

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



**ANÁLISIS, DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN PROTOTIPO
DE UN SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN
PARA INMUEBLES PEQUEÑOS**

Tesis para Optar el Título de:
INGENIERO ELECTRÓNICO

Presentado por:
TEOFILO MAX DE LA MATA LUQUE

Lima – Perú
2005

RESUMEN

La automatización de edificios que genera los llamados edificios inteligentes y la automatización de viviendas que se conoce también como domótica son prácticas muy difundidas, que se hacen cada día más útiles e incluso se tornan obligatorias en algunos lugares debido al beneficio que trae la automatización en áreas tales como la gestión de recursos, la logística, la administración de calidad dentro de un inmueble o la protección de la vida humana, la seguridad y la comodidad de los moradores en un recinto.

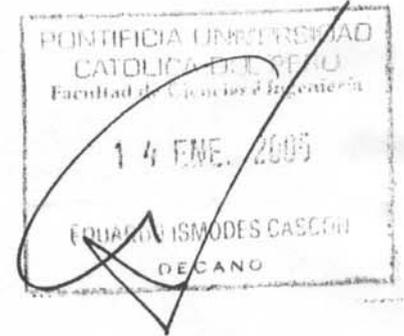
Si bien ya existen sistemas profesionales diseñados para estos fines, ellos son muy costosos y usualmente sobredimensionados, lo que trae como consecuencia que tales equipos presenten una penetración muy pobre dentro del contexto del Perú y América Latina en general. Aprovechando esta oportunidad y tomando en cuenta que es un área en boga actualmente, se realiza el presente trabajo que busca aportar una nueva opción de sistema de automatización para inmuebles pequeños más flexible y amoldable a las necesidades domésticas a un precio mucho menor que le de los sistemas profesionales y ofreciendo la mayor cantidad de prestaciones posibles.

A través de este trabajo se hace, inicialmente, un análisis previo de equipos posibles de automatizar en un contexto local y un análisis cualitativo adicional de costo-beneficio para la elección de la arquitectura y topología más apropiada para el sistema; finalmente se lleva a cabo el diseño y desarrollo de cada uno de los módulos del sistema.



TEMA DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO ELECTRÓNICO

Título : Análisis, diseño e implementación de un prototipo de un Sistema de automatización para inmuebles pequeños
Área : Electrónica # 319
Asesor : Ing. Donato Andrés Flores Espinoza
Alumno : Teofilo Max De la Mata Luque
Código : 1998.0428
Fecha : 14 de Enero de 2005



Descripción y Objetivos

En la actualidad son muy populares los Sistemas de automatización para inmuebles, en especial para edificios, estos últimos convierten edificios comunes en los llamados "Edificios Inteligentes". Un Edificio Inteligente es aquel capaz de manejar sus sistemas de ventilación, aire acondicionado, acceso, prevención de incendio, seguridad, iluminación, etc. en forma automática, permitiendo de esta forma una mejor administración del edificio y una mejor utilización de la energía eléctrica comparada a la que tendría de ser administrada por operadores en forma manual. En forma similar, existen sistemas que automatizan residencias particulares, el término "Domótica" se acuñó para hacer referencia al desarrollo de estos sistemas que cada día se difunden más. Si bien estos sistemas prestan eficazmente, a las viviendas que los acogen, las más variadas alternativas de automatización; tienen como principal desventaja su elevado costo.

El presente trabajo busca proporcionar una alternativa de bajo costo para automatizar una vivienda, un grupo de oficinas o cualquier otro inmueble pequeño a través de un sistema flexible, elaborado como prototipo; capaz de leer entradas provenientes de sensores, pulsadores manuales u otros contactos secos; procesar dichas entradas según una lógica programada en un microcontrolador PIC, adaptable según los requerimientos; y arrojar salidas que puedan ser usadas para activar equipos eléctricos y electrónicos, así por ejemplo se podría encender una lámpara, abrir una puerta o activar un marcador telefónico para emergencias. Este prototipo contará con un módulo de procesamiento central que se comunicará con módulos periféricos mediante cables y serán estos los módulos periféricos los que se encargarán de interactuar con los dispositivos a automatizar.

MÁXIMO... 100... PÁGINAS



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA

TEMA DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO ELECTRÓNICO

Título : Análisis, diseño e implementación de un prototipo de un Sistema de automatización para inmuebles pequeños

Índice

1. Introducción
2. Análisis de los requerimientos de automatización existentes en un inmueble pequeño
3. Selección de la arquitectura a usar
4. Diseño del sistema de automatización

Conclusiones

Recomendaciones

Bibliografía

Anexos



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU
SECCION ELECTRICIDAD Y ELECTRONICA

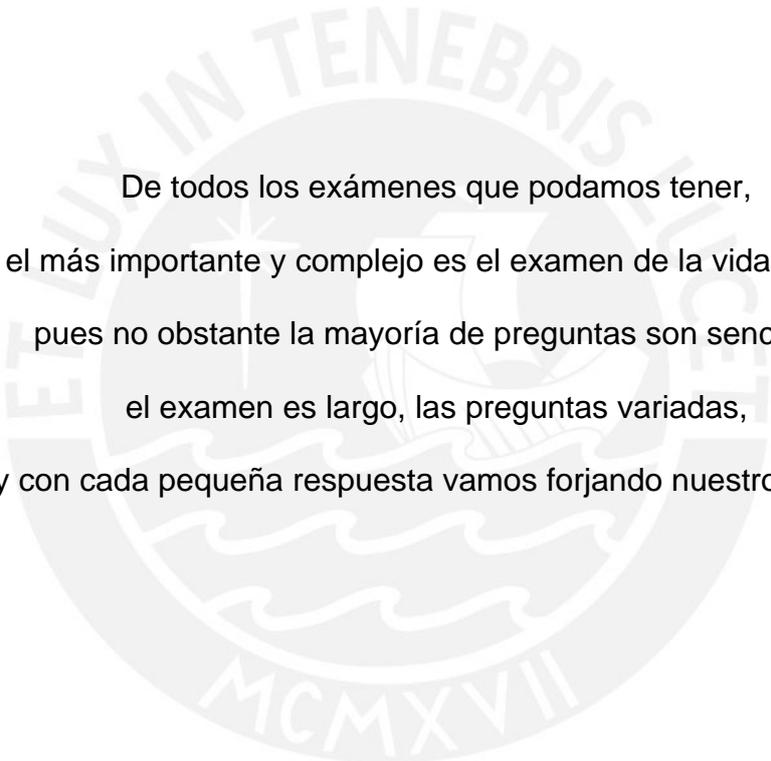
Ing. ANDRES FLORES ESPINOZA
Coordinador de la Especialidad de Ingeniería Electrónica

A Dios por darme vida y salud

A mis padres por su apoyo incondicional a lo largo de mi vida

A los amigos, familiares y profesores que me ayudaron emocional y académicamente para la culminación de este trabajo

A todos ellos, mi profunda gratitud.



De todos los exámenes que podemos tener,
el más importante y complejo es el examen de la vida diaria;
pues no obstante la mayoría de preguntas son sencillas,
el examen es largo, las preguntas variadas,
y con cada pequeña respuesta vamos forjando nuestro futuro.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
1. ANÁLISIS DE LOS REQUERIMIENTOS DE AUTOMATIZACIÓN EXISTENTES EN UN INMUEBLE PEQUEÑO	4
1.1. PROBLEMÁTICA QUE EL SISTEMA BUSCA RESOLVER, LINEAMIENTOS GENERALES	5
1.2. ESTUDIO DE LAS POSIBILIDADES DE AUTOMATIZACIÓN	8
1.3. NECESIDADES DE TOMA DE INFORMACIÓN PARA EL SISTEMA	10
1.4. NECESIDADES DE CONTROL DE EQUIPOS ELÉCTRICOS	13
2. SELECCIÓN DE LA ARQUITECTURA A USAR	17
2.1. ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE LAS POSIBLES ARQUITECTURAS, PROS Y CONTRAS	18
2.1.1. TIPOS DE MEDIOS DE TRANSMISIÓN	18
2.1.2. ESTRATEGIAS DE PROCESAMIENTO	23
2.2. ELECCIÓN DE LA ARQUITECTURA MÁS VENTAJOSA	31
2.2.1. MEDIO DE TRANSMISIÓN ALÁMBRICO	31
2.2.2. PROCESAMIENTO CENTRALIZADO	38
2.3. ADOPCIÓN DE LA TOPOLOGÍA ESTRELLA	46
3. DISEÑO DEL SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN	54
3.1. DESCRIPCIÓN GENERAL	55
3.2. DISEÑO DEL HARDWARE	58
3.2.1. MÓDULOS	58
3.2.1.1. MÓDULO DE CONTROL CENTRAL	59

3.2.1.2. MÓDULOS DE ENTRADA	63
3.2.1.2.1. MÓDULO DE ENTRADA DIGITAL	64
3.2.1.2.2. MÓDULO DE ENTRADA PARA SENSADO DE IMPEDANCIA	66
3.2.1.3. MÓDULOS DE SALIDA	70
3.2.1.3.1. MÓDULO DE SALIDA DIGITAL	71
3.2.1.3.2. MÓDULO DE SALIDA ANALÓGICA DC	73
3.2.1.3.3. MÓDULO DE SALIDA ANALÓGICA AC	78
3.2.1.4. MÓDULO DE ALIMENTACIÓN	84
3.2.1.5. MÓDULO DE COMUNICACIÓN TELEFÓNICA	85
3.2.2. CABLES Y CONDUCTORES	89
3.3. DISEÑO DEL SOFTWARE	92
3.4. RESULTADOS OBTENIDOS	100
CONCLUSIONES	104
RECOMENDACIONES	107
FUENTES	110
GLOSARIO	112
ANEXOS (DISCO COMPACTO ADJUNTO)	
ANEXO A: PRESUPUESTO	
ANEXO B: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
ANEXO C: PLANOS, DIAGRAMAS, CÓDIGOS FUENTE	
ANEXO D: HOJAS DE DATOS	

INTRODUCCIÓN

Parece que fue ayer cuando soñábamos con poder tener en nuestras casas sistemas que al simple toque de un botón efectuaran múltiples tareas que nos permitieran vivir con mayor comodidad. La automatización de elementos como luces, puertas y persianas eran pensamientos futuristas, prácticamente asuntos de ciencia ficción, sin embargo hoy en día ya son una realidad que se ha hecho patente en los llamados edificios y casas inteligentes. Paralelamente al surgimiento de estas últimas apareció la domótica, que es una disciplina que busca mejorar la calidad de vida de las personas y proporcionar confort dentro y fuera de sus viviendas, por medio de la tecnología. En ese sentido, el confort que toda persona persigue puede verse incrementado a través de los beneficios que ofrece la domótica al lugar que la persona habita; por ejemplo contar con un sistema de seguridad contra robos o contra incendios, o contar con un sistema automático de calefacción y ventilación mejora el bienestar de una persona, contribuyendo al mismo tiempo con una mejor calidad de vida, con un mejor estado de ánimo y en general con una salud próspera y floreciente.

Actualmente vivimos en una época en la que todos deseamos estar al día con los avances de la tecnología, vemos como esas colosales instalaciones de propiedad de grandes compañías poseen sistemas que automatizan puertas, encienden luces, abren la llave del agua en los baños, etc. Quedamos impresionados y nos preguntamos por qué no tenemos sistemas así en la oficina o en casa; inmediatamente vislumbramos la principal razón para esta carencia: su elevado precio. Es ahí donde el sistema flexible de automatización para

inmuebles se presenta como solución a esta inquietud, ofreciendo una alternativa interesante y de bajo costo para la automatización de una instalación pequeña. El sistema de automatización se origina, entonces, a partir del concepto de domótica y de la búsqueda de una alternativa más económica frente a los caros sistemas profesionales que existen en el mercado.

A través de las páginas de este trabajo se elaborará el sistema de automatización para inmuebles pequeños que permitirá el control automático de una gran variedad de artefactos eléctricos y electrónicos que se encuentren ya sea dentro de una residencia o en una oficina y será adaptable a las cambiantes necesidades del usuario. Asimismo tendrá un costo bajo que permita hacerlo accesible a una persona común. El sistema permitirá el manejo de cada equipo eléctrico o electrónico por separado, por ejemplo el encendido de las luces de la escalera o la apertura de puertas, así como también permitirá la puesta en marcha de “escenas” que no son otra cosa que la realización de varios eventos con sólo oprimir un botón, programadas a solicitud del usuario y de acuerdo a su gusto o necesidad. Además el sistema podrá recibir órdenes mediante una llamada telefónica y permitirá la vigilancia remota del inmueble reportando cualquier suceso anormal mediante una llamada telefónica u otro medio. En resumen, se trata de un sistema flexible y modular, que permitirá la automatización de un conjunto de servicios básicos para el desarrollo de las actividades en un ambiente comfortable.

El sistema podrá recibir señales de sensores de movimiento, de luz, de inundación, de humo, detectores de fugas de gas, detectores de apertura de

puertas, pulsadores manuales, etc. y al mismo tiempo podrá interconectarse con luces, equipos de ventilación y aire acondicionado, actuadores de válvulas para el control del flujo de agua, motores pequeños para el funcionamiento de cortinas, accionamiento de proyectores y pantallas, contactores y muchos otros dispositivos. Consecuentemente, este sistema se constituye en un medio capaz de controlar una gran variedad de equipos eléctricos y electrónicos en forma adaptable a los requerimientos del usuario, manejando a la vez variables de entrada que le permitirán funcionar tanto en forma independiente, automatizando ciertas tareas de la vida diaria, como en forma manual, de acuerdo a los requerimientos circunstanciales.

En un futuro no muy lejano la domótica nos permitirá habitar en hogares que serán totalmente autosuficientes permitiéndonos aprovechar nuestro tiempo de una mejor manera y disfrutar confortablemente de los diversos instantes que componen nuestra vida. En tal sentido, el presente trabajo busca ofrecer una alternativa de automatización para inmuebles a una gran mayoría de personas que no puede asumir los elevados costos de sistemas profesionales que además resultan muy sofisticados para las necesidades simples de un hogar moderno o de una oficina pequeña. Brindando una solución eficiente, rápida, integrada y a la medida de las necesidades de un usuario que desee dar un valor agregado a su propiedad y sentirse en un ambiente moderno y acogedor.



