementos que se detallan a continuación, según la figura 10.

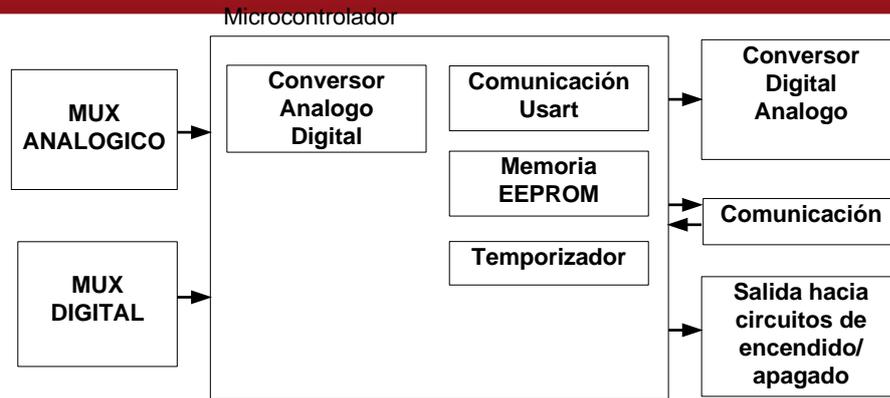


Figura 10: Diagrama de funcionamiento del circuito esclavo

I. Microcontrolador

De acuerdo a lo especificado en el anexo 9, se opta por el microcontrolador ATmega8 dado que se tiene experiencia en la programación de este microcontrolador.

II. Multiplexor analógico

De acuerdo al anexo 9, se utilizará el multiplexor 74HC4051, que permite seleccionar una señal entre sus 8 posibles entradas.

III. Multiplexor digital

Según lo señalado en el anexo 9, para optimizar el uso de los puertos del microcontrolador se utilizará el multiplexor 74151.

IV. Convertor Digital Análogo

Se utilizará el Convertor Análogo Digital TLC226 (ver anexo 9).

V. Convertor RS-485

Para la comunicación con el circuito maestro se utilizará el circuito MAX148 (anexo 9), el cual utilizará el puerto USART del microcontrolador para la recepción/transmisión de datos.

VI. Fuente de alimentación

Los detalles de la fuente de alimentación utilizada, se encuentran en el anexo 11. Finalmente la figura 11 muestra el circuito esclavo completo.

3.6.3.3 Circuito Maestro

El circuito maestro se encargará de procesar las opciones ingresadas por el usuario a partir de un menú ya configurado, así como la comunicación con los otros circuitos esclavo, tal como lo muestra la figura 12. Para el caso de la interacción con el usuario, el circuito contará con un teclado matricial, y éste utilizará 8 puertos del microcontrolador. Los mismos puertos se utilizarán para enviar los datos para la visualización en la pantalla LCD, la cual será controlada por tres puertos del microcontrolador y así escribir caracteres en la pantalla. Los elementos que componen este circuito se detallan a continuación.

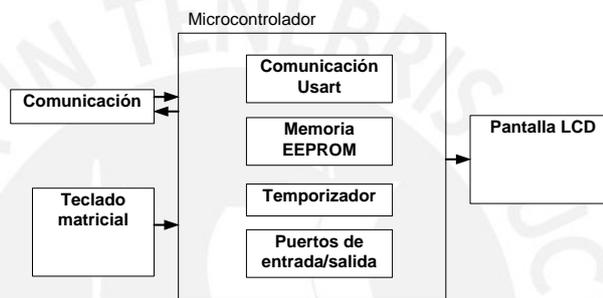


Figura 12: Diagrama de funcionamiento del circuito maestro

I. Microcontrolador

Se utilizará el microcontrolador ATmega8 (ver anexo 10).

II. Teclado

Se hará uso de un teclado matricial de 4x4 (ver anexo 10).

III. Pantalla

Para éste sistema, se utilizará un LCD de 2x16 (ver anexo 10).

IV. Conversor RS-485

El circuito de comunicación será igual al utilizado en el circuito esclavo.

V. Fuente de alimentación

Los detalles de la fuente de alimentación utilizada, se encuentran en el anexo 11. Finalmente la figura 13 muestra el circuito maestro completo.

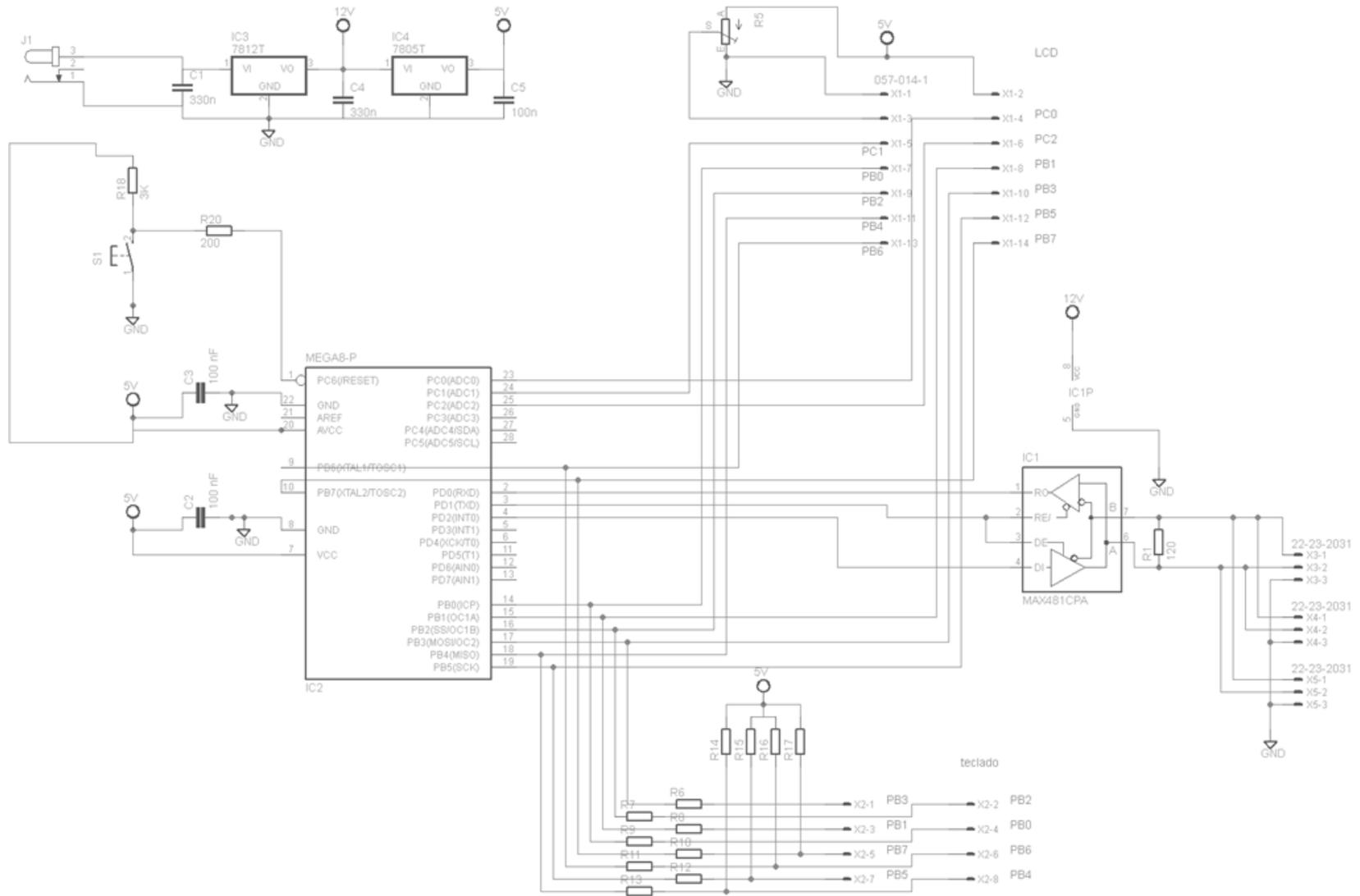


Figura 13: Circuito Maestro

3.7 INTERCONEXIÓN DE LOS EQUIPOS

El detalle de la interconexión de los equipos, así como los materiales (cableado, canaletas y otros) se detalla en el anexo 12.

3.8 LÓGICA DEL BLOQUE DE CONTROL

3.8.1 Programa circuito maestro

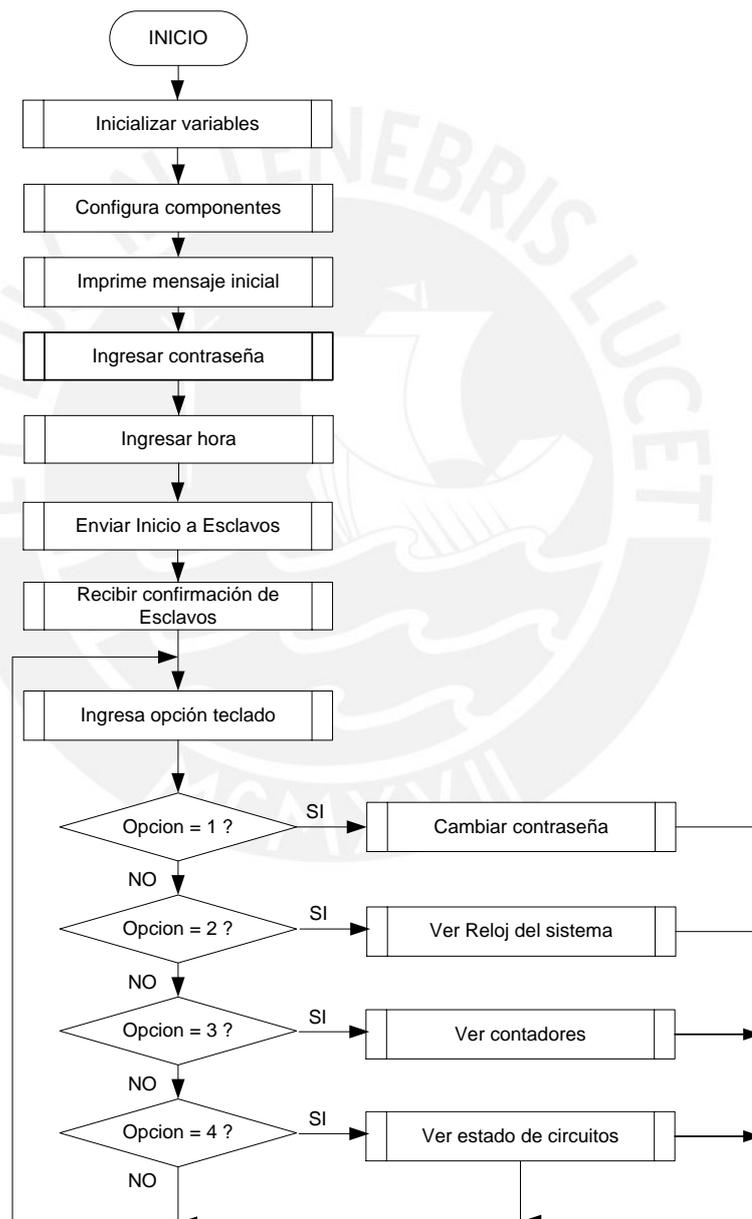


Figura 14: Programa principal del circuito maestro

El programa del circuito maestro debe permitir la interacción del usuario con el sistema, contará con un reloj interno para el control de las acciones que debe realizar y también iniciará la comunicación con los circuitos esclavos. Para esto, en el microcontrolador deberá configurarse los puertos de entrada/salida para poder recibir los datos ingresados desde el teclado matricial, enviar los caracteres del mensaje a visualizar en el LCD y realizar el control del mismo; deberá configurarse el temporizador por interrupción que permita poder contar con un reloj; permitir almacenar/leer información desde la memoria EEPROM a fin de no perder información por la pérdida de alimentación VCC en el circuito y finalmente el programa deberá tener configurado el uso del USART para el envío/recepción de información. Con todo esto, se detallará cada etapa del diagrama mostrado en la figura 14.

El programa principal se dedicará al ingreso de datos por parte del usuario y a la visualización de otros. Para ello se utiliza una subrutina que se encargará de todo lo necesario para manejar la pantalla LCD y otra para la recepción de datos a través del teclado. Inicialmente el programa configurará los puertos para los diferentes elementos que aportan al funcionamiento del mismo. Luego solicitará el ingreso de la contraseña y luego el sistema procederá a verificar si concuerda o no con la que tiene en sus registros. Seguidamente el programa solicitará el ingreso de la hora, que servirá como referencia para el control de las acciones que realizará el sistema. La hora se ingresará en el formato de 24 horas y una vez culminado de ingresarla, el programa verificará que se haya ingresado una hora válida. Después, éste programa deberá enviar un comando hacia los esclavos, para esto se utilizará la subrutina que estará a cargo del envío de datos y a su vez deberá recibir un mensaje de que el dato fue recibido correctamente. El reloj funcionará a partir de las interrupciones que el temporizador interno genere y contará cada minuto. Dentro de la subrutina de interrupción el temporizador efectuará la actualización del reloj y permitirá así determinar si ya transcurrieron 24 horas. Por último, el programa está a la espera que el usuario ingrese alguna opción y la procesará. En caso que requiera recibir/enviar datos desde algún esclavo, se ejecutará la subrutina que controle y transfiera la información. Cada 24 horas, el programa solicitará a los circuitos esclavos que le envíen el tiempo total que estuvieron encendidas las lámparas por cada ambiente que éste monitorea. Una vez recibidos los tiempos, los almacenará en la memoria EEPROM y podrá almacenar los datos para 30 días. Pasado este tiempo, borrará estos datos y volverá a almacenar los datos para 30 días más. Se muestra como “opción” la tecla presionada por el usuario y que

corresponde a una alternativa dentro del menú de opciones. El diagrama de bloques de las principales subrutinas utilizadas en este programa del circuito maestro podrán observarse en el anexo 13.

3.8.2 Programa circuito esclavo

Este programa debe ser capaz de procesar la información recibida desde los sensores para cada uno de los ambientes a los cuales controla. Como se comentó, el ingreso de dichas señales hacia el microcontrolador será a través de la selección, mediante un multiplexor, y solo se procesará un juego de estas señales para cada ambiente a la vez. Como salida, el microcontrolador proveerá 2 tipos de señales digitales. La primera se encargará de controlar el encendido/apagado de las lámparas con una salida de “1” para encenderlas y “0” para apagarlas. La segunda será una señal de 2 bits, las cuales indicarán el nivel de intensidad luminosa que deberá proveer la lámpara, y la cual será controlada por el balastro electrónico. Esta última señal antes de ingresar al balastro mencionado, deberá ser convertida a señal analógica, por lo tanto el microcontrolador también deberá operar esta conversión valiéndose de un conversor digital-análogo, para lo cual el microcontrolador proporcionará los datos y la acción a realizar. El programa principal se presenta en la figura 15.

El programa inicialmente deberá inicializar las variables que utilice, luego deberá configurar los elementos que incorpora (temporizador, comunicación, puertos de entrada/salida). Seguidamente, para que empiece su operación, este microcontrolador deberá recibir el comando de inicio de acciones proveniente desde el circuito maestro, para esto utilizará un lazo del cual no saldrá mientras no se reciba este dato. La recepción se realizará mediante la interrupción del USART del microcontrolador. Obtenido esto, este programa inicializará su propio reloj para llevar la cuenta del tiempo que permanecen encendidas las lámparas, y también servirá para poder tomar el tiempo de las acciones que posteriormente se detallarán. Se configurará el temporizador del microcontrolador para que pueda hacer interrupciones cada 250 milisegundos y así poder llevar la cuenta dentro de la misma subrutina de interrupción. Con el reloj en marcha, el programa verificará si ya es hora de almacenar los valores de tiempo de encendido de lámparas obtenidos hasta el momento en la memoria EEPROM. Dado que el circuito maestro puede requerir información desde este circuito a través de una interrupción, se verifica si hay algo recibido, ya que puede solicitar el envío del tiempo de encendido de las lámparas o el estado de los circuitos que controla el circuito esclavo. El

programa ahora deberá especificar al multiplexor el ambiente que requiere monitorear. Este monitoreo será el mismo para todos los ambientes, por lo tanto el programa en esta etapa entrará a un lazo cerrado a fin de dedicarse exclusivamente a realizar esta labor. Existirán diversas situaciones posibles que pueden ocurrir a medida que se realiza esta labor, y para explicar correctamente cada una de ellas, se detallará estas a continuación:

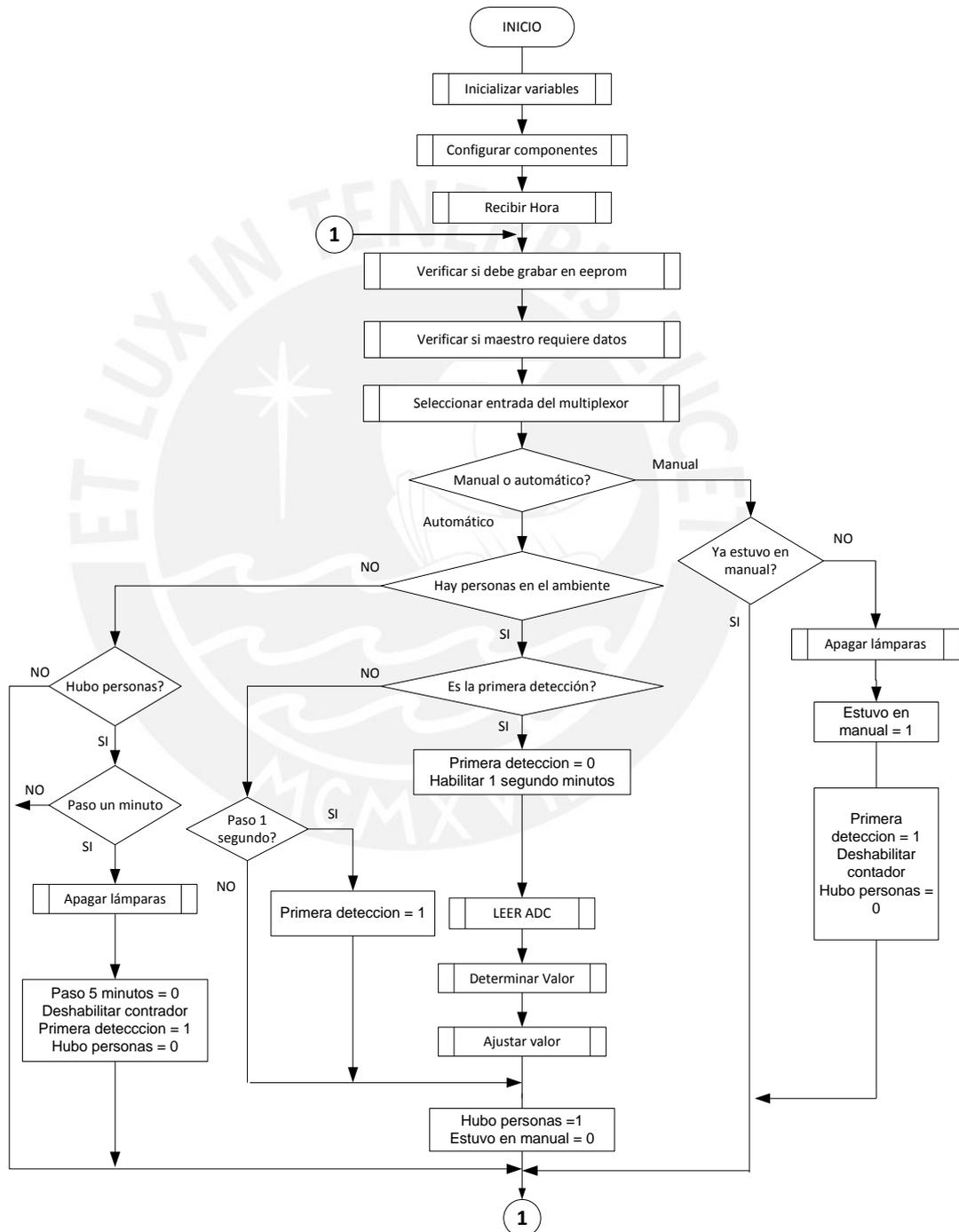


Figura 15: Programa principal del circuito esclavo

- a) **Modo de operación automático:** En esta situación, de acuerdo a las entradas recibidas, el microcontrolador verifica en qué modo de operación se encuentra. Si se encuentra en el modo automático, lo siguiente que verificará es si hay personas en el ambiente que está monitoreando.
1. En caso que no hayan personas, el programa verificará si hubo personas anteriormente, dado que cabe la posibilidad que hasta hace unos pocos segundos si hubo personas en el ambiente y ahora ya no hay nadie.
 - i. Si no hubo personas anteriormente, el programa dará por finalizado el monitoreo en este ambiente y pasará al siguiente.
 - ii. Si hubo personas hace unos segundos en el ambiente, y ahora ya no las hay, el programa esperará que pase un minuto para apagar las lámparas, dado que las personas pueden regresar al área y así no se tiene que apagar las luminarias. Pasado el minuto, el programa apagará las lámparas.
 2. Si hay personas en el ambiente, lo siguiente que deberá preguntarse si es la primera detección, esto se hace con la finalidad que si la persona permanece un tiempo prolongado, no es necesario estar monitoreando constantemente la cantidad de luz recibida, ya que esta no cambia rápidamente, por lo tanto si se sabe conoce que el ambiente está siendo ocupado continuamente, solo realizará un sensado de luz cada segundo.
 - i. Si es la primera detección procederá a leer el puerto correspondiente al conversor análogo-digital para obtener la cantidad de luz con la que cuenta el ambiente y de acuerdo a encenderá o no la lámpara. En caso que encienda las lámparas deberá iniciar el contador que controla el tiempo de uso de las lámparas y a su vez deberá regular la intensidad de luz necesaria.
 - ii. En caso no sea la primera detección, verificará si transcurrió un segundo para realizar una nueva medición de la cantidad de luz recibida. Si ya transcurrió ese tiempo, procederá de igual manera que en el punto “i” antes descrito.
- b) **Modo de operación de automático a manual:** Este caso se presenta cuando el usuario cambia el estado del interruptor manual/automático, dado que desea

apagar las lámparas. Ante esto, el programa verificará si en la última vez que monitoreó este ambiente, el interruptor ya estaba en manual o no.

1. Si no estuvo en el modo manual, entonces procederá a apagar las lámparas que le corresponden de dicho ambiente, deberá deshabilitar el contador de tiempo de encendido de las lámparas y además en caso de pasar al modo automático y detecte la presencia de personas, ésta será la primera detección y por lo tanto no hubo personas anteriormente.
2. Si ya estuvo en el modo manual (dado que hace la consulta al registro que almacena dicha alternativa), el monitoreo de éste ambiente se dará por terminado.

Culminado esto, el sistema deberá realizar la medición de la cantidad de luz que recibe el ambiente, utilizando el conversor análogo digital, mediante la subrutina "Leer ADC". Obtenido el valor, la subrutina "Determinar Valor" deberá encontrar el rango de luxes al que pertenece el valor obtenido, y de acuerdo a esto hará el ajuste de iluminación necesario con la subrutina "Ajustar Valor". Cabe destacar que cada media hora, el programa almacenará el contador de tiempo de encendido de las lámparas en la memoria EEPROM para no perder dicha información en caso de fallo de la alimentación VCC al circuito.

La comunicación con el circuito maestro se ejecutará mediante una interrupción serial, y desde ahí se enviarán los datos solicitados. Como se indicó anteriormente, pasadas 24 horas, el circuito maestro solicitará el tiempo total que estuvieron encendidas las lámparas en cada ambiente, por lo tanto, una vez enviados estos datos, el contador regresará a cero y volverá a realizar la cuenta para las siguientes 24 horas. El diagrama de bloques de las principales subrutinas utilizadas en este programa del circuito esclavo se observa en el anexo 14.

CAPITULO 4: SIMULACIÓN DE LA SOLUCIÓN.

4.1 CONSIDERACIONES PRELIMINARES

Para simular el sistema planteado, se utilizará un circuito esclavo y el circuito maestro. Para el caso del circuito esclavo se utilizará la red 5, es decir se realizarán las pruebas con el esclavo 5, el cual se comunicará con el circuito maestro.

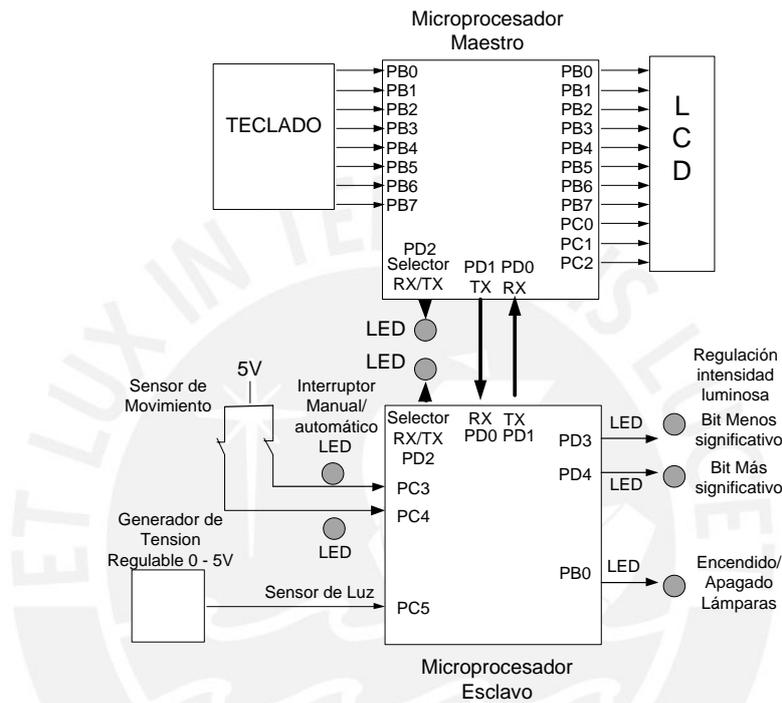


Figura 16: Esquema del sistema a simular

4.1.1 Circuito Maestro

De acuerdo a la figura 16, para el circuito maestro debe tenerse en cuenta:

- Debe simularse la un teclado matricial (4x4) para el ingreso de datos.
- Se utilizará una pantalla LCD (2x16). El teclado matricial y la pantalla deberán compartir el puerto PB.
- La comunicación a utilizar en el sistema también será a través del módulo USART del microcontrolador, por lo tanto se utilizará los puertos PD0 y PD1 para realizar la comunicación y el puerto PD2 habilitará la transmisión o recepción de información. A la salida de este puerto se colocará un LED para indicar el estado en el que se encuentra.

4.1.2 Circuito Esclavo

De acuerdo a la figura 16, para el circuito esclavo debe tenerse en cuenta:

- Para simular el funcionamiento del sensor de luz, se requiere un generador de voltaje regulable (de 0 a 5 V) tal como lo realiza éste sensor.
- Se utilizará un interruptor normalmente cerrado, proporcionando así una señal de 5V y 0V cuando se abra. Esto reemplazará al sensor de movimiento, el cual posee un funcionamiento similar, ya que al detectar la presencia de personas, proporciona una señal de 5V y 0V cuando no hay nadie. Se utilizará también un LED para señalar el estado en el que se encuentra el interruptor (LED encendido indicará interruptor cerrado).
- De igual manera se realizará para simular el funcionamiento del interruptor manual/automático, también utilizando un LED para visualizar su estado.
- En el caso de la regulación de intensidad luminosa, se utilizarán 2 LEDs colocados a la salida de los puertos PD3 y PD4 (bit menos significativo y más significativo respectivamente), así con la combinación de estos se indicará la regulación de intensidad luminosa que se proporcionará el sistema.
- Para el encendido/apagado de las lámparas, a la salida del microcontrolador se colocará un LED, el cual al recibir una señal de 5V se encenderá y en 0V se apagará, tal como funciona el encendido de las lámparas por medio del relé.
- La comunicación a utilizar en el sistema será a través del módulo USART del microcontrolador, de la misma manera que en el circuito maestro.

4.2 SIMULADOR A UTILIZAR

Se eligió utilizar el software VMLAB de la compañía Advanced Micro Tools. En el anexo 15 se muestran los detalles para la simulación de hardware y software.

4.3 PRUEBAS DE SISTEMA

Dado que el software permite simular 2 microcontroladores en paralelo, de aquí en adelante se detallará el funcionamiento del sistema completo planteado en el punto 4.1. Las figuras y tablas correspondientes a cada uno de los puntos que se señalarán a continuación se encuentran en el anexo 16.

4.3.1 Mensaje inicial

El circuito maestro mostrará en el LCD el mensaje PABELLON V PUCP.