**1. ANÁLISIS DE LOS REQUERIMIENTOS DE AUTOMATIZACIÓN
EXISTENTES EN UN INMUEBLE PEQUEÑO**

1.1. PROBLEMÁTICA QUE EL SISTEMA BUSCA RESOLVER, LINEAMIENTOS GENERALES

La problemática relativa a la necesidad de un sistema de automatización para inmuebles es muy amplia y variada debido a que este puede cumplir misiones diversas en los distintos predios en los que se pueda ubicar. Un primer paso para la delimitación de la problemática a resolver es orientar el sistema hacia la automatización de un determinado tipo de inmuebles: los inmuebles pequeños. Los inmuebles pequeños no son otra cosa que residencias, casas, departamentos e incluso oficinas, que califican en la normativa del Reglamento Nacional de Construcciones 2002 [13] como conformes dentro de una: Zona Industrial Elemental y Complementaria (I1), Zona Vivienda Taller (I1R), Zona Comercio Local (CL), Zona Residencial de Media Densidad hasta 400m² (R4 o R3) o Zona Residencial de Baja Densidad hasta 800m² (R2, R1 o R1S); donde las dos últimas podrán ser residencias unifamiliares, bifamiliares o multifamiliares. Por consiguiente quedarían excluidas construcciones tales como edificios, fábricas o complejos residenciales. Un segundo paso es analizar su utilidad; un sistema de automatización puede ser necesario, por ejemplo, para resolver el problema de la seguridad (prevención de robos) de una vivienda, en cuyo caso el sistema de automatización tomaría la variante de sistema de seguridad. También puede ser necesario para registrar constantemente un local con la finalidad de evitar cualquier amago de incendio, en ese caso solucionaría el problema de detección de incendios y el sistema llevaría ese mismo nombre. Así como estos, podrían describirse varios ejemplos más, por tanto no se puede hablar de un problema específico que sea resuelto por el sistema de automatización para inmuebles pequeños, sino que este ofrece toda una gama

de soluciones. No obstante, al final todas estas se van a traducir en una mayor comodidad y una mejor calidad de vida para el usuario al permitirle administrar y reconocer su vivienda u oficina en forma más eficiente.

Según el diccionario, tener comodidad es tener todo aquello necesario para vivir a gusto y con descanso. Tomando como referencia ese significado se puede notar lo importante que es contar con suficientes comodidades, a saber, una persona que vive a gusto y descansada se mantiene con mejor talante y buen ánimo para llevar a cabo sus labores diarias. Esta mejor disposición acarrea beneficios en la salud de la persona y le permite un desempeño superior en sus actividades cotidianas, en resumen, acceder a la mayor cantidad de comodidades es muy beneficioso para una persona tanto en el ámbito psíquico como en el somático, y del mismo modo lo es para su desenvolvimiento en el entorno familiar o en el laboral. Como consecuencia, el sistema de automatización para inmuebles nace del deseo natural de mejorar la calidad de vida de las personas y, al mismo tiempo, puede permitir ahorrar la cara y a veces escasa energía eléctrica, y hasta puede crear un ambiente más atractivo a la vista.

Hoy en día existen muchos sistemas profesionales que permiten colmar las expectativas de comodidad de una persona, sin embargo el sistema de automatización para inmuebles pequeños cuenta con muchas ventajas respecto a sus similares, entre ellas se puede destacar su bajo costo, que lo hace accesible a una persona común o a una pequeña empresa y no solo a grandes compañías o personas adineradas; su flexibilidad para adaptarse tanto en entornos de oficina como domésticos así como también, por tratarse de un producto elaborado en el

Perú, es posible brindar servicio técnico rápido y eficiente al consumidor o hacer efectiva la garantía del caso.

Para un desarrollo acertado del sistema de automatización de inmuebles pequeños será necesario seguir una secuencia de etapas de trabajo, que aseguren el cumplimiento de las ventajas descritas previamente y siempre teniendo en cuenta que el objetivo primordial es el bajo costo final del sistema. Para ello se ha visto conveniente empezar por la concepción esquemática del sistema a partir de las necesidades de un inmueble, es decir, obtener un conjunto de ideas sobre las funcionalidades con las que debe contar el sistema tomando como punto de partida los equipos eléctricos y electrónicos que se suelen encontrar en viviendas u oficinas. Después de haber extraído esta información, se podrán visualizar las interfaces del sistema y se estará en la capacidad de poder clasificarlas adecuadamente. Posteriormente se tendrá que ir concretando la idea inicial al definir la arquitectura del sistema en lo que se refiere al medio de transmisión que usará, la estrategia de procesamiento con que contará y la topología con la que se distribuirá. Finalmente será el momento de plasmar en forma tangible el sistema mediante el diseño electrónico de sus módulos y la creación de su programa operador. [1]

Una vez completado, el sistema se convierte en una útil y flexible herramienta para administrar los equipos eléctricos de acuerdo a las necesidades del usuario, permitiéndole ejecutar en forma automática muchas tareas del día a día. Todo esto siempre bajo la premisa de ser una opción accesible a aquel grupo de personas que desean añadir tecnología y comodidades al lugar que

habitan y no cuenta con los medios suficientes para adquirir un sistema profesional o para aquellas personas que están buscando un solución pequeña para una tarea simple y encuentran en los sistemas profesionales alternativas sobredimensionadas y complejas.

1.2. ESTUDIO DE LAS POSIBILIDADES DE AUTOMATIZACIÓN

El primer paso para la elaboración de un sistema de automatización consiste en analizar un recinto que funcione como una residencia particular, una oficina o un centro de labores pequeño, para determinar cuales son los equipos eléctricos y electrónicos que se encuentran en este lugar, cuales son los más usados, qué tipo de misión cumplen, cómo se manejan estos aparatos, qué variables influyen en el su encendido y apagado; todo esto para poder responder a la interrogante principal: ¿Qué es lo que se puede automatizar?

Se puede encontrar que los equipos eléctricos y electrónicos presentes varían dependiendo del inmueble que los contenga, pero se pueden establecer dos grandes grupos: los equipos domésticos, que son los que se encuentran en domicilios particulares; y los equipos de oficina, que son los que se encuentran en los centros de trabajo. Se apreciarán las diferencias y similitudes entre ambos grupos al enumerar los equipos más comunes, entre los domésticos están las chapas eléctricas, los motores para puertas levadizas, los cercos eléctricos, los sistemas de alarmas, las bombas para cisternas, los equipos electrodomésticos, las luces incandescentes y las luces fluorescentes; entre los de oficina están las chapas eléctricas, los sistemas anti-incendios, los sistemas de aire

acondicionado, los sistemas de alarmas, los proyectores, las pantallas electrónicas para proyección (*ecrans*) y las luces fluorescentes.

Se puede apreciar que existe una mayor variedad de equipos eléctricos y electrónicos en una residencia, esto indica que al momento de diseñar el sistema se debe considerar como modelo básico una residencia, pero sin dejar de lado los requerimientos de una oficina. Otro punto importante que se puede notar al revisar los equipos que han sido enumerados es que existen muchos que no son susceptibles de ser automatizados, tal es el caso de una licuadora o un televisor; así también existen otros equipos que no necesitan una administración externa ya que cuentan con sus propios mecanismos de automatización y estos no poseen, ni tendrían por que poseer, relación alguna con otros sistemas, tal es el caso de una bomba para cisterna con tanque alto que suele usar su propio sistema de automatización. Al aplicar este análisis se puede encontrar equipos eléctricos y electrónicos que se ajusten al perfil de un equipo que es capaz de ser parte de un sistema de automatización, cumpliendo determinada misión: ya sea proporcionando datos al sistema o ejecutando cierta tarea; estos serán los equipos a los que se le pueden llamar “posibles de automatizar” y son aquellos con los que se trabajará de aquí en adelante.

Una vez que se han encontrado los equipos posibles de automatizar se debe hacer una clasificación de ellos para encontrar sus similitudes y diferencias y así poder separarlos en grupos. Posteriormente se podrán diseñar las estrategias de automatización para cada grupo. En este sentido, es fácil notar que existen dos tipos principales de equipos eléctricos y electrónicos: los que trabajan como

sensores y los que trabajan como actuadores. Los equipos que trabajan como sensores son los que poseen una o más salidas que dan cuenta del estado de alguna variable, por ejemplo un sensor de movimiento usa como salida un relé que se abre o se cierra dependiendo de si detecta movimiento o no; estos equipos trabajarán como entradas de datos para el sistema de automatización y serán referidos en adelante simplemente como “entradas”. Los equipos que trabajan como actuadores son los que poseen una o más entradas que permiten operar al equipo para que lleve a cabo su función, por ejemplo un actuador de válvula es capaz de abrir o cerrar la válvula que maneja en determinado porcentaje dependiendo de el nivel de voltaje que se ponga en su entrada; estos equipos serán manejados por el sistema de automatización y, en adelante, serán referidos simplemente como “salidas”.

Después de haber analizado, seleccionado y clasificado los equipos eléctricos y electrónicos que califican para un sistema de automatización, es decir los equipos posibles de automatizar, se debe realizar una clasificación más exhaustiva de las entradas y las salidas para poder compatibilizar en forma ordenada el sistema de automatización con estas. [1]

1.3. NECESIDADES DE TOMA DE INFORMACIÓN PARA EL SISTEMA

El sistema de automatización necesitará obtener información sobre el estado de las variables que vigila para que este pueda realizar las tareas que se desee, justamente es esa la finalidad de las entradas: el brindar información al

sistema de automatización para que realice una tarea siguiendo una lógica preestablecida.

Ahora es momento de plantearse una segunda interrogante: ¿Qué información se necesita para automatizar una vivienda? La respuesta no es tan sencilla como podría parecer ya que esta viene de la mano con el conocimiento de aquellos equipos que son susceptibles de ser automatizados, es decir, para determinar las variables del equipo que se va a automatizar primero se debe saber de qué equipo se trata. Afortunadamente, del análisis expuesto en la sección anterior se extraen ideas y ejemplos que ayudan a resolver esta interrogante. Es así que para encender o apagar una bombilla, por ejemplo, la única variable que domina tales sucesos es el estado del interruptor por tanto sería necesario tomar información del estado del interruptor para ingresarla al sistema de automatización; en una oficina podría darse en caso de que la bombilla no sea manejada por un interruptor convencional, sino por un sensor de luz y un circuito electrónico adicional, en este caso la variable de la cual es necesario obtener información sería del estado del sensor de luz. A continuación se presenta otro ejemplo que puede clarificar más aún las necesidades de toma de información. Un sistema de alarma activada por un sensor de movimiento tiene dos estados: armado (cuando la alarma está activada) y desarmado (cuando la alarma está desactivada). De una manera simplificada, estos estados se manejan únicamente a través de un interruptor de la siguiente forma: interruptor abierto – alarma armada, interruptor cerrado – alarma desarmada; además el sistema de alarma usa como salida una sirena que suena cuando, estando la alarma armada, el sensor detecta movimiento. Tomando en cuenta que el sensor de movimiento cuenta con una salida de contacto seco (relé)

cuyos estados son: contacto abierto – movimiento, contacto cerrado – no movimiento, se puede apreciar que en este caso las necesidades de toma de información van orientadas hacia dos entradas que serían la que proporciona el interruptor de armado-desarmado y la que proporciona el propio sensor de movimiento. La activación de la sirena se da siguiendo una tabla de verdad muy sencilla que se puede apreciar en la *Tabla 1.1*. Siguiendo esta misma lógica de análisis se puede obtener toda una lista de variables a monitorear en un inmueble pequeño y estas servirán para alimentar al sistema de automatización.

$desarm / \overline{arm}$	$no\ mov / \overline{mov}$	<i>Alarma</i>
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

Tabla 1.1.- Tabla de verdad para la activación de una sirena

En este punto se hace útil estandarizar las entradas, para ello es menester clasificarlas usando algún criterio. Usando los modelos clásicos de circuitos electrónicos, se escogerán dos tipos de entradas: las entradas digitales y las entradas analógicas. Las entradas digitales son las más importantes y han sido claramente ejemplificadas anteriormente, estas cuentan con solo dos estados posibles que en su forma más genérica son: contacto abierto y contacto cerrado, mediante los cuales se puede obtener los niveles de voltaje que se desee como 0V y 5Vdc, 0V y 12Vdc, etc. y vienen representados por los valores binarios 0 y 1. Entre todos los tipos de entradas existentes, las entradas digitales constituyen una inmensa mayoría debido a la versatilidad y sencillez que presentan. Las entradas analógicas son aquellas que pueden sensar un intervalo continuo de

valores eléctricos (voltaje o corriente), por ejemplo podría tratarse de una entrada de voltaje variable en el rango de 0V a 12Vdc donde se puede ingresar cualquier valor de voltaje en ese rango. Este tipo de entradas son muy raras y poco útiles motivo por el cual no serán tomadas en cuenta en el desarrollo del presente trabajo. Cabe resaltar que se ha creído conveniente crear un tipo de entrada capaz de sensar tres intervalos de impedancia; su utilidad, que es la de minimizar el uso de conductores, será explicada posteriormente en forma pormenorizada. [1]

1.4. NECESIDADES DE CONTROL DE EQUIPOS ELÉCTRICOS

La finalidad del sistema de automatización es la de manejar los equipos eléctricos y electrónicos conectados a su salida como una función de las entradas del sistema, entonces el saber qué equipos se necesita administrar es un tópico fundamental al momento de definir cómo serán las salidas.

Se hace importante, entonces, contestar a una tercera pregunta: ¿Qué equipos se necesita automatizar y cómo se puede conseguir esto? Las necesidades de automatización en una casa o en una oficina pueden variar mucho dependiendo del cliente, él podría querer automatizar la iluminación del inmueble, el regado del jardín o quizá instalar un sistema antirrobo o antiincendio en la oficina; con esto se quiere dar a entender que el cliente podría requerir la automatización de una muy variada gama de equipos y el sistema de automatización debe ser lo suficientemente adaptable y flexible para poder lidiar con la mayor parte estas necesidades. Para poder hacer que el sistema cumpla con manejar la mayor variedad de aparatos se tiene que hacer un estudio acerca de cómo se manejan

estos; puede ser que se manejen, en el caso de un tanque calentador de agua, con un interruptor; en el caso de un balasto para *dimear* fluorescentes, con un nivel variable de voltaje continuo; en el caso de una chapa eléctrica, con 0V o 12Vdc, 12Vac, 24Vac según el tipo de chapa; en el caso de una lámpara halógena, con un control sobre la onda sinusoidal que recibe la lámpara; etc.

Después de investigar minuciosamente una gran variedad de equipos eléctricos y electrónicos se puede concluir que la gran mayoría de ellos emplean uno de los tres tipos de control siguientes: el que realiza abriendo y cerrando un contacto o enviando dos valores de voltaje al equipo (0V y un valor distinto de 0V), a cualquiera de los dos casos se le llamará salida digital; el que se realiza enviando un valor de voltaje continuo al equipo que puede variar entre 0V y un valor no mayor a 12Vdc al que se le llamará salida “analógica DC” y finalmente un control que se realiza *recortando* la onda sinusoidal de corriente alterna que recibe el equipo con el uso de *tiristores*, al que se le llamará salida “analógica AC”. La salida digital es la salida más común de las tres, ella puede ser modelada como un relé que se abre y se cierra, este relé dejará pasar o no el voltaje que se encuentre en un terminal hacia el otro, de esta forma se puede conseguir tener que la salida no se quede limitada a un sólo voltaje sino que dependiendo del voltaje que se ponga en un terminal del relé se pueda tener ese mismo voltaje a la salida. La salida analógica DC es poco usada pero existen equipos que la requieren para operar y con la finalidad evitar una potencial carencia y brindar una solución íntegra se incluye esta salida que cuenta con la capacidad de arrojar a la salida un voltaje cualquiera que se encuentre entre 0V y 12Vdc pudiéndose ajustar el máximo según el equipo que se necesite administrar. La salida analógica AC tiene

un uso casi puntual pero muy difundido en la actualidad que es el de controlar la potencia que se le entrega a una carga resistiva mediante el *recorte* de la onda sinusoidal que alimenta dicha carga, esto es lo que se conoce como *dimer* encontrando uso en la regulación de la intensidad de luz de bombillas, lámparas halógenas y ocasionalmente en estufas y calentadores eléctricos de agua.

Finalmente se tiene una idea de la concepción final del sistema de automatización para inmuebles pequeños, este debe constar tanto de entradas como de salidas y de algún elemento inteligente que pueda realizar el trabajo de vincular unas con otras según una lógica. Las entradas serán de dos tipos: digitales y aquellas especiales diseñadas para minimizar el uso de conductores; estas últimas serán usadas para conectar pulsadores desde los que se podrá administrar el sistema. Las salidas serán de tres tipos: digitales, analógicas DC y analógicas AC. Adicionalmente se dejará la alternativa de conectar un dispositivo receptor telefónico mediante el cual se podrá manejar el sistema vía teléfono, de la misma manera se dejará la alternativa de conectar un dispositivo marcador telefónico con la finalidad de que el sistema pueda realizar llamadas de emergencia a uno o más números transmitiendo mensajes pregrabados para las distintas situaciones que se puedan presentar. [1]

Así expuesto el sistema se puede elaborar un esquema fundamental de él, mostrando sus entradas, salidas y alternativas de empleo (*Figura 1.1*). Si bien se han definido las partes del sistema, aún no se ha establecido su arquitectura ni su topología, es decir no se ha establecido su forma de interconexión ni su distribución en un medio real, este será el tema a tratar en el siguiente capítulo.

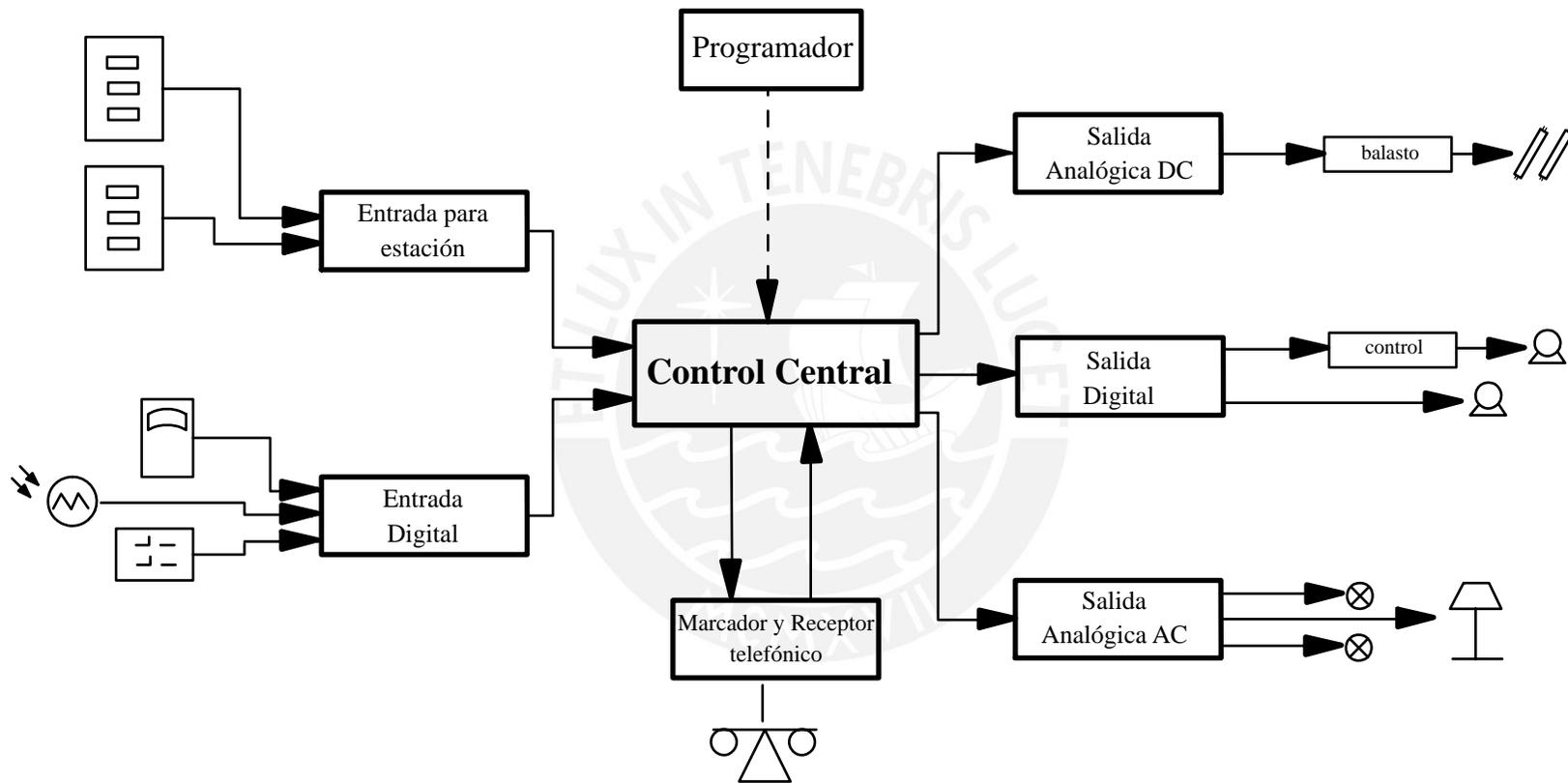


Figura 1.1.- Esquema fundamental del sistema de automatización para inmuebles pequeños



2. SELECCIÓN DE LA ARQUITECTURA A USAR

2.1. ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE LAS POSIBLES ARQUITECTURAS, PROS Y CONTRAS

Hasta el momento se ha presentado un análisis a partir del cual se ha concluido que el sistema de automatización para inmuebles pequeños debe de constar de entradas y salidas, y que estas están clasificadas de acuerdo a la naturaleza de su funcionamiento. Ahora es necesario ocuparse de la interconexión física de tales entradas y salidas así como también de la implantación en el sistema una “inteligencia” capaz de llevar a cabo las tareas de automatización, siendo indispensable definir si esta inteligencia se distribuirá en el sistema o si se concentrará en una unidad diseñada específicamente para este propósito. Una vez definida la modalidad de interconexión, también se ve la necesidad de atarse del patrón de disposición que seguirán las entradas y salidas al momento de ser conectadas entre si, lo que comúnmente se conoce con el nombre de topología.

2.1.1. TIPOS DE MEDIOS DE TRANSMISIÓN

Los mecanismos de interconexión tienen generalmente como propósito fundamental el comunicar dos o más equipos electrónicos. Hoy en día, tanto las grandes como las pequeñas redes de comunicación usan los dos tipos de medios de transmisión que existen: los medios de transmisión guiados o alámbricos y los medios de transmisión no guiados o inalámbricos. Para determinada red de comunicación, cada tipo de medio de transmisión ofrece características particulares en términos de ancho de banda, retardo, facilidad de

instalación, costo y mantenimiento que pueden resultar ventajosas o no. [2] [3]

En el caso del sistema de automatización para inmuebles pequeños que se está desarrollando, la idea es encontrar que medio de comunicación es el ideal, tomando en cuenta cual ofrece el mejor desempeño para interconectar los módulos de entrada y salida existentes y a futuro cual ofrecerá la mejor alternativa en el caso que se desee perfeccionar el sistema.

A continuación se expondrán las características más relevantes para la interconexión del sistema de automatización y, para cada una de ellas, se realizará una comparación entre los dos tipos de medios de transmisión.

- Costo.- Tratándose de un sistema económicamente accesible al común de la gente, este es uno de los parámetros más importantes a tomar en cuenta. El costo de implantación de un medio alámbrico debe tomar en cuenta principalmente: el precio del cableado propiamente dicho, el precio de los tubos y/o canaletas dentro de los cuales deben yacer los cables, el precio de la mano de obra para el entubado y cableado, el precio de otros materiales para la instalación como tornillos, pegamento, etc. En tanto que el costo de implantación de un medio inalámbrico debe tomar en cuenta primordialmente: el precio de los equipos transmisores y/o receptores en todos y cada uno de los puntos que se desee interconectar; el precio de la mano de obra para la instalación; el precio de la energía consumida por los aparatos de transmisión y recepción.
- Mantenimiento.- Tomando en cuenta que el sistema debe conservarse funcionando correctamente tanto tiempo como sea posible, esta variable

se convierte en un aspecto básico a considerar. Adicionalmente, es fácil darse cuenta que el mantenimiento redundará en gastos posteriores; por tanto el mantenimiento del medio de transmisión tiene un doble peso: debe conservarse operativo por el mayor tiempo posible y, en el caso que falle, su compostura debe ser económica. El mantenimiento de un medio alámbrico es realmente sencillo, no necesita de ningún cuidado especial excepto, si se quiere, una limpieza de los conductores periódicamente. Mas aún, la vida útil de un cable es muy larga incluso funcionando a la intemperie. Si por algún motivo un cable se dañara, cosa muy rara a todas luces, la mejor medida que se puede tomar para arreglar el desperfecto sería reemplazar el conductor por uno nuevo lo cual resulta barato si es que se trata de un cable simple. El mantenimiento de un medio inalámbrico aparentemente no requiere de tarea alguna, pero evaluando la vida útil de los equipos transmisores y receptores que funcionan casi ininterrumpidamente se puede encontrar que, por recomendación de cada fabricante, estos equipos necesitarán de mantenimiento después de pocos años, el mismo que deberá ser realizado en un servicio técnico especializado con los costos que ello implica. Finalmente, si los equipos transmisores o receptores fallan en forma irreparable, comprar unos nuevos resultaría definitivamente oneroso.

- Facilidad de instalación.- Esta variable es bastante significativa pero ella, a diferencia de otras, cobra importancia únicamente en una oportunidad. La instalación de un medio guiado ocasiona considerables dificultades. Para colocar nuevos cables en una vivienda común suele ser necesario

taladrar paredes para pasar los cables o para fijar sostenes y emplazar ya sean tuberías o canaletas para proteger los cables y/o para darle estética a los muros, esto a su vez ocasionalmente genera grietas en los muros y ensucia las paredes por lo que se harán necesarios trabajos de albañilería y pintura; todas estas labores pueden causar incomodidad y hasta cierto punto molestia a los moradores. La instalación de un medio no guiado es sencilla y se realiza rápidamente, bastando solo unos tornillos para fijar los transmisores y receptores de radio y un pequeño cableado para llevar alimentación a estos equipos. Suele convertirse, entonces, en una instalación ágil y sin consecuencias estéticas.

- **Fiabilidad.-** Este es otro trascendental aspecto a comparar. Resulta imprescindible el contar con un medio de transmisión que ofrezca las más altas tasas de confiabilidad en que la información que se transmite llegue sin errores a destino. Un medio guiado ofrece una fiabilidad de casi un cien por ciento debido a que en tramos de unos pocos metros, el ruido que se puede acoplar a los conductores es muy pequeño siendo virtualmente la única forma impedir una comunicación confiable el intervenir las líneas intencionalmente. Un medio no guiado con transmisores y receptores de buena calidad brinda una confiabilidad cercana también al cien por ciento, sin embargo, ligeramente menor que la del medio guiado debido principalmente a que al usar bandas de frecuencia públicas otros equipos controlados por radio, tales como juguetes o teléfonos inalámbricos, pueden interferir en la comunicación ya que todos ellos usan esas mismas bandas de frecuencia para

transmitir. Adicionalmente, rayos y tormentas eléctricas podrían interferir en la comunicación a través de un medio no guiado. [2] [4]

- Retardo.- Este parámetro es importante en la medida en que el medio de transmisión no retrase demasiado la comunicación; en una comunicación satelital, por ejemplo, los datos podrían demorar unos segundos en llegar a su destino. Para el caso del sistema de automatización para inmuebles pequeños, las distancias que la comunicación debe cubrir son cortas en comparación con las mencionadas, es por eso que tanto un medio alámbrico como uno inalámbrico podrán satisfacer a plenitud los requerimientos del sistema en cuanto a retardo.
- Ancho de banda.- Para el sistema en desarrollo, el ancho de banda no es una variable fundamental debido a que tasas de comunicación de unos pocos bits por segundo son suficientes para administrar cualquier entrada o salida. Sin embargo, si en el futuro se desea perfeccionar el sistema añadiendo protocolos de comunicación elaborados tales como Lonworks o TCP/IP por ejemplo, el ancho de banda jugará un papel más importante. En un medio guiado, el ancho de banda es inmenso, se puede lograr alrededor desde 16MHz con un par trenzado categoría 3, hasta cerca de 1GHz con un cable coaxial e incluso 30THz por banda en una fibra óptica monomodo. En un medio no guiado, según las recomendaciones de entes como la ITU-R o la FCC, se debe hacer uso de las bandas de frecuencia llamadas ISM (industriales, médicas y científicas), estas bandas son usadas también por los controles remotos para las puertas de garaje, teléfonos inalámbricos, juguetes y otros

dispositivos domésticos. Sus anchos de banda son de 26MHz para la banda de 900MHz, 83.5MHz para la banda de 2.4GHz y 125MHz para la banda de 5.7GHz. Se debe hacer hincapié en que elevados anchos de banda nunca serán necesarios en este tipo de sistemas. [2] [4]

2.1.2. ESTRATEGIAS DE PROCESAMIENTO

El sistema de automatización para inmuebles pequeños debe ser capaz de procesar la información recibida a través de sus entradas para tomar una decisión y enviarla a través de sus salidas, esto se puede entender como la inteligencia del sistema. La forma en que el sistema tomará las decisiones y las maneras de llevarlas a cabo serán explicadas más adelante; en este momento es menester decidir como se distribuirá eso llamado inteligencia, en el sistema en desarrollo. La inteligencia se puede implantar haciendo uso de dos arquitecturas. La primera es aquella arquitectura que concentra todo el trabajo de procesamiento en una sola unidad o módulo, desde este módulo se comanda todo el sistema y es el único capaz de operar por si mismo otro módulo. En términos simples se puede considerar que existe un único módulo inteligente o maestro y varios módulos obsecuentes o esclavos. Esta arquitectura es llamada arquitectura de procesamiento centralizado. La otra arquitectura de procesamiento que existe es aquella que distribuye la inteligencia entre todas las unidades del sistema de tal forma que cada unidad es capaz de interactuar con cualquier otra para evaluar una variable, procesar información o tomar una decisión. Si bien alguna unidad podría tener cierta prioridad, en principio todas las unidades están jerarquizadas a un mismo nivel y se puede afirmar entonces

que todas las unidades del sistema son inteligentes. Esta arquitectura es llamada arquitectura de procesamiento distribuido. [5] [6]

A continuación, en forma semejante al análisis para la interconexión del sistema, se expondrán los parámetros más relevantes al momento de escoger una de las arquitecturas de procesamiento y, para cada parámetro, se realizará una comparación entre ambas arquitecturas.