4.3.2 Ingresar contraseña

El sistema requiere que se ingrese la contraseña, la cual será contrastada con la que se encuentra almacenada en la memoria EEPROM. En el LCD se muestra el mensaje CONTRASEÑA, indicando que el usuario debe ingresar la contraseña para verificar que está autorizado a manipular el sistema. La contraseña inicial es "123456" y deberá ingresarse por el teclado. Luego de presionar la tecla "E", el sistema realizará la validación de dicha contraseña. En este caso es correcta, por lo tanto el sistema muestra el mensaje "CONTRASEÑA CORRECTA". En caso de ingresar otro valor de contraseña, el sistema mostrará el mensaje "NO COINCIDEN LAS CONTRASEÑAS", seguidamente volverá a mostrar el mensaje "CONTRASEÑA". El sistema no pasará hacia la siguiente acción hasta no ingresar correctamente la contraseña.

4.3.3 Ingresar hora

El sistema requiere que el usuario ingrese la hora actual, en formato 24 horas, para que el sistema lo tome como referencia y efectúe sus acciones. Luego del ingreso de una hora válida (04:30), se pulsará la tecla "E" para terminar con el ingreso. Si la hora ingresada está dentro del rango 24 horas y 60 minutos, se mostrará el mensaje HORA INGRESADA VALIDA. En caso que se ingrese un valor de hora que no corresponda al rango adecuado, el sistema mostrará el mensaje HORA INGRESADA NO VALIDA. Mientras no se inserte un valor de hora válido, el sistema no pasará hacia la siguiente acción. En caso que el usuario ingrese un dígito ó más que sean incorrectos y desea modificarlos antes de que el sistema pueda validarlo, puede pulsar la tecla "F" para borrarla.

Ahora el circuito esclavo se encuentra en modo recepción, en modo automático y no se ha detectado la presencia de personas. A partir de aquí se simulará cada circuito por separado, hasta el momento en que deba realizarse la transmisión/recepción de datos entre ellos.

4.3.4 Operaciones circuito esclavo

4.3.4.1 Reloj del circuito

Para el funcionamiento del reloj, se utiliza una interrupción del temporizador cada 250 ms y cuando hayan transcurrido 4 interrupciones se generará un segundo. Dentro de la memoria de datos, en la dirección \$0060 y \$0061 se muestran los

valores \$01 y \$04 respectivamente, lo cual indica que hasta el momento han transcurrido 4 segundos y 1 interrupción de 250 ms, lo cual puede contrastarse con el reloj del microcontrolador. Con esto se comprueba el correcto funcionamiento del reloj configurado para el control del tiempo para el circuito esclavo.

4.3.4.2 Detección de personas

Ahora se simulará la detección de personas y realizará la medición de la cantidad de luz recibida. Para el caso de la detección, se utilizará el interruptor "0" y para la cantidad de luz recibida se simulará utilizando la barra de desplazamiento, el cual regula la cantidad de voltaje que ingresará hacia el conversor análogo digital del microcontrolador (ver punto 4.2).

- **Más de 500 lux**

Utilizando la barra de desplazamiento (S1) se selecciona un voltaje en el rango de 3,04V a 5V. El nivel de voltaje que recibió el microcontrolador, a través de su conversor análogo-digital, fue de 3,2V. El sistema indica que se detectó la presencia de personas, pero no se encendieron las lámparas debido al alto nivel de iluminación. La memoria de datos, la dirección \$0080, indica que está habilitado un contador de 1 segundo, tiempo en el cual no se volverá a hacer medición alguna de la cantidad de luz en el ambiente siempre y cuando el ambiente siga siendo ocupado. Para el caso que el nivel descienda hasta el rango de 400 a 500 lux, el resultado será el mismo.

- **Descenso de la cantidad de luz natural**

Se selecciona un voltaje en el rango de 2,69V a 2,85V. Esto indica que la cantidad de luz natural descendió en 100 lux, por lo tanto el sistema deberá compensar esta caída en la iluminación. El microcontrolador a través de su conversor análogo-digital, hace una lectura de 2,77V. Como resultado de la detección de personas; se encendieron las lámparas debido al bajo nivel de iluminación; indicando que la intensidad luminosa de las lámparas debe ser de 25%. Con esto, el nivel de luz en el ambiente vuelve a ser de 400 a 500 lux.

Con el paso del tiempo la cantidad de luz natural desciende nuevamente al rango de 300 a 400 lux, por lo tanto, el sistema deberá volver a completar el faltante, aumentando la intensidad luminosa de las lámparas ahora hasta el 50%.

La cantidad de luz natural continua descendiendo, con lo que el total de luz recibida (artificial + luz natural) está en el rango de 300 a 400 lux, por lo tanto, el sistema deberá volver a completar el faltante, aumentando la intensidad luminosa de las lámparas ahora hasta el 75%. Así, las lámparas continúan encendidas y la intensidad de las lámparas ahora es de 75%.

Finalmente con una cantidad de luz natural inferior a 100 lux (ya que la cantidad de lux total descendió nuevamente hacia el rango de 300 a 400 lux) el sistema deberá otorgar el 100% de la iluminación que requiere el ambiente.

- **Aumento de la cantidad de luz natural**

Ahora se observa el caso del aumento de la cantidad de luz natural desde 100 a 200 lux. Para ello, el sistema recibe una cantidad de voltaje de 3.14V, lo cual significa que la cantidad de luz en el ambiente es superior a 500 lux, por lo tanto el sistema deberá disminuir la intensidad luminosa que proporcionan las lámparas. Las lámparas deberán continuar encendidas; pero la intensidad de las lámparas ahora es de 75%. Con esto, el nivel de luz en el ambiente continúa estando en el rango de 400 a 500 lux. Si continúa aumentando la cantidad de luz natural (dado que en el nivel de voltaje recibido indica que la cantidad de luz en el ambiente es superior a 500 lux), entonces ahora la intensidad luminosa que deberá entregar el sistema debe ser del 50%. Así, al balastro electrónico recibe ahora la señal para una intensidad del 50%. Si la cantidad de luz es superior a 500 lux, el sistema deberá regular la intensidad luminosa de las lámparas solo al 25%. Finalmente si la cantidad de luz natural excede los 500 lux, entonces ya no es necesario el encendido de las lámparas, por lo tanto el sistema muestra que las lámparas fueron apagadas.

4.3.4.3 Interruptor en manual

Inicialmente el sistema se encuentra en el modo automático. Se observa en el área de memoria de datos que el contador de 5 minutos (dirección \$0081) está realizando la cuenta, al igual que el contador de encendido de lámparas (dirección \$0065). En este caso el sistema tiene las lámparas funcionando al 75%. Después de presionar el interruptor, se observa que las lámparas se apagaron, en el área de memoria, el reloj del sistema (dirección \$0060) continúa avanzando, mientras que los contadores de 5 minutos y el del tiempo de encendido de lámparas se detuvieron. Por lo tanto se comprueba el funcionamiento de este interruptor. Si

vuelve a presionarse el interruptor, el sistema volverá a trabajar en el modo automático.

4.3.5 Operaciones circuito maestro

Ahora se vuelve a interactuar con el circuito maestro, esta vez, para elegir entre las opciones que brinda. Tal como se explica en el punto 4.3.3, luego de ingresar la hora en el circuito maestro, lo siguiente que muestra en el LCD son las opciones que tiene el usuario para interactuar con el sistema. Para elegir alguna de ellas, se procede a pulsar el número correspondiente en el teclado y el sistema dará respuesta a dicha opción. A continuación se detalla cada una.

4.3.5.1 Opción 1

Esta opción permite cambiar la contraseña del sistema, para ello, inicialmente deberá ingresarse la contraseña actual del sistema. Ingresada la contraseña correcta, el sistema solicitará ingresar la nueva contraseña. En este caso se ingresa como nueva contraseña 987654, seguidamente el sistema mostrará el mensaje SE CAMBIO CONTRASEÑA. Finalmente la nueva contraseña es almacenada en la memoria EEPROM.

4.3.5.2 Opción 2

Al elegir la opción 2, el sistema mostrará en su pantalla el reloj. Para salir de esta opción es necesario presionar la tecla “E”, caso contrario el reloj continuará mostrándose en la pantalla.

4.3.5.3 Opción 3

Esta opción permite visualizar el tiempo que permanecen encendidas las lámparas de una determinada red. Para ello, el circuito maestro solicitará al circuito esclavo los tiempos almacenados que posee de cada ambiente. En la memoria de datos del circuito esclavo, se almacenan los contadores de tiempo de encendido para todos los ambientes de la red 5. Presionada la tecla 3, el maestro enviará al circuito esclavo el valor “A” indicándole que está solicitando los contadores de dicho esclavo. Seguidamente el esclavo comenzará la transmisión. Una vez recibidos los datos, el circuito maestro mostrará el mensaje que permite elegir entre alguna de las 5 redes.

El circuito deberá mostrar los contadores en el formato de días, horas y minutos que permanecieron encendidas las lámparas en cada uno de los ambientes. En este caso, se mostrarán los valores para la red 5, por lo tanto se presiona la tecla "5". Se mostrarán los valores de contadores para los ambientes 24 y 25. Para visualizar los otros ambientes, se presiona la tecla "B" y para mostrar un anterior se presiona la tecla "A". Para escoger otra red a visualizar, se presiona la tecla "E" para salir nuevamente hacia el mensaje redes. Pasados 30 días estos contadores se reinician para almacenar los valores para nuevos 30 días.

4.3.5.4 Opción 4

Esta última opción permite al usuario visualizar el estado en el que se encuentran los sensores y actuadores al momento de solicitar la información. El circuito maestro enviará el dato "C" al circuito esclavo indicándole que requiere la información del estado de los circuitos. Seguidamente el esclavo comenzará la transferencia de datos y por cada dato enviado recibirá el dato "D".

Para probar esto, el sistema se encuentra en el modo de interruptor automático; el sensor de movimiento detectó personas en el ambiente; las lámparas se encuentran encendidas y la intensidad de las lámparas es del 100%. El microcontrolador recibió a través de su conversor análogo-digital 2V, lo que indica que existen menos de 100 lux de iluminación. Estos valores se visualizan en el LCD tal como muestra la tabla 8. Para salir de esta opción, es necesario presionar la tecla "E".

| Mensaje en LCD | Significado |
|----------------|---|
| 1: A | El indicador que el interruptor se encuentra en la posición automático |
| 2: -100 | Indica que la cantidad de luz natural en el ambiente es menor a 100 lux |
| 3: SI | Indica que el sensor de movimiento detectó la presencia de personas |
| 4: ON | Indica el encendido de las lámparas |
| 5: 100% | Indica la regulación de la intensidad luminosa de las lámparas, en este caso 100% |

Tabla 8: Costo total del diseño del sistema

4.4 Presupuesto

Se observa en la tabla 9 que el costo total asciende a S/ 49,333.60 Nuevos soles. Con éste sistema se espera reducir el consumo de electricidad en un 30% y prolongar el tiempo de vida útil del sistema de iluminación en un 100%. El detalle de cada uno de los ítems considerado en este presupuesto se explica en el anexo 17.

| Descripción | Costo S/. |
|-------------------------------|-----------|
| Costo de circuitos a utilizar | 2975,6 |
| Otros elementos | 36,858.00 |
| Mano de Obra | 1,500.00 |
| Diseño de ingeniería | 8,000.00 |
| Costo Total | 49,333.60 |

Tabla 9: Costo total del diseño del sistema

4.5 Ahorro esperado

La tabla 10 muestra que con este sistema el ahorro mensual asciende a 1139,4 KW.hr y dependiendo de la tarifa de electricidad en la cual se encuentra, esto representaría un ahorro monetario importante, lo cual haría viable el sistema planteado. El detalle del ahorro para cada ambiente en particular se detalla en el anexo 18.

| | Potencia Lámparas (W) | Cantidad de lámparas (pares) | Horas de consumo diario | Días de consumo al mes | Consumo mensual en KW.hr |
|-----------------|-----------------------|------------------------------|-------------------------|------------------------|--------------------------|
| Sistema actual | 36 | 211 | 8 | 25 | 3,038.4 |
| Nuevo sistema | 36 | 211 | 5 | 25 | 1,899.0 |
| Ahorro Obtenido | | | | | 1139.4 |

Tabla 10: Ahorro total mensual esperado en el consumo de electricidad

CONCLUSIONES

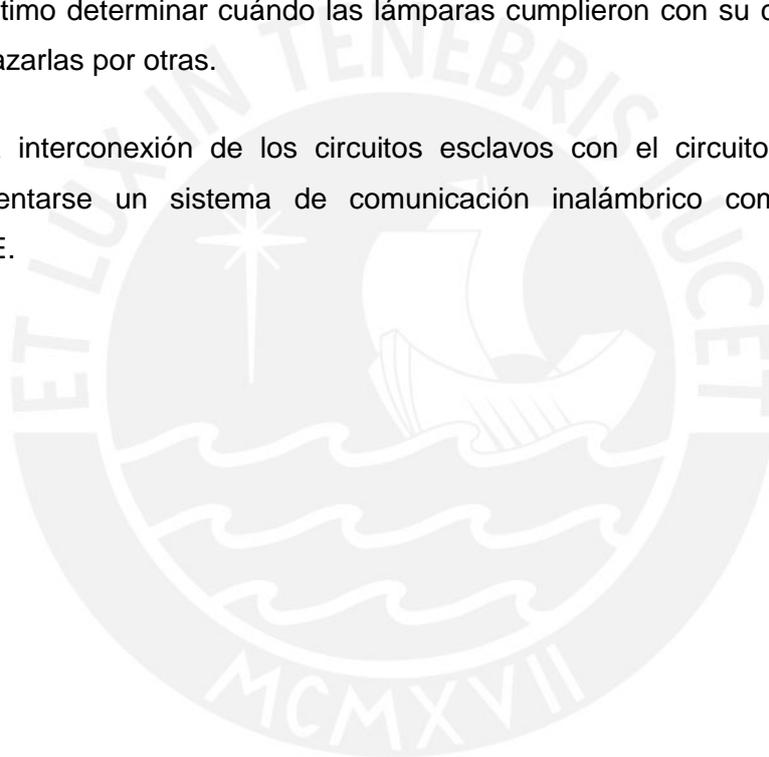
- 1) Se logró diseñar un sensor de luz que pueda medir entre 100 a 500 lux, de acuerdo a las características requeridas por cada uno de los ambientes y a su vez proporciona una señal de 0 – 5V hacia el circuito esclavo.
- 2) Se eligieron dos tipos de sensores (Rokonet y Honeywell), los cuales se utilizarán de acuerdo al área en donde se requiera detectar la presencia de personas. La señal de 0 o 5V que genera cada uno de estos es la requerida para “comunicar” al circuito esclavo la detección de personas.
- 3) Los circuitos de distribución diseñados cumplen con las tres características necesarias: agrupamiento de señales, de esta manera el sistema está organizado; distribución de alimentación, lo cual permite a partir de una señal de 12Vcc proveer alimentación a los elementos que incorpora cada circuito de distribución y finalmente el acondicionamiento de señal, dado que las distancias entre los circuitos de distribución y el circuito esclavo son prolongadas, estos circuitos permiten mantener el nivel de la señal analógica obtenida desde el sensor de luz y de acuerdo a esto realizar una medición más certera de la cantidad de luz presente en el ambiente.
- 4) El uso de los balastos electrónicos regulables permite utilizar la cantidad de iluminación artificial requerida, haciendo uso de una señal proveniente desde el circuito esclavo, la cual es convertida primero en señal analógica para indicar la cantidad el porcentaje de regulación de intensidad de luz requerida en las lámparas. Por otro lado, los circuitos de encendido / apagado de lámparas permiten controlar una gran cantidad de lámparas haciendo uso de unos pocos miliamperios provenientes desde el circuito esclavo.
- 5) El circuito esclavo cumple con procesar las señales provenientes de los diversos sensores, tanto analógicas como digitales. Una vez verificadas las condiciones, realiza las acciones necesarias mediante los actuadores.
- 6) El circuito maestro permite controlar el sistema, a su vez que puede visualizarse el estado de los circuitos que lo componen mediante una interface amigable.
- 7) El sistema de comunicación RS – 485 seleccionado permite la comunicación entre los circuitos esclavo y el maestro a pesar de las distancias prolongadas.

RECOMENDACIONES

En caso que pueda implementarse éste diseño y se compruebe el correcto funcionamiento del mismo, podría también implementarse en los otros pisos del pabellón V de la PUCP, dado que posee las mismas características estructurales y ya se tiene el diseño de los circuitos a utilizar.

A manera de recomendación, el circuito maestro podría estar conectado a una computadora con la finalidad de almacenar toda la información proveniente de los circuitos esclavos y mostrar los resultados en un software que permita hacer estadísticas sobre el uso del sistema, así como verificar el estado de los elementos y por último determinar cuándo las lámparas cumplieron con su ciclo de vida útil y reemplazarlas por otras.

Para la interconexión de los circuitos esclavos con el circuito maestro, podría implementarse un sistema de comunicación inalámbrico como la tecnología ZIGBEE.



FUENTES

DILOUIE, Craig

2005 Advanced Lighting Controls, Primera Edición

United States of America : Fairmont Press

DGE - DIRECCION GENERAL DE ELECTRICIDAD

2008 Elaboración de Proyectos de Guías de Orientación del Uso Eficiente de la Energía y de Diagnóstico Energético. [consultado 2007/09/02]

<<http://www.mem.gob.pe/minem/archivos/file/Electricidad/eficiencia%20energetica/guias/Guia14.pdf>>

ENELVIESGO

2005 Ahorro energético [en línea] España [consultado 2007/09/02]

<<http://www.viesgo.es/paginas/CLCPAEIllumEficiente.asp>>

EPEC

2006 Iluminación eficiente [en línea] Argentina [consultado 2007/09/03]

<<http://www.epec.com.ar/PaginaOficial/iluminacioneficiente1.htm>>

GOSSMANN, O. y MEIXNER, H.

2001 Sensors in Intelligent Buildings, Volumen 2.

Alemania : Betz-Druck

IDAE - INSTITUTO PARA LA DIVERSIFICACIÓN Y AHORRO DE LA ENERGÍA

2004 Guía técnica de eficiencia energética en iluminación de hospitales y

centros de atención primaria” Madrid (España), [consultado 2007/08/30]

<<http://www.idae.es/central.asp?d=112515&i=es&a=1blank#>>

MTPE – MINISTERIO DE TRABAJO Y PROMOCION DEL EMPLEO

2009 PERÚ: Distribución del ingreso promedio mensual al PEA ocupada por sexo según categoría ocupacional 2004 – 2008, [consultado 2009/12/30]

<<http://www.mintra.gob.pe/archivos/file/estadisticas/peel/estadisticas/cuadro49.pdf> >

OSRAM

2007 “El director de la iluminación : DALI de Osram ” [consultado 2008/06/23]

<http://www.osram.es/_global/pdf/Professional/ECG_%26_LMS/LMS/Brochures/130S07E_DALI.pdf>

PALLÁS ARENY, Ramón

1998 Sensores y acondicionadores de señal

Barcelona : Marcombo

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU

2009 Clima de Cambios en la PUCP [consultado 2010/08/02]

<http://www.pucp.edu.pe/climadecambios/cdc_pucp/index.php?tmpl=camp&id=27&idc=14>

ROSO ELECTRIC SUPPLY

2006 Sensor de movimiento infrarrojo (PIR) [en línea] Argentina [consultado 2007/09/03]

<http://www.roso-control.com/Espanol/iBOARD/170_iBOARD_Ping_IR/IR_Move/IRED.pdf>

SINCLAIR, Ian R.

2001 Sensors and Transducers, Third Edition

Great Britain, Butterworth - Heinemann

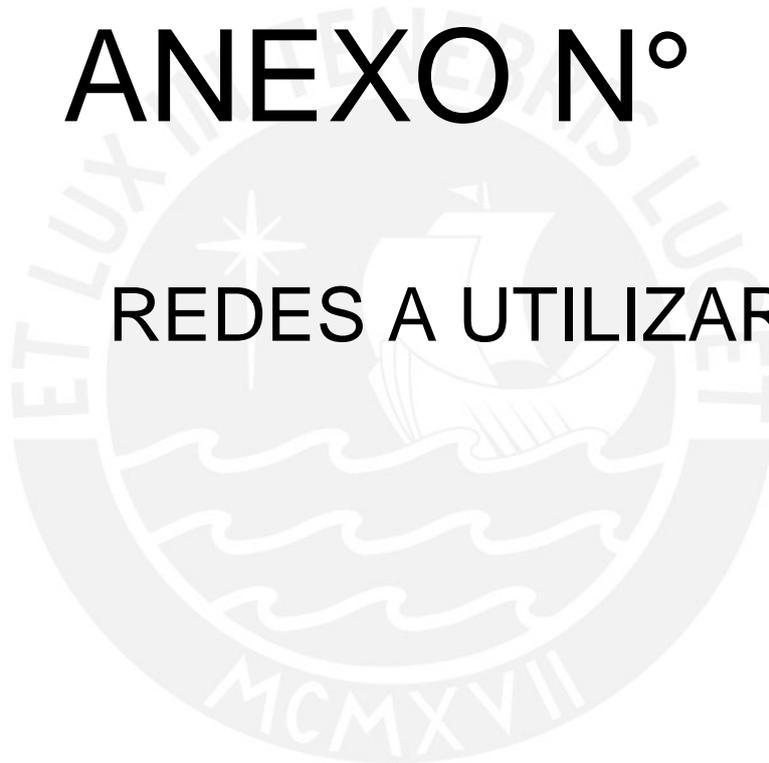
TRENTO, Ivana

2004 Hospitales – Una introducción desde la perspectiva de la Ingeniería.

Córdoba (Argentina). Universidad Tecnológica Nacional. [consultado 2007/08/30]
<<http://www.investigacion.frc.utn.edu.ar/bioelectronica>>

ANEXO N° 1

REDES A UTILIZAR



RED 1

Esta red (figura 1) abarca 5 ambientes, los cuales están agrupados en una sub – red 3 ambientes, que estará conectado un “distribuidor 1” y otra sub – red 2 ambientes conectado un “distribuidor 2”.

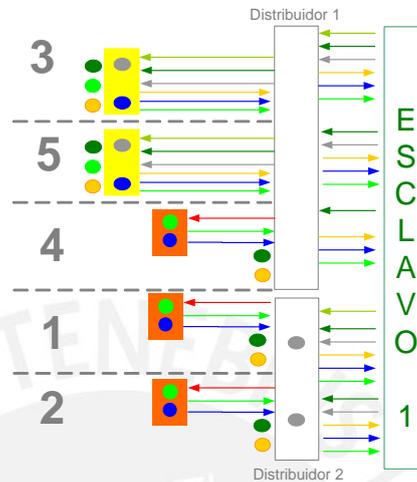


Figura 1: Red 1

El distribuidor 1 también tendrá como entrada una señal directa proveniente del sensor de movimiento y una de salida hacia circuito de encendido/apagado de lámparas. El distribuidor 2 tendrá dos salidas hacia la etapa de regulación de intensidad luminosa para los respectivos ambientes que controla y dos salidas hacia circuitos de encendido/apagado. También tendrá 2 entradas para las señales directas provenientes de los sensores de movimiento. Debido a que los ambientes 3 y 5 se encuentran a una distancia considerable del distribuidor, se utiliza un circuito que incorpora al interruptor de manual/automático y al circuito de regulación; es decir, recibirá las señales provenientes del sensor de luz y el sensor de movimiento, y tendrá una salida hacia el circuito de encendido/apagado de lámparas; a su vez que proveerá de alimentación Vcc hacia éstos. A este circuito lo denominaremos “Circuito A”.

Para el caso de los otros 3 ambientes, se observa un circuito que integra al interruptor de manual/automático y al sensor de luz, al cual denominaremos “Circuito B”. Ambos circuitos se observan en la figura 2.

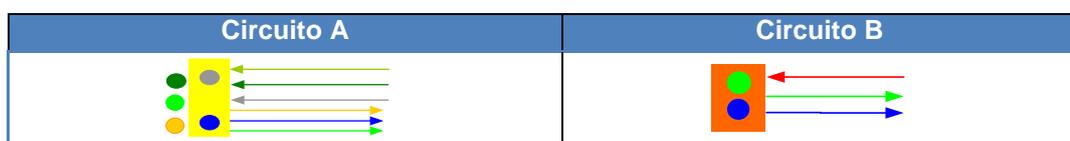


Figura 2: Circuito A y Circuito B

RED 2

Para el caso de ésta red (figura 3), se tendrán 8 ambientes para controlar. Dado que en estos ambientes no se requiere regular la intensidad luminosa de las lámparas, solo se realizará el encendido/apagado de las lámparas. Aquí se tienen 3 sub-redes, que utilizarán el “distribuidor 3”, “distribuidor 4” y el “distribuidor 5”. Al igual que sucede en el caso de la red 1, se observa que se utilizarán dos “Circuito B”, que están conectados al “distribuidor 5”.

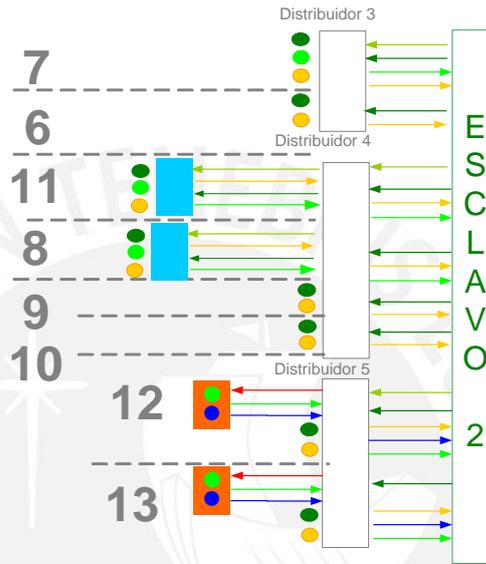


Figura 3: Red 2

El distribuidor 3 tendrá dos salidas hacia un par de circuitos de encendido/apagado de lámparas y a su vez entradas directas para los sensores de movimiento y el sensor de luz. El distribuidor 4 también tendrá 2 salidas hacia un par de circuitos de encendido/apagado de lámparas y entradas directas para los sensores de movimiento. Existen también 2 circuitos que reciben las señales del sensor de luz y del sensor de movimiento, a su vez una salida hacia el circuito de encendido/apagado de las lámparas, a este circuito lo denominaremos “Circuito C” (figura 4). El distribuidor 5 es muy similar al diseño del distribuidor 2, sin embargo aquí no se recibe la señal de regulación de intensidad luminosa.

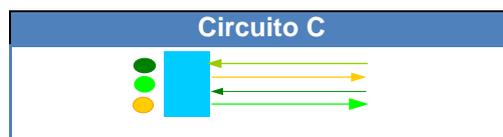


Figura 4: Circuito C

RED 3

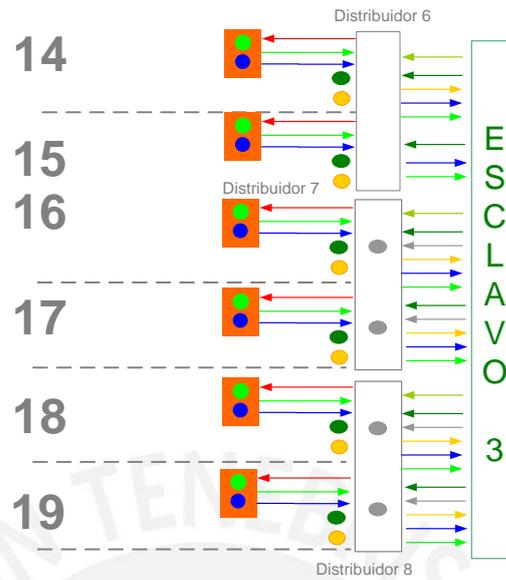


Figura 5: Red 3

Esta red, tal como se observa en la figura 5, está compuesta por 6 ambientes, y está dividido en 3 sub-redes. Se utilizan “Circuitos B” en todos los ambientes. El “distribuidor 6” es igual al “distribuidor 5”, por lo tanto se harán réplicas de éste. En el caso de los otros dos distribuidores, se observa que tienen las mismas características que el “distribuidor 2”, por lo tanto, también se realizarán réplicas de éste para incorporarlos en esta red.

RED 4

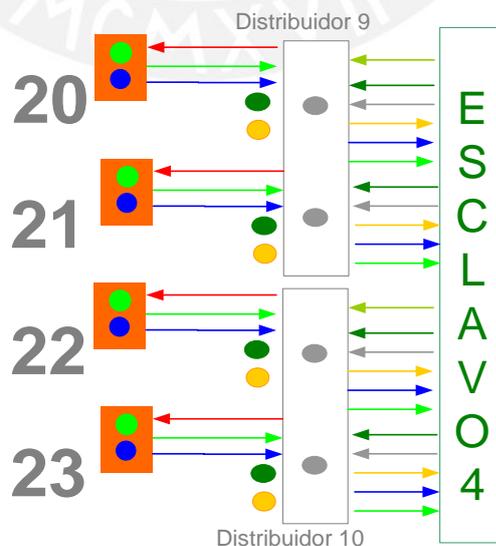


Figura 6: Red 4

Esta red, tal como se observa en la figura 6, está compuesta por 4 ambientes, y está dividido en 2 sub-redes. Se utilizan “Circuitos B” en todos los ambientes, Ambos distribuidores son iguales al “distribuidor 2”, por lo tanto deberá también hacerse dos réplicas más para ser utilizados en esta red.