- Costo.- Esta variable es una de las fundamentales porque, como ya se dijo, el sistema en desarrollo es uno de bajo costo; y además está decir que en cualquier proyecto el costo será una variable de primer orden. Para la implantación de una arquitectura centralizada se debe tomar en cuenta el costo que implica la construcción de un módulo especial para realizar el procesamiento, el mismo que deberá contar con todo un sistema de protección especial debido a la importancia que reviste el papel de un módulo de procesamiento. Asimismo se necesitará como pieza fundamental un único microcontrolador relativamente potente, que sea capaz de cumplir con la misión de manejar todo el sistema. La implantación de una arquitectura de procesamiento distribuido no necesitará de ningún módulo especial, pero si requerirá que todos y cada uno de los módulos de entrada y salida cuenten con un microcontrolador que los provea de la inteligencia para tomar conocimiento de su función e intercomunicarse oportunamente con la finalidad de lograr un correcto funcionamiento del sistema en conjunto.

También serán necesarios dispositivos de protección elementales en todos los módulos para resguardar los delicados microcontroladores.

- **Mantenimiento.**- Ya está dicho que este parámetro tiene un doble peso; para este caso el mantenimiento está evaluando cuán fácilmente se puede llevar a cabo las tareas necesarias para que el sistema permanezca en perfecto funcionamiento y cuán económico resulta ya sea reparar o reemplazar algún módulo que haya dejado de funcionar. En el caso de un sistema centralizado, para mantener un buen funcionamiento del módulo de procesamiento sólo será necesario realizar una limpieza de este con cierta periodicidad además de mantenerlo alejado de fuentes de calor, evitar que caiga agua sobre él y todos los cuidados que se suele tener con cualquier equipo eléctrico. Si el módulo de procesamiento se llegara a dañar, sería necesario enviarlo a un servicio técnico con los costos que esto conlleva y de necesitarse reemplazarlo, otro igual resultaría un tanto costoso. No obstante eso, si dejara de funcionar algún otro módulo (diferente al módulo de procesamiento) reemplazarlo sería bastante barato. Para un sistema distribuido también sería necesario una limpieza periódica de los módulos teniendo especial cuidado en que, para este caso, todos los módulos tienen en su interior un dispositivo delicado (microcontrolador). También se deberán tener los mismos cuidados que se tienen con los dispositivos eléctricos comunes. Si cualquiera de los módulos se dañase, será necesario enviarlo a un servicio técnico pero a diferencia del caso centralizado si un módulo resulta irreparable (cualquiera de

ellos) un reemplazo resultaría oneroso debido a que cada uno de ellos cuenta con un microcontrolador que lo encarece.

- **Confiabilidad.**- Este es otro importante aspecto al momento de escoger una arquitectura de procesamiento pues el sistema debe proporcionar un funcionamiento estable con un procesamiento de datos totalmente fiable, de tal forma que el sistema cumpla en forma satisfactoria las tareas para las que ha sido programado sin ocasionar eventos indeseables producto de un error en el procesamiento. Además, esta confiabilidad se debe tratar de mantener incluso en los casos más extremos como la pérdida de comunicación con uno o más módulos o incluso en el caso que se averíe algún módulo. La implantación de una arquitectura centralizada implica, tal como se ha señalado, que se trabajará con una única unidad inteligente la cual poseerá un hardware y software únicos y residentes dentro de esta unidad. Al tener centralizado tanto hardware, software y por ende también los datos a procesar, se puede asegurar una integridad de la información ya que todo está en el mismo lugar y no hace falta gestionar o buscar nada en otras unidades; por tanto todo dependerá únicamente del correcto funcionamiento de los componentes *in situ*. Sin embargo, el uso de un procesamiento centralizado presenta una significativa merma en su confiabilidad si es que se pierde la comunicación con algún módulo. En este caso el módulo incomunicado quedaría totalmente inoperativo, es decir, el sistema no podría recoger información de él si es una entrada ni tampoco enviársela en caso sea una salida. Y más todavía en el caso que el módulo que pierda comunicación o que deje de funcionar sea el

módulo de procesamiento. En esta situación el sistema completo quedaría totalmente fuera de servicio hasta que se retome la comunicación o se repare el daño. Una arquitectura distribuida se contrapone en ambos aspectos materia de comparación. Debido a su naturaleza distribuida la inteligencia se encuentra diseminada a través del sistema y esto implica a su vez un procesamiento que se lleva a cabo en varios lugares al mismo tiempo, ello significa que la información se encuentra dividida en varias porciones, una para cada módulo. Entonces al tener la información dispersa es más complicado asegurar la integridad de los datos debido a que ahora la integridad ya no depende de uno sino de varios conjuntos de hardware y *software* e incluso del medio de transmisión. También, debido a que se tiene la información compartida, en ocasiones hará falta buscar y/o gestionar la información en otras unidades lo cual dificulta la elaboración del software (este aspecto será tratado en breve). No obstante estas dificultades, el procesamiento distribuido es tolerante en cuanto a desperfectos y pérdidas de comunicación. Si un módulo perdiera comunicación, al ser este (al igual que los demás) un módulo inteligente, podría seguir funcionando en modo solitario, por así decirlo, y retomar su funcionamiento normal en el momento que la comunicación vuelva a estar disponible. Incluso en el caso que algún módulo deje de funcionar, el resto del sistema puede continuar funcionando normalmente y solamente se verían afectadas las tareas relativas a la unidad malograda. [5] [6]

- Escalabilidad.- De mediana trascendencia, esta variable sopesa la potencialidad que tienen ambas arquitecturas de procesamiento para crecer. Es decir, si resulta posible y sencillo adicionar, a futuro, nuevos módulos al sistema sin la necesidad de practicar modificaciones profundas en el hardware o software del sistema. Para un sistema de procesamiento centralizado la capacidad de crecimiento del sistema depende fundamentalmente del módulo procesamiento. Este módulo cuenta con un elemento inteligente o microcontrolador que tiene un número limitado de puertos de entrada y salida y una capacidad de procesamiento por segundo que también es limitada; por ende el módulo mismo posee un número limitado de entradas y salidas. Entonces se puede concluir que el crecimiento del sistema encuentra su techo máximo en el momento en que estas entradas y salidas estén copadas en su totalidad. Esta limitación es prácticamente insuperable salvo se hagan cambios sustanciales en el hardware de la unidad de procesamiento. Un sistema de procesamiento distribuido provee de una escalabilidad bastante buena. Tomando en cuenta que se tiene inteligencia en todos los módulos, la adición de uno más es también la adición de un microcontrolador más al sistema, por tanto la capacidad de procesamiento está asegurada. El sistema puede crecer sin problema alguno en la medida que los protocolos de comunicación estén diseñados en forma adecuada y en la medida que la cantidad de módulos no sature el medio de comunicación y provoque fallas o retrasos. Únicamente podrían ser necesarios ligeros ajustes en software para que se puedan añadir nuevos módulos al sistema. [5] [6]

- Simplicidad del software.- Siempre será preferible utilizar la alternativa más sencilla al momento emprender una tarea o desarrollar un proyecto. En ese sentido este parámetro busca comparar cuán fácil o difícil será la elaboración de las rutinas que deberá(n) ejecutar el(los) microcontrolador(es) para llevar a cabo las tareas encomendadas. Una arquitectura de procesamiento centralizado, como usa solamente un elemento inteligente, necesitará un solo programa para ejecutar. Este programa debería estar dividido en rutinas de lectura, para capturar la información proveniente de las entradas; rutinas de escritura, para enviar órdenes a las salidas; rutinas de procesamiento propiamente dichas, para trabajar los datos de entrada y mediante una lógica determinar la salida; además de otras rutinas menores tales como rutinas de temporización, almacenamiento, administración, etc. Al tener todas las rutinas dentro de un mismo programa (y en el mismo microcontrolador), gestionar información desde una o varias entradas resulta sencillo y, al mismo tiempo, acceder a cualquier salida es inmediato. Como consecuencia, el procesamiento no ofrece mayores dificultades ya que todo está a la mano y la lógica reside en el mismo programa. La sincronía de todas las rutinas está garantizada desde el momento en que todas coexisten en el mismo microcontrolador gobernado por una misma señal de reloj. Una arquitectura de procesamiento distribuido ofrece ingentes dificultades en este aspecto. Se hacen necesarios varios programas distintos, uno para cada uno de los módulos ya sean entradas o salidas. Estos programas deberían ejecutar diferentes rutinas tales como: Rutinas de comunicación, para

establecer un protocolo común entre todos los módulos y así lograr un efectivo intercambio de información. Rutinas de sincronización, como parte de las rutinas de comunicación, para intercambiar bits a través de un medio de comunicación cuando existen varios relojes de igual o diferente velocidad (bajo nivel). Rutinas de gestión de información, para que un módulo pida información que se encuentra ubicada en otro módulo y este último se la envíe (alto nivel). Y rutinas de lectura, escritura, procesamiento, temporización, almacenamiento, administración, etc. semejantes a las descritas para el sistema centralizado. Debido a que la información se encuentra distribuida entre los módulos se hacen necesarias rutinas de comunicación compuestas por varios niveles o capas que podrían ser una de bajo nivel (sincronización), una de nivel intermedio (comunicación propiamente dicha) y una superior (gestión de información). Tales necesidades complican sobremanera el software que se debe implantar. Adicionalmente, las rutinas de lectura, escritura y procesamiento se ven entorpecidas por la necesidad de usar las rutinas de comunicación poder trabajar en tanto las variables se encuentran desperdigadas a lo largo y ancho del sistema. El resto de rutinas se complican en menor medida, pero definitivamente también lo hacen. [5] [6]

- Facilidad de reconfiguración.- Si un usuario requiere cambiar, añadir o retirar alguna funcionalidad, el sistema debe ser susceptible de reconfigurarse en forma sencilla y rápida. Justamente esta sencillez es medida por el presente parámetro y él está en directa relación con el parámetro anterior (simplicidad de software). Para el caso de una

arquitectura centralizada, el factor de tener un solo programa es preponderante porque bastará modificar aquellas rutinas relacionadas con el cambio que se desee llevar a cabo para que el comportamiento del sistema entero quede modificado. Y si el software ha sido escrito en forma organizada y metódica, encontrar tales rutinas debe ser cosa fácil y la modificación inmediata. En el caso de una arquitectura distribuida, ella cuenta con varios programas distintos trabajando uno en cada módulo por tanto, si se desea alterar alguna funcionalidad, habrá que encontrar primero cuales son los módulos relacionados con ella, para luego ir a cada módulo y modificar su programación de manera adecuada. Rutinas ordenadas y una diagramación de las funcionalidades del sistema serían obligatorias para poder realizar los cambios en el menor tiempo posible.

2.2. ELECCIÓN DE LA ARQUITECTURA MÁS VENTAJOSA

Una vez expuesto y comprendido el estudio desarrollado en la sección anterior ya se está en condiciones de decidir cual será la arquitectura idónea para el sistema de automatización de inmuebles pequeños.

2.2.1. MEDIO DE TRANSMISIÓN ALÁMBRICO

La primera misión será determinar si el medio de transmisión más conveniente es aquel que usa conductores, al mismo que se ha llamado medio guiado o bien si es más conveniente aquel que usa ondas electromagnéticas

para comunicarse, al que se ha llamado medio no guiado. Para hacerlo se presenta la *Tabla 2.1* que contiene un resumen de las principales características de cada uno de los parámetros analizados previamente, y servirá para comparar con mayor facilidad ambos tipos de medio. Para simplificar la comparación más todavía, es importante notar que en la tabla se presentan los parámetros ordenados de acuerdo a su importancia. Posteriormente se podrá decidir que medio es más ventajoso en cada caso y finalmente que medio resulta más ventajoso tomando en cuenta todos los parámetros del sistema.

- Costo.- Será el primer parámetro a comparar debido a que es el más importante para efectos del presente trabajo. Cuando se procede a confrontar cuánto costaría instalar ambos tipos de medio, se llega rápidamente a un punto crucial que es decidir que tipo de medio guiado se usaría para la instalación. Sin duda alguna, a este nivel de desarrollo del sistema es fácil darse cuenta que usar tanto fibra óptica como cable coaxial sería sobredimensionar el medio de transmisión, muchas razones para ello subyacen dentro del ítem “ancho de banda” desarrollado en la sección anterior. Así las cosas, el único candidato vigente sería el par trenzado cuyo costo es bastante económico (menos de un nuevo sol por metro) y sumado a los costos de ferretería y mano de obra representan en forma muy aproximada un lado de la comparación, del otro lado están los pares de equipos transmisor-receptores que pueden ser comprados por algunos cientos de soles, y al igual que el caso anterior, a esto habría que añadir los costos de la mano de obra (*Anexo A*). Consecuentemente, salta a la

Parámetro	Medio guiado	Medio no guiado
Costo*	Bajo: conductores, tuberías, mano de obra y ferretería adicional	Alto: equipos transmisores y receptores en múltiples puntos, mano de obra
Mantenimiento	Sencillo: limpieza de conductores En caso de falla irreparable el reemplazo es barato	No necesita En caso de falla irreparable el reemplazo es caro
Fiabilidad	Alta	Alta siempre y cuando no hayan dispositivos que interfieran la señal
Facilidad de instalación	Presenta dificultades, requiere trabajos, puede causar molestias	No presenta dificultades, la instalación es rápida
Ancho de banda**	Muy bueno	Bueno
Retardo	Insignificante	Insignificante

Tabla 2.1.- Resumen de las características de los medios guiados y no guiados

* Las calificaciones de alto y bajo son referidas para un medio respecto al otro.

**Calificado en términos de las necesidades del sistema en desarrollo

vista que la opción económicamente más accesible es la de un medio guiado, en particular, un conductor constituido por un par trenzado.

- **Mantenimiento.-** Es el segundo aspecto más importante a comparar considerando su peso doble ya explicado. En lo que respecta al mantenimiento en sí, se puede considerar que tanto un medio guiado como uno no guiado no requieren de ningún cuidado especial y por tanto este factor no aporta a la elección de uno de los medios. En cuanto al tiempo de operación antes que la comunicación falle y tenga que dársele mantenimiento; y en base a la experiencia proporcionada por las instalaciones domésticas comunes (una residencia cualquiera), se encuentra que un medio guiado normalmente permanece operativo por varios años e incluso décadas. En la otra mano, si se trata de un medio no guiado, se observa, en sistemas profesionales, que son los equipos transmisor-receptores los que suelen fallar luego de unos pocos años y requieren de servicio técnico especializado; esto, por supuesto, conlleva un gasto. Finalmente, si comparamos el costo de reemplazar un conductor con el de reemplazar un equipo transmisor-receptor, la balanza se inclina hacia la elección de un medio no guiado. Entonces, como resultado, ambas partes de la dicotomía del mantenimiento se muestran favorables a la elección de un medio guiado.
- **Fiabilidad.-** Es también una variable importante al momento de elegir uno de los medios, especialmente en el caso que se quiera implementar con el sistema de automatización un sistema de seguridad. Luego de comparar los medios se encuentran muy buenos rendimientos y para ambos casos una fiabilidad o confiabilidad cercana a un cien por ciento.

Sin embargo, el medio no guiado tiene una leve desventaja con respecto al guiado; ella se da cuando en las inmediaciones de los transmisor-receptores se usa otro dispositivo inalámbrico como un juguete o un teléfono. Estos últimos pueden interferir con el funcionamiento del primero debido a que ambos trabajan en bandas públicas de frecuencia (bandas ISM anteriormente explicadas), pero cabe resaltar que la posibilidad de que esto ocurra es pequeña debido a las técnicas de espectro disperso que tales dispositivos frecuentemente usan. [2] Otra fuente de interferencia se puede presentar si en la zona donde el sistema funciona ocurren tormentas eléctricas, pues estas también perjudican el funcionamiento de los sistemas inalámbricos. En resumen, la fiabilidad del medio es ligeramente superior para uno guiado frente a uno no guiado.

- **Facilidad de instalación.**- Está dicho que esta variable es importantísima en la etapa inicial de implantación del sistema en un inmueble, pero debido a que solamente se toma en cuenta una vez, ocupa el cuarto lugar en la lista. No cabe duda que desde cualquier punto de vista un medio no guiado es mucho más fácil de instalar que un medio guiado. El medio no guiado no necesita de nada más que montar los transmisor-receptores y encenderlos mientras que el medio guiado requiere, como ya se dijo, taladrar paredes, pasar cables, instalar tuberías y/o canaletas, etc. motivo por el cual un medio no guiado es largamente más sencillo de instalar que un medio guiado.
- **Ancho de banda.**- Si bien se ha dejado sentado que sistemas de automatización no requieren grandes anchos de banda, siempre es

mejor tener disponible el recurso por si en el futuro se llegara a hacer falta. Para poder confrontar ambos medios se exponen sus anchos de banda: 100MHz para el par trenzado categoría 5, 250MHz para el par trenzado categoría 6 y 600MHz para el par trenzado categoría 7. Entre tanto las bandas públicas ISM ofrecen: 26MHz en la banda de 900MHz, 83.5MHz en la banda de 2.4GHz y 125MHz en la banda de 5.7GHz. Esta última banda es nueva y todavía se encuentra en desarrollo por lo que equipos para ella son caros. Pero aun cuando se pudiera superar estas limitaciones e incluso si se pudiera hacer uso de todo el espectro disponible en la banda de 5.7GHz (cosa difícil porque es una banda pública), su ancho de banda sería inferior al de un par trenzado categoría 6 y cuatro veces más pequeño que el de uno categoría 7. Estas razones inclinan claramente la balanza a favor de un medio guiado en lo que a ancho de banda se refiere. [2]

- Retardo.- Este parámetro reviste importancia cuando la comunicación se realiza entre puntos distantes. Este no es el caso para el presente trabajo pero de todas formas al realizar la comparación entre ambos medios se encuentra, como era de esperar, que ninguno de ellos ocasiona retardos significativos por tanto ambos medios son óptimos en este aspecto.

Ante la virtual inexistencia de estándares claros para el desarrollo de la domótica y automatización de edificios en el contexto latinoamericano, y más aún, tomando en cuenta las pobres pautas que se tiene a ese respecto en otras latitudes, no existen parámetros inmediatos que sirvan como guía para la elección de uno u otro tipo de medio de transmisión. En ese sentido y buscando

otra alternativa para la elección, en la *Tabla 2.2* se hace un esfuerzo por hacer cuantitativas aquellas variables analizadas en forma cualitativa en las páginas previas. En ella se puede apreciar, a modo de síntesis de las comparaciones desarrolladas, qué medio resultó más ventajoso para cada parámetro y la importancia de cada uno de ellos. Se asignan puntajes tanto a la importancia de cada parámetro como al resultado de la comparación, los puntajes son valores numéricos que van desde 1 (importancia muy baja o calificación muy desfavorable) hasta 5 (importancia muy alta o calificación muy favorable). Para obtener el puntaje total de cada medio de transmisión se debe multiplicar el puntaje de cada parámetro por su respectiva importancia y luego sumar todos estos productos. Se obtiene un puntaje total en el rango de 22 a 110 puntos, este indica cuán conveniente es el medio para el sistema en desarrollo. Nuevamente se hace hincapié en el hecho que no hay razón alguna para asignarle un puntaje exacto a cada variable, son valores subjetivos que se determinan en una pugna por cuantificarlas.

Finalmente, como resultado de todo el estudio realizado se tienen dos puntajes: 94 puntos para un medio guiado y 71 puntos para un medio no guiado. Se puede apreciar entonces que el medio guiado o alámbrico resulta más propicio para el sistema de automatización de inmuebles pequeños. Así mismo, luego de una estandarización, se puede afirmar que un medio guiado obtiene un 81.8% del puntaje posible frente a un 55.7% del medio no guiado. Estas calificaciones porcentuales sirven también para visualizar la factibilidad de ambos medios en un sistema semejante al desarrollado. El 81.8% es una calificación muy elevada que convierte al medio guiado en una alternativa casi

perfecta; no obstante al observar el 55.7% del medio no guiado se puede concluir que no es una idea descabellada el diseñar un sistema con comunicación inalámbrica, por el contrario resulta bastante viable y ello queda demostrado ante el hecho de que existen muchos sistemas profesionales de automatización para casas que no usan cables.

Parámetro	Importancia	Medio guiado	Medio no guiado
Costo	Primordial (5)	Muy favorable (5)	Desfavorable (2)
Mantenimiento	Primordial (5)	Muy favorable (5)	Desfavorable (2)
Fiabilidad	Primordial (5)	Muy favorable (5)	Favorable (4)
Facilidad de instalación	Alta (4)	Muy desfavorable (1)	Muy favorable (5)
Ancho de banda	Baja (2)	Muy favorable (5)	Intermedio (3)
Retardo	Muy Baja (1)	Muy favorable (5)	Muy favorable (5)

Tabla 2.2.- Resultado de la comparación de medios y puntajes obtenidos

En base a todo lo expuesto se escoge, entonces, un medio guiado o alámbrico para el sistema de automatización.

2.2.2. PROCESAMIENTO CENTRALIZADO

Ahora, como segunda misión, es menester cumplir una tarea semejante para decidir si el sistema usará una arquitectura de procesamiento centralizada o una arquitectura de procesamiento distribuida. Para elegir una de las arquitecturas se usará la *Tabla 2.3* que muestra una síntesis de las

características más importantes de cada parámetro desarrollado en el estudio comparativo de arquitecturas, y servirá para contrastar con mayor facilidad ambas arquitecturas; los parámetros se encuentran ordenados en relación a su importancia para un mejor entendimiento. Así mismo, se mostrará que arquitectura resulta más conveniente para cada uno de los parámetros y finalmente que arquitectura es la idónea para todo el conjunto de ellos.

- Costo.- Cuando se procede a comparar ambas arquitecturas se halla una marcada diferencia, mientras que en un caso habrá prácticamente un solo módulo que concentra los costos del sistema, en el otro el costo se encuentra distribuido entre los diferentes módulos. Por tanto, para efectos de una correcta comparación la variable número de módulos debe estar presente. Se considerará como una cantidad razonable cinco módulos, pero estos bien podrían ser muchos más dependiendo de la capacidad del procesador que se escoja en el caso de la arquitectura centralizada, que vendría a ser la limitante en cuanto a número de módulos se refiere. Al contrastar se tiene que en el caso centralizado se necesitan cinco módulos sin inteligencia a costo de unas pocas decenas de soles cada uno y además un módulo inteligente a un costo que llega a sobrepasar el ciento de soles dependiendo de la potencia del microcontrolador. Del otro lado se tiene el caso distribuido, en el que hacen falta únicamente cinco módulos pero todos ellos deben ser inteligentes, asumiendo que un microcontrolador de la mitad potencia sea suficiente para cada módulo y que este cueste la mitad que el del caso centralizado (lo cual generalmente no es así porque cuestan

Parámetro	Arquitectura centralizada	Arquitectura distribuida
Costo*	Bajo: Construcción de un módulo central de procesamiento debidamente protegido para alojar a un único procesador potente	Alto: Instalar dispositivos de protección en todos los módulos. Todos los módulos deben alojar un procesador de mediana potencia.
Mantenimiento	Sencillo: Cuidados usuales para equipos eléctricos. En caso de falla, para la reparación o reemplazo de: el módulo central: caro; otro módulo: barato.	Sencillo: Cuidados usuales para equipos eléctricos. En caso de falla, la reparación o reemplazo de cualquier módulo: caro.
Confiabilidad	Asegura integridad. Los módulos que pierden comunicación con el central quedan inoperativos. Si el módulo central falla, todo el sistema entero queda inoperativo	No se asegura integridad. Los módulos que pierden comunicación permanecen medianamente operativos. El sistema nunca queda inoperativo.
Facilidad de reconfiguración	Bastante simple	Complejo
Simplicidad del software	Bastante simple	Bastante complejo
Escalabilidad*	Baja: Limitada a la capacidad física del procesador	Alta: Limitada los protocolos y a la saturación del medio de comunicación.

Tabla 2.3.- Resumen de las características de las arquitecturas de procesamiento centralizada y distribuida

* Las calificaciones de alto y bajo son referidas para una arquitectura respecto a la otra.

casi lo mismo) se tendría que el costo de cada módulo inteligente estaría bordeando el ciento de soles, entonces el costo total sería de cinco veces esta cantidad (*Anexo A*). De esta manera se puede notar fácilmente que la arquitectura centralizada ofrece la mejor alternativa en cuanto a costo de las unidades del sistema.

- **Mantenimiento.**- Tanto para los módulos de procesamiento centralizado como para los de procesamiento distribuido se deberá respetar las recomendaciones que se dan usualmente para todo equipo eléctrico como mantenerlo alejado del agua o de las fuentes de calor, etc.; como consecuencia, esta característica no aporta al momento de optar por una de las arquitecturas. El tiempo de vida de los módulos vendrá dado por las características intrínsecas de cada módulo; pero se sabe de antemano que la flaqueza de los equipos electrónicos suele ser el chip procesador. Si tomamos en cuenta esta característica podemos concluir que serán los módulos inteligentes los que fallen con más frecuencia porque la arquitectura centralizada tiene solamente un módulo inteligente, mientras en la distribuida todos son inteligentes; y aun cuando el primero tenga una carga de trabajo mayor que los segundos (motivo por el cual fallará antes) con el transcurrir del tiempo el sistema distribuido presentará un mayor número de fallas. Cada una de estas, además, implica un gasto para su reparación o reemplazo, y a pesar que estas tareas serán más costosas para el módulo de procesamiento centralizado que para los distribuidos, por ser estos últimos un mayor número terminarán ocasionando un gasto mayor. Aquí también ambas

partes de la dicotomía se muestran a favor de una misma arquitectura, la de procesamiento centralizado.

- **Confiabilidad.**- Según el estudio detallado en la sección anterior se observa que en este parámetro existen dos subdivisiones y en cada una de ellas ambas arquitecturas se contraponen. En lo que se refiere a integridad de la información, mientras la centralizada la garantiza, la distribuida no puede hacerlo; por tanto, en esta primera subdivisión resulta más conveniente la arquitectura de procesamiento centralizado. En cuanto a la tolerancia a fallas, una arquitectura centralizada es dependiente del módulo central, cualquier módulo que quede incomunicado con él no podrá funcionar, restando confiabilidad al sistema. Y más todavía, si falla el módulo central, es el sistema entero el que deja de funcionar motivo por el cual se debe mantener a muy buen recaudo el centro de control. Este hecho merma en forma considerable la confiabilidad del sistema. En tanto que una arquitectura distribuida representa una opción superior en este sentido debido a que, al no necesitar de un módulo central de procesamiento para trabajar, el sistema puede tolerar la pérdida de comunicación con uno o varios módulos e incluso estos pueden quedar funcionando en forma independiente del resto del sistema, cosa que es imposible para la arquitectura centralizada. En conclusión, tratándose de la integridad de la información y la mejor gestión de esta, una arquitectura centralizada es preferible; pero en relación con la tolerancia a fallas una arquitectura distribuida es más confiable.

- **Facilidad de reconfiguración.**- El punto decisivo para la adjudicación de este parámetro a una u otra arquitectura es el programa operador (software) del sistema. Tal como se ha visto, la arquitectura centralizada posee únicamente un programa operador mientras que la distribuida cuenta con uno por cada módulo. Las funcionalidades del sistema necesitan trabajar con más de un módulo (por lo menos una entrada y una salida) consecuentemente si se desea trabajar con una arquitectura distribuida, el programa operador deberá estar dividido en dos partes como mínimo. Este hecho es el que complica la reconfiguración en una arquitectura distribuida porque sería necesario ir de módulo en módulo alterando cada programa o en el mejor de los casos desde un mismo punto alterar los programas relacionados con la funcionalidad que se quisiera cambiar. En cualquier caso, la arquitectura centralizada requiere de tareas más sencillas ya que al encontrarse todo el programa en un mismo lugar es más fácil modificarlo y percatarse de todas las implicancias que este cambio pueda involucrar.
- **Simplicidad del software.**- Las diferencias entre ambas arquitecturas son enormes cuando se trata de esta variable. Esto se debe a sus características inherentes: arquitectura distribuida implica un software distribuido, mientras una arquitectura centralizada implica un software único. Las dificultades de implantar programas distintos en cada módulo y que estos sean capaces de comunicarse e interactuar son muchísimas, tal como se vio anteriormente. En cambio, implementar un solo programa es una tarea bastante más sencilla principalmente porque ya no es necesario un protocolo de comunicación elaborado. No cabe

duda que la arquitectura de procesamiento centralizado ofrece mayores facilidades cuando se tiene que elaborar el programa operador.

- Escalabilidad.- Este último parámetro se compara también para las dos arquitecturas y se encuentran importantes limitaciones en una arquitectura centralizada a causa de poseer únicamente una unidad de procesamiento mientras una arquitectura distribuida cuenta con procesamiento en todas sus unidades. Esto hace que en la primera opción se esté restringido a la capacidad del único microcontrolador que existe y en la segunda no se tenga restricciones en ese sentido. Esto hace que la arquitectura de procesamiento distribuida brinde una mayor potencialidad si es que en algún momento el usuario deseara añadir nuevos módulos y hacer crecer su sistema.

Nuevamente, ante la ausencia de estándares para sistemas de automatización de inmuebles que ofrezcan una guía para la elección de una de las arquitecturas de procesamiento, se procede a cuantificar subjetivamente la importancia de cada parámetro y la conveniencia de ambas arquitecturas de procesamiento para cada uno de ellos (*Tabla 2.4*). En forma similar a la comparación de medios, se asignan puntajes tanto a la importancia de cada parámetro como al resultado de la comparación. Para obtener el puntaje total de cada arquitectura de procesamiento se debe multiplicar el puntaje de cada parámetro por su respectiva importancia y luego sumar todos estos productos para obtener un puntaje total en el rango de 25 a 125 puntos, este indica cuán adecuada es la arquitectura para el sistema que se está desarrollando.