RED 5

En esta última red (figura 7), se cuentan con “Circuitos A”, “Circuitos B”, Circuitos C”. Los distribuidores aquí tienen configuración distinta, por lo tanto deberá diseñarse el “distribuidor 11” y “distribuidor 12”. El distribuidor 11 y el distribuidor 12 poseerán entradas para los distintos elementos que agrupan. También deben poseer salidas para los 2 circuitos de encendido/apagado que controlan.

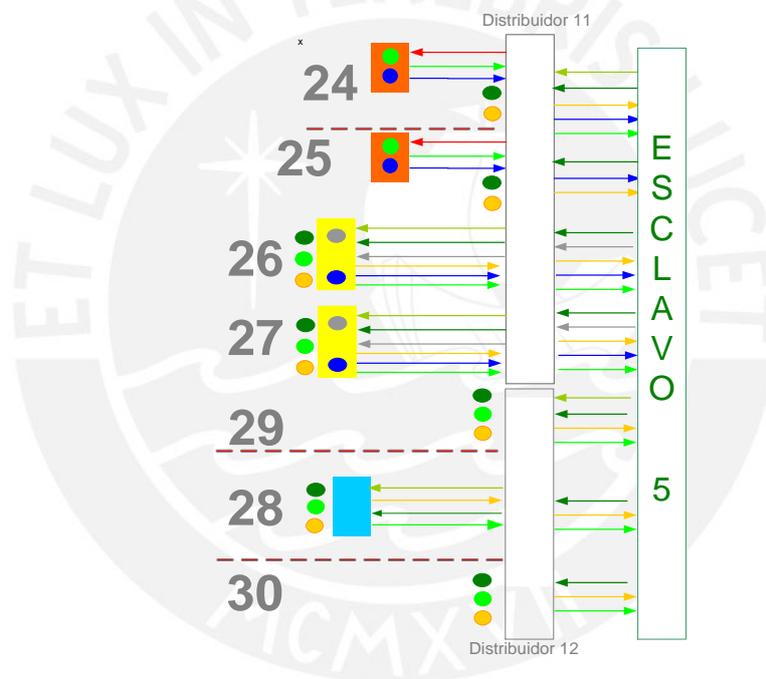


Figura 7: Red 5

En todas estas redes se observan 2 circuitos adicionales, el sensor de luz al cual denominaremos “Circuito D” y el circuito de encendido/apagado de lámparas “Circuito E”. En la figura 8 muestra la representación de dichos circuitos.

| Circuito D | Circuito E |
|------------|------------|
| ● | ● |

Figura 8: Circuito D y Circuito E

ANEXO N° 2

SENSOR DE LUZ



El sensor de luz más común es conocido como LDR (Light Dependant Resistor) (Resistor dependiente de la luz). También se le conoce como "Celda fotoeléctrica." Un LDR es básicamente un resistor que cambia su resistencia cuando cambia la intensidad de la luz. Se utilizan a menudo en los sistemas automáticos de iluminación.

Este tipo de sensores se utiliza para medir la cantidad de luz que recibe el ambiente. La cantidad de lux (lúmenes por metro cuadrado) que debe recibir un ambiente, está determinado por la normativa de la Dirección General de Electricidad (DGE NORMA DE ALUMBRADO DE INTERIORES Y CAMPOS DEPORTIVOS, DGE 017-AI-1/1982) y para los ambientes con los que cuenta nuestro sistema, se detallan las cantidades en la tabla 1.

| Tipo de Actividad | Iluminación Nominal (Lux) | | | Ambientes | | |
|---|---------------------------|----------|--------|-------------|--------|---------|
| | Mínimo | Promedio | Máximo | | | |
| Recintos de paso | 100 | 150 | 200 | Pasillos | SS.HH. | |
| Realización de tareas visuales de gran contraste o gran tamaño. | 200 | 300 | 500 | Laboratorio | Taller | Oficina |

Tabla 1: Cantidad de lux requeridos dependiendo del tipo de ambiente

Tal como se observa, el sensor deberá poder medir entre 100 a 500 lux y en base a esto, deberá proporcionar una señal analógica de 0 a 5V, la cual servirá de entrada hacia un conversor análogo-digital ubicado en el circuito "esclavo".

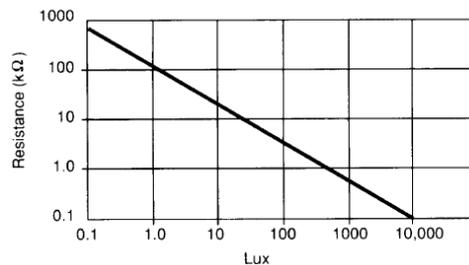


Figura 1: Curva de funcionamiento del LDR

La figura 1 muestra la curva de funcionamiento del LDR NORP12 de la compañía RS Components. Las LDR son unos dispositivos sensibles, económicos y fáciles de conseguir, con unas características en cuanto a potencia y tensión similares a las de las resistencias normales. Su único defecto significativo es que reaccionan lentamente, siendo de decenas o centenares de milisegundos su tiempo de respuesta a cambios repentinos del nivel luminoso. Las aplicaciones prácticas de las LDR comprenden interruptores y alarmas activados por la luz o por la oscuridad, alarmas de barrera luminosa, alarmas de humo por reflexión, etc. Para hacer la medición de la cantidad de luz recibida, el

LDR funcionará como un divisor de voltaje, el cual proporcionará una corriente que luego ingresará a un amplificador operacional, el cual convertirá la corriente en voltaje y esto a su vez será “leído” por un conversor análogo – digital.

De acuerdo a las especificaciones mostradas, se utilizará un LDR configurado como divisor de voltaje junto a una resistencia de 1K, La figura 2 muestra el diagrama esquemático de este circuito. Tal como se observa, este circuito tendrá una alimentación Vcc de 5V y proporcionará un nivel de voltaje mediante el pin denominado LDR.

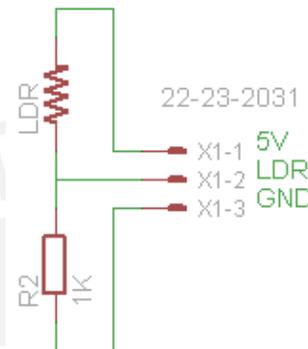


Figura 2: Circuito sensor de luz, circuito D

Al tener esta configuración, el LDR NORP12 proporcionará un valor de resistencia la cual tendrá un equivalente en cantidad de luxes, la cual se detalla en la tabla 9. Los valores de lux ahí indicados son los que requieren para cada uno de los ambientes, según lo especificado en la tabla 2.

| Lux | LDR(ohmios) | Resistencia 1K | Corriente(A) | Voltaje al ADC (V) |
|-----|-------------|----------------|--------------|--------------------|
| 100 | 2000 | 1000 | 0,00166667 | 1,666666667 |
| 200 | 1200 | 1000 | 0,00227273 | 2,272727273 |
| 300 | 800 | 1000 | 0,00277778 | 2,777777778 |
| 400 | 700 | 1000 | 0,00294118 | 2,941176471 |
| 500 | 600 | 1000 | 0,003125 | 3,125 |

Tabla 2: Valores de iluminación requeridos para el sistema

El consumo de potencia (Watts) de este elemento se detalla en la tabla 3

| | I | V | W |
|----------------------|--------|---|-------|
| Sensor de luz | 0,0156 | 5 | 0,078 |

Tabla 3: Consumo de potencia del sensor de luz

ANEXO N° 3

SENSOR DE MOVIMIENTO



Sensor de movimiento

El sensor de movimiento PIR es un dispositivo piroeléctrico. Cuando las señales infrarrojas del ambiente donde está el sensor cambian, el amplificador activa las salidas, lo que permite que un microcontrolador sepa si es que hubo movimiento. Las características que deberán cumplir los sensores de movimiento para éste sistema son:

- Montaje de pared.
- Angulo de detección 90°.
- Alcance (de acuerdo a las dimensiones de cada ambiente).
- Voltaje de alimentación 12 V máximo

Este sensor se utilizará para detectar la presencia de personas en el ambiente, y de acuerdo a esto se procederá a encender o no las lámparas.

| Características | PIR | | | |
|-----------------------------------|------------|-----------|-----------|------------|
| | Honeywell | Bosch | Rokonet | Parallax |
| Marca | Honeywell | Bosch | Rokonet | Parallax |
| Modelo | IS215T | ISM-BLP1 | Comet PIR | PIR Sensor |
| Alcance | 18 x 26 m | 11 x 11 m | 12 x 12 m | 6 x 6 m |
| Alimentación | 8,5 a 15 V | 10 a 12 V | 9 a 16 V | 5 V |
| Salida Digital | No | 0 ó 5 V | No | 0 ó 5 V |
| Salida Relé | Relé NC | Relé NC | Relé NC | No |
| Corriente | 17 mA | N. E. | 12 mA | N. E. |
| Protección contra luz blanca | SI | SI | SI | SI |
| Costo S/. | 55 | 50 | 35 | N. E. |
| Disponible en el mercado nacional | Si | Si | SI | No |

Tabla 1: Comparación de sensores de movimiento

La tabla 1 muestra algunas de las alternativas que se tienen para este sensor. Tal como se observa, el sensor que proporciona una salida digital (Parallax) posee un corto alcance de detección, por lo tanto no cumpliría con los requerimientos antes expuestos. La otra alternativa, para los sensores que posean relé como salida sería configurarlo de la siguiente manera, de acuerdo a la figura 1.



Figura 1: Vista del sensor de movimiento marca Rokonet

Aquí se muestra dentro del cuadro rojo el relé del sensor de movimiento. Éste se encuentra Normalmente Cerrado (NC) cuando no detecta la presencia de personas, entonces dado que el microcontrolador que se utilizará debe recibir un voltaje de 0 a 5 V, la solución será utilizar una entrada de 5V hacia el relé. Con esto, al estar cerrado el relé, no se detecta la presencia de personas, por lo tanto el sensor proveerá a través del relé una tensión (5 V), caso contrario, proveerá (0V) cuando se detecte.

| Sensor de Movimiento | Cantidad |
|----------------------|----------|
| Rokonet | 28 |
| Honeywell | 2 |

Tabla 2: Cantidad de sensores de movimiento a utilizar

La tabla 2 muestra la cantidad y marca de los sensores elegidos en el funcionamiento del sistema. Finalmente la tabla 3 muestra el consumo de potencia (Watts) de cada sensor de movimiento.

| | I | V | W |
|----------------------|-------|----|-------|
| Sensor de movimiento | 0,017 | 12 | 0,204 |

Tabla 3: Consumo de potencia de cada sensor de movimiento

ANEXO N° 4

ENCENDIDO/APAGADO DE LÁMPARAS

El sistema planteado permitirá dos tipos de sistemas de regulación, entonces es necesario contar con un circuito que permita, a través de una señal recibida desde el microcontrolador, realizar el encendido de las lámparas de la misma forma que lo hace actualmente el interruptor instalado en cada uno de los ambientes. Por lo tanto, el circuito deberá contar con una etapa de potencia y una etapa de control. Esta última deberá recibir la señal desde el microcontrolador, y en la etapa de potencia, deberá cerrar el circuito para alimentar a las lámparas con 220 Vac con una gran corriente, dependiendo del número de lámparas que se encenderán con este circuito.

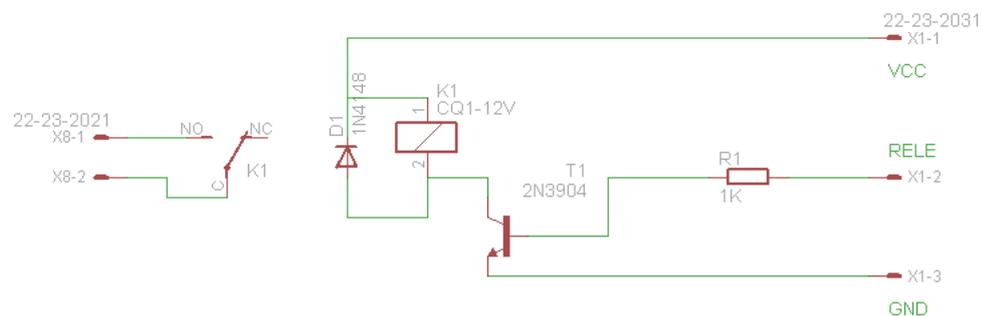


Figura 1: Circuito de encendido/apagado de lámparas, circuito E

La figura anterior muestra el diagrama esquemático para este circuito de encendido/apagado de lámparas. Tal como se observa posee 3 entradas: dos para la alimentación de 12 V y una proveniente de la etapa de control, la cual indica la acción a realizar. Cuando el circuito reciba un “1” digital, el transistor 2N3904 entrará en funcionamiento (modo saturación con un $\beta = 10$, este β de saturación es menor al β del transistor 2N3904 que es aproximadamente 80 según la hoja técnica del fabricante), lo que provocará que el Relé a 12 V, el cual puede controlar hasta 5 amperios en el lado Vac, cierre el contacto de la línea de 220 Vac permitiendo así encender las lámparas. Se utiliza un diodo de conmutación 1N4148 para evitar que pueda dañarse este circuito en caso de una sobrecorriente (también pudo elegirse un diodo 1N4004 ya que la frecuencia de uso del relé es menor a 1 Hz). Con la resistencia de 1K el microcontrolador debe entregar 5 mA. y el transistor puede entregar sin problemas a la bobina del relé los 50 mA. que requiere. Para los ambientes que requieran más de 3 amperios, se utilizarán circuitos de encendido en paralelo y cada uno encenderá una parte del sistema de lámparas para dicho ambiente. Así para los ambientes 1, 5, 12, 20, 21, 22 y 27 se utilizarán 2 circuitos de encendido/apagado; mientras que para los ambientes 2 y 23 se utilizarán 4 circuitos de encendido apagado

para cada uno, aumentando así a 43 la cantidad de circuitos de encendido/apagado.

Finalmente la tabla 1 muestra el consumo de potencia (Watts) de cada circuito de encendido/apagado.

| Encendido apagado | I | V | W |
|-------------------|-------|-----|-------|
| Rele | 0,055 | 12 | 0,66 |
| Transistor | 0,055 | 0,2 | 0,011 |
| Otros | 0,01 | 5 | 0,05 |
| Total | | | 0,721 |

Tabla 1: Consumo de potencia de cada circuito de encendido/apagado



ANEXO N° 5

REGULACIÓN DE INTENSIDAD LUMINOSA

En este apartado se explicará cómo funcionará el sistema de regulación. La figura 1 muestra una representación de la cantidad de luz natural recibida y la cantidad de luz artificial que puede proporcionar el sistema. Para los ambientes que requieran regulación deberá hacerse una combinación de ambos para mantener el nivel de intensidad luminosa entre 400 a 500 lux. Entonces cuando el sensor de luz “detecte” más de 500 luxes, verificará si se trata de luz natural solamente o si ya están encendidas las lámparas y se está combinando con la luz natural recibida. Si solo la luz natural excede los 500 lux, entonces deberá apagar en las lámparas, en caso estuvieran prendidas y si no deberá disminuir su nivel de regulación para volver al rango de 400 a 500 lux.

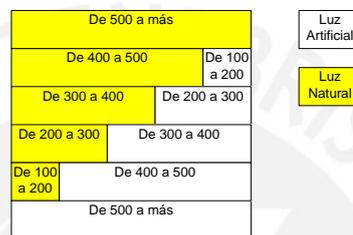


Figura 1: Regulación a realizar dependiendo de la cantidad de luz natural

En caso que la cantidad de lux del ambiente descienda hasta el rango de 300 a 400 lux, el sistema deberá indicar a los balastos que deberán aumentar la intensidad de lux para volver a regresar al rango de 400 a 500 lux. Así el sistema podrá regular la intensidad luminosa de las lámparas mediante los balastos, para proporcionar intensidades de 25, 50, 75 y 100% de la capacidad total las lámparas. La mejor alternativa para que el sistema efectúe lo anteriormente expuesto son los balastos electrónicos. El balasto electrónico regulable es el componente que limita el consumo de corriente de la lámpara a sus parámetros óptimos. En general se recomienda la utilización de balastos electrónicos por sus muchas ventajas que podemos enumerarlas.

- **Ahorro Energético:** Usar equipos electrónicos supone un ahorro aproximado de un 25% de energía comparado con el equipo electromagnético tradicional equivalente. Este ahorro se consigue gracias a que los equipos funcionan a alta frecuencia y a que tienen menores pérdidas térmicas.
- **Más vida útil en lámparas:** El uso de equipos electrónicos con arranque por precaldeo hace que las lámparas duren un 50% más que con equipos electromagnéticos tradicionales. En aplicaciones con

muchos encendidos diarios, por ejemplo con detectores de presencia, la vida útil de la lámpara puede llegar a ser hasta un 300% mayor. Esta ventaja se traduce en más comodidad y ahorro al alargar los periodos de mantenimiento.

- **Más seguridad:** Los equipos electrónicos se desconectan automáticamente cuando la lámpara llega al final de su vida útil. De esta manera se evitan sobrecargas eléctricas y los molestos parpadeos que se producen cuando un equipo convencional trata de arrancar continuamente una lámpara que ha llegado al final de su vida.
- **Mejores prestaciones:** Gracias al funcionamiento en alta frecuencia se eliminan los molestos parpadeos a 50 Hz, así como la posibilidad de accidentes por culpa del efecto estroboscópico. Éste se produce al coincidir la velocidad de giro de una herramienta con la frecuencia de encendido de las lámparas. El resultado es que dicha herramienta aparenta no estar en movimiento.

Un balastro electrónico tiene la desventaja de ser un poco más caro que el estándar, sin embargo se espera que con el tiempo este precio sea más accesible a los consumidores. Un balastro electrónico regulable es un dispositivo capaz de controlar la intensidad lumínica de un tubo fluorescente por medio de la variación de una tensión de control de 1 a 10 VCC aislada de línea, esto provoca la variación de la frecuencia de oscilación de funcionamiento del balastro. Esta tecnología será utilizada para el diseño del sistema para poder realizar la regulación de la intensidad luminosa de las lámparas.

| Marca | Phillips | Osram | Helvar |
|--------------------------|--------------|---------------------|---------------|
| Modelo | HF-R 236 TLD | HT 1-10/230-240 DIM | EL1x36sc |
| Lámparas | 2 x 36W | 60...700 W | 2 x 32W |
| Voltaje (V) | 220 | 220 | 220 |
| Frecuencia (Hz) | 50/60 | 50 | 50 |
| Corriente de la red (A) | 0,36 | No especifica | 0.33-0.30 |
| Potencia total (W) | 76 | No especifica | 71 |
| Factor de potencia | 0,99 | No especifica | 0.98 |
| Factor de flujo luminoso | 0,03 - 1,00 | No especifica | No especifica |
| Precio \$ | 70 | 130 | 130 |

Tabla 1: Comparación de balastros electrónicos regulables

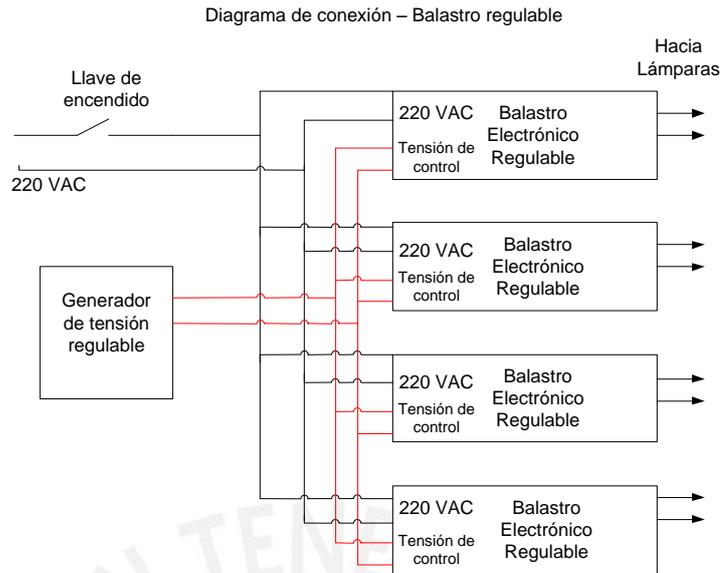


Figura 2: Configuración de los balastos electrónicos regulables

La tabla 1 muestra algunos modelos de balastos electrónicos que podríamos elegir. Así el balastro elegido es el HF-R 236 TLD de Phillips dado que resulta más económico y se adapta mejor al sistema de iluminación que se tiene. Así cada balastro podrá controlar 2 lámparas de 36W cada una. En la figura 2 se muestra el diagrama de conexión para cada uno de los balastos a utilizar. En la tabla 2 se listan los ambientes que requiere regulación de intensidad luminosa, y de acuerdo a la cantidad de lámparas que poseen, se elegirán la cantidad de balastos electrónicos necesarios para controlarlas.

| No. | Aula | Área | Red | No. De Lámparas (pares) | Cantidad de balastos a usar |
|-----|------|--|-----|-------------------------|-----------------------------|
| 2 | V101 | Laboratorio de Circuitos y Sistemas Electrónicos | 4 | 24 | 24 |
| 3 | V103 | Laboratorio Microprocesadores | 4 | 12 | 12 |
| 4 | V105 | Laboratorio Sistemas Eléctricos | 4 | 12 | 12 |
| 5 | V107 | Laboratorio de Control y Automatización | 4 | 12 | 12 |
| 6 | V109 | Laboratorio de Control Avanzado | 1 | 12 | 12 |
| 7 | V111 | Laboratorio de Bioingeniería | 1 | 9 | 9 |
| 8 | | Taller de Proyectos Electrónicos | 1 | 12 | 12 |
| 9 | V115 | Laboratorio de Proyectos Electrónicos | 1 | 30 | 30 |
| 15 | | Jefatura Laboratorios | 3 | 3 | 3 |
| 16 | | Oficina 8 | 3 | 3 | 3 |
| 17 | V106 | Laboratorio de Telecomunicaciones Ópticas A | 3 | 3 | 3 |
| 18 | V106 | Laboratorio de Telecomunicaciones Ópticas B | 3 | 3 | 3 |
| 19 | V104 | Laboratorio Telecomunicaciones | 5 | 18 | 18 |
| 20 | V102 | Taller de Electrónica | 5 | 9 | 9 |
| | | Total | | | 162 |

Tabla 2: Cantidad de balastos electrónicos a utilizar

ANEXO N° 6

CIRCUITO A



Para el diseño de este circuito es necesario detallar 2 de los elementos importantes que la componen.

Primero, este circuito debe proporcionar alimentación V_{cc} para los sensores y actuadores a los cuales está conectado, para ello, se utiliza un circuito de alimentación (figura 1), el cual está provisto de reguladores de tensión 7809 y 7805 para obtener 9V y 5V configurados en serie, teniendo como entrada 12V proveniente del circuito de distribución. Por recomendación del fabricante, debe incorporarse un condensador de 330nF en la entrada del regulador y otro condensador de 100nF a la salida del mismo. Cada regulador puede proporcionar 1A de corriente. También se utilizarán disipadores de calor para cada uno de los reguladores. Este circuito se utilizará en muchos circuitos que se detallarán posteriormente, como los circuitos de distribución.

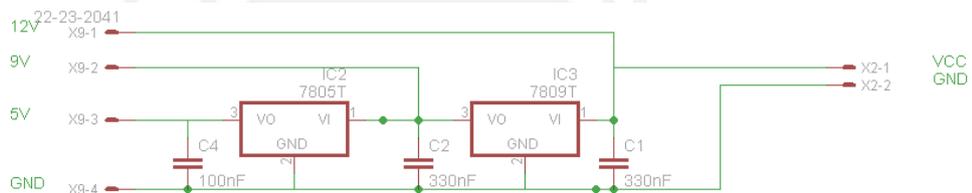


Figura 1: Circuito de alimentación

Otro elemento incorporado dentro del circuito A es un amplificador operacional configurado como seguidor de tensión tal como muestra la figura 2. Se observa la realimentación negativa, esta conexión es conocida como configuración buffer, es decir, amplificamos un poco la señal para evitar pérdidas y así no obtener resultados inesperados. Respecto al operacional utilizado bien puede ser el LM833 que es un doble operacional, o el LM324 que posee 4 operacionales en su interior. Para este caso en particular se utiliza el LM833, el cual requiere de una alimentación de 12 V. Este dispositivo posee un consumo de corriente de 4 a 8 mA, dependiendo de la cantidad de operacionales utilizados.

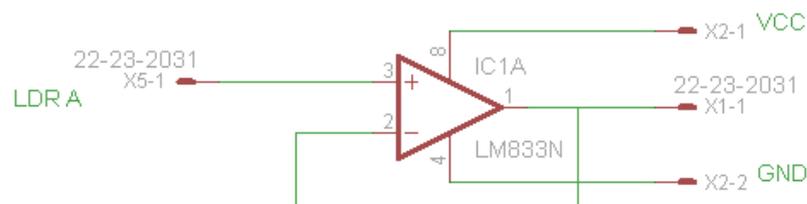


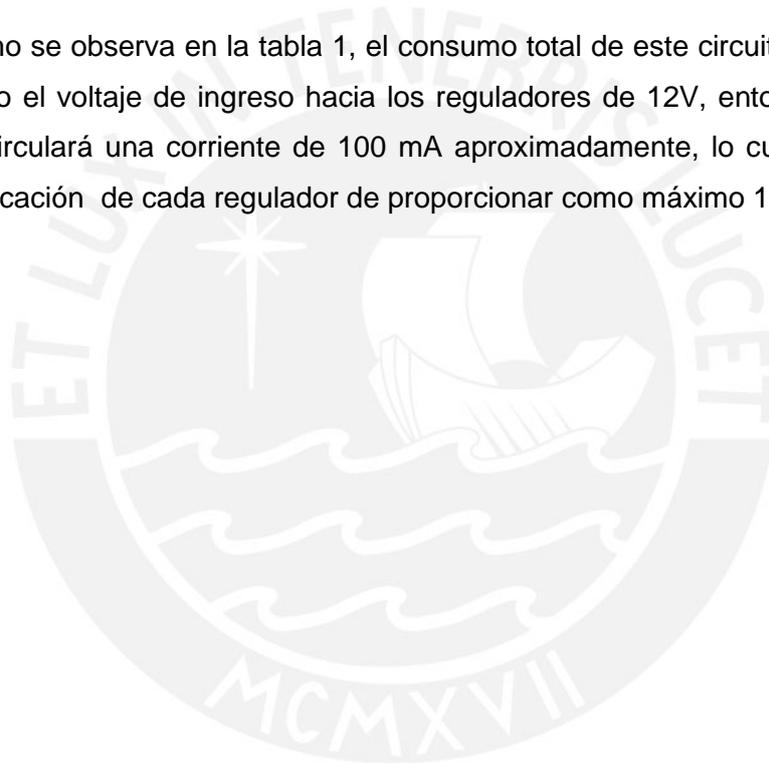
Figura 2: Circuito de acondicionamiento de señal

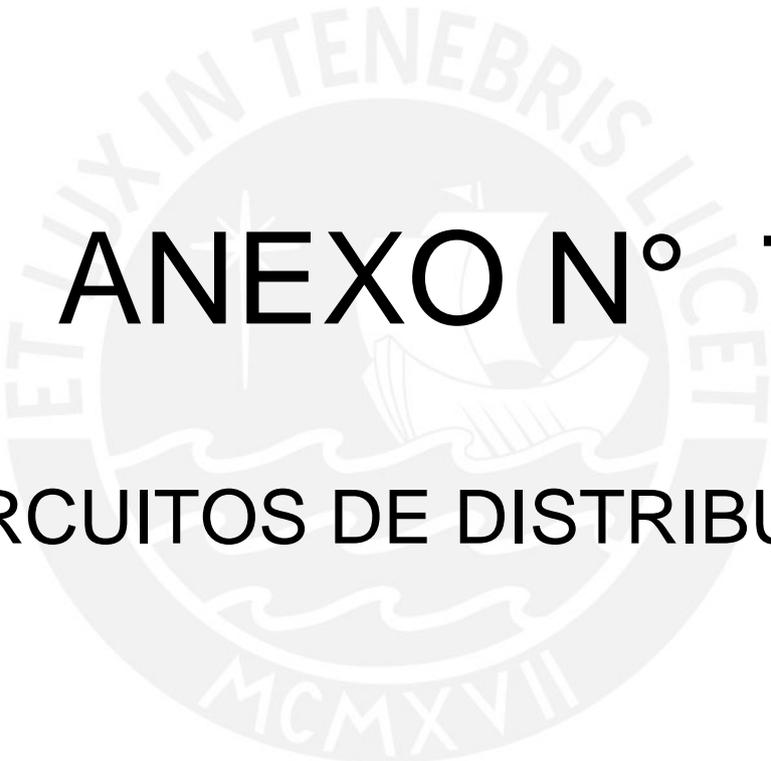
A continuación se detalla el consumo de potencia (Watts) que requiere este circuito, incluyendo los elementos a los cuales provee alimentación Vcc.

| Circuito A | I | V | W |
|-----------------------------|-------|----|-------|
| Circuito Interruptor | 0,001 | 5 | 0,005 |
| OPAM | 0,004 | 12 | 0,048 |
| Reguladores | 0,008 | 12 | 0,096 |
| Encendido apagado | | | 0,721 |
| Sensor de luz | | | 0,078 |
| Sensor de movimiento | | | 0,204 |
| Total | | | 1,152 |

Tabla 1: Consumo de potencia del Circuito A

Tal como se observa en la tabla 1, el consumo total de este circuito es de 1,152 W, y siendo el voltaje de ingreso hacia los reguladores de 12V, entonces a través de éstos circulará una corriente de 100 mA aproximadamente, lo cual cumple con la especificación de cada regulador de proporcionar como máximo 1A.