Parámetro	Importancia	Arquitectura Centralizada	Arquitectura Distribuida
Costo	Primordial (5)	Muy favorable (5)	Intermedia (3)
Mantenimiento	Primordial (5)	Muy favorable (5)	Intermedia (3)
Confiabilidad	Primordial (5)	Desfavorable (2)	Favorable (4)
Facilidad de reconfiguración	Alta (4)	Muy favorable (5)	Desfavorable (2)
Simplicidad de software	Intermedia (3)	Muy favorable (5)	Muy desfavorable (1)
Escalabilidad	Intermedia (3)	Desfavorable (2)	Muy favorable (5)

Tabla 2.4.- Resultado de la comparación de arquitecturas y puntajes obtenidos

Como corolario de todo el estudio realizado se tienen dos puntajes: 101 puntos para una arquitectura de procesamiento centralizado y 76 puntos para una arquitectura de procesamiento distribuido. A partir de ellos se puede inferir que la arquitectura centralizada resulta más conveniente para el sistema de automatización de inmuebles pequeños. Adicionalmente, luego de una estandarización, se obtiene un 76.0% del puntaje posible para la centralizada frente a un 51.0% de la distribuida. Estas calificaciones porcentuales también sirven para visualizar la factibilidad de ambas arquitecturas en un sistema similar al desarrollado.

Un 76.0% es una calificación bastante elevada y hace de la arquitectura centralizada la idónea para ser implementada en el sistema de automatización. Del otro lado, si se analiza el 51.0% obtenido por la arquitectura distribuida se puede afirmar que existe un equilibrio entre sus ventajas y desventajas; quizá

desarrollar esta arquitectura no sea del todo una mala idea pero habría que tomar en cuenta todas las desventajas que esta acarrea para poder minimizarlas.

En base a todo lo expuesto se escoge, una arquitectura de procesamiento centralizada para el sistema de automatización.

2.3. ADOPCIÓN DE LA TOPOLOGÍA ESTRELLA

Después de haber encontrado el medio de transmisión ideal para el sistema y luego de haber decidido la arquitectura más conveniente lo único que queda es designar las características estructurales de los caminos físicos que seguirá el medio de transmisión entre los módulos del sistema, lo que habitualmente se conoce con el nombre de topología física de un sistema.

Es importante tener presente que la arquitectura de procesamiento centralizada y el medio de transmisión alámbrico juegan un papel fundamental en la elección de una topología. Esto se debe al hecho que la implementación de una, hace necesarias ciertas características en los equipos terminales que va a interconectar; como consecuencia la elección de un solo elemento inteligente en el sistema que esté interconectado mediante par trenzado con las otras unidades de entrada y salida limitará en número de topologías físicas viables.

Como se puede apreciar en la *Figura 2.1* existen cinco topologías físicas principales: malla, estrella, bus / árbol, anillo y lazo. [7] [8] [9] Sin embargo no todas se pueden emplear para disponer con éxito la interconexión entre las

entradas, salidas y el módulo central de procesamiento. Acto seguido se describirá en forma somera cada topología física indicando si es posible o no aplicarla al sistema de automatización en desarrollo.

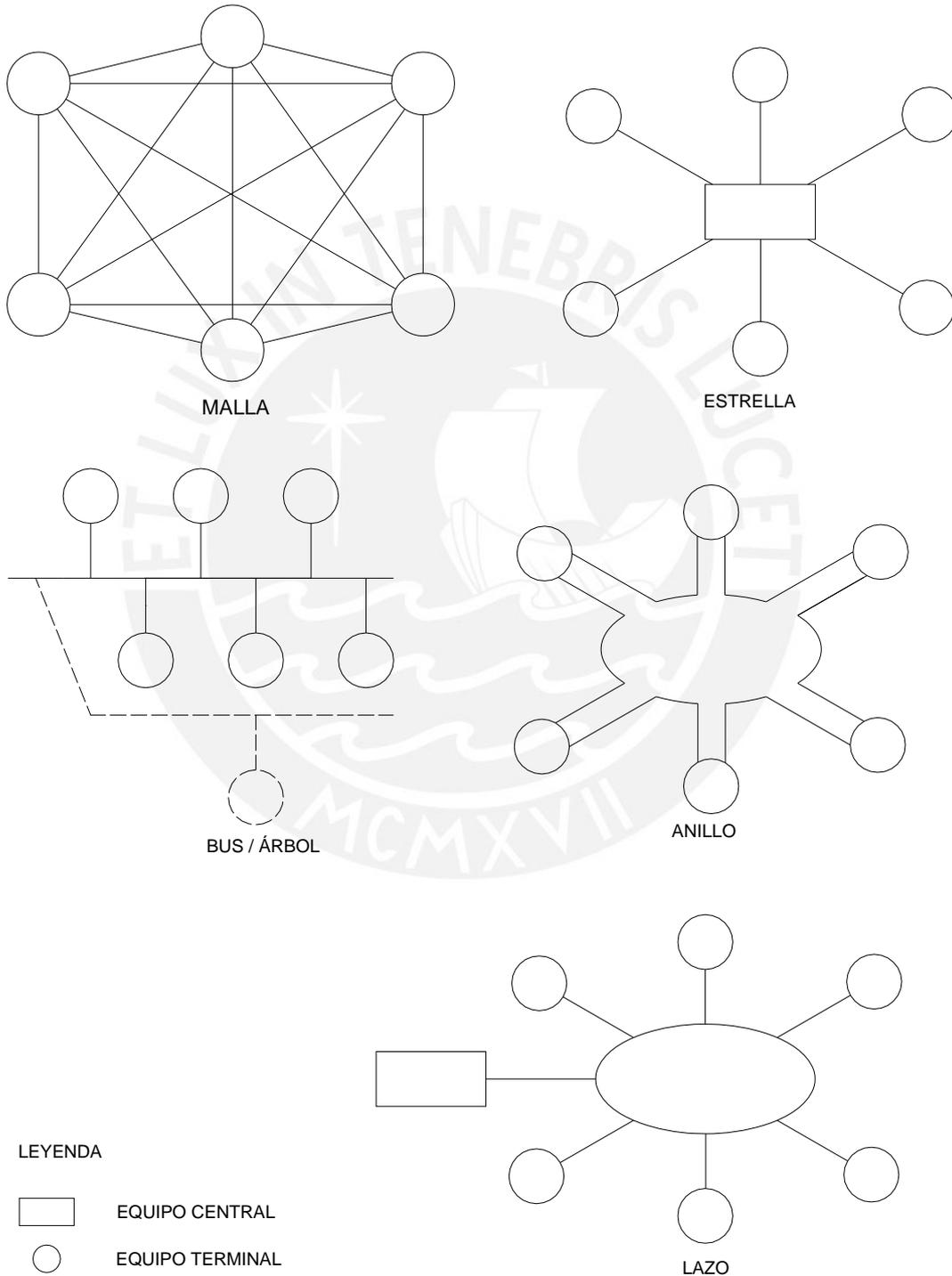


Figura 2.1.- Topologías físicas

- Malla.- Es conocida también como topología de interconexión total pues resulta evidente que una posible topología consiste en interconectar todos los equipos del sistema mediante un conjunto de conductores o caminos físicos que los enlacen dos a dos. En este caso todos los caminos lógicos entre cada par de equipos compartirían el mismo camino físico directo entre ellos. Las limitaciones de la aplicación de esta topología viene dadas por el costo que representa realizar esta interconexión total debido a que ella requiere de $n(n-1)/2$ conductores para interconectar n terminales. [10]

La topología malla, al interconectar directamente cada equipo con todos los demás, resulta perfectamente aplicable no solo al sistema de automatización sino a cualquier sistema que requiera una interconexión. No obstante, un punto desfavorable sería que se estaría desperdiciando el medio de transmisión pues los equipos terminales (módulos de entrada o salida) no pueden comunicarse entre si directamente debido a que no poseen inteligencia propia. Pero el gran punto en contra de la implantación de esta topología es el costo del medio de transmisión. Si se hubiera escogido un medio de transmisión inalámbrico, quizá esta topología podría ser mejor considerada. Esta topología es dable, sin embargo económicamente no es la más adecuada para el sistema en desarrollo.

- Estrella.- Esta topología se creó originalmente para redes donde los equipos estaban situados a distancias considerables unos de otros, mediante este nuevo patrón de distribución se minimizaba los costos respecto a aquellos que se requería para una interconexión total. Se

caracteriza por tener sus equipos terminales conectados directamente con circuitos independientes a un equipo central y es este equipo central el que ejerce el control total de la red (esta idea tiene gran similitud con la arquitectura que se ha escogido para el sistema en desarrollo). Cuando es necesario enviar o recibir información se establece conexión directa entre dos equipos terminales a través del equipo central sin perturbar al resto. Estas topologías se usan generalmente para transmitir tanto voz como datos. Buenos ejemplos son las tradicionales centrales analógicas PABX e incluso las modernas PBX, que siguen en cierta forma esta misma topología. Si bien se trata de una topología física estrella, desde un punto de vista lógico esta tiene la versatilidad de comportarse como estrella (lo que se ha venido explicando) o como bus si es que el equipo central implementa una red de *broadcasting* (la información que transmite un equipo terminal se retransmite a todos los demás). [11] [10]

La topología estrella muestra una buena adaptación al sistema de automatización de inmuebles pequeños por cuanto no se necesita comunicación entre los equipos terminales ya que cada equipo se conecta directamente al equipo central y es este último quien hace el trabajo. Incluso la idea de usar una arquitectura distribuida encaja perfectamente con la distribución de esta arquitectura: un equipo central que vendría a ser el módulo central de procesamiento y varios equipos terminales conectados directamente que vendrían a ser los módulos de entrada y salida. Sin duda esta topología se yergue como la adecuada.

- Bus / Árbol.- Se caracteriza por componerse de un solo cable o bus que es tendido a través de los lugares donde se desea conectar un equipo terminal. Luego, cada uno de estos equipos se conecta directamente al bus mediante una circuitería apropiada; entonces la transmisión de cualquier equipo terminal se propaga por todo el bus y puede ser recibido por cualquier otro equipo terminal. Para poder entablar una comunicación, cada transmisión debe contener la dirección del terminal de destino con la finalidad que el resto de equipos puedan saber hacia quien va dirigida cada transmisión y si deben recogerla u obviarla. Debido a que todos los equipos comparten el bus, hace falta utilizar una estrategia de control de acceso al medio para evitar transmisiones simultáneas que provoquen colisiones de datos. Este arbitraje suele hacerse en forma descentralizada empleando algoritmos especialmente diseñados. La topología árbol no es más que una generalización de la topología bus donde a partir de un bus inicial se empiezan a anexar otros buses a modo de ramas y estos a su vez se pueden subdividir en otras ramas lo cual permite crear una red más compleja tomando la forma de un árbol; pero en cualquier caso una transmisión desde cualquier equipo terminal se propaga a través de todas las ramas. En ese sentido, tanto en bus como en árbol todos los caminos lógicos se establecen a través de un único camino físico. [2] [11] [10]

La topología bus / árbol hace indispensable la existencia de cierta inteligencia en cada equipo terminal, pues este debe ser capaz de discernir si cada paquete transmitido es para él o no; asimismo debe ser

capaz de crear paquetes con ciertas especificaciones como dirección de destino, origen, datos, etc. El módulo central de procesamiento podría llevar a cabo esa tarea, pero los módulos de entrada y salida no podrían hacerlo debido a que no cuentan con la inteligencia necesaria. Esta topología no resulta apropiada para el sistema en desarrollo.

- Anillo.- Para esta arquitectura, la conexión se realiza desde un equipo terminal hasta otro y luego otra conexión desde este último hasta otro más y se continúa de la misma forma hasta que el último equipo se conecta con el primero cerrando el anillo. Se puede notar que la topología anillo no es más que un conjunto de conexiones punto a punto donde todos los equipos participan en la estrategia de comunicación retransmitiendo la señal que recibe desde una conexión hacia la otra. Los paquetes que se transmiten deben tener dirección de origen y destino para que puedan ser identificados por su destinatario ya que cualquier transmisión será recibida por todos los equipos del anillo en forma secuencial hasta que el paquete haya dado una vuelta completa y llegue al equipo que lo originó, donde este retirará el paquete del anillo. Es importante notar también que se necesita un mecanismo de acceso al medio para asegurar que el anillo sea compartido por todos sus miembros. Una gran desventaja es que la falla de cualquier equipo terminal es catastrófica pues origina una completa pérdida de comunicación en todo el anillo. [2] [11] [10]

La topología anillo necesita de equipos terminales que recojan información por un canal la analicen y luego la retransmitan por otro canal, esto implica el uso de un algoritmo y de un pequeño

procesamiento que provea de esta capacidad al equipo. Esa tarea podría ser perfectamente realizada por el módulo central de procesamiento mas no por un módulo de entrada o uno de salida motivo por el cual esta topología no será viable para el sistema de automatización.

- Lazo.- En una topología de este tipo los equipos están conectados a un mismo cable que forma un lazo cerrado llamado simplemente lazo. Existe un equipo central que cumple el trabajo de maestro y censa los otros equipos (equipos terminales) en forma secuencial solicitando que transmitan si es que tienen información por enviar. [11]

Se puede ver que la topología lazo trabaja con dos tipos de equipos, el equipo central que trabaja como maestro y los equipos terminales que trabajan como esclavos. Esto es adaptable al sistema en desarrollo por cuanto el equipo central podría ser el módulo central de procesamiento y los equipos terminales serían los módulos de entradas o salidas. Sin embargo el hecho de usar un lazo común haría inevitable que los módulos de entrada o salida fueran dotados de una mínima inteligencia para que sean capaces de almacenar la información que quieran transmitir hasta el momento que sean censados; así también, tendrían que poder distinguir la señal del equipo central que asigna o quita el permiso para transmitir. Esta topología no es del todo desacertada pero sería imprescindible superar los inconvenientes mencionados.

De las tres topologías que resultaron adaptables al sistema de automatización: malla, estrella y lazo; la ideal es, sin duda alguna, la topología

estrella. Como se vio, ella se ajusta perfectamente a los requisitos del sistema e incluso físicamente se articula a la perfección con es esbozo del sistema que se ha venido forjando a lo largo del presente trabajo.

Hasta este punto ya se tiene una idea de qué equipos se pueden automatizar y de qué módulos son necesarios materializar para manejar a tales equipos, por lo tanto ya se tiene una idea de las partes del sistema. En este capítulo se ha conocido las ventajas y desventajas de usar medios guiados, medios no guiados, arquitecturas centralizadas y arquitecturas distribuidas y se ha escogido la opción guiado y centralizado para el sistema. Finalmente se ha sacado a la luz que la topología que mejor se ajusta para el diseño que se está realizando es aquella que lleva el nombre de estrella. Todo está listo, entonces, para empezar con el diseño electrónico de cada módulo y con la implementación del programa que operará e integrará todo el sistema.



3. DISEÑO DEL SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN

3.1. DESCRIPCIÓN GENERAL

Finalmente es el momento de iniciar el diseño electrónico del sistema de automatización, pero antes se realizará un esbozo de la solución encontrada a través del presente trabajo para definir con exactitud los módulos electrónicos que se implementarán. Asimismo, para poder diseñar el programa operador, será necesario formar una idea concreta de las tareas que este deberá cumplir.

Tal como se concluyó en el Capítulo 1, el sistema de automatización para inmuebles pequeños deberá constar de módulos de entrada y módulos de salida, o simplemente entradas y salidas. Adicionalmente se dejará abierta la posibilidad de incluir un módulo de comunicación que pueda funcionar como interfaz entre el sistema de automatización y la red telefónica convencional de tal forma que el primero pueda ser administrado en forma remota a través de la línea telefónica y, al mismo tiempo, el sistema pueda utilizar la red telefónica para realizar llamadas de alerta o de emergencia, según se desee.

En lo que respecta a las entradas, y todavía en el Capítulo 1, se hizo una clasificación de ellas y se encontraron dos tipos de módulos de entrada útiles para el sistema: entrada digital y entrada de sensado de impedancia. El primer tipo se usará para conectarse a equipos que ingresan datos al sistema en forma binaria (contacto abierto o contacto cerrado). El segundo tipo se utilizará para conectarse a las estaciones, que no son otra cosa que simples botones o pulsadores agrupados de tres en tres, mediante los cuales se podrá administrar el sistema en forma manual. Cabe resaltar que si bien estos pulsadores son

también equipos cuya salida es digital, es decir, son entradas digitales; se ha decidido implementar un módulo de entrada especial para ellos con la finalidad de ahorrar el uso de conductores debido a que se espera utilizar un elevado número de pulsadores en el sistema.

Tratándose de las salidas, estas fueron clasificadas en tres tipos: salida digital, salida analógica DC y salida analógica AC. En las salidas de tipo digital se conectarán aquellos equipos cuya única necesidad de control viene dada por el encendido o apagado de un interruptor. En las salidas de tipo analógica DC se podrán conectar equipos que necesiten de un nivel variable de voltaje DC para ser operados. En las salidas de tipo analógica AC se podrán conectar equipos que trabajen con una entrada de *voltaje alterno recortado*.

Del segundo capítulo se concluyó que el sistema usaría un procesamiento de tipo centralizado, a partir de lo cual ha surgido la necesidad de elaborar un módulo de procesamiento central. Este es, sin duda, el módulo más importante pues contiene la inteligencia del sistema y es la pieza fundamental del mismo. Este módulo deberá ser capaz de interconectarse tanto con entradas como con salidas, recibir datos de las primeras para procesarlos y actuar sobre las últimas. Además, por la importancia que reviste este módulo será fundamental que cuente con algunos mecanismos para proteger al microcontrolador que es el *chip* central del sistema.

También, en base al segundo capítulo se puede colegir la idoneidad de utilizar un medio de transmisión de cobre, específicamente un par trenzado. Sin

embargo, queda como parte del diseño, elegir el tipo de par trenzado, su calibre y su aislamiento. Para ello es necesario compatibilizar este medio de transmisión y su topología con el diseño electrónico de los módulos de forma que todo el sistema pueda ser integrado armoniosamente.

El diseño del software del sistema de automatización, de acuerdo a la arquitectura de procesamiento centralizada, consiste en la elaboración de un único programa operador que residirá en el módulo central. Este programa deberá constar de tres subrutinas básicas: La subrutina de lectura, que se encargará de sondear todas las entradas leyendo el estado de cada una de ellas y comprobando si es que cada entrada se encuentra en su estado “normal” o si se encuentra en su estado “activado”; el resultado de la lectura deberá ser almacenado en variables de memoria. La segunda subrutina debe encargarse de definir una lógica de activación entre las entradas y las salidas, es este el lugar donde yace el “cerebro” del sistema pues es aquí donde debe programarse el comportamiento que se desee que el sistema exhiba. La última subrutina debe encargarse de sondear todas las salidas escribiendo en cada una de ellas el valor binario que corresponda a partir de una tabla proporcionada por la subrutina anterior y teniendo en cuenta si lo que se desea es mantener una salida en estado “normal” o llevarla a estado “activado”.

3.2. DISEÑO DEL HARDWARE

En esta sección se dará inicio al desarrollo de los circuitos electrónicos y conexiones eléctricas que hacen falta para cumplir con todo lo expuesto durante el presente trabajo.

El hardware se refiere a la parte física del sistema de automatización y está compuesto de dos partes muy bien diferenciadas que son los módulos y los conductores. Los módulos son todos aquellos circuitos electrónicos que deben ser implementados para cumplir una determinada función dentro del sistema. Los conductores son los cables eléctricos que deben intercomunicar los diferentes módulos para que trabajen en conjunto y formen un sistema completo.

3.2.1. MÓDULOS

Según su función en el sistema de automatización, existirán módulos de entrada, módulos de salida, un módulo de comunicación telefónica, un módulo de alimentación y el módulo de control central. Las funciones y características de la mayoría de ellos han sido explicadas previamente, sin embargo en el plano de la implementación, tales módulos muestran nuevas particularidades que serán desarrolladas conforme se vaya llevando a cabo la elaboración de cada uno de ellos.

3.2.1.1. MÓDULO DE CONTROL CENTRAL

Es el módulo más importante del sistema de automatización para inmuebles pequeños, pues su función es dotarlo de la inteligencia necesaria para que el sistema trabaje efectivamente. Cuenta con un microcontrolador que cumple la misión de cerebro del sistema realizando las funciones lógicas requeridas para convertir las entradas en salidas.

Físicamente está compuesto por una sola tarjeta electrónica dispuesta en una resina sintética de fibra de vidrio de 168mm x 130mm y con los componentes electrónicos montados alcanza una altura máxima de 14mm (*Figura 3.1*). La alimentación de la tarjeta se realiza a través de borneras instaladas con ese fin, necesitándose alimentaciones de 5Vdc y 12Vdc para ponerla operativa.

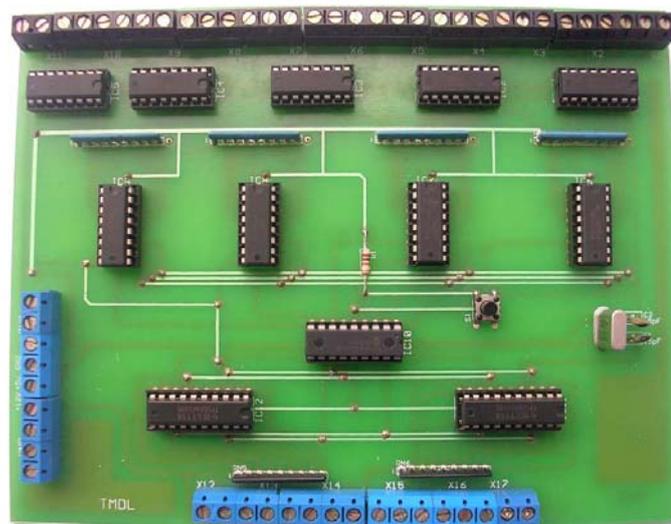


Figura 3.1.- Tarjeta electrónica del módulo de control central

La tarjeta cuenta con borneras que ofrecen un total de 57 puntos de conexión divididos de la siguiente forma: 32 puntos para datos de entrada, 16

puntos para datos de salida, 6 puntos para conexión del nivel de referencia y 3 puntos para alimentación. Adicionalmente, la tarjeta utiliza 5 circuitos integrados TPIC2701 (Arreglo de DMOS de potencia de 7 canales con fuente común) fabricados por *Texas Instruments*, 4 circuitos integrados SN74HC151N (Selector-multiplexor de datos de 8 líneas a 1 línea) fabricados por *Texas Instruments*, 2 circuitos integrados TPIC6A259NE (Latch de lógica de potencia direccionable en 8 bits) fabricados por *Texas Instruments*, 1 circuito integrado PIC16F84A-04/P (Microcontrolador de 8 bits, Flash / EEPROM, 18 pines) fabricado por *Microchip*, 4 arreglos de 8 resistencias de $6.8K\Omega$ a 1W, 2 arreglos de 8 resistencias de $2.2K\Omega$ a 1W, 1 resistencia de $1K\Omega$ a $\frac{1}{4}W$, 2 condensadores cerámicos de 15pF a 16V, 1 cristal oscilador de 4MHz y 1 pulsador normalmente abierto. (*Anexo D*)

El funcionamiento de la primera etapa del circuito contenido en la tarjeta electrónica del módulo central se explica a continuación. (*Anexo C – Control Central*) Los datos provenientes de las entradas del sistema ingresan a la tarjeta electrónica a través de los 32 puntos de conexión para datos de entrada. Estos datos llegan en forma de voltaje, donde 0V significa un 0 lógico y 12Vdc significa un 1 lógico. Estos valores de voltaje entran directamente hacia los *chips* TPIC2701 (Arreglo de DMOS de potencia de 7 canales con fuente común), que funcionan como *buffers* para la tarjeta. Debido a que son transistores MOS, estos aíslan su entrada de su salida y protegen las etapas posteriores de la tarjeta electrónica de voltajes perjudiciales. Otra función de este circuito integrado es la de adaptar el nivel de voltaje que recibe (0V o 12Vdc) a los niveles de 0V para un 0 lógico y 5Vdc para un 1 lógico (TTL) que se necesitan para las siguientes etapas del circuito. Esto se logra mediante la conexión de cada drenador, a

través su respectiva resistencia de *pull-up*, a un voltaje de 5Vdc; las 32 resistencias que hacen falta para esta labor se encuentran contenidas en los 4 arreglos de 8 resistencias de $6.8K\Omega$.

La segunda etapa empieza con los datos recibidos de los circuitos integrados TPIC2701, que entregan datos binarios de 0V o 5Vdc; estos datos llegan a la entrada de los *chips* SN74HC151N (Selector-multiplexor de datos de 8 líneas a 1 línea) cuyas entradas de selección son manejadas por el microcontrolador. Los multiplexores se encuentran habilitados siempre, toda vez que sus entradas de habilitación se encuentran a 0V. El microcontrolador es capaz de cambiar muy rápidamente las entradas de selección de todos los multiplexores logrando un sondeo de todas las entradas y, de esta forma, obtiene en las 4 líneas de salida de los integrados multiplexores las 32 entradas *multiplexadas* en el tiempo. Estas 4 líneas de salida de los multiplexores se conectan directamente a las cuatro primeros bits del puerto B del microcontrolador con lo cual este último puede cargar en memoria todas las variables de entrada de la tarjeta electrónica.

La tercera etapa del circuito la integran el microcontrolador y los dispositivos electrónicos que este utiliza para funcionar. El oscilador está compuesto por un cristal de 4MHz entre los pines 15 y 16 del microcontrolador; y al mismo tiempo cada una de ellas cuenta con un condensador cerámico de 15pF hacia tierra, cuya finalidad es la de mejorar la estabilidad del oscilador. Se ha diseñado un circuito para la activación del pin que cumple la función de *reset*; este consta de un pulsador normalmente abierto y una resistencia de *pull-up* de

1K Ω . Ante la activación de tal pulsador el microcontrolador se reinicia y por tanto el sistema entero lo hace. Internamente el microcontrolador realizará una serie de cálculos y comparaciones usando el programa operador que se diseñará especialmente para él más adelante. Pero de cualquier forma, su salida se hallará variando entre los niveles digitales de 0V y 5Vdc y deberá *multiplexarse* de alguna manera para dar abasto a los 16 puntos de salida de la tarjeta.

En la cuarta y última etapa se trabaja con el objetivo de manejar los 16 puntos de salida con la menor cantidad posible de pines del microcontrolador y además con la finalidad de adaptar el nivel lógico TTL que se tiene, a un nivel de 0V y 12Vdc que puede viajar mayores distancias sin problemas. Para cumplir esta misión se usa el circuito integrado TPIC6A259NE (*Latch* de lógica de potencia direccionable en 8 bits) que funciona como un conjunto de *latches* de entrada común pero con activación independiente y salida de potencia a través de transistores DMOS. El microcontrolador se encarga de actualizar constantemente las salidas de los *latches*, para ello habilita una salida de un TPIC6A259NE a la vez, usando los pines de selección y aquel llamada G. Una vez habilitada la salida, el microcontrolador envía por el pin de entrada de datos (D) el valor correspondiente para actualizar esa salida. Entre tanto todo el resto de salidas no han sido alteradas, es decir, han quedado en memoria. En forma similar el microcontrolador actualiza todo el resto de salidas de ambos circuitos integrados, logrando de esta manera manejar las 16 salidas *multiplexándolas* en el tiempo. Para poder obtener los voltajes 0V o 12Vdc a la salida se emplean los transistores MOS de salida que el mismo integrado contiene, tales transistores cuentan con una fuente común que se conecta a tierra y los drenadores, que son

los pines de salida, se conectan cada uno a una resistencia y luego todas las resistencias a 12Vdc. Las 16 resistencias que hacen falta para esta misión se encuentran contenidas en los 2 arreglos de 8 resistencias de 2.2K Ω . Finalmente, todas estas salidas son conectadas directamente a las borneras en los 16 puntos asignados para salidas. [12]

3.2.1.2. MÓDULOS DE ENTRADA

Son aquellos encargados de tomar información del inmueble y entregarla al módulo central. Existen dos tipos de módulos de entrada: digital y sensado de impedancia.

Cabe resaltar que como parte de la flexibilidad que el sistema ofrece, este será capaz de trabajar con uno o varios módulos de entrada que cumplan la misma tarea (por ejemplo uno o varios módulos de entrada digital). Esto permitirá que se pueda añadir y quitar módulos en función a las necesidades o requerimientos del usuario.

Cada módulo de entrada estará compuesto de una o varias tarjetas electrónicas diseñadas específicamente para cumplir una función dentro del él. Como rasgos comunes a ellas pueden anotarse los siguientes:

- Las tarjetas electrónicas serán desarrolladas sobre la resina sintética que lleva el nombre de baquelita.

- Las salidas de los módulos de entrada se conectarán directamente al modulo central y para comunicarse usarán voltajes digitales estándar de 0V y 12Vdc.
- Las tarjetas electrónicas contarán con borneras para la conexión de los cables tanto de alimentación como de señal hacia el módulo central.
- La alimentación algunas tarjetas electrónicas se realizará a partir de la línea de 220Vac mientras que otras usarán la línea de 12Vdc que la fuente del sistema proveerá, una u otra opción será elegida de acuerdo a la disponibilidad de una de las líneas, costo de la misma o ubicación de la tarjeta a alimentar.