ANEXO N° 7

CIRCUITOS DE DISTRIBUCION

En la tabla 1 se detalla las entradas y salidas para los circuitos de distribución.

| Distribuidor | Entradas | | | | | Salidas | | | | |
|--------------|---------------|----------------------|--------------------------------|--------------------|--------------------------|---------|-------|-----|-----|----------------------------|
| | Sensor de Luz | Sensor de Movimiento | Interruptor Manual/ automático | Encendido/ apagado | Regulación Int. Luminosa | 1 2 V | 1 2 V | 9 V | 5 V | 5 V Relé Sensor Movimiento |
| 1 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 |
| 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 3 | 1 | 2 | 0 | 2 | 0 | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 |
| 4 | 2 | 4 | 0 | 4 | 0 | 1 | 4 | 2 | 0 | 2 |
| 5 | 2 | 2 | 2 | 2 | 0 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 11 | 4 | 4 | 4 | 4 | 2 | 1 | 4 | 2 | 2 | 2 |
| 12 | 3 | 3 | 0 | 3 | 0 | 1 | 3 | 2 | 0 | 2 |

Tabla 1: Cantidad de señales para cada circuito de distribución

Circuito de distribución 1

Como todos los circuitos de distribución, éste (figura 1) proveerá alimentación Vcc hacia otros circuitos, para lo cual requiere un circuito de alimentación igual al que se describió para el circuito A. También utilizará varios amplificadores operacionales, en este caso se utilizará el LM324, que posee 4 amplificadores integrados y funcionará de igual manera que el LM833.

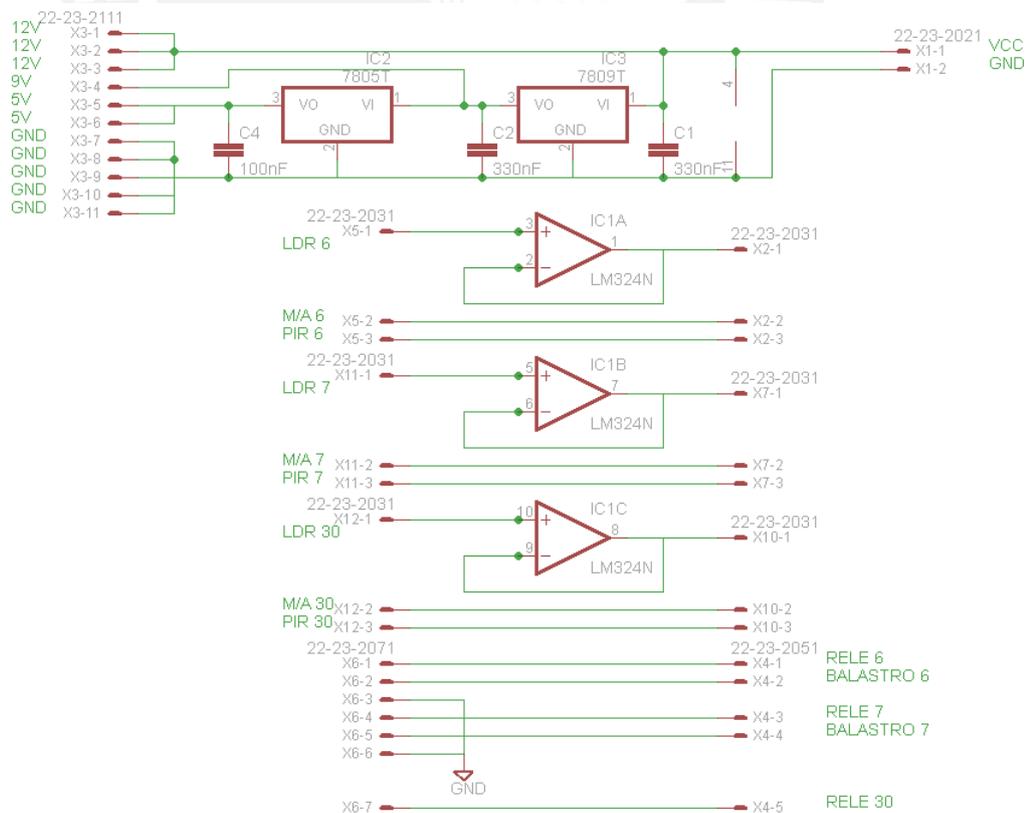


Figura 1: Circuito de distribución 1

Circuito de distribución 2

Este circuito (figura 2) posee los mismos elementos que el circuito de distribución 1, sin embargo difiere en la cantidad de señales que maneja, tal como se muestra en la tabla 1. Cabe resaltar que para todo el sistema se utilizarán 5 de estos circuitos, que serán los distribuidores 2, 7, 8, 9 y 10.

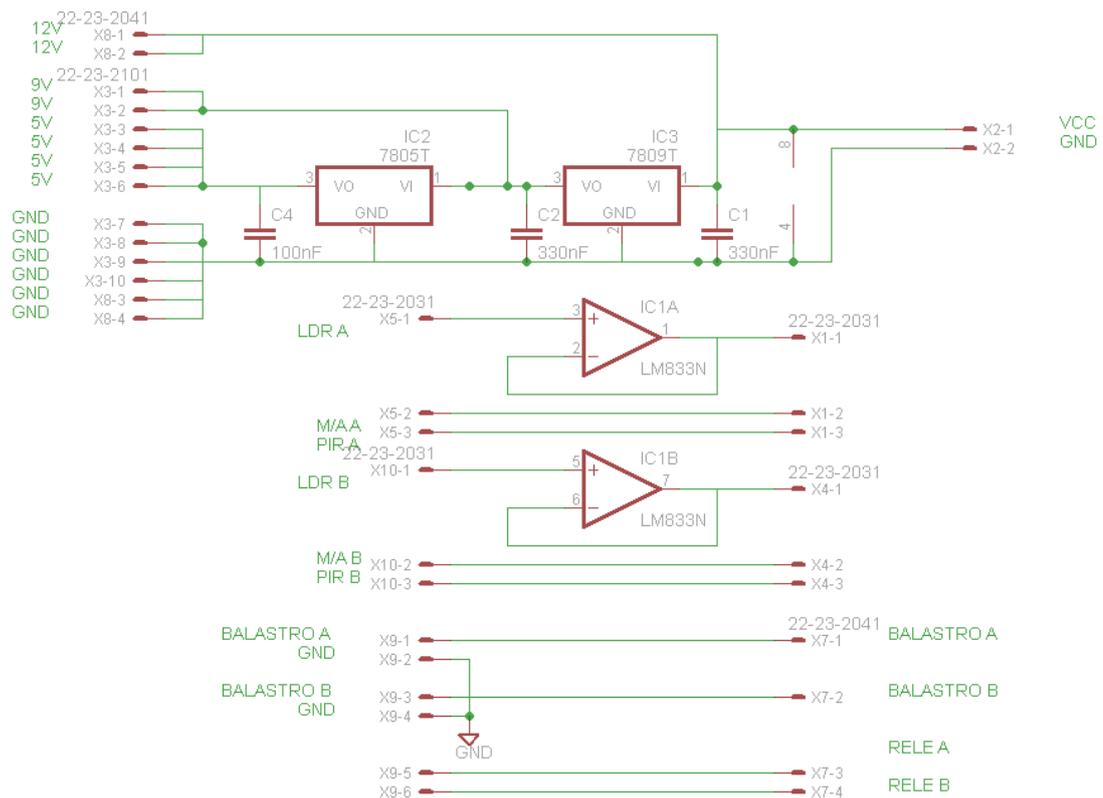


Figura 2: Circuito de distribución 2

Circuito de distribución 3

Para este circuito (figura 3) se vuelve a utilizar un amplificador operacional LM833 en vez del LM324 que se utilizó en los circuitos de distribución antes mencionados.

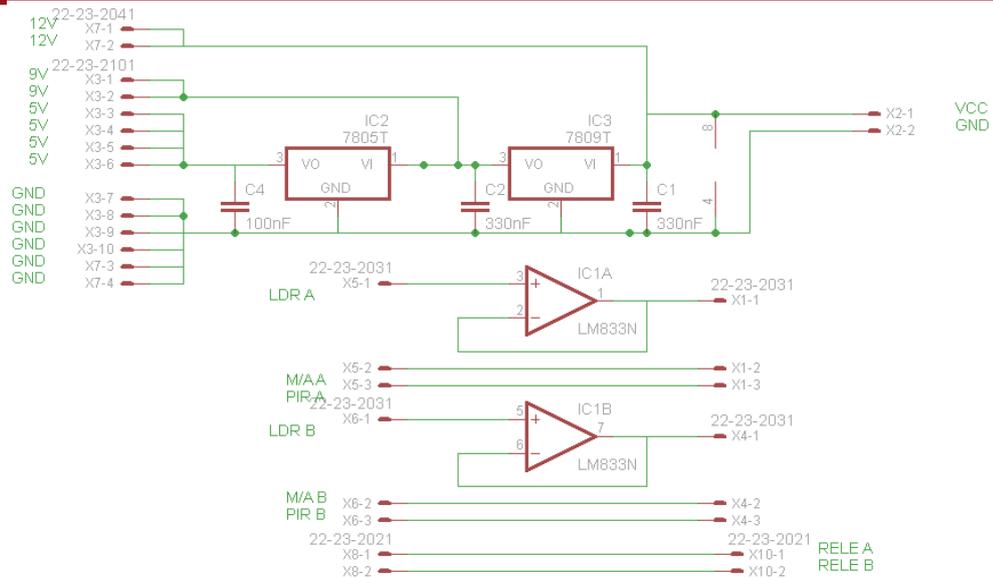


Figura 5: Circuito de distribución 5

Circuito de distribución 11

Este circuito (figura 6) utiliza un LM324 para poder manejar las 4 señales provenientes de los sensores de luz.

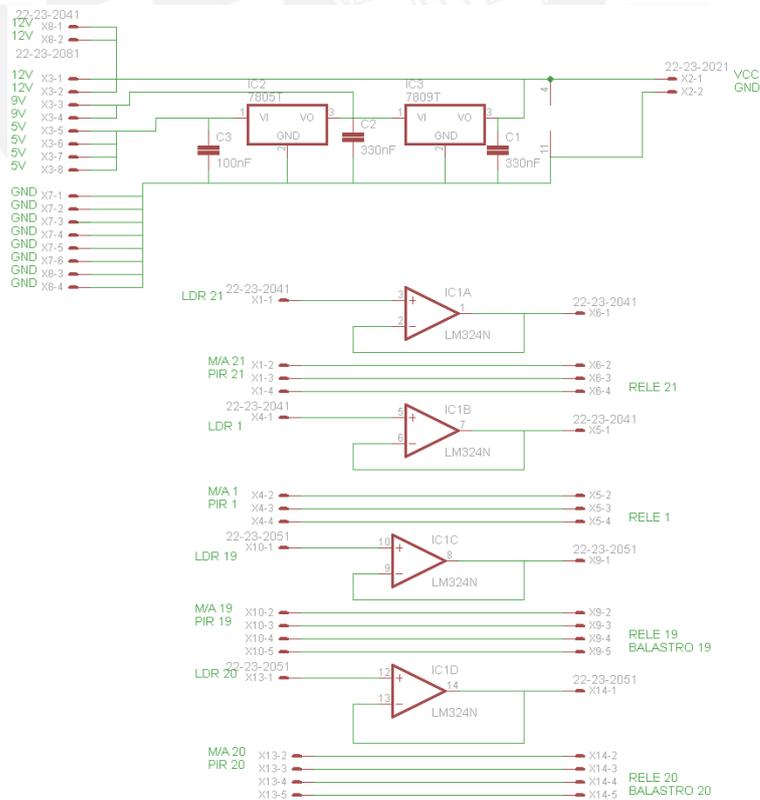


Figura 6: Circuito de distribución 11

Circuito de distribución 12

Este circuito (figura 7) utiliza un LM324 para poder manejar las 3 señales provenientes de los sensores de luz.

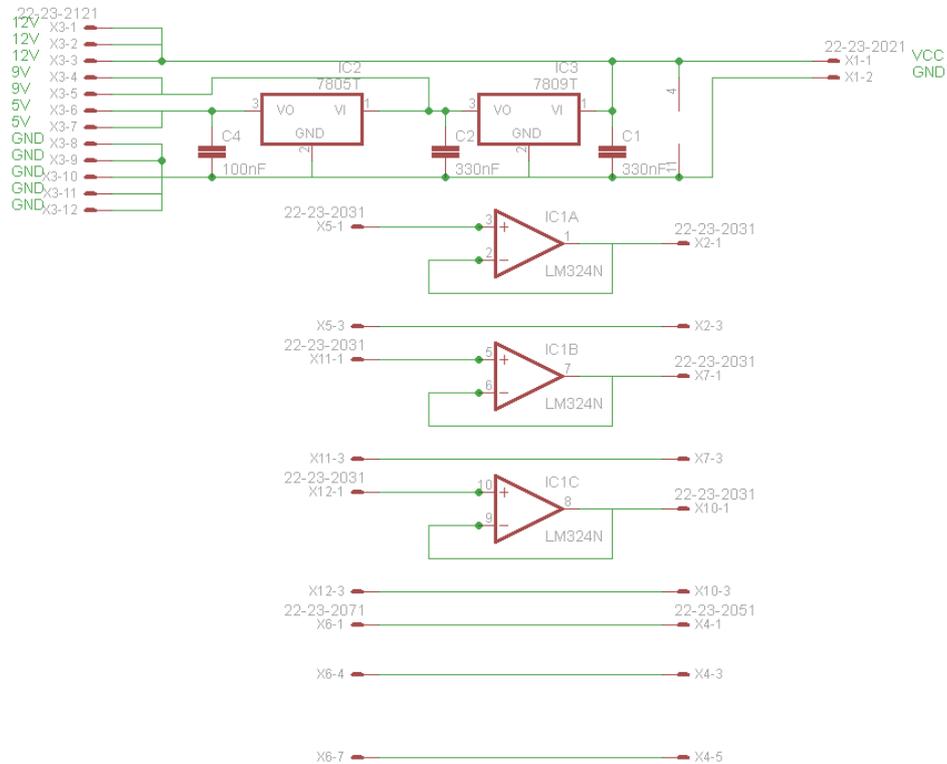


Figura 7: Circuito de distribución 12

Dado que cada circuito de distribución posee los mismos elementos pero en mayor o menor cantidad, entonces a continuación, en la tabla 2, se detalla el consumo de potencia (Watts) para cada uno de los circuitos de distribución. De esta manera se podrá corroborar si los reguladores que incluyen cada circuito podrán entregar la cantidad de corriente necesaria.

| Dist | Elemento Consumo (w) | Internos | | Externos | | | | | | Total (W) |
|------|-----------------------------|---------------|--------------------|------------|------------|------------|-------------------------------|----------------------------|------------------------|-----------|
| | | OPAM 0,048 | Regulador 0,096 | Circuito | | | Sensor de movimiento 0,204 | Encendido apagado 0,721 | Sensor de Luz 0,078 | |
| | | | | A 1,152 | B 0,055 | C 1,147 | | | | |
| 1 | Cantidad | 3 | 2 | 2 | 1 | 0 | 1 | 2 | 0 | |
| | Total | 0,144 | 0,192 | 2,304 | 0,055 | 0 | 0,204 | 1,442 | 0 | 4,341 |
| 2 | Cantidad | 2 | 2 | 0 | 2 | 0 | 2 | 6 | 0 | |
| | Total | 0,096 | 0,192 | 0 | 0,11 | 0 | 0,408 | 4,326 | 0 | 5,132 |
| 3 | Cantidad | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | 2 | 2 | 1 | |
| | Total | 0,048 | 0,192 | 0 | 0 | 0 | 0,408 | 1,442 | 0,078 | 2,168 |
| 4 | Cantidad | 2 | 2 | 0 | 0 | 2 | 2 | 2 | 0 | |
| | Total | 0,096 | 0,192 | 0 | 0 | 2,294 | 0,408 | 1,442 | 0 | 4,432 |
| 5 | Cantidad | 2 | 2 | 0 | 2 | 0 | 2 | 3 | 0 | |
| | Total | 0,096 | 0,192 | 0 | 0,11 | 0 | 0,408 | 2,163 | 0 | 2,969 |
| 6 | Cantidad | 2 | 2 | 0 | 2 | 0 | 2 | 2 | 0 | |
| | Total | 0,096 | 0,192 | 0 | 0,11 | 0 | 0,408 | 1,442 | 0 | 2,248 |
| 7 | Cantidad | 2 | 2 | 0 | 2 | 0 | 2 | 2 | 0 | |
| | Total | 0,096 | 0,192 | 0 | 0,11 | 0 | 0,408 | 1,442 | 0 | 2,248 |
| 8 | Cantidad | 2 | 2 | 0 | 2 | 0 | 2 | 2 | 0 | |
| | Total | 0,096 | 0,192 | 0 | 0,11 | 0 | 0,408 | 1,442 | 0 | 2,248 |
| 9 | Cantidad | 2 | 2 | 0 | 2 | 0 | 2 | 4 | 0 | |
| | Total | 0,096 | 0,192 | 0 | 0,11 | 0 | 0,408 | 2,884 | 0 | 3,69 |
| 10 | Cantidad | 2 | 2 | 0 | 2 | 0 | 2 | 6 | 0 | |
| | Total | 0,096 | 0,192 | 0 | 0,11 | 0 | 0,408 | 4,326 | 0 | 5,132 |
| 11 | Cantidad | 4 | 2 | 2 | 2 | 0 | 2 | 3 | 0 | |
| | Total | 0,192 | 0,192 | 2,304 | 0,11 | 0 | 0,408 | 2,163 | 0 | 5,369 |
| 12 | Cantidad | 3 | 2 | 0 | 0 | 1 | 2 | 2 | 2 | |
| | Total | 0,144 | 0,192 | 0 | 0 | 1,147 | 0,408 | 1,442 | 0,156 | 3,489 |
| | Total elementos | 27 | 24 | 4 | 17 | 3 | 23 | 36 | 3 | |

Tabla 2: Consumo de potencia para cada circuito de distribución

Tal como se observa, el mayor consumo de potencia (Watts) lo realiza el circuito de distribución 11 (5,369 Watts). Dado que cada circuito de distribución recibe una alimentación Vcc de 12V, el máximo consumo de corriente asciende 0,447 A, por lo tanto, los reguladores podrán proporcionar este nivel de corriente sin dificultad.

ANEXO N° 8

COMUNICACION



Para el control del sistema total, es necesario contar con un sistema de interconexión que pueda transmitir información a distancias grandes (superiores a 10 metros). El sistema ES 485 es un bus que permite una velocidad de datos de 10 y hasta 20 Mbps (a 12 metros de distancia), y de 100 Kbps cuando se conectan terminales o módulos separados 1200 metros entre sí. El sistema permite “colgar” del bus hasta 32 terminales, en el mejor de los casos, es preferible que el par de cables que transporta la información sea blindado, pero si este montaje no es posible, y debemos utilizar cables individuales, será bueno tener un tercer cable que oficie de referencia de tierra o GND. Un cable blindado ayudaría a atenuar los ruidos eléctricos que pueden filtrarse entre los datos del sistema diferencial que utiliza el estándar RS485. Debido a que altas frecuencias intervienen en el intercambio de datos, que las distancias entre las terminales siempre son inciertas, y que los cables apropiados a utilizar no se determinan en el estándar, se acepta el uso de un par de cables trenzados comunes que tienen una impedancia aproximada de 120 Ohms.

El tipo de comunicación que desarrollaremos en el bus es considerada “*half-duplex*” (semiduplex) mientras un dispositivo transmite, los demás terminales o módulos que se encuentren conectados al sistema (a la red) recibirán la mencionada transmisión, es decir, todos escucharán el llamado. Dicho de otro modo, uno “hablará” y los demás “escucharán”. Debemos tener en claro que será muy importante organizar el protocolo de comunicación para que sólo un terminal o módulo “entienda y/o comprenda” que es a él a quién está llamando el transmisor, en este caso el circuito maestro.

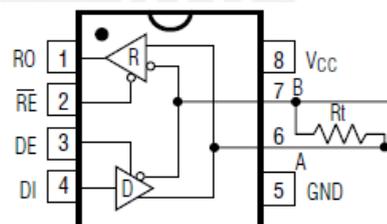


Figura 1: MAX148

La figura 1 muestra la configuración de los pines de este circuito Max 148. Éste utiliza una tensión de 12V. Cuando el pin RE se encuentra en 0, se habilita la recepción, mientras que cuando éste pasa a “1”, se habilita la transmisión. Los pines RE y DE deben estar conectados al mismo puerto del microcontrolador para realizar las funciones antes descritas.

ANEXO N° 9

CIRCUITO ESCLAVO



I. Microcontrolador

El microcontrolador que estará incorporado en el circuito esclavo deberá contener las siguientes características.

- **Convertor Análogo Digital:** deberá contar con una resolución de 8 bits para la lectura de las señales enviadas desde el sensor de luz.
- **Interrupción de Timer:** Debe posibilitar contar con un reloj interno que permita registrar el tiempo que permanecen encendidas las lámparas.
- **Comunicación USART:** El microcontrolador deberá poder establecer comunicación con otro microcontrolador, en este caso, el circuito maestro.
- **Memoria EEPROM:** Permitirá almacenar el tiempo de encendido de las lámparas.

Todas estas características, permitirán procesar las siguientes señales:

a) Señales de entrada:

Como entrada de datos tendrá 8 posibles “ambientes” como máximo y cada uno de ellos proporcionará 3 señales: 1 analógica (0 a 5V proveniente del sensor de luz) y 2 digitales (proveniente del interruptor y el sensor de movimiento). Dado que el microcontrolador verificará el estado de cada ambiente de uno a la vez, solo serán necesarios como máximo los 3 datos en un instante determinado, por lo tanto la mejor alternativa será utilizar multiplexores dependiendo del el tipo de señal a recibir (digital o analógica). Entonces para la selección de estos tres juegos de datos, el microcontrolador hará uso de 3 puertos de salida para seleccionar el ambiente a “monitorear”. Para esta etapa de adquisición de datos entonces se utilizarán 6 puertos. Uno de estos será el ingreso al Convertor Análogo Digital, para convertir el valor obtenido en el sensor de luz y obtener un valor en bits que permita conocer la cantidad de luz que recibe dicho ambiente.

b) Señales de salida:

El microcontrolador deberá realizar el encendido/apagado de las lámparas y/o regular la intensidad luminosa. Para el caso del encendido/apagado, el microcontrolador cuenta con 8 puertos de salida, los cuales proporcionarán un bit “0” cuando se requieran apagar las lámparas y “1” cuando sea

necesario encenderlas. Si se requiere regular la intensidad luminosa, el microcontrolador proporcionará una señal de 2 bits, que luego de convertir dicha señales en analógicas, se podrá regular 4 intensidades de iluminación (desde 1 a 100%).

Como máximo en cada red podrán regularse la intensidad luminosa de cuatro ambientes, por lo tanto se necesitaría 4 conversores digital análogo para convertir tales bits en niveles de voltaje. La mejor alternativa representa utilizar un conversor digital análogo que permita obtener 4 salidas analógicas utilizando selectores con solo 2 bits a partir del microcontrolador y un tercer bit para programar la lectura del valor desde el microcontrolador.

Dentro de las alternativas que cumplen con las características antes descritas tenemos 2 microcontroladores mostrados en la tabla 1 Se observa que ambos tienen características similares, sin embargo se optará por el microcontrolador ATmega8 dado que se tiene experiencia en la programación de este microcontrolador y podrá utilizarse los equipos de programación con los que cuenta el Laboratorio de Microprocesadores de la PUCP.

| CARACTERISTICAS | Atmega8 | PIC16F1936 |
|---------------------------|----------------------|----------------------|
| Conversor Análogo Digital | 8 bits de resolución | 8 bits de resolución |
| Interrupción de Timer | SI | SI |
| Puertos de Entrada/Salida | 24 | 25 |
| Memoria EEPROM | 512 bytes | 256 bytes |
| Comunicación USART | SI | SI |
| Memoria FLASH | 1K bytes | 14K bytes |
| Costo S/. | 13 | 12 |

Tabla 1: Comparación entre posibles microcontroladores a utilizar

II. Multiplexor analógico

La necesidad de utilizar un multiplexor analógico surge de la cantidad de señales que se reciben y solo se necesita una de ellas al momento de monitorear un ambiente determinado. Para esto, utilizaremos el multiplexor 74HC4051, que permite seleccionar una señal entre sus 8 posibles entradas. Los valores de voltaje que puede admitir es de 0 hasta 10V, lo cual es apropiado ya que el sensor de voltaje proporciona una señal entre 0 a 5V. Para seleccionar una entrada se utilizarán 3 puertos del microcontrolador, los cuales serán compartidos con los otros 2 multiplexores digitales que también se utilizarán. Este dispositivo requiere una

alimentación V_{cc} de 5V y el consumo de corriente en los selectores viene a ser menor a 1 microamperio según la hoja técnica del fabricante. El pin de Enable se conectará a GND para que éste multiplexor siempre esté habilitado. La figura 1 muestra los pines que utiliza este multiplexor.

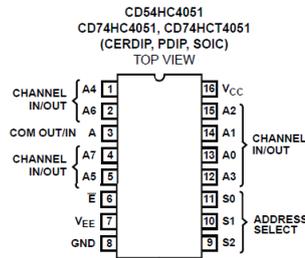


Figura 1: Multiplexor 74HC4051

III. Multiplexor digital

De igual manera que el caso de las señales analógicas, existe la posibilidad de aceptar como máximo 8 entradas provenientes de los interruptores manual/automático o de los sensores de movimiento, los cuales se representarán como “0” o “1”. Para optimizar el uso de los puertos del microcontrolador se utilizará el multiplexor 74151. Para la selección de la entrada a monitorear, se utilizarán los mismos puertos que se utilizan para el multiplexor analógico, Este multiplexor requiere de 5V de alimentación y consume una corriente de 1mA. El pin de Strobe se conectará a GND para que el multiplexor siempre esté habilitado. La salida será a través del Pin 5 (Y) tal como lo muestra la figura 2.

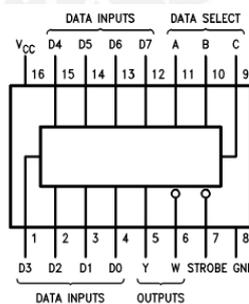


Figura 2: Multiplexor 74151

IV. Conversor Digital Análogo

El microcontrolador a la salida proporcionará señales de “0” a “5” V, los cuales no nos sirven para poder controlar el voltaje a la entrada del balastro electrónico

regulable (0 – 10V) y de esta manera regular la intensidad luminosa que deberá proporcionar la lámpara. Para esto, se debe convertir esta señal digital en analógica que pueda abarcar este rango de voltaje (0-10 V). Por lo tanto se utilizará el Conversor Análogo Digital TLC226, (figura 3), el cual posee en su interior 4 conversores, los cuales se puede seleccionar con 3 pines del microcontrolador y otros dos pines más permitirán generar 4 niveles de voltaje para regular la intensidad luminosa en 25, 50, 75 y 100%. Este conversor puede proporcionar de 0 a 10V, dado que utilizará un voltaje de referencia de 10V y como máximo 5mA de corriente. Para controlar 20 balastos electrónicos se requieren 3mA, por lo tanto cumple con lo requerido. Este circuito requiere una alimentación entre 12V y una corriente de 6mA.

Dado que solo se requieren 4 niveles de voltaje, los pines de DB0 a DB5 se conectarán a 5V, para así con los 2 pines restantes se obtendrán los niveles deseados. El voltaje de referencia de 10V será proporcionado a partir de un regulador de voltaje que tendrá como entrada 12V, para ello se utilizará el regulador 7810, el cual también tendrá a la entrada un condensador de 330nf y la salida otro condensador de 100nf.

La figura 4 muestra las operaciones de los cuatro DACs. Las líneas de dirección A0 y A1 seleccionan el puerto de entrada. Cuando la señal WR es baja, la entrada de los latches del DAC seleccionado es transparente y la salida responde a la actividad en el bus de datos. Mientras WR es alta, las salidas analógicas permanecen en el valor correspondiente a los datos contenidos en sus respectivos latches.

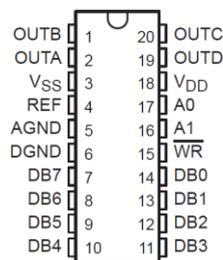


Figura 3: Conversor Digital-análogo TLC226

| CONTROL INPUTS | | | OPERATION |
|----------------|----|----|-------------------------------------|
| WR | A1 | A0 | |
| H | X | X | No operation Device not selected |
| L | L | L | DAC A transparent |
| ↑ | L | L | DAC A latched |
| L | L | H | DAC B transparent |
| ↑ | L | H | DAC B latched |
| L | H | L | DAC C transparent |
| ↑ | H | L | DAC C latched |
| L | H | H | DAC D transparent |
| ↑ | H | H | DAC D latched |

L = low, H = high, X = irrelevant

Figura 4: Tabla de funcionamiento conversor Digital-análogo TLC226

V. Conversor RS-485

Para la comunicación con el circuito maestro se utilizará el circuito MAX148, el cual utilizará el puerto USART del microcontrolador para la recepción/transmisión de datos.

VI. Alimentación VCC

El microcontrolador debe recibir una alimentación de 5V entre sus pines 7, 8 y 22, siendo estos dos últimos GND, para lo cual se utiliza un condensador de 100nf a la entrada de éstos dos para así disminuir los efectos de ruido que pueda presentarse en la alimentación. Como se utiliza el conversor análogo digital del microcontrolador, se deberá establecer la referencia para el funcionamiento de éste, por lo tanto entre los pines 20 y 21 existirá una tensión de 5V. El puerto 1 se utiliza para la opción reset del microcontrolador, para ello, se configura una red compuesta por 2 resistencias de 3K y 200 ohmios que están directamente conectados a este puerto y un pulsador conectado entre la resistencia de 3K y GND. Mientras no se presione el pulsador, el microcontrolador recibe la señal de 5V. Cuando es presionado, el microcontrolador recibe un "0" digital, por lo tanto se crea un pulso que indica al microcontrolador reiniciar el programa que tiene en su interior.

Los detalles de la fuente de alimentación que se utiliza, así como las especificaciones de los reguladores utilizados se detallan en el anexo 11. Finalmente, la tabla 2 muestra la función que cumple cada uno de los puertos del microcontrolador.

| Puerto | Descripción |
|------------|--|
| PB0 | Puerto de salida hacia circuito encendido/apagado |
| PB1 | Puerto de salida hacia circuito encendido/apagado |
| PB2 | Puerto de salida hacia circuito encendido/apagado |
| PB3 | Puerto de salida hacia circuito encendido/apagado |
| PB4 | Puerto de salida hacia circuito encendido/apagado |
| PB5 | Puerto de salida hacia circuito encendido/apagado |
| PB6 | Puerto de salida hacia circuito encendido/apagado |
| PB7 | Puerto de salida hacia circuito encendido/apagado |
| PC0 | Selector hacia multiplexores, bit 0 |
| PC1 | Selector hacia multiplexores, bit 1 |
| PC2 | Selector hacia multiplexores, bit 2 |
| PC3 | Entrada de multiplexor digital interruptor manual/automático |
| PC4 | Entrada de multiplexor digital sensor de movimiento |
| PC5 | Entrada de multiplexor analógico hacia ADC |
| PD0 | Puerto de recepción de datos RX |
| PD1 | Puerto de transmisión de datos RX |
| PD2 | Selector recepción/transmisión |
| PD3 | Bit 6 hacia conversor digital análogo |
| PD4 | Bit 7 hacia conversor digital análogo |
| PD5 | Selector de conversor digital análogo A0 |
| PD6 | Selector de conversor digital análogo A1 |
| PD7 | Habilitador de almacenar nueva información en conversor |

Tabla 2: Puertos utilizados por el microcontrolador en el circuito esclavo

ANEXO N° 10

CIRCUITO MAESTRO



I. Microcontrolador:

El microcontrolador que estará incorporado en el circuito maestro deberá contener las siguientes características.

- **Interrupción de Timer:** Permitirá implementar un reloj para el control del tiempo del sistema.
- **Puertos de entrada y salida:** Deberá controlar el teclado matricial como entrada y también la pantalla LCD como salida.
- **Comunicación USART:** El microcontrolador deberá poder establecer comunicación con otro microcontrolador, en este caso los esclavos.
- **Memoria EEPROM:** Deberá permitir almacenar un registro por día de todo el sistema.

Al igual que en el caso del circuito esclavo, se optará por el microcontrolador ATmega8 dado que se tiene experiencia en la programación de este microcontrolador.

II. Teclado

El teclado matricial de 4x4 es un dispositivo de entrada de datos que consta de 16 teclas o pulsadores, distribuidos en 4 filas y 4 columnas (de allí el nombre de teclado matricial de 4x4). Para su conexión, el teclado matricial de 4x4 dispone de un conector SIL (Single In Line) macho de 8 pines, que corresponden a las 4 filas y 4 columnas de las que dispone el teclado. Cuando se presiona un pulsador o tecla, se conecta una fila con una columna, teniendo en cuenta este hecho, es muy fácil averiguar qué tecla fue pulsada. Son necesarias resistencias de 2,2k para poder compartir el puerto del microcontrolador que se use para controlar el teclado, independientemente del teclado. Por ejemplo, se puede conectar un LCD o una fila de LEDs al mismo tiempo que se usa el teclado matricial. El teclado a utilizar se muestra en la figura 1.



Figura 1: Teclado matricial 4x4

III. Pantalla

La Pantalla de Cristal Líquido o LCD es un dispositivo de visualización para la presentación de caracteres, símbolos o incluso dibujos (en algunos modelos). Para éste sistema, se utilizará un LCD de 2x16 (figura 2), es decir, de 2 líneas con capacidad para visualizar 16 caracteres por cada línea (de allí el nombre de LCD de 2x16). La elección de esta pantalla se debe a que los mensajes que se mostrarán en el circuito maestro tendrán de 13 a 30 caracteres, por lo tanto cumple con lo requerido. Este dispositivo está gobernado internamente por un microcontrolador Hitachi 44780 y regula todos los parámetros de presentación. Este modelo es el más comúnmente usado, de allí que se suele hablar de LCD Hitachi 44780, pero existen también versiones de LCDs compatibles mucho más baratas. El LCD se puede controlar mediante sus pines de entrada, se puede controlar usando 8 pines de datos o usando solamente 4 pines de datos. Para este desarrollo, se controlará con un bus de datos de 8 bits. La descripción de los 14 pines que utiliza esta pantalla se muestra en la tabla 1.



Figura 2: Pantalla LCD 16x2

| PIN | SÍMBOLO | DESCRIPCIÓN |
|------|---------|--|
| 1 | VSS | Tierra de Alimentación (GND). |
| 2 | VCC | Alimentación a +5VCC. |
| 3 | VO | Contraste del LCD (0 a 5V). |
| 4 | RS | Selección del registro de control/registro de datos: RS=0 (Selección registro de control) RS=1 (Selección registro de datos) |
| 5 | R/W | Señal de lectura/escritura: R/W=0 Escritura (Write) R/W=1 Lectura (Read) |
| 6 | E | Habilitación del LCD: E=0 (LCD desconectado) E=1 (LCD conectado) |
| 7-14 | D0-D7 | Bus de datos direccional |

Tabla 1: Descripción de pines Pantalla LCD 16 x 2

IV. Conversor RS-485

Para la comunicación se utilizará el mismo circuito que se detalló para el caso del esclavo.

V. Alimentación VCC

Los detalles de la fuente de alimentación que se utiliza, así como las especificaciones de los reguladores utilizados se detallan en el anexo 11.

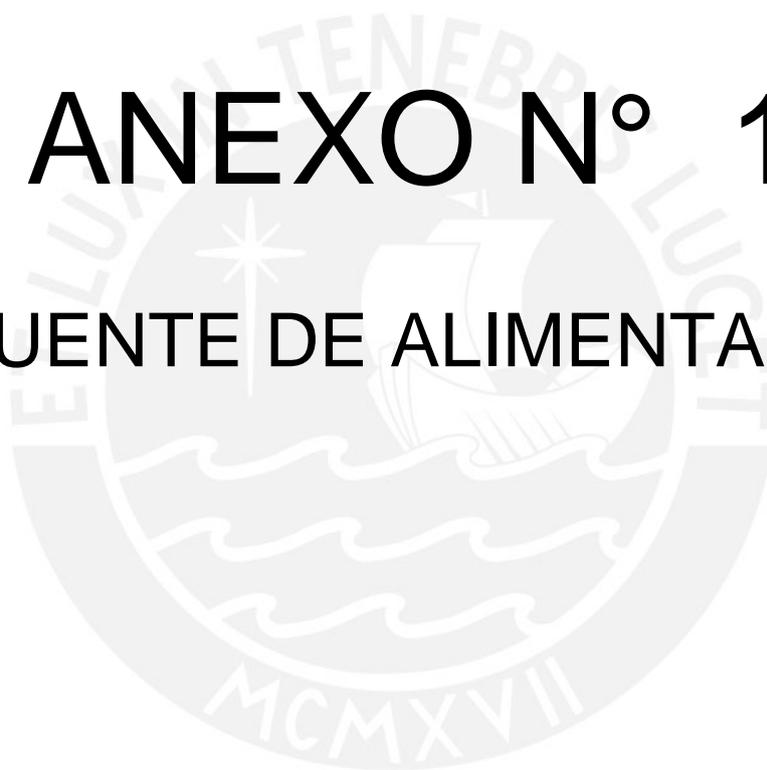
En la tabla 2 se observa la función que cumple cada uno de los puertos del microcontrolador. La configuración de alimentación Vcc que recibe el microcontrolador es la misma que se utiliza en el circuito esclavo. Para la pantalla LCD se incorpora un potenciómetro de 10K, el cual está conectado al pin 3 de contraste de luz y con esto graduar la intensidad de acuerdo a la necesidad del usuario.

| Puerto | Descripción |
|--------|---|
| PB0 | Puerto Salida de datos hacia LCD / Puerto Entrada desde teclado |
| PB1 | Puerto Salida de datos hacia LCD / Puerto Entrada desde teclado |
| PB2 | Puerto Salida de datos hacia LCD / Puerto Entrada desde teclado |
| PB3 | Puerto Salida de datos hacia LCD / Puerto Entrada desde teclado |
| PB4 | Puerto Salida de datos hacia LCD / Puerto Entrada desde teclado |
| PB5 | Puerto Salida de datos hacia LCD / Puerto Entrada desde teclado |
| PB6 | Puerto Salida de datos hacia LCD / Puerto Entrada desde teclado |
| PB7 | Puerto Salida de datos hacia LCD / Puerto Entrada desde teclado |
| PC0 | Selección del registro de control/registro de datos LCD : RS |
| PC1 | Señal de lectura/escritura LCD: R/W |
| PC2 | Habilitación del LCD: E |
| PD0 | Puerto de recepción de datos RX |
| PD1 | Puerto de transmisión de datos RX |
| PD2 | Selector recepción/transmisión |

Tabla 2: Puertos utilizados por el microcontrolador en el circuito maestro

ANEXO N° 11

FUENTE DE ALIMENTACION



I. Fuente de alimentación esclavo

De acuerdo a los elementos que componen el circuito esclavo, el consumo de potencia (Watts) de estos elementos es:

| Esclavo | I | V | W |
|------------------------------|-------|----|-------|
| Microcontrolador | 0,2 | 5 | 1 |
| Multiplexor Analógico | 0,008 | 5 | 0,04 |
| Multiplexor Digital | 0,08 | 5 | 0,4 |
| Comunicación | 0,001 | 12 | 0,012 |
| DAC | 0,006 | 12 | 0,072 |
| Otros | 0,05 | 12 | 0,6 |
| Total | | | 2,124 |

Tabla 1: Consumo de potencia (Watts) de los elementos internos que componen el circuito esclavo

Tal como se observa en la tabla 1, este circuito consume (internamente) 2,124 Watts (dado que se alimenta con 12V, esto indica que requiere internamente una corriente de 177mA). Por otro lado, según lo visto en los circuitos de distribución, los cuales están conectados cada circuito esclavo, estos consumen una potencia eléctrica detallada en la tabla 2.

| Esclavo | 1 | | 2 | | | 3 | | | 4 | | 5 | |
|----------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Total consumo Interno (W) | 2,124 | | 2,124 | | | 2,124 | | | 2,124 | | 2,124 | |
| Distribuidor | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| Consumo (W) | 4,341 | 5,132 | 2,168 | 4,432 | 2,969 | 2,248 | 2,248 | 2,248 | 3,69 | 5,132 | 5,369 | 3,489 |
| Total consumo externo (W) | 9,473 | | 9,569 | | | 6,744 | | | 8,822 | | 8,858 | |

Tabla 2: Consumo de potencia (Watts) de todos los elementos que componen el circuito esclavo

Estos circuitos esclavos deberán proveer una máxima potencia de 9,569 Watts (de acuerdo al esclavo 2). Esto representa un consumo de corriente de 797 mA. Por lo tanto, para suministrar esta corriente se utilizarán 2 sistemas de alimentación:

a) Alimentación externa:

Para la alimentación externa se utilizará un regulador de voltaje 7812 (12V), el cual tendrá un condensador de 330nf a la entrada y 100 nf a la salida, y se

utilizará para otorgar alimentación hacia los circuitos de distribución para cada red.

b) Alimentación interna:

Para la alimentación interna también se utilizará un regulador 7812 (12V) para otorgar alimentación a los elementos que lo requieran (MAX 481, DAC TLC7226). A la salida de este regulador se colocará un segundo regulador 7805(5V) para proporcionar voltaje hacia los elementos restantes que componen este circuito esclavo. Ambos reguladores también utilizan condensadores de 330nf a la entrada y 100 nf a la salida. Para todos los reguladores utilizados en estos circuitos, se les incorporará disipadores de calor. Dado que los reguladores seleccionados pueden otorgar 1A de corriente, entonces estos cumplen con lo requerido.

II. Fuente de alimentación maestro

De acuerdo a los elementos que componen el circuito esclavo, el consumo de potencia (Watts) de estos elementos es:

| Maestro | I | V | W |
|------------------|-------|----|--------------|
| Microcontrolador | 0,2 | 5 | 1 |
| LCD | 0,2 | 5 | 1 |
| Comunicación | 0,001 | 12 | 0,012 |
| Otros | 0,05 | 12 | 0,6 |
| Total | | | 2,612 |

Tabla 3: Consumo de potencia (Watts) de todos los elementos que componen el circuito maestro

Tal como se observa en la tabla 3, este circuito consume 2,612 Watts (dado que se alimenta con 12V, esto indica que requiere internamente una corriente de 217mA).

Para la alimentación utilizará un regulador 7812 (12V) para otorgar alimentación a los elementos que lo requieran (MAX 481). A la salida de este regulador se colocará un segundo regulador 7805(5V) para proporcionar voltaje hacia los elementos restantes que componen este circuito maestro (LCD, teclado, microcontrolador). Ambos reguladores también utilizan condensadores de 330nf a la entrada y 100 nf a la salida. Para todos los reguladores utilizados en estos circuitos, se les incorporará disipadores de calor. Dado que los reguladores seleccionados pueden otorgar 1A de corriente, entonces estos cumplen con lo requerido.

III. Transformador a utilizar

Finalmente para la alimentación de 12V que requiere el circuito esclavo y maestro, se utilizará un transformador de voltaje comercial (figura 1), y así se podrá conectar el equipo a cualquier fuente de alimentación de 220Vac. Este transformador puede otorgar una corriente de 1,5 A.



Figura 1: Transformador a 12V



ANEXO N° 12

INTERCONEXION DE EQUIPOS

Una vez realizado el diseño de todos los equipos que se utilizarán para este sistema de iluminación, ahora se procederá a detallar la posible ubicación de los circuitos, la cantidad de cableado que se utilizará y el tipo de cable que será necesario. En este caso en particular tenemos tanto señales de datos como alimentación Vcc que requieren todos los circuitos, por lo tanto será necesario el tipo de cable a utilizar para cada caso. El otro aspecto viene a ser la protección que tendrán estos cables, para esto se utilizarán canaletas, las cuales deben permitir mantener el cableado organizado y a su vez protegido.

La figura 1 muestra la posible ubicación de los circuitos dentro de los ambientes de acuerdo a los planos de planta que se obtuvieron del primer piso del pabellón V. A partir de esto, es posible calcular la cantidad de cableado a utilizar para interconectar los sensores, actuadores y distribuidores hacia cada uno de los circuitos esclavo. Para el caso de la interconexión entre los circuitos esclavo y el circuito maestro, será necesario agrupar las señales provenientes de las redes 1,2 y 3 utilizando un circuito similar al circuito de distribución, con la diferencia que solo será una señal la que Ingresará y se repartirá hacia las 3 redes correspondientes. A este circuito se denominará circuito repartidor (figura 45) y estará ubicado junto al circuito esclavo 3.

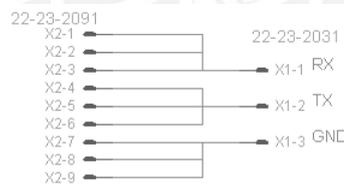
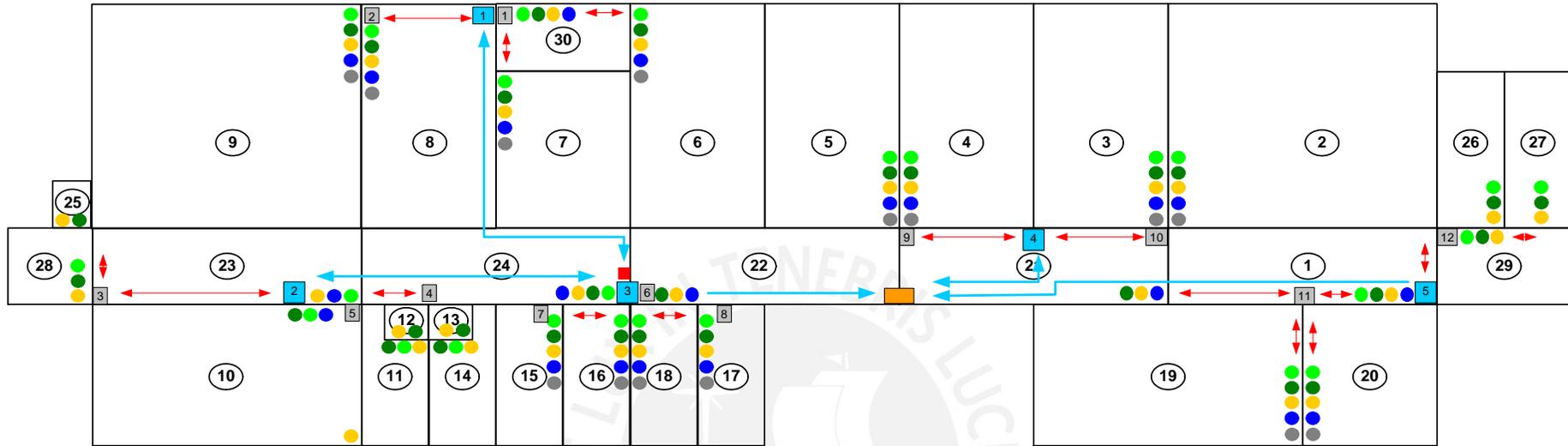


Figura 2: Circuito repartidor

Con esto, en el circuito maestro solo serán necesarias 3 salidas de comunicación hacia los circuitos esclavos, es decir, hacia la red 4, red 5 y el circuito repartidor, tal como se muestra en la figura 2. Este arreglo permite ahorrar en el cableado de interconexión entre el circuito maestro y los esclavos, ya que es aquí donde se utiliza gran cantidad de cableado por las distancias que hay entre los circuitos. En la tabla 1 se observa la cantidad de cableado que se requiere para interconectar todos estos componentes, así como el número de metros de canaleta requeridos para cubrir dicho cableado.



RED 1

- 6 Laboratorio de Control Avanzado
- 7 Laboratorio de Bioingeniería
- 8 Taller de Proyectos Electronicos
- 9 Laboratorio de Proyectos Electronicos
- 30 Oficina Laboratorio de Bioingeniería

RED 2

- 11 SSHH Hombres
- 12 SSHH Hombres Privado
- 13 SSHH Mujeres Privado
- 14 SSHH Mujeres
- 23 Pasillo V115
- 10 Almacen
- 25 Radio Club PUCP
- 28 Hall Ingreso Posterior

RED 3

- 24 Pasillo V111- V113
- 22 Pasillo V107 - V109
- 15 Jefatura Laboratorios
- 16 Oficina 8
- 17 Laboratorio de Telecomunicaciones Opticas A
- 18 Laboratorio de Telecomunicaciones Opticas B

RED 4

- 2 Laboratorio de Circuitos y Sistemas Electronicos
- 3 Laboratorio Microprocesadores
- 4 Laboratorio Sistemas Electricos
- 5 Laboratorio de Control y Automatizacion

RED 5

- 1 Pasillo V101
- 20 Taller de Electronica
- 19 Laboratorio Telecomunicaciones
- 21 Pasillo V103 - V105
- 26 SSHH Hombres Exterior
- 27 SSHH Mujeres Exterior
- 29 Hall Ingreso

Figura 1: Diagrama de posibles ubicaciones de los elementos del sistema en cada uno de los ambientes

Para el cableado de datos se utilizará cable AWG 20, mientras que para el cableado de alimentación se utilizará cable AWG 18. Las canaletas a utilizar serán 24x14mm. con capacidad para 4 cables; 39x18mm. con capacidad para 8 cables y 60x22mm. con capacidad para 20 cables.

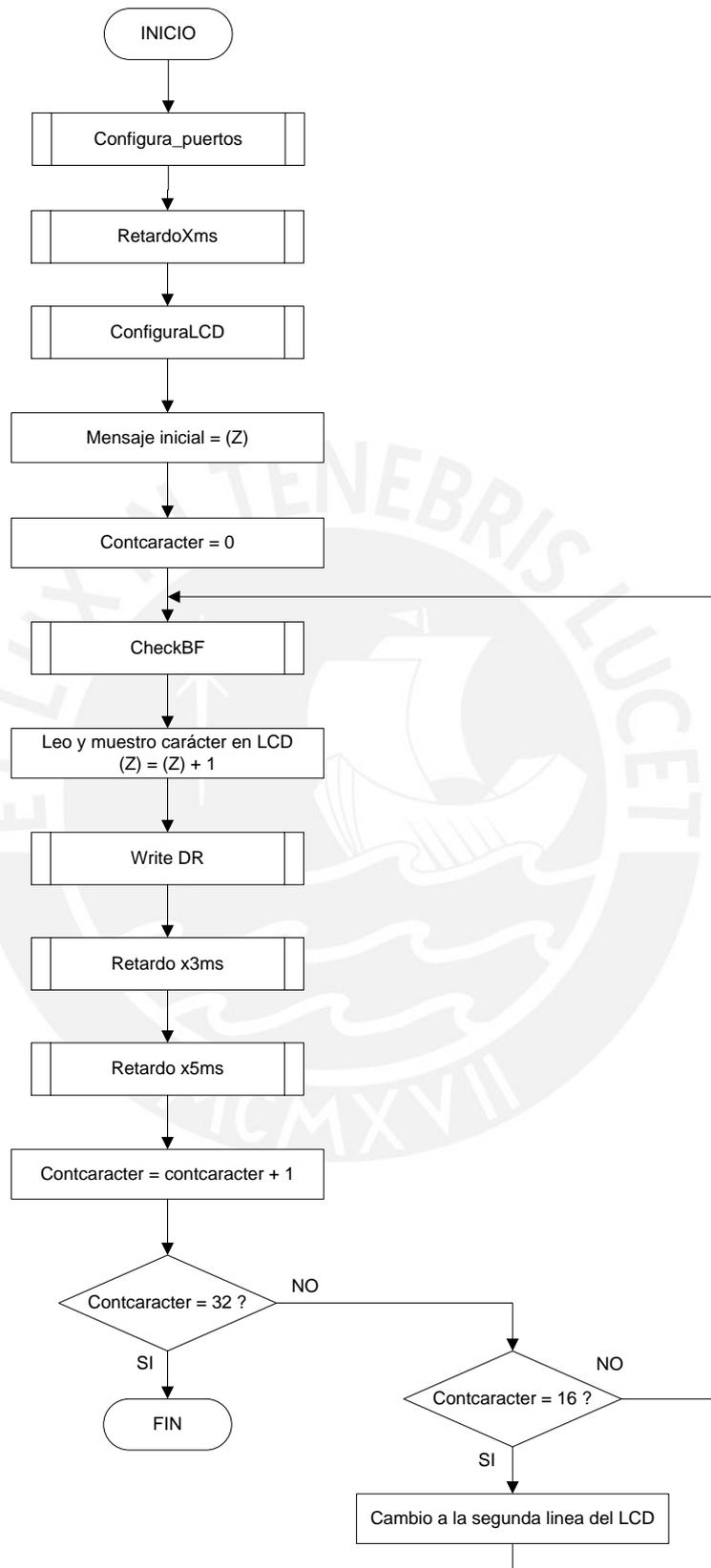
| numero | Descripción | ESCLAVO | | | | | | MAESTRO | | TOTAL | | | |
|--------------|--|-----------------------------|-----------------|---------------|----------------------------|-----------------------|---------------|---------------|-------------------------------|----------------------------|--------------------|-----------------------|---------------------|
| | | Distancia hacia esclavo (m) | Cable Datos (m) | Cable VCC (m) | Cable VCC Distribuidor (m) | Total Cable Datos (m) | Total VCC (m) | Canaletas (m) | Cable Datos hacia Maestro (m) | Canaleta hacia maestro (m) | Total Canaleta (m) | Total Cable Datos (m) | Total Cable VCC (m) |
| RED 1 | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | Laboratorio de Control Avanzado | 10,5 | 51 | 17,6 | 4 | 172 | 58 | 27,8 | 66 | 22 | 271 | 1114 | 371 |
| 7 | Laboratorio de Bioingeniería | 10,5 | 25 | 6 | 0 | | | | | | | | |
| 30 | Oficina Laboratorio de Bioingeniería | 2,5 | 8,9 | 1,2 | 0 | | | | | | | | |
| 8 | Taller de Proyectos Electrónicos | 9 | 46 | 8 | 16 | | | | | | | | |
| 9 | Laboratorio de Proyectos Electrónicos | 10 | 41 | 5,2 | 0 | | | | | | | | |
| RED 2 | | | | | | | | | | | | | |
| 23 | Pasillo V115 | 2 | 1,9 | 3,4 | 0 | 182 | 112 | 53,3 | 48 | 16 | 271 | 1114 | 371 |
| 10 | Almacén | 8,5 | 10 | 20,4 | 0 | | | | | | | | |
| 25 | Radio Club PUCP | 14,5 | 36 | 13,5 | 20 | | | | | | | | |
| 28 | Hall Ingreso Posterior | 12 | 22 | 3,4 | 0 | | | | | | | | |
| 11 | SSHH Hombres | 14,5 | 41 | 15,4 | 14 | | | | | | | | |
| 12 | SSHH Hombres Privado | 9 | 16 | 3 | 0 | | | | | | | | |
| 13 | SSHH Mujeres Privado | 9 | 16 | 3 | 0 | | | | | | | | |
| 14 | SSHH Mujeres | 14,5 | 41 | 15,4 | 0 | | | | | | | | |
| RED 3 | | | | | | | | | | | | | |
| 22 | Pasillo V107 - V109 | 1 | 0,8 | 0,4 | 0 | 147 | 59 | 29,6 | 45 | 15 | 271 | 1114 | 371 |
| 24 | Pasillo V111- V113 | 1 | 1,4 | 0,8 | 0,4 | | | | | | | | |
| 15 | Jefatura Laboratorios | 7 | 31 | 0,8 | 12 | | | | | | | | |
| 16 | Oficina 8 | 10 | 42 | 16 | 0 | | | | | | | | |
| 17 | Laboratorio de Telecomunicaciones Ópticas A | 7 | 31 | 0,8 | 12 | | | | | | | | |
| 18 | Laboratorio de Telecomunicaciones Ópticas B | 10 | 42 | 16 | 0 | | | | | | | | |
| RED 4 | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | Laboratorio de Circuitos y Sistemas Electrónicos | 9 | 43 | 4 | 20 | 168 | 50 | 21,6 | 36 | 12 | 271 | 1114 | 371 |
| 3 | Laboratorio Microprocesadores | 9 | 41 | 1,2 | 0 | | | | | | | | |
| 4 | Laboratorio Sistemas Eléctricos | 9 | 41 | 1,2 | 0 | | | | | | | | |
| 5 | Laboratorio de Control y Automatización | 9 | 43 | 4 | 20 | | | | | | | | |
| RED 5 | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | Pasillo V101 | 17 | 25 | 2 | 0 | 160 | 92 | 43,9 | 90 | 30 | 271 | 1114 | 371 |
| 21 | Pasillo V103 - V105 | 17 | 34 | 3 | 16 | | | | | | | | |
| 20 | Taller de Electrónica | 15 | 19 | 14,6 | 0 | | | | | | | | |
| 19 | Laboratorio Telecomunicaciones | 15 | 19 | 14,6 | 0 | | | | | | | | |
| 26 | SSHH Hombres Exterior | 7 | 17 | 14 | 8 | | | | | | | | |
| 27 | SSHH Mujeres Exterior | 12 | 33 | 18 | 0 | | | | | | | | |
| 29 | Hall Ingreso | 5 | 13 | 1,6 | 0 | | | | | | | | |

Tabla 1: Cantidad de cableado a utilizar para la interconexión de los elementos del sistema

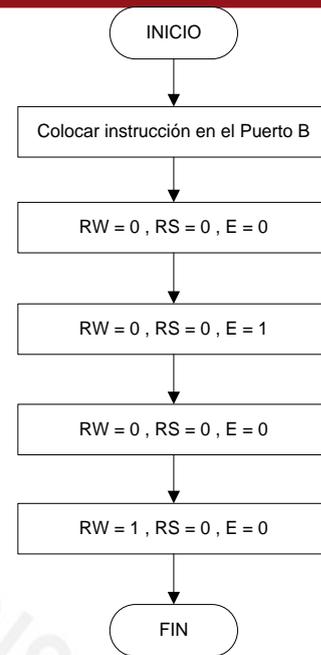
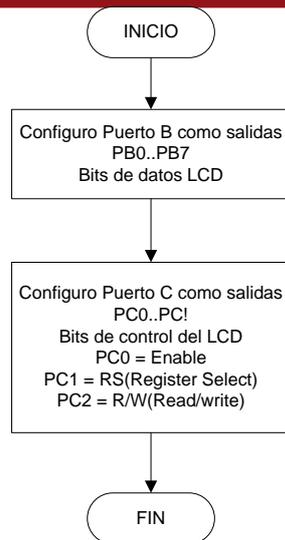
ANEXO N° 13

SUBROUTINAS CIRCUITO MAESTRO

SUBROUTINA IMPRIME
MENSAJE INICIAL

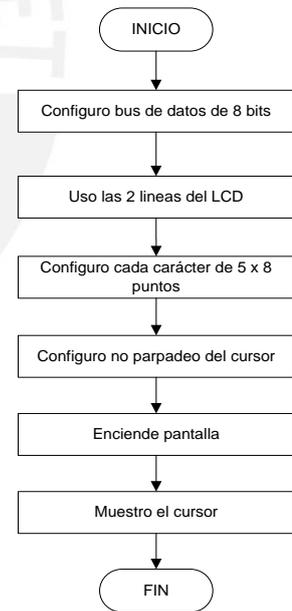
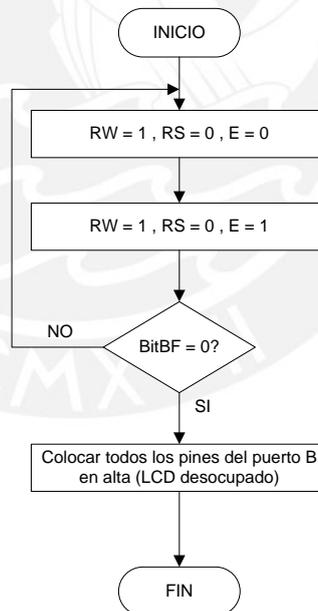
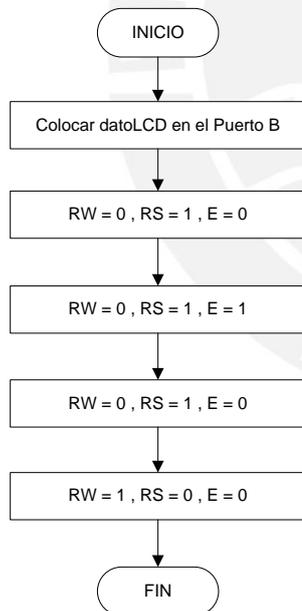


Subrutina imprime mensaje inicial



Subrutina Configuro Puertos

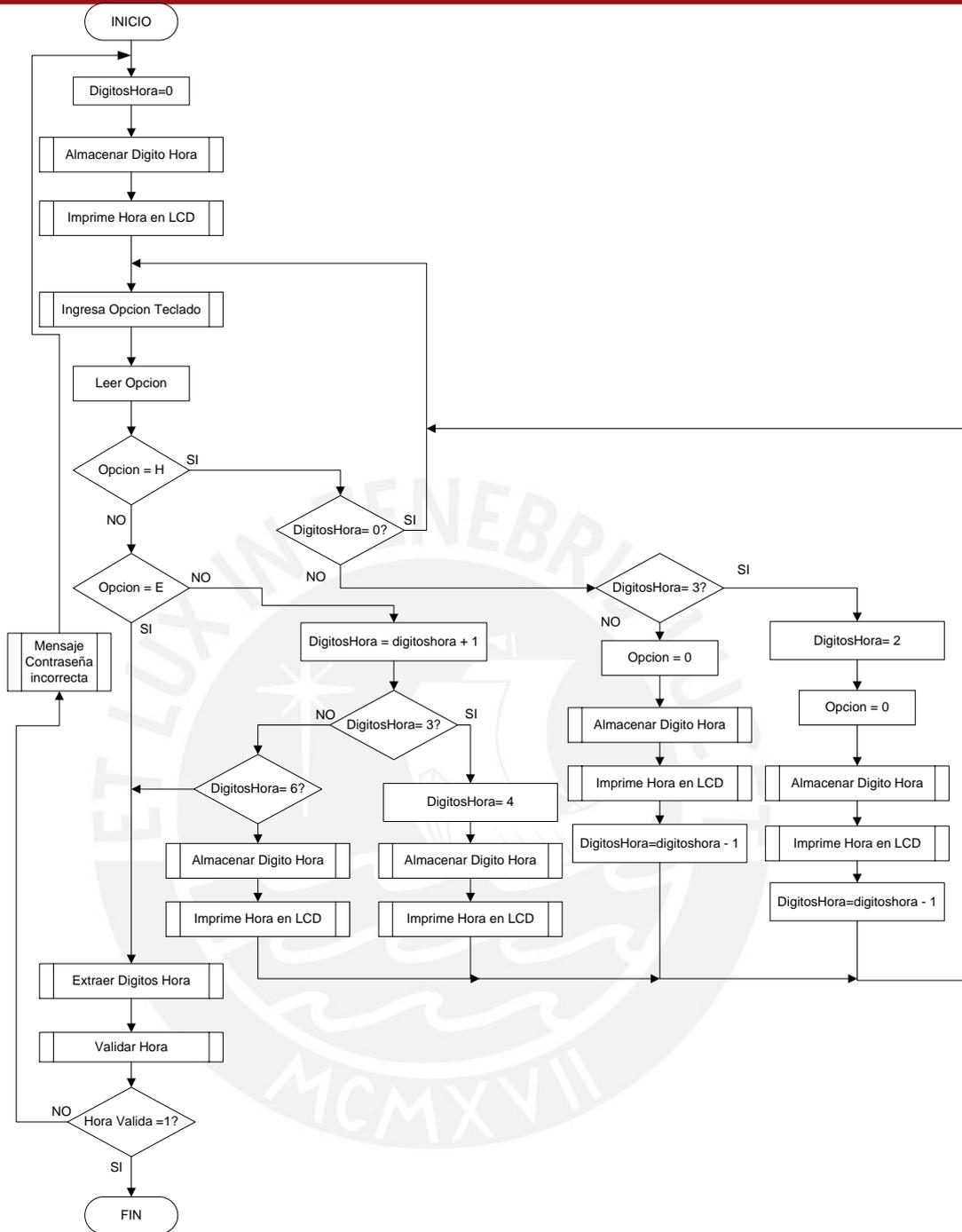
Subrutina Write IR



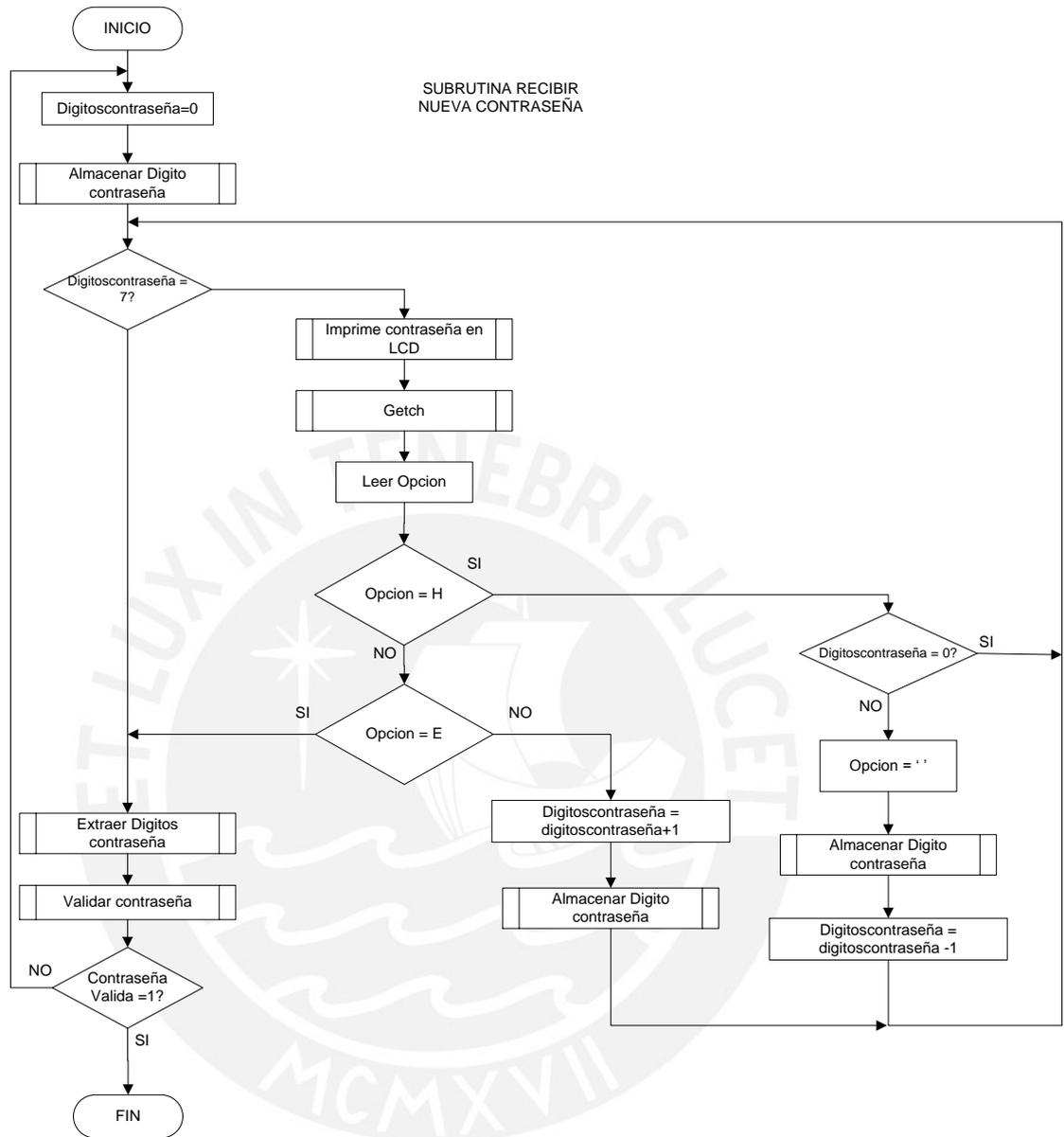
Subrutina Write DR

Subrutina CheckBF

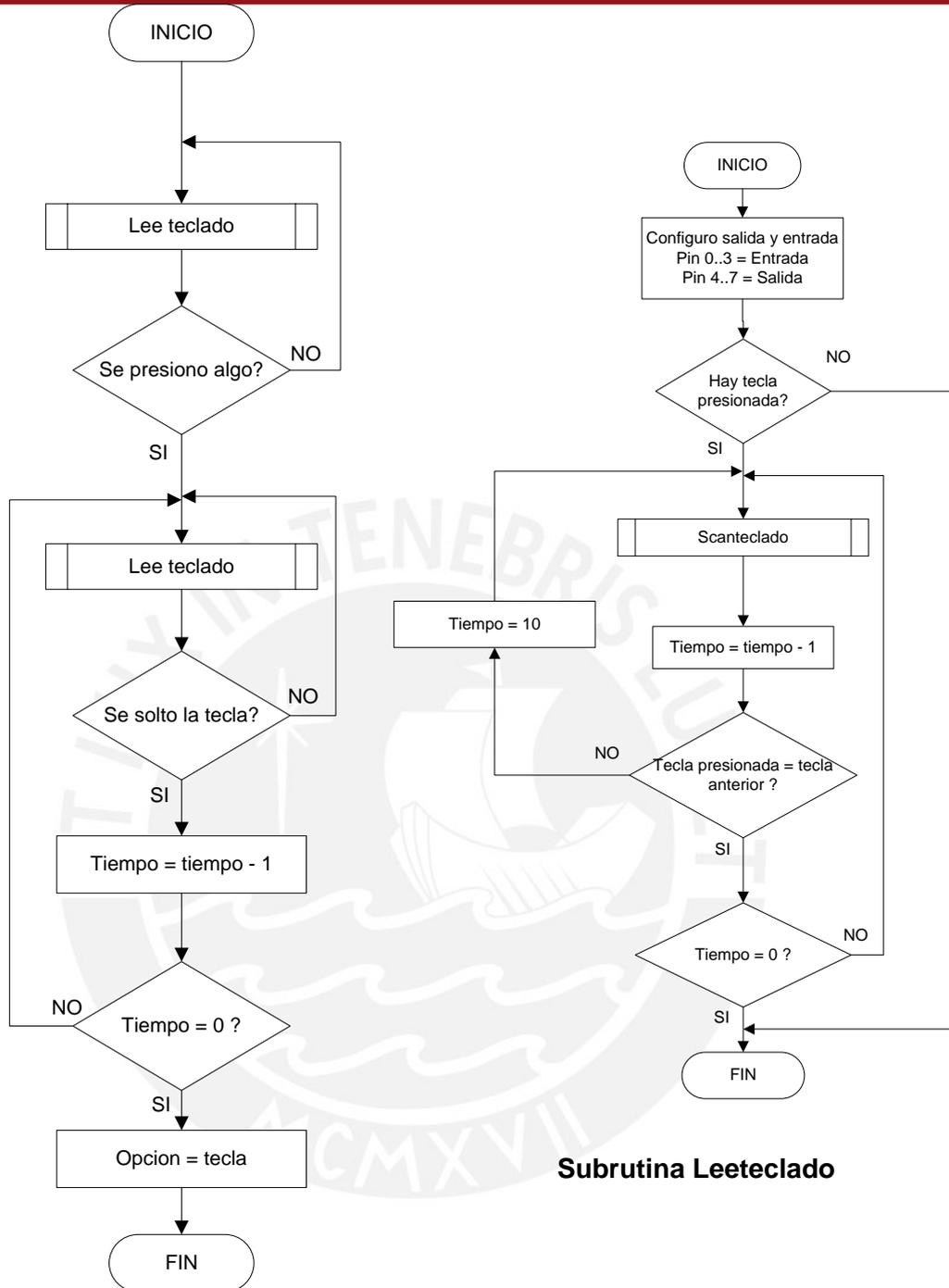
**Subrutina Configura
LCD**



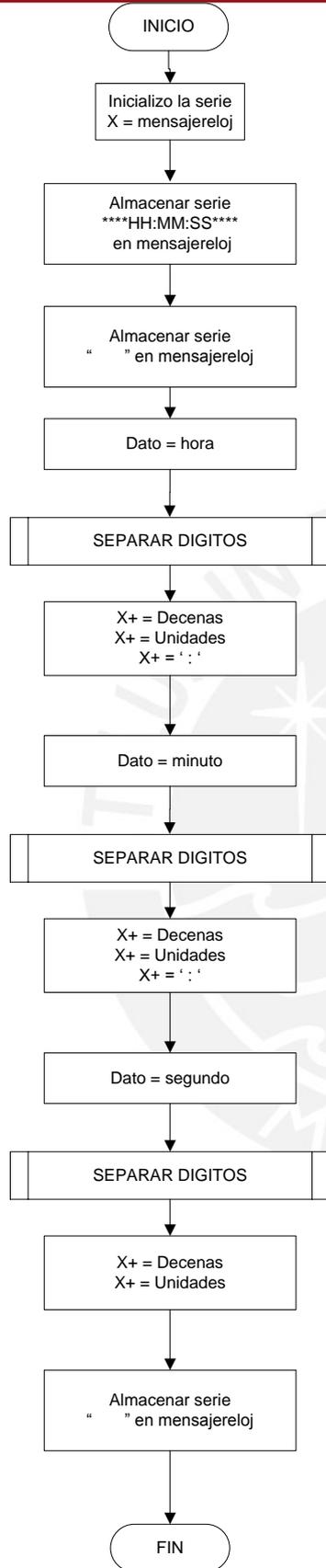
Subrutina recibir hora



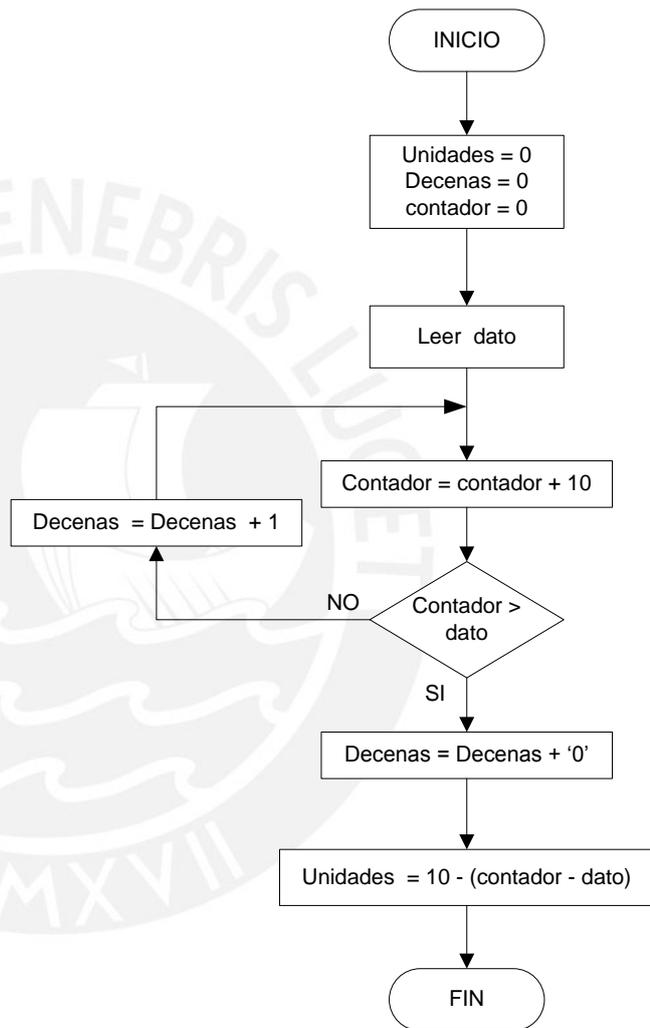
Subrutina recibir contraseña



Subrutina ingreso opción teclado



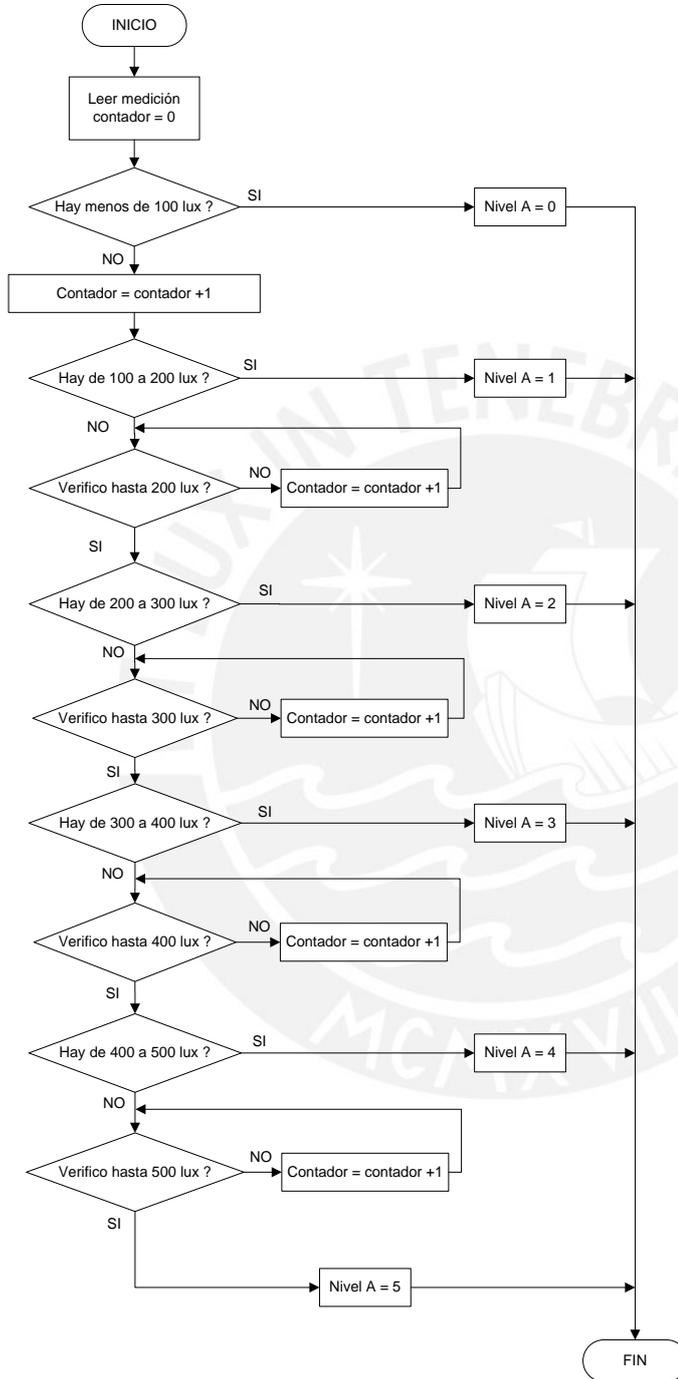
Subrutina Actualizar reloj



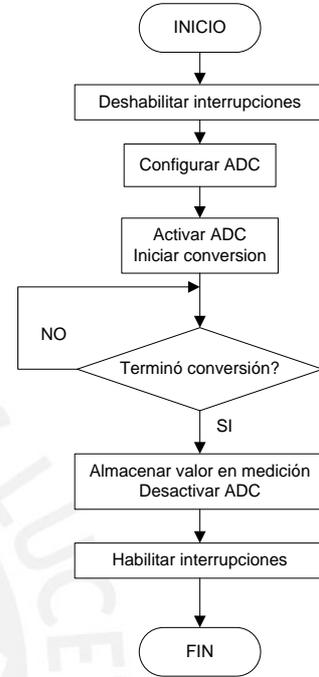
Subrutina separar dígitos

ANEXO N° 14

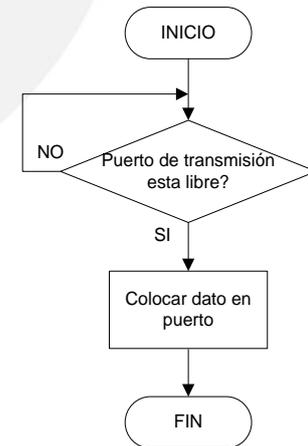
SUBROUTINAS CIRCUITO ESCLAVO



Subrutina determinar



Conversión ADC



Transmisión serial

ANEXO N° 15

SIMULADOR A UTILIZAR

De acuerdo con lo visto, será necesario contar con un software que permita la simulación de varios parámetros. Con todo esto, se eligió utilizar el software VMLAB de la compañía Advanced Micro Tools, el cual es un software libre que se puede descargar del sitio web de dicha compañía. En la tabla 1 muestra las características para la simulación de hardware y software. A continuación se detallarán cada uno de los elementos que se utilizarán del software VMLAB para la simulación de cada circuito (esclavo y maestro).

| Hardware | Software |
|---|---|
| <p>Permite la co-simulación del hardware del microcontrolador con señales análogas ó digitales mediante periféricos para cada elemento</p> <p>Posee una librería de elementos básicos de hardware los cuales se pueden conectar al microcontrolador</p> <p>Incluye elementos interactivos: Interruptores/pulsadores a modo de teclado matricial; Barra deslizante para controlar generador de voltaje; TTY (RS-232) para comunicación; Diodos LED y Módulo LCD.</p> | <p>Editor de código ASM.</p> <p>Localiza los errores e indica la línea donde se encuentra.</p> <p>Muestra las variables/registros en formato hexadecimal, binario, decimal.</p> <p>Soporta el modelo de microcontrolador Atmega 8.</p> <p>Real simulación de interrupciones</p> <p>Simulación multiproceso. Dos microcontroladores pueden trabajar en paralelo.</p> |

Tabla 1: Características del software VMLAB

Circuito Maestro en VMLAB

El simulador para el circuito maestro se muestra en la figura 49, y cuenta con los siguientes elementos:

1. **Botón GO:** Cuando se presiona este botón, se inicializa el funcionamiento del multiproceso y así la simulación del sistema completo.
2. **LED:** El D1 Estará conectado al puerto PD2. Cuando esté apagado, indicará que está recibiendo, caso contrario estará transmitiendo.
3. **Teclado Matricial:** Se utilizará para simular el funcionamiento del teclado matricial 4x4 que se requiere para que el usuario pueda ingresar datos. Para esto, se utilizará la tecla “E” para culminar el ingreso de datos o en caso que se quiera salir de alguna alternativa seleccionada. La tecla “F” permitirá borrar dígitos ingresados que sean incorrectos. Para algunas funciones, se utilizarán las teclas “A” y “B” para subir o bajar dentro de una opción elegida.

De aquí en adelante se utilizará el término teclado para hacer referencia a este teclado matricial.

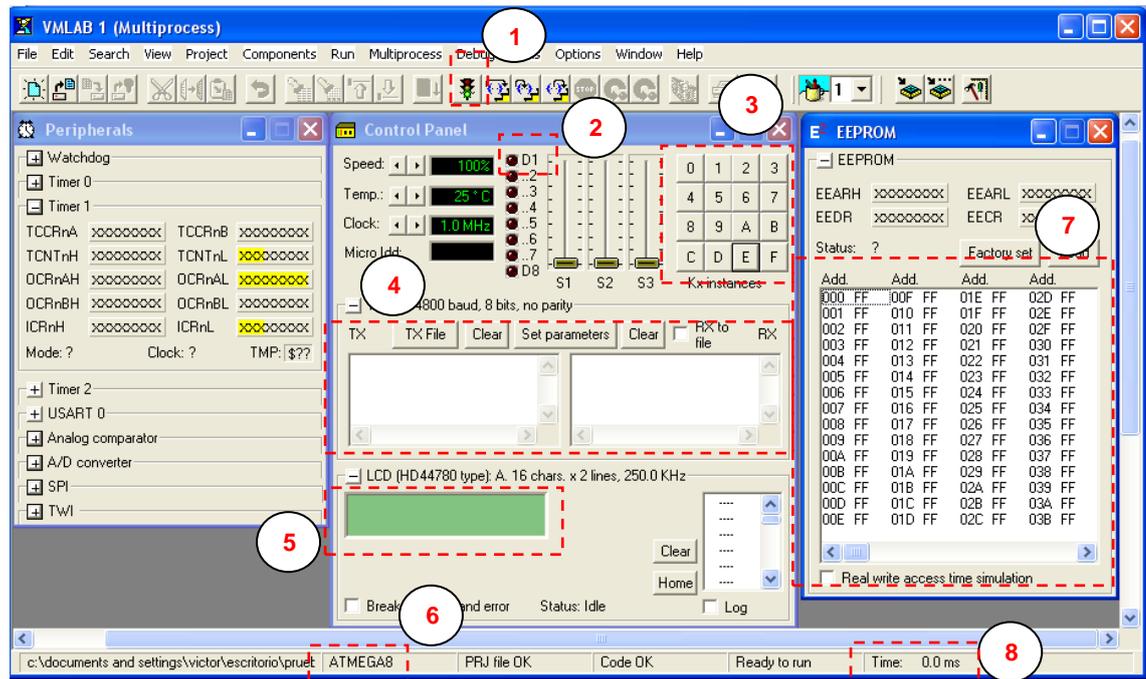


Figura 1: Descripción del simulador para el circuito maestro

4. **Módulo de Recepción/Transmisión:** Este módulo permitirá la comunicación serial entre el simulador del circuito maestro y el esclavo. Está configurado para hacer la transmisión de datos a 4800 baudios, sin paridad. Se utilizará la opción multiproceso para simular la transmisión y recepción de datos.
5. **Pantalla LCD:** Funcionará tal como se menciona en el punto 3.6.3.3. Se utilizará el término LCD para hacer referencia a este elemento.
6. **Microprocesador:** Indica el microprocesador que se está utilizando en la simulación, en este caso, ATMEGA 8.
7. **Módulo memoria eeprom:** Permite visualizar el estado de la memoria eeprom, y así saber si se están almacenando datos en dicha memoria.
8. **Reloj del sistema:** Muestra el reloj interno del microprocesador para la ejecución de las líneas de código.

Circuito Esclavo en VMLAB

El simulador para el circuito esclavo se muestra en la figura 2, y cuenta con los siguientes elementos:

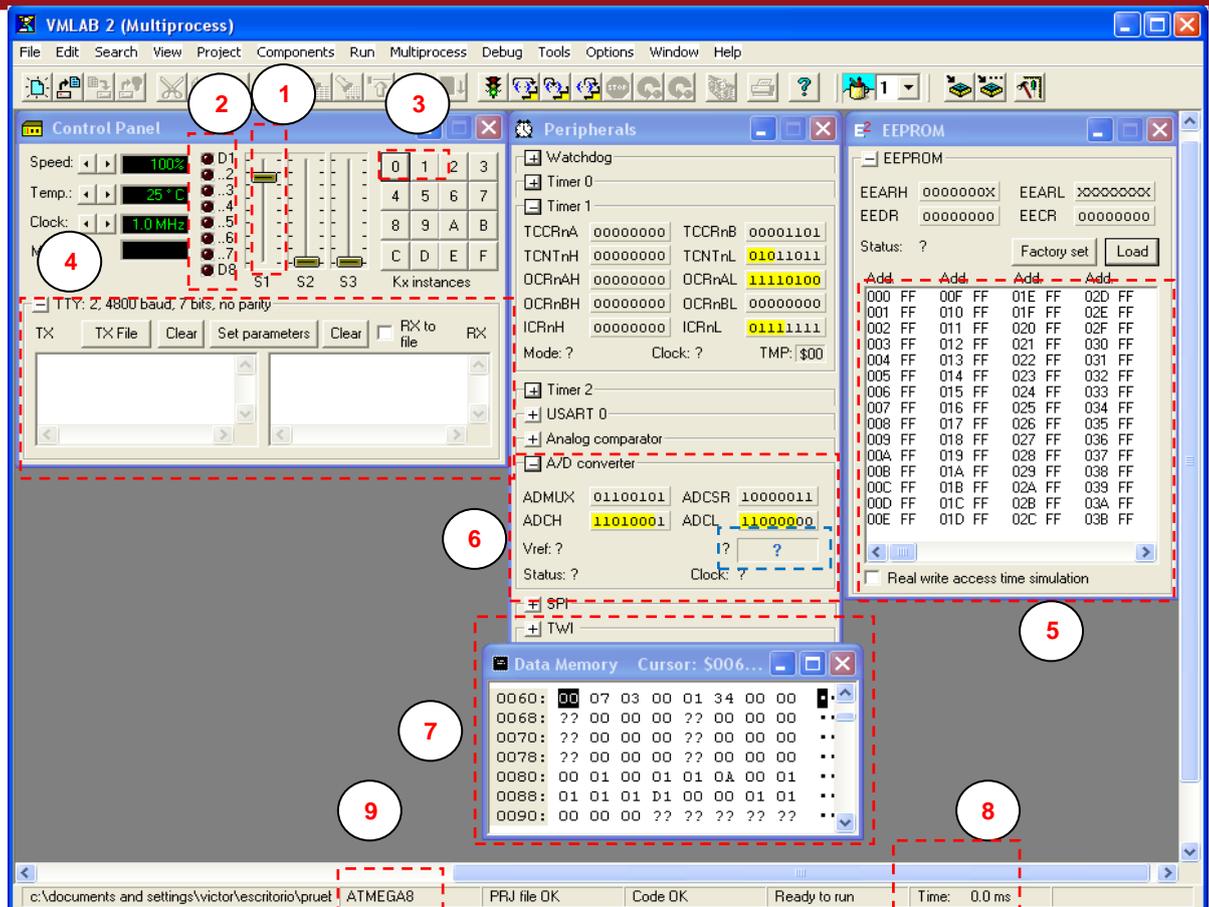


Figura 2: Descripción del simulador para el circuito esclavo

1. **SLIDER:** Elemento que nos permitirá generar un voltaje desde 0 a 5 V para simular el funcionamiento del sensor de luz.
2. **LEDS :**
 - a. **D1:** Estará conectado al puerto PD2. Cuando esté apagado, indicará que está recibiendo, caso contrario estará transmitiendo.
 - b. **D2:** Conectado al interruptor de encendido/apagado. Cuando este encendido, indicará que el interruptor está en modo automático, caso contrario, estará en modo manual.
 - c. **D3:** Conectado al sensor de movimiento. Cuando esté encendido, indicará que no se detectaron personas, caso contrario, detectó la presencia de personas.
 - d. **D4:** Servirá como salida, conectado al puerto PB0. Cuando este encendido, indicará que el circuito esclavo indico el encendido de las lámparas.
 - e. **D5:** Representa al bit menos significativo para la regulación de intensidad luminosa. Está conectado al puerto PD3.

- f. **D6:** Representa al bit más significativo para la regulación de intensidad luminosa. Está conectado al puerto PD4.
3. **Interruptores:** Permitirán simular las señales provenientes del sensor de movimiento y del interruptor manual/automático. Cuando este presionado, enviará un “1” lógico y cuando vuelva a presionarse, enviará un “0” lógico. El interruptor “K0” se utilizará para el sensor de movimiento, mientras que el interruptor “K1” se utilizará para el interruptor manual/automático.
 4. **Módulo de Recepción/Transmisión:** Este módulo permitirá la comunicación serial entre el simulador del circuito maestro y el esclavo. Está configurado para hacer la transmisión de datos a 4800 baudios, sin paridad.
 5. **Módulo memoria eeprom:** Permite visualizar el estado de la memoria eeprom, y así saber si se están almacenando datos en dicha memoria.
 6. **Periférico CONVERSION AD:** Permite visualizar el valor de voltaje que ingresa a través del puerto PC5, proveniente del sensor de luz, para la conversión de éste valor a digital. Dentro de las líneas discontinuas de color azul, se muestra el valor desde 0 a 5V.
 7. **Memoria de datos:** Módulo que permite visualizar el estado de los registros de la memoria RAM, para este caso, se utilizarán los registros desde la dirección de memoria \$0060.
 8. **Reloj del sistema:** Muestra el reloj interno del microprocesador para la ejecución de las líneas de código.
 9. **Microprocesador:** Indica el microprocesador que se está utilizando en la simulación, en este caso, el ATmega8.

ANEXO N° 16

PRUEBAS DEL SISTEMA

En caso de ingresar otro valor de contraseña, tal como se muestra en la figura 6, el sistema mostrará el mensaje “NO COINCIDEN LAS CONTRASENAS” (figura 7), seguidamente volverá a mostrar el mensaje “CONTRASENA” (figura 3). El sistema no pasará hacia la siguiente acción hasta no ingresar correctamente la contraseña.

3. Ingresar hora:

El sistema requiere que el usuario ingrese la hora actual, en formato 24 horas, para que el sistema lo tome como referencia y efectúe sus acciones. La figura 8 muestra el ingreso de una hora válida (04:30), es decir, 4 horas y 30 minutos. Una vez ingresado se pulsará la tecla “E” para terminar con el ingreso. Si la hora ingresada está dentro del rango 24 horas y 60 minutos, se mostrará el mensaje HORA INGRESADA VALIDA (figura 9). En caso que se ingrese un valor de hora que no corresponda al rango de 24 horas y 60 minutos (figura 10), el sistema responderá con el mensaje HORA INGRESADA NO VALIDA (figura 11). Mientras no se inserte un valor de hora válido, el sistema no pasará hacia la siguiente acción.

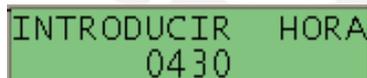


Figura 8: ingresar hora correcta

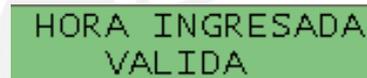


Figura 9: Mensaje HORA INGRESADA VALIDA

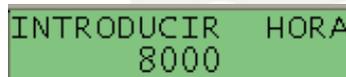


Figura 10: ingresar hora incorrecta

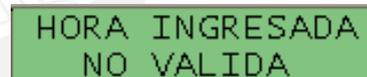


Figura 11: Mensaje HORA INGRESADA NO VALIDA

En caso que el usuario ingrese un dígito ó más que sean incorrectos y desea modificarlos antes de que el sistema pueda validarlo, puede pulsar una vez la tecla “F” para borrarla o pulsar varias veces para borrar varios dígitos.

Hasta el momento se ve que el único que estuvo en funcionamiento fue el circuito maestro, y esto se debe a que el circuito esclavo no entrará en funcionamiento hasta que el circuito maestro se lo indique, y esto ocurre justo después de mostrar en el LCD el mensaje HORA INGRESADA VALIDA (Figura 9).

A partir de aquí el circuito maestro enviará al circuito esclavo el dato “I”, indicándole que dé inicio a sus operaciones y seguidamente el circuito esclavo responderá con el dato “O”, para indicarle que iniciará sus acciones. La figura 12 muestra el estado del panel de control del circuito maestro luego de recibido la conformidad desde el

circuito esclavo. El punto señalado como 2 muestra el dato recibido. En el punto 1 de la misma figura se observa que el led D1 se encuentra encendido, indicando que el circuito maestro está listo para transmitir en cualquier momento.

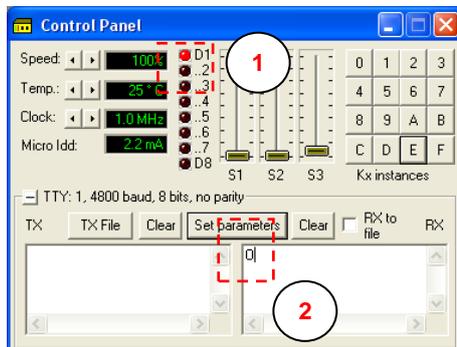


Figura 12: Panel de control maestro luego de recibir el dato “O” desde el esclavo.

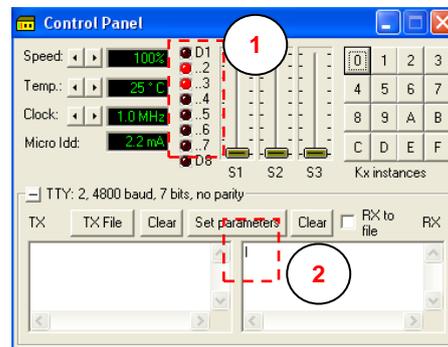


Figura 13: Panel de control esclavo luego de recibir el dato “I” desde el esclavo.

La figura 13 muestra el estado del panel de control del circuito esclavo luego de recibido el inicio de operaciones desde el circuito maestro. El punto señalado como 2 muestra el dato recibido. El punto 1 de la misma figura muestra la condición en la que se encuentra el circuito esclavo en ese momento. Como se sabe cada led (desde D1 hasta D6) indica un estado del circuito esclavo, los cuales se describen en la tabla 1.

| Led | Encendido | Apagado |
|-----|---------------------------|-----------------------|
| D1 | Modo Transmisión | Modo Recepción |
| D2 | Interruptor en Automático | Interruptor en manual |
| D3 | No presencia de personas | Presencia de personas |
| D4 | Lámparas encendidas | Lámparas apagadas |
| D5 | Bit PD3 en "1" | Bit PD3 en "0" |
| D6 | Bit PD4 en "1" | Bit PD4 en "0" |

Tabla 1: Señalización del estado de los sensores, actuadores y comunicación del circuito esclavo

Tal como muestra la tabla, el circuito esclavo se encuentra en modo recepción (D1), en modo automático (D2) y no se ha detectado la presencia de personas aún (D3). A partir de aquí se simulará cada circuito por separado, hasta el momento en que deba realizarse la transmisión/recepción de datos entre ellos.

4. Operaciones circuito esclavo

a. Reloj del circuito

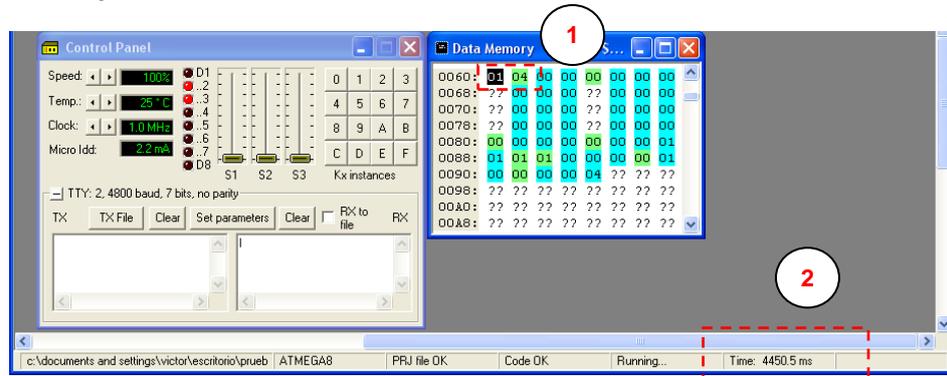


Figura 14: Funcionamiento del reloj del circuito esclavo

En el punto 1 de la figura 14 muestra la memoria de datos del circuito esclavo. Los registros utilizados se muestran en la tabla 2, en donde se indica la posición de memoria que ocupa cada uno de ellos. Para el funcionamiento del reloj, se utiliza una interrupción del temporizador cada 250 ms, y cuando hayan transcurrido 4 interrupciones se generará un segundo. De acuerdo a esto, en la dirección \$0060 y \$0061 se muestran los valores \$01 y \$04 respectivamente, lo cual indica que hasta el momento han transcurrido 4 segundos y 1 interrupción de 250 ms, lo cual puede contrastarse con el reloj del microcontrolador señalado en el punto 2 de la misma figura. Con esto se comprueba el correcto funcionamiento del reloj configurado para el control del tiempo para el circuito esclavo.

| Dirección | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|-----------|----------|------------|----------|-----------|-------------|-----------|----------|------------|
| \$0060 | reloj | Segundo | minuto | hora | habcont1 | contseg1 | contmin1 | conthor1 |
| \$0068 | habcont2 | contseg2 | contmin2 | conthor2 | habcont3 | contseg3 | contmin3 | conthor3 |
| \$0070 | habcont4 | contseg4 | contmin4 | conthor4 | habcont5 | contseg5 | contmin5 | conthor5 |
| \$0078 | habcont6 | contseg6 | contmin6 | conthor6 | habcont7 | contseg7 | contmin7 | conthor7 |
| \$0080 | hab5min1 | seg5min1 | min5min1 | 5_min_1 | hab1min1 | seg1min1 | 1_min_1 | recibihora |
| \$0088 | tipoamb1 | seleccion1 | PIR1 | medicion1 | regulacion1 | encender1 | huboper1 | pri_det_1 |
| \$0090 | est_man1 | comando | grabar1 | nivelA | nivelB | | | |

Tabla 2: Distribución de la memoria de datos para el circuito esclavo

b. Detección de personas

A partir de aquí se simulará la detección de personas y realizando la medición de la cantidad de luz recibida. Para el caso de la detección, se utilizará el interruptor “0” señalado en el punto 4.2.2 antes mencionado. La cantidad de luz recibida se simulará utilizando el SLIDER (barra de desplazamiento) el cual regula la cantidad

de voltaje que ingresará hacia el conversor análogo-digital del microcontrolador, también detallado en el punto 4.2.2. Para corroborar el funcionamiento de estos elementos, se utilizará la tabla 29, en el cual se indica el nivel de voltaje asociado a una cantidad de iluminación (lux) que recibe el ambiente. La misma tabla muestra la cantidad de iluminación que proporcionarán las lámparas “mediante” los diodos leds D6 y D7. Ahora se presentarán los resultados para cada nivel de iluminación señalado en la tabla 3.

| Iluminación | Desde | | | | | | | | | Hasta | | | | | | | | | D6 | D5 | Intensidad Lámparas | | | | | |
|------------------|-------------|---------|---|---|---|---|---|---|---|-------|-------------|---------|---|---|---|---|---|---|----|----|---------------------|---|---|---|---|------|
| | Voltaje (V) | Digital | | | | | | | | | Voltaje (V) | Digital | | | | | | | | | | | | | | |
| menos de 100 lux | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,56 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 100% |
| 100 a 200 lux | 1,58 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2,16 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 75% |
| 200 a 300 lux | 2,18 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 2,67 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 50% |
| 300 a 400 lux | 2,69 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 2,85 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 25% |
| 400 a 500 lux | 2,87 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 3,02 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0% |
| Mas de 500 lux | 3,04 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0% |

Tabla 3: Valores que se utilizarán para la regulación de intensidad luminosa

- **Más de 500 lux**

Utilizando la barra de desplazamiento (S1) se selecciona un voltaje en el rango de 3,04V a 5V. La figura 65 muestra los resultados de esto. El punto 1 de la mencionada figura muestra el nivel de voltaje que recibió el microcontrolador a través de su conversor análogo-digital, en este caso 3,2V.

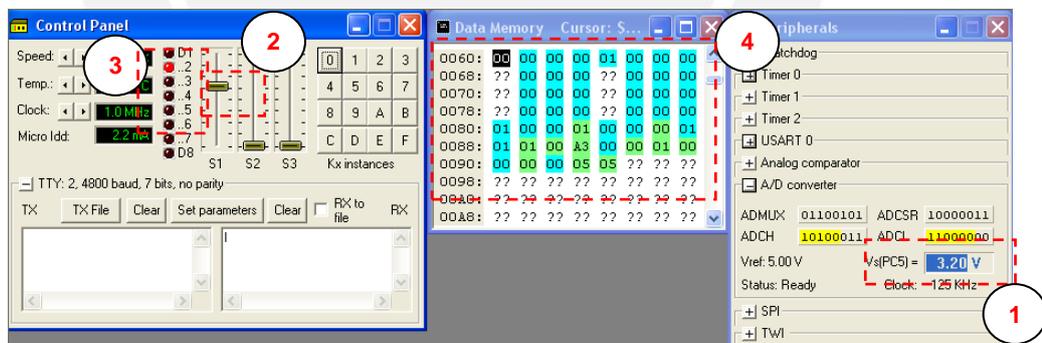


Figura 15: Detección de personas en el ambiente con más de 500 lux

Como resultado, en la misma figura (punto 3) se observa que el D3 está apagado, indicando que detectó la presencia de personas; D4 apagado, indicando que no se encendieron las lámparas debido al alto nivel de iluminación; D5 y D6 apagados.

Finalmente en el punto 4, la dirección \$0080 indica que está habilitado un contador de 1 segundo, tiempo en el cual no se volverá a hacer medición alguna de la cantidad de luz en el ambiente siempre y cuando el ambiente siga siendo ocupado.

Para el caso que el nivel descienda hasta el rango de 400 a 500 lux, el resultado será el mismo.

- **Descenso de la cantidad de luz natural**

Utilizando la barra de desplazamiento (S1) se selecciona un voltaje en el rango de 2,69V a 2,85V. Esto indica que la cantidad de luz natural descendió en 100 lux, por lo tanto el sistema deberá compensar esta caída en la iluminación. La figura 16 muestra los resultados de esto. El punto 1 de la muestra el nivel de voltaje que recibió el microcontrolador a través de su conversor análogo-digital, en este caso 2,77V.

Como resultado, en la misma figura (punto 3) se observa que el D3 está apagado, indicando que detectó la presencia de personas; D4 encendido, indicando que se encendieron las lámparas debido al bajo nivel de iluminación; D5 apagado y D6 apagado, indicando que la intensidad de las lámparas debe ser de 25%. Con esto, el nivel de luz en el ambiente vuelve a ser de 400 a 500 lux.

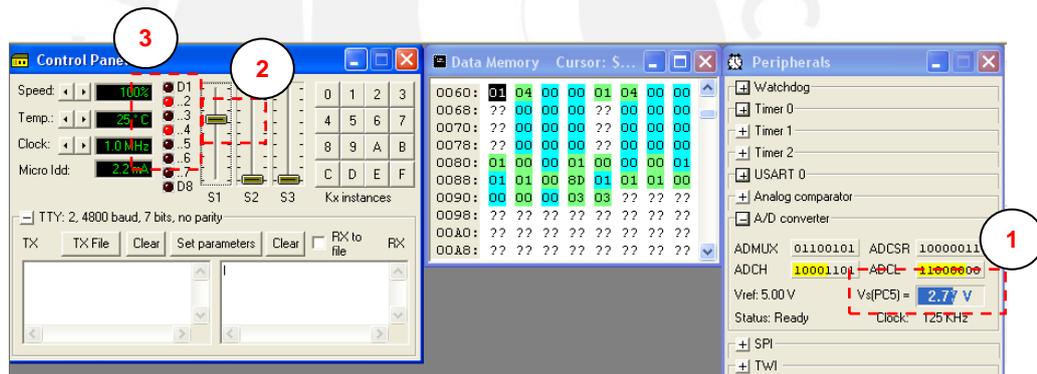


Figura 16: Detección de personas en el ambiente con un nivel entre 300 a 400 lux.

Con el paso del tiempo la cantidad de luz natural desciende nuevamente al rango de 300 a 400 lux, por lo tanto, el sistema deberá volver a completar el faltante, aumentando la intensidad luminosa de las lámparas ahora hasta el 50%. La figura 17 muestra los resultados de esto. El resultado muestra, en la misma figura (punto 3), D4 encendido, indicando que las lámparas continúan encendidas; D5 encendido y D6 apagado, indicando que la intensidad de las lámparas ahora debe ser de 50%. Con esto, el nivel de luz en el ambiente vuelve a ser de 400 a 500 lux. La cantidad de luz natural continua desciendo, con lo que el total de luz recibida (artificial + luz natural) está en el rango de 300 a 400 lux, por lo tanto, el sistema deberá volver a

completar el faltante, aumentando la intensidad luminosa de las lámparas ahora hasta el 75%.

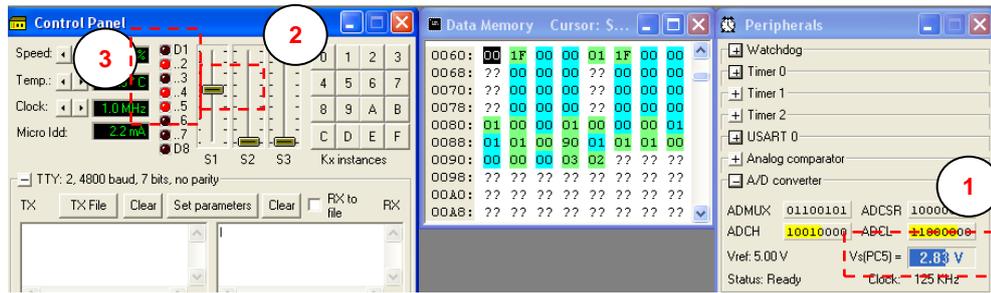


Figura 17: Detección de personas en el ambiente con un nivel nuevamente entre 300 a 400 lux.

La figura 18 muestra los resultados de esto. En el punto 3; D4 encendido, indicando que las lámparas continúan encendidas; D5 apagado y D6 encendido, indicando que la intensidad de las lámparas ahora es de 75%. Con esto, el nivel de luz en el ambiente vuelve a ser de 400 a 500 lux.

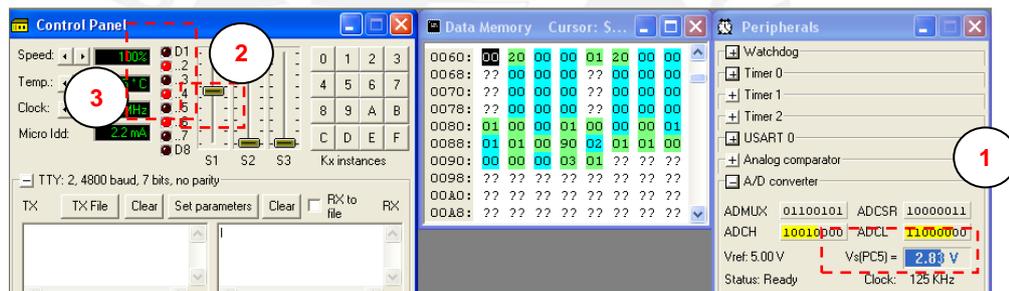


Figura 18: Detección de personas en el ambiente con un nivel de luz natural entre 100 a 200 lux.

Finalmente con una cantidad de luz natural inferior a 100 lux (ya que la cantidad de lux total descendió nuevamente hacia el rango de 300 a 400 lux) el sistema deberá otorgar el 100% de la iluminación que requiere el ambiente (D5 y D6 encendidos) tal como lo muestra la figura 19.

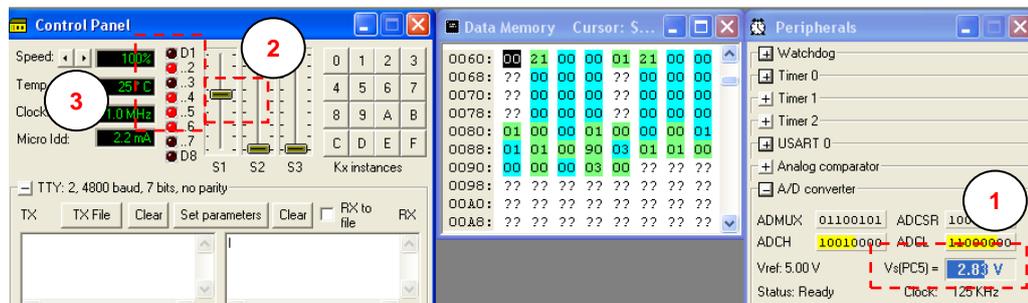


Figura 19: Detección de personas en el ambiente con un nivel de luz natural inferior a 100 lux.

- **Aumento de la cantidad de luz natural**

Ahora se observa el caso del aumento de la cantidad de luz natural desde 100 a 200 lux. Para ello, el sistema (figura 70) recibe una cantidad de voltaje de 3.14V, el cual, según la tabla 3 significa que la cantidad de luz en el ambiente es superior a 500 lux, por lo tanto el sistema deberá disminuir la intensidad luminosa que proporcionan las lámparas.

En la figura 20 (punto 3) muestra al D4 encendido, indicando que las lámparas continúan encendidas; D5 apagado y D6 encendido, indicando que la intensidad de las lámparas ahora es de 75%. Con esto, el nivel de luz en el ambiente continúa estando en el rango de 400 a 500 lux.

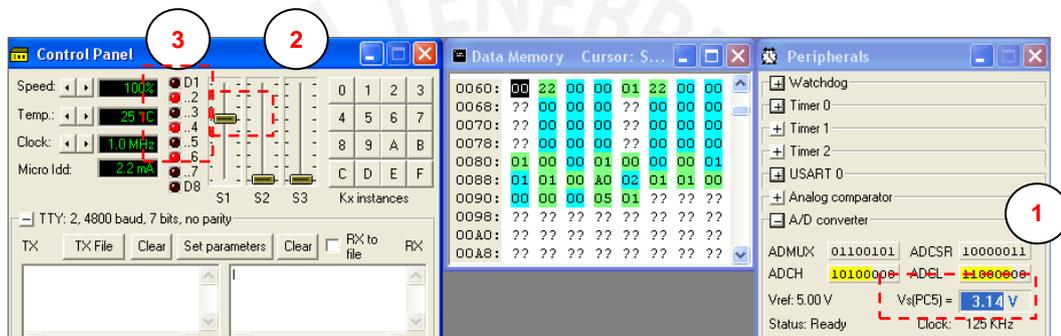


Figura 20: Detección de personas en el ambiente con un nivel de luz natural entre 100 a 200 lux.

Si continúa aumentando la cantidad de luz natural (dado que en el nivel de voltaje recibido indica que la cantidad de luz en el ambiente es superior a 500 lux), entonces ahora la intensidad luminosa que deberá entregar el sistema debe ser del 50%. La figura 21 muestra el D5 encendido y D6 apagado, indicando que ahora al balastro electrónico deberá entregársele solo el 50% de la señal.

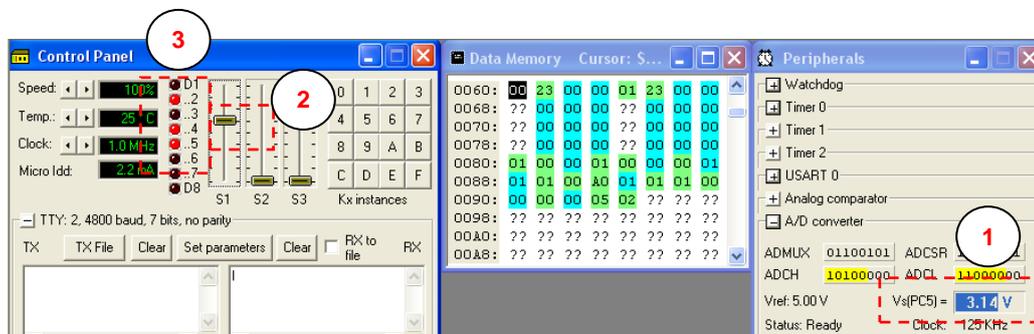


Figura 21: Detección de personas en el ambiente con un nivel de luz natural de 200 a 300 lux.

Nuevamente se observa en la figura 22 que la cantidad de luz es superior a 500 lux, por lo tanto el sistema deberá regular la intensidad luminosa de las lámparas solo al 25%. Para esto, D5 y D6 se muestran apagados, indicando este nuevo nivel de regulación.

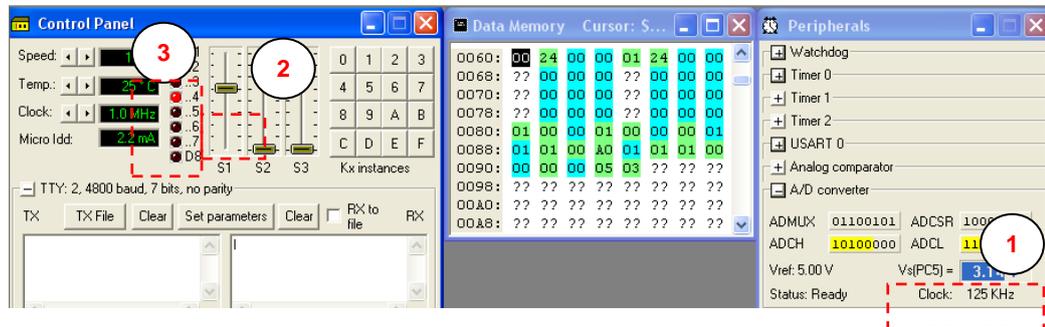


Figura 22: Detección de personas en el ambiente con un nivel de luz natural de 300 a 400 lux.

Finalmente si la cantidad de luz natural excede los 500 lux, entonces ya no es necesario el encendido de las lámparas, por lo tanto la figura 23 muestra el D4 apagado, indicando que las lámparas fueron apagadas.

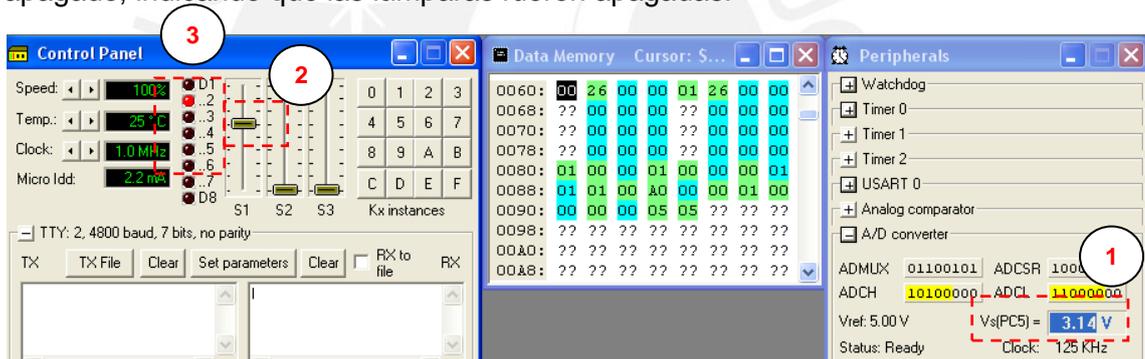
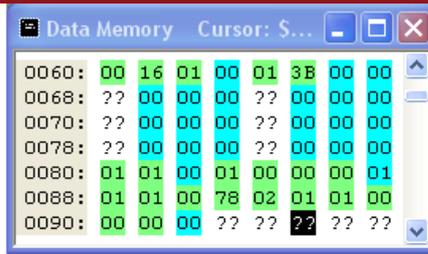


Figura 23: Detección de personas en el ambiente con un nivel de luz natural superior a 500 lux.

c. Interruptor en manual

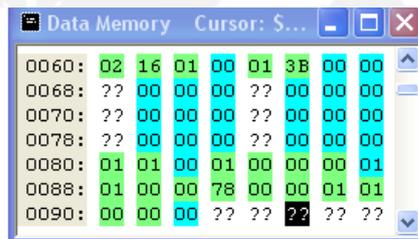
La figura 24 muestra el estado del sistema antes de presionar el interruptor hacia el modo manual. Se observa en el área de memoria de datos que el contador de 5 minutos (dirección \$0081) está realizando la cuenta, al igual que el contador de encendido de lámparas (dirección \$0065). En este caso el sistema tiene las lámparas funcionando al 75%.



| Address | 00 | 16 | 01 | 00 | 01 | 3B | 00 | 00 |
|---------|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 0060: | 00 | 16 | 01 | 00 | 01 | 3B | 00 | 00 |
| 0068: | ?? | 00 | 00 | 00 | ?? | 00 | 00 | 00 |
| 0070: | ?? | 00 | 00 | 00 | ?? | 00 | 00 | 00 |
| 0078: | ?? | 00 | 00 | 00 | ?? | 00 | 00 | 00 |
| 0080: | 01 | 01 | 00 | 01 | 00 | 00 | 00 | 01 |
| 0088: | 01 | 01 | 00 | 78 | 02 | 01 | 01 | 00 |
| 0090: | 00 | 00 | 00 | ?? | ?? | ?? | ?? | ?? |

Figura 24: Panel de control antes de presionar el interruptor hacia modo manual

Se observa que las lámparas se apagaron, (led D2 también se apagó). En el área de memoria, el reloj del sistema (dirección \$0060) continúa avanzando, mientras que los contadores de 5 minutos y el del tiempo de encendido de lámparas se detuvieron. Por lo tanto se comprueba el funcionamiento de este interruptor. Si vuelve a presionarse el interruptor, el sistema volverá a trabajar en el modo automático.



| Address | 02 | 16 | 01 | 00 | 01 | 3B | 00 | 00 |
|---------|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 0060: | 02 | 16 | 01 | 00 | 01 | 3B | 00 | 00 |
| 0068: | ?? | 00 | 00 | 00 | ?? | 00 | 00 | 00 |
| 0070: | ?? | 00 | 00 | 00 | ?? | 00 | 00 | 00 |
| 0078: | ?? | 00 | 00 | 00 | ?? | 00 | 00 | 00 |
| 0080: | 01 | 01 | 00 | 01 | 00 | 00 | 00 | 01 |
| 0088: | 01 | 00 | 00 | 78 | 00 | 00 | 01 | 01 |
| 0090: | 00 | 00 | 00 | ?? | ?? | ?? | ?? | ?? |

Figura 25: Panel de control después de presionar el interruptor hacia modo manual

5. Operaciones circuito maestro

Ahora volvemos a interactuar con el circuito maestro, esta vez, para elegir entre las opciones que nos brinda. Tal como se explica en el punto 4.3.3, luego de ingresar la hora en el circuito maestro, lo siguiente que muestra en el LCD son las opciones que tiene el usuario para interactuar con el sistema, tal como se muestra en la figura 26. Para elegir alguna de ellas, se procede a pulsar el número correspondiente en el teclado y el sistema dará respuesta a dicha opción. A continuación veremos cada una.



```

ELEGIR  OPCION
 1  2  3  4
  
```

Figura 26: Menú de opciones

a) Opción 1:

Esta opción permite cambiar la contraseña del sistema, para ello, inicialmente deberá ingresarse la contraseña actual del sistema, tal como se muestra en el punto 4.3.2. Ingresada la contraseña correcta, el sistema solicitará ingresar la nueva contraseña, tal como lo indica la figura 27. En este caso se ingresa como nueva contraseña 987654, seguidamente el sistema mostrará el mensaje SE CAMBIO CONTRASENA tal como muestra la figura 28. Finalmente la nueva contraseña es almacenada en la memoria eeprom como lo muestra la figura 29.



Figura 27: Mensaje NUEVA CONTRASENA



Figura 28: Mensaje SE CAMBIO CONTRASENA

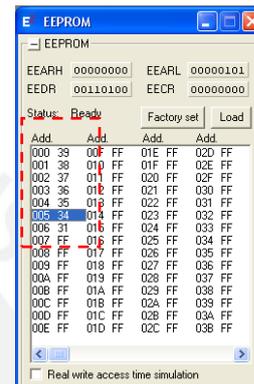


Figura 29: Mensaje NUEVA CONTRASENA

b) Opción 2:

Al elegir la opción 2, el sistema mostrará en su pantalla el reloj de la manera que muestra la figura 30. Dado que aquí se muestran las horas y minutos, pasado un minuto el reloj se actualizará y aparecerá la nueva hora (figura 31). Para salir de esta opción es necesario presionar la tecla "E", caso contrario el reloj continuará mostrándose en la pantalla.

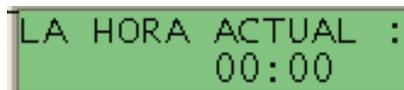


Figura 30: Reloj del sistema 1

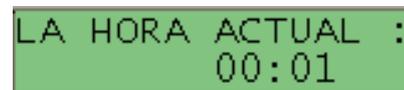


Figura 31: Reloj del sistema 2

c) Opción 3

Esta opción permite visualizar el tiempo que permanecen encendidas las lámparas de una determinada red. Para ello, el circuito maestro solicitará al circuito esclavo los tiempos almacenados que posee de cada ambiente. La figura 32 muestra la memoria de datos del circuito esclavo, en donde se almacenan los contadores de tiempo de encendido para todos los ambientes de la red 5. La tabla 4 resume estos

valores, y los cuales serán aparecer en la pantalla del circuito maestro. Presionada la tecla 3, el maestro enviará al circuito esclavo el valor “A” indicándole que está solicitando los contadores de dicho esclavo. Seguidamente el esclavo comenzará la transmisión y por cada dato enviado, éste recibirá en respuesta el valor “B”.

Figura 32: Memoria de datos del circuito esclavo

| Ambiente | Minutos | Horas |
|----------|---------|-------|
| 24 | 20 | 22 |
| 25 | 8 | 7 |
| 26 | 5 | 15 |
| 27 | 0 | 10 |
| 28 | 16 | 2 |
| 29 | 11 | 1 |
| 30 | 2 | 20 |

Tabla 4: Valores de tiempo almacenados en el circuito esclavo

La figura 33 muestra cómo se realizó el envío de información en ambas direcciones. Por el lado del circuito maestro se encuentra dentro del recuadro rojo los datos que recibió, mientras que en el lado del circuito esclavo, se muestran los comandos que recibió para el envío de información. Una vez recibidos los datos, el circuito maestro mostrará el mensaje observado en la figura 34.

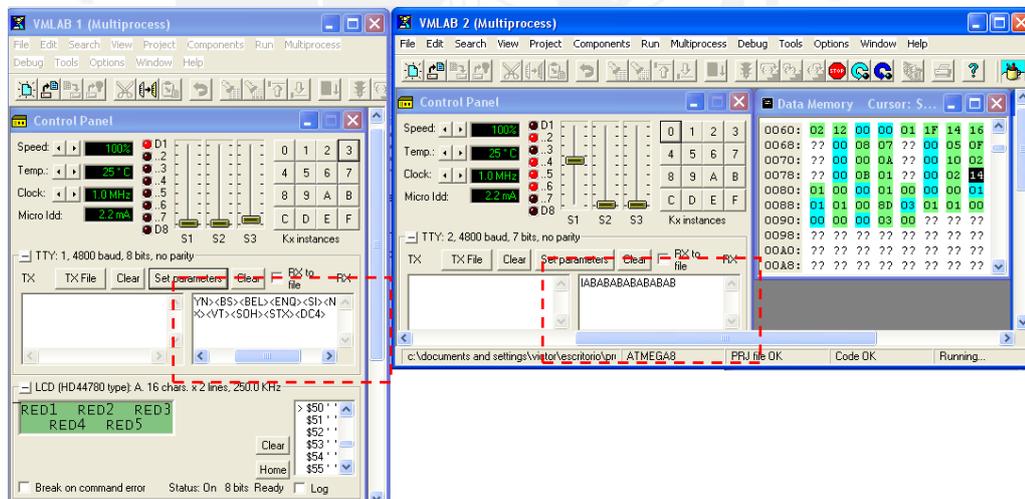


Figura 33: Envío de contadores desde el circuito esclavo al circuito maestro



Figura 34: Mensaje redes

El circuito deberá mostrar los contadores en el formato de días, horas y minutos que permanecieron encendidas las lámparas en cada uno de los ambientes. En

este caso, se mostrarán los valores para la red 5, por lo tanto se presiona la tecla "5". La figura 35 muestra los valores de contadores para los ambientes 24 y 25 y se observa que coinciden con los valores vistos en la tabla 30. Para visualizar los otros ambientes, se presiona la tecla "B" y para mostrar un anterior se presiona la tecla "A". Las figuras 36,37 y 38 muestran los resultados para el resto de los ambientes. Para escoger otra red a visualizar, se presiona la tecla "E" para salir nuevamente hacia el mensaje redes.

```
AREA24 00d22h20m
AREA25 00d07h08m
```

Figura 35: Contadores para ambientes 24 y 25.

```
AREA28 00d02h16m
AREA29 00d01h11m
```

Figura 37: Contadores para ambientes 28 y 29.

```
AREA26 00d15h05m
AREA27 00d10h00m
```

Figura 36: Contadores para ambientes 26 y 27.

```
AREA30 00d20h02m
```

Figura 38: Contador para el ambiente 30.

Para probar que se acumula el tiempo de los contadores de cada día para cada ambiente, se enviarán nuevamente los datos de la tabla 30, por lo tanto, al momento de visualizar los datos, se observarán el valor de los contadores se duplicará. Las figuras 39 al 42 muestran lo expuesto anteriormente. Pasados 30 días estos contadores se reinician para almacenar los valores para nuevos 30 días.

```
AREA24 01d20h40m
AREA25 00d14h16m
```

Figura 39: Contadores actualizados para ambientes 24 y 25.

```
AREA28 00d04h32m
AREA29 00d02h22m
```

Figura 41: Contadores actualizados para ambientes 28 y 29.

```
AREA26 01d06h10m
AREA27 00d20h00m
```

Figura 40: Contadores actualizados para ambientes 26 y 27.

```
AREA30 01d16h04m
```

Figura 42: Contador actualizado para el ambiente 30.

d) Opción 4

Esta última opción permite al usuario visualizar el estado en el que se encuentran los sensores y actuadores al momento de solicitar la información. El circuito maestro enviará el dato "C" al circuito esclavo indicándole que requiere la información del estado de los circuitos. Seguidamente el esclavo comenzará la transferencia de datos y por cada dato enviado recibirá el dato "D".

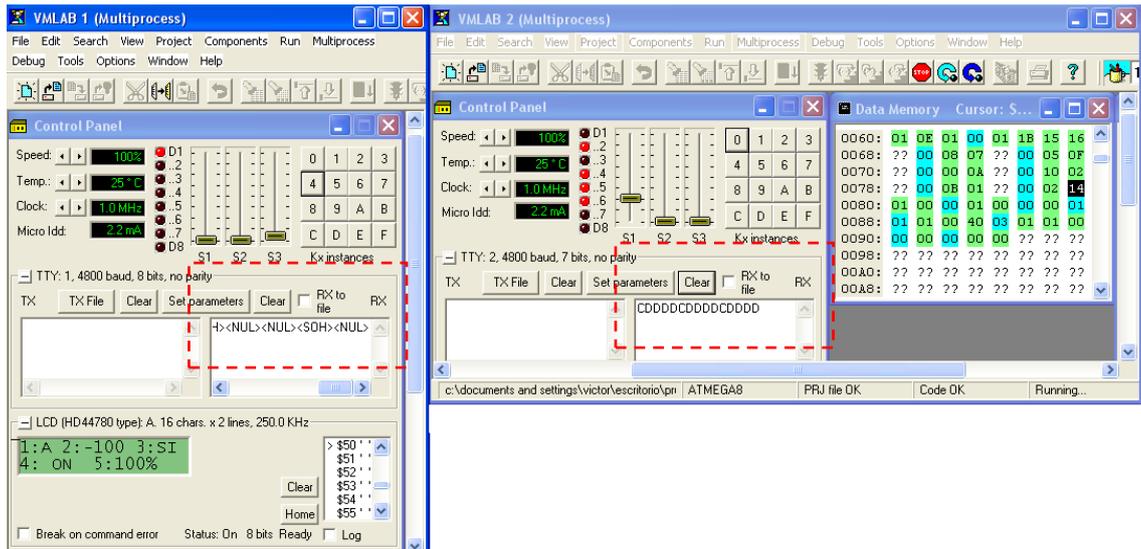


Figura 43: Envío de estado de los circuitos hacia el circuito maestro.

La figura 43 muestra el envío de la información del estado de los circuitos hacia el maestro. También se observa en la figura que el led D2 se encuentra encendido, indicando que se encuentra en el modo de interruptor automático; D3 apagado, indicando que el sensor de movimiento detectó personas en el ambiente; D4 encendido, indicando que las lámparas se encuentran encendidas; D5 y D6 encendidos, indicando que la regulación de la intensidad de las lámparas es del 100%. También se muestra la barra de desplazamiento S1 en la posición de 2V, indicando que existen menos de 100 lux de iluminación. Estos valores deberán visualizarse en el LCD.

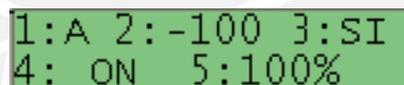


Figura 44: Mensaje ESTADO DE LOS CIRCUITOS

La figura 44 muestra el mensaje del estado de los circuitos, siendo 1: A el indicador que el interruptor se encuentra en la posición automático, 2: -100, indica que la cantidad de luz natural en el ambiente es menor a 100 lux; 3: SI, indica que el sensor de movimiento detectó la presencia de personas; 4: ON, indica el encendido de las lámparas y finalmente 5: 100% indica la regulación de la intensidad luminosa de las lámparas, en este caso 100%. Para salir de esta opción, es necesario presionar la tecla “E”.

ANEXO N° 17

PRESUPUESTO



La tabla 1 muestra el costo de todos los elementos a utilizar para implementar los circuitos, el costo total asciende a S/ .2975,6 Nuevos soles.

| Ítem | Descripción | Valor | Círculo A | Círculo B | Círculo C | Círculo D | Círculo E | Distribuidor 1 | Distribuidor 2 | Distribuidor 3 | Distribuidor 4 | Distribuidor 5 | Distribuidor 11 | Distribuidor 12 | ESCLAVO | MAESTRO | Total | P. U. S/. | P.T. S/. |
|------|--------------------------------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|---------|---------|-------|-----------|----------|
| | Cantidad de Equipos | | 4 | 17 | 3 | 10 | 43 | 1 | 5 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 | 5 | 1 | 95 | | |
| 1 | Amplificador Operacional LM833 | LM833 | 1 | | 1 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | | 1 | | | 17 | 3 | 51 |
| 2 | Amplificador Operacional LM324 | LM324 | | | | | | 1 | | | | | | 1 | | | 7 | 3 | 21 |
| 3 | Buffer Tri - Estado 74244 | 74244 | | | | | | | | | | | | | 1 | | 5 | 4 | 20 |
| 4 | Carcasa A | | 1 | | | | | | | | | | | | | | 4 | 8 | 32 |
| 5 | Carcasa B | | | 1 | | | | | | | | | | | | | 17 | 8 | 136 |
| 6 | Carcasa C | | | | 1 | | | | | | | | | | | | 3 | 8 | 24 |
| 7 | Carcasa D | | | | | 1 | | | | | | | | | | | 10 | 8 | 80 |
| 8 | Carcasa E | | | | | | 1 | | | | | | | | | | 43 | 8 | 344 |
| 9 | Carcasa 1 | | | | | | | 1 | | | | | | | | | 1 | 8 | 8 |
| 10 | Carcasa 2 | | | | | | | | 1 | | | | | | | | 5 | 8 | 40 |
| 11 | Carcasa 3 | | | | | | | | | 1 | | | | | | | 1 | 8 | 8 |
| 12 | Carcasa 4 | | | | | | | | | | 1 | | | | | | 1 | 8 | 8 |
| 13 | Carcasa 5 | | | | | | | | | | | 1 | | | | | 2 | 8 | 16 |
| 14 | Carcasa 11 | | | | | | | | | | | | 1 | | | | 1 | 8 | 8 |
| 15 | Carcasa 12 | | | | | | | | | | | | | 1 | | | 1 | 8 | 8 |
| 16 | Carcasa esclavo | | | | | | | | | | | | | | 1 | | 5 | 20 | 100 |
| 17 | Carcasa maestro | | | | | | | | | | | | | | | 1 | 1 | 20 | 20 |
| 18 | Condensadores 330nF | 330nF | 2 | | 2 | | | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 4 | 2 | 60 | 0,5 | 30 |
| 19 | Condensadores 100nF | 100nF | 1 | | 1 | | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 5 | 3 | 47 | 0,5 | 23,5 |
| 20 | Conector 14 pines | | | | | | | | | | | | | | | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 21 | Conector 8 pines | | | | | | | | | | | | | | | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 22 | Convertor Max481 | Max481 | | | | | | | | | | | | | 1 | 1 | 6 | 9 | 54 |
| 23 | Convertor DA TLC7226 | TLC7226 | | | | | | | | | | | | | 1 | | 5 | 18 | 90 |
| 24 | Diodes 1N4004 | 1N4004 | | | | | 1 | | | | | | | | | | 43 | 2 | 86 |
| 25 | Disipadores de calor | | 2 | | 2 | | | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 4 | 2 | 60 | 1 | 60 |
| 26 | Interruptor | | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | 21 | 2 | 42 |
| 27 | Jack DC | | | | | | | | | | | | | | 1 | 1 | 6 | 3 | 18 |
| 28 | LCD | | | | | | | | | | | | | | | 1 | 1 | 20 | 20 |
| 29 | LDR | | | 1 | | 1 | | | | | | | | | | | 27 | 2 | 54 |
| 30 | Microcontrolador Atmega 8 | Atmega 8 | | | | | | | | | | | | | 1 | 1 | 6 | 13 | 78 |
| 31 | Molex 2 entradas | | 1 | | | | | 1 | 1 | 3 | 5 | 3 | 1 | 3 | | | 28 | 1 | 28 |
| 32 | Molex 3 entradas | | 1 | | | 1 | 1 | 6 | 4 | 2 | | 4 | | 4 | 1 | 5 | 107 | 1 | 107 |
| 33 | Molex 4 entradas | | | 1 | | | | | 2 | 1 | 1 | 1 | 5 | | | | 36 | 1 | 36 |
| 34 | Molex 5 entradas | | 1 | | 1 | | | 1 | | | | | 4 | | | | 12 | 1,5 | 18 |
| 35 | Molex 6 entradas | | | | | | | | 1 | | 2 | | 1 | | 1 | | 13 | 1,5 | 19,5 |
| 36 | Molex 7 entradas | | | | | | | 1 | | | | | | | | | 1 | 1,5 | 1,5 |
| 37 | Molex 8 entradas | | | | | | | | | 1 | | | 1 | | 3 | | 17 | 2 | 34 |
| 38 | Molex 9 entradas | | 1 | | | | | | | | | | | | | | 4 | 2 | 8 |
| 39 | Molex 10 entradas | | | | 1 | | | | 1 | | 1 | 1 | | | | | 11 | 2 | 22 |
| 40 | Molex 11 entradas | | | | | | | 1 | | | | | | | | | 1 | 2 | 2 |
| 41 | Molex 12 entradas | | | | | | | | | | | | | 1 | 1 | | 6 | 2 | 12 |
| 42 | Molex AC 2 entradas | | | | | | 1 | | | | | | | | | | 43 | 3 | 129 |
| 43 | Multiplexor Analógico 4051 | 4051 | | | | | | | | | | | | | 1 | | 5 | 6 | 30 |
| 44 | Multiplexor 74151 | 74151 | | | | | | | | | | | | | 2 | | 10 | 5 | 50 |

El costo de la mano de obra por la instalación total del sistema es de S/1,500.00 Nuevos soles, considerando el trabajo de dos obreros durante un mes siendo el salario de cada uno de ellos de 750 Nuevos Soles (MTPE, 2009), mientras que los honorarios por el diseño del sistema sería de S/. 8,000.00 Nuevos soles, por los cinco meses del diseño del sistema a razón de 1,600 soles mensuales (MTPE, 2009) por lo tanto se tendría un total (mano de obra y trabajo de ingeniería) de S/9,500.00 Nuevos soles.

Se observa en la tabla 3 que el costo total asciende a S/ 49,333.60 Nuevos soles.

| Descripción | Costo S/. |
|-------------------------------|-----------|
| Costo de circuitos a utilizar | 2975,6 |
| Otros elementos | 36,858.00 |
| Mano de Obra | 1,500.00 |
| Diseño de ingeniería | 8,000.00 |
| Costo Total | 49,333.60 |

Tabla 3: Costo total del diseño del sistema



ANEXO N° 18

AHORRO ESPERADO

La tabla 1 muestra el ahorro esperado para cada uno de los ambientes, en este caso para los ambientes SSHH Hombres privado, SSHH Mujeres privado y Radio Pucp no habrá mayor cambio dado que de todas maneras requieren de luz artificial dado que no cuentan con ingreso de luz natural en dichos ambientes.

| Area | Número de lámparas | Potencia consumida actualmente (W) | Potencia a consumir con el sistema (W) |
|--|--------------------|------------------------------------|--|
| Taller de Proyectos Electronicos | 12 | 864 | 604,8 |
| Laboratorio de Proyectos Electronicos | 30 | 2160 | 1512 |
| Laboratorio de Bioingenieria | 9 | 648 | 453,6 |
| Oficina Laboratorio de Bioingenieria | 3 | 216 | 151,2 |
| Laboratorio de Control Avanzado | 12 | 864 | 604,8 |
| Radio Club PUCP | 1 | 72 | 25 |
| Hall Ingreso Posterior | 1 | 72 | 50,4 |
| SSHH Hombres | 2 | 144 | 100,8 |
| SSHH Hombres Privado | 1 | 72 | 25 |
| SSHH Mujeres Privado | 1 | 72 | 25 |
| SSHH Mujeres | 2 | 144 | 100,8 |
| Almacen | 18 | 1296 | 907,2 |
| Pasillo V115 | 2 | 144 | 100,8 |
| Pasillo V111- V113 | 2 | 144 | 100,8 |
| Pasillo V107 - V109 | 2 | 144 | 100,8 |
| Jefatura Laboratorios | 3 | 216 | 151,2 |
| Oficina 8 | 3 | 216 | 151,2 |
| Laboratorio de Telecomunicaciones Opticas A | 3 | 216 | 151,2 |
| Laboratorio de Telecomunicaciones Opticas B | 3 | 216 | 151,2 |
| Laboratorio Sistemas Electricos | 12 | 864 | 604,8 |
| Laboratorio de Control y Automatizacion | 12 | 864 | 604,8 |
| Laboratorio Microprocesadores | 12 | 864 | 604,8 |
| Laboratorio de Circuitos y Sistemas Electronicos | 24 | 1728 | 1209,6 |
| Pasillo V103 - V105 | 2 | 144 | 100,8 |
| Pasillo V101 | 2 | 144 | 100,8 |
| Taller de Electronica | 9 | 648 | 453,6 |
| Laboratorio Telecomunicaciones | 18 | 1296 | 907,2 |
| Hall Ingreso | 2 | 144 | 100,8 |
| SSHH Mujeres Exterior | 4 | 288 | 201,6 |
| SSHH Hombres Exterior | 4 | 288 | 201,6 |
| Total | 211 | 15192 | 10634,4 |

Tabla 1: Ahorro esperado en el consumo de electricidad

Con éste sistema se espera reducir el consumo de electricidad en un 30% prolongar el tiempo de vida útil del sistema de iluminación en un 100%.