3.2.1.2.1. MÓDULO DE ENTRADA DIGITAL

El módulo de entrada digital es muy útil pues la mayoría de sensores y dispositivos electrónicos de medición de variables tienen como salida un relé o contacto seco. La función de este módulo es inspeccionar constantemente el estado del contacto seco o del sensor conectado a su entrada. Cuando dicho contacto o sensor se active, el módulo deberá enviar una señal de 12Vdc por su salida hacia el módulo central; mientras la entrada esté en su estado normal la salida hacia el módulo central deberá ser de 0V. Cada tarjeta puede vigilar el estado de hasta dos contactos secos o sensores en forma independiente. La tarjeta electrónica ofrece conectividad tanto para contactos de estado normalmente abierto (CNA) como para contactos de estado normalmente cerrado (CNC) y cuenta con entradas para cada uno de estos casos.

Físicamente está compuesto por una sola tarjeta electrónica cuyas dimensiones son de 55mm x 55mm x 14mm (*Figura 3.2*). La alimentación de la tarjeta se realiza a través de una bornera instalada con ese propósito, donde se deberá colocar una diferencia de potencial de 12Vdc para ponerla en funcionamiento.

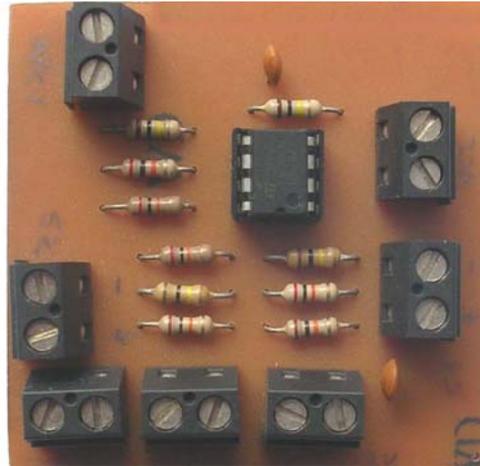


Figura 3.2.- Tarjeta electrónica del módulo de entrada digital

La tarjeta cuenta con 7 borneras de dos puntos de conexión cada una donde una bornera se usa para la alimentación de la tarjeta. Como la tarjeta puede verificar el estado de dos sensores al mismo tiempo, las 6 borneras restantes se encuentran divididas en dos grupos: 3 borneras para el sensor A y 3 borneras para el sensor B. En cada grupo de tres borneras una es para un CNA, otra para un CNC y la última es para la salida de 0V o 12Vdc que se conecta al módulo central e indica, a cada momento, si el estado del sensor examinado está activado o no. Además de las borneras, la tarjeta electrónica usa 1 circuito integrado LM393N (Comparador diferencial dual) fabricado por SGS-THOMSON Microelectronics, 4 resistencias de 100K Ω a 1/4W, 4 resistencias de 20K Ω a 1/4W, 2 resistencias de 10K Ω a 1/4W y 2 condensadores cerámicos de 1nF a 16V.

La esencia del funcionamiento del circuito contenido en la tarjeta electrónica yace en el *chip* comparador. (*Anexo C – E Digital*) Su entrada de referencia se encuentra a 8Vdc y su entrada de comparación cambia de voltaje dependiendo del estado de los CNA y CNC. Solamente en el caso que el CNA esté abierto y el CNC esté cerrado el voltaje de la entrada de comparación del *chip* será de 6Vdc, en cualquier otro caso su entrada de comparación será de 12Vdc. De esta forma se consigue que si las entradas se encuentran en estado normal, la comparación haga que se arroje 0V por los terminales de salida y si alguna de las entradas no se encuentra en su estado normal, la comparación haga que se arroje 12Vdc por los terminales de salida alertando al módulo central. Es necesario usar una resistencia de *pull-up* en las salidas de los circuitos integrados pues ellas son salidas de colector abierto; se han agregado condensadores pequeños en las entradas de comparación de los circuitos integrados para evitar algún eventual ruido en este punto del circuito. [12]

3.2.1.2.2. MÓDULO DE ENTRADA PARA SENSADO DE IMPEDANCIA

El módulo de sensado de impedancia permitirá evaluar el valor de la resistencia presente en su entrada y reconocer en que rango se encuentra dicho valor. Finalmente el módulo arrojará como salida un valor binario de 0V o 12Vdc, que indica el rango en cual cayó el valor evaluado.

Este módulo se crea con la finalidad específica de conectarse a estaciones. Las estaciones (*Figura 3.3a*) son un conjunto de pulsadores desde los cuales se ejerce un control manual sobre el sistema de automatización. Las

estaciones deben estar distribuidas a través del inmueble a modo de interruptores de luz, permitiendo al usuario ejecutar uno o más eventos previamente programados, con la sola pulsación de un botón en una estación.

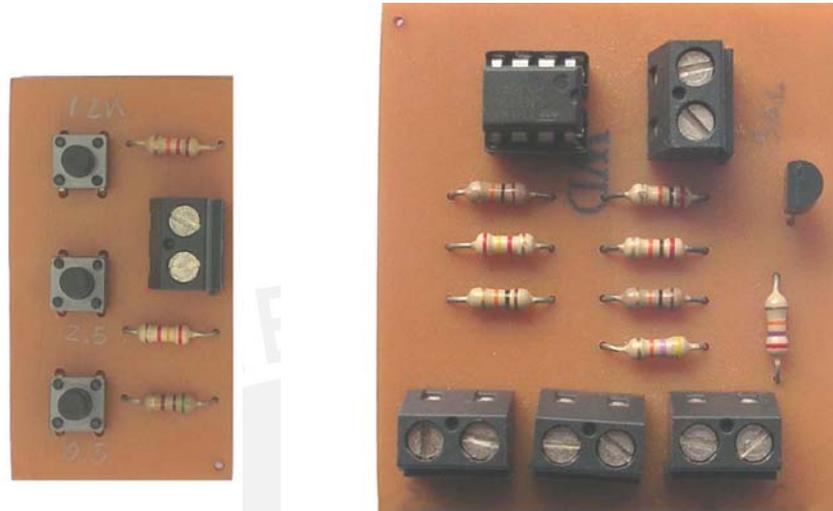


Figura 3.3.- (a) Izquierda.- Tarjeta electrónica de una estación. (b) Derecha.- Tarjeta electrónica del módulo de entrada de sensado de impedancia.

Se puede notar rápidamente que un pulsador como tal no es más que una entrada digital, donde existen únicamente dos estados: pulsador activado o desactivado. Esto es a todas luces cierto, sin embargo una sutil diferencia subyace en el hecho que las entradas digitales (como sensores de movimiento o sensores de fuga de gas, por ejemplo) se encuentran físicamente esparcidas, en forma individual, a lo largo y ancho del inmueble (sala, cocina, patio, etc.), mientras que en las estaciones las entradas digitales se encuentran más bien concentradas. Aprovechando esta reunión de varias entradas en una zona muy pequeña, sería ideal si se pudiera comunicar el estado de todas ellas a través del menor número posible de conductores con el fin de minimizar costos, y más todavía si se toma en cuenta que es muy probable que se tengan que instalar un buen número estaciones en cualquier inmueble.

Para lograr este ahorro, lo que se hace primero es unificar las tierras, y luego asociar una resistencia diferente a cada pulsador, de esa forma ante la activación de un pulsador el valor de la resistencia entre los puntos de salida variará de acuerdo al botón pulsado. Es importante notar que como prototipo, el presente sistema solamente se trabajará con tres pulsadores por estación lo que permitirá pasar de seis conductores (un par por cada pulsador) a dos conductores con un ahorro del 66.6%, no obstante este ahorro podría ser mayor si se trabajan con más pulsadores por estación.

Físicamente, el módulo de sensado de impedancia está compuesto por una sola tarjeta electrónica con dimensiones de 45mm x 50mm x 14mm (*Figura 3.3b*). La alimentación de la tarjeta se lleva a cabo mediante una bornera instalada con esa finalidad, donde se deberá hacer llegar 12Vdc para ponerla en funcionamiento.

La tarjeta cuenta con 4 borneras de dos puntos de conexión cada una distribuidas de la siguiente forma: 1 bornera para alimentación, 1 bornera para la conexión con su respectiva estación y 2 borneras para la salida de datos binarios hacia el módulo central. Adicionalmente, la tarjeta emplea 1 circuito integrado LM393N (Comparador diferencial dual) fabricado por SGS-THOMSON Microelectronics, 1 transistor bipolar 2N3904, 3 resistencias de 10K Ω a ¼W, 2 resistencias de 20K Ω a ¼W, 1 resistencia de 47K Ω a ¼W, 1 resistencia de 27K Ω a ¼W y 1 resistencia de 2.4K Ω a ¼W. (*Anexo D*)

Como elemento básico del funcionamiento del circuito electrónico aparece el integrado comparador. (*Anexo C – E Sensado Imp*) Este, internamente, está compuesto por dos comparadores que utilizan voltajes de referencia de 4Vdc uno y 8Vdc el otro. Cuando se presiona un botón en la estación se establece un divisor de voltaje entre la resistencia asociada al pulsador que se accionó y la resistencia de entrada ($2.4K\Omega$) de la tarjeta de sensado. De esta forma se consiguen voltajes aproximados de 2Vdc, 6Vdc o 10Vdc dependiendo del botón que se pulsó y esos voltajes serán comparados con los 4Vdc y 8Vdc de referencia, resultando de esta forma una comparación positiva cuando el voltaje en el pin positiva es mayor que el de la negativa y una comparación negativa en el caso contrario. Es necesario colocar una resistencia de *pull-up* hacia 12Vdc a la salida de los comparadores para obtener 12Vdc cuando la comparación haya sido positiva y 0V cuando haya sido negativa y así obtener una representación binaria de los pulsadores y enviar esto hacia el módulo central. Hace falta una última señal que de cuenta de la pulsación de cualquier botón, para poder saber en que casos la salida de los comparadores tiene validez; esto se logra con la adición de un transistor bipolar cuya base se conecta mediante una resistencia a la entrada que viene de las estaciones, a través de este arreglo se logra saturar el transistor ante cualquier pulsación y mantenerlo cortado en caso contrario. La salida se recoge y envía al módulo central desde el colector de ese mismo transistor que se conecta con una resistencia a 12Vdc. En conclusión, se tienen tres salidas; para saber que pulsador se accionó primero se lee si algún botón fue pulsado y en caso sea positivo se procede a leer la salida de los comparadores para saber cual se pulsó exactamente. [12]

3.2.1.3. MÓDULOS DE SALIDA

Son aquellos encargados de manejar los equipos eléctricos del inmueble en base las órdenes del módulo central. Existen tres tipos de módulos de salida: digital, analógico DC y analógico AC.

Es importante notar que, al tratarse de un sistema flexible, este será capaz de trabajar tanto prescindiendo de algún tipo de módulo de salida como con uno o varios módulos de salida que efectúen la misma tarea, es decir, podrá trabajar con la cantidad y variedad de módulos que se desee hasta que las salidas del módulo central se encuentren copadas al máximo. Esto permitirá que se pueda añadir o quitar módulos en función a las necesidades o requerimientos del usuario.

Cada uno de los módulos de salida estará compuesto de una o varias tarjetas electrónicas diseñadas específicamente para cumplir una función dentro de él. Como características comunes a ellas pueden apuntarse las siguientes:

- Las tarjetas electrónicas serán desarrolladas sobre la resina sintética que lleva el nombre de baquelita.
- Las entradas de los módulos de salida se conectarán directamente desde el módulo central y para comunicarse usarán voltajes digitales estándar de 0V y 12Vdc.
- Las tarjetas electrónicas contarán con borneras para la conexión de los cables tanto de alimentación como de señal desde el módulo central.

- La alimentación de algunas tarjetas electrónicas se realizará a partir de la línea de 220Vac mientras que otras usarán la línea de 12Vdc que la fuente del sistema proveerá, una u otra opción será elegida de acuerdo a la disponibilidad de una de las líneas, costo de la misma o ubicación de la tarjeta a alimentar.

3.2.1.3.1. MÓDULO DE SALIDA DIGITAL

El primer módulo de salida a implementar es el digital, este es quizá el más importante módulo de salida ya que un gran número de equipos eléctricos y electrónicos es operado solamente a través de la activación o desactivación de un interruptor, y es justamente esa la función que las salidas digitales cumplen. La función del módulo de salida digital es abrir y cerrar relés siguiendo la señal digital de 0V o 12Vdc que reciba del módulo central. Los relés podrán operar directamente algún equipo o podrán servir para activar un contactor que pueda manejar una carga mayor. Cada tarjeta cuenta con dos relés que pueden trabajar en forma independiente. Para hacer al sistema lo más adaptable posible, ambos relés ofrecen salidas de contacto normalmente abierto (CNA) y salidas de contacto normalmente cerrado (CNC).

Físicamente está compuesto por una sola tarjeta electrónica cuyas dimensiones son de 82mm de largo por 71mm de ancho por 18mm de altura con los componentes montados (*Figura 3.4*). La alimentación de la tarjeta se realiza a través de una bornera instalada con ese propósito, donde se deberá colocar una tensión de 12Vdc para ponerla en funcionamiento.

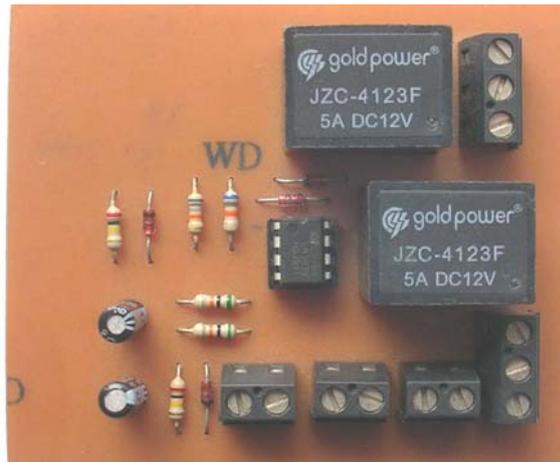


Figura 3.4.- Tarjeta electrónica del módulo de salida digital

La tarjeta electrónica cuenta con 3 borneras de dos puntos de conexión cada una, donde una bornera se usa para la alimentación de la tarjeta y las otras dos para las señales digitales provenientes del módulo central, que manejan los dos relés de la tarjeta. La tarjeta cuenta también con 2 borneras de tres puntos de conexión cada una, donde cada bornera suministra los tres contactos de salida de un relé: un punto para el CNA, otro para el CNC y el último para el punto común. Asimismo, la tarjeta electrónica usa 2 relés con bobina de 12Vdc de marca Goldpower, 1 circuito integrado LM393N (Comparador diferencial dual) fabricado por SGS-THOMSON Microelectronics, 4 diodos rápidos 1N4148, 2 resistencias de $200\text{K}\Omega$ a $\frac{1}{4}\text{W}$, 2 resistencias de $68\text{K}\Omega$ a $\frac{1}{4}\text{W}$, 2 resistencias de $50\text{K}\Omega$ a $\frac{1}{4}\text{W}$ y 2 condensadores electrolíticos de $4.7\mu\text{F}$ a 16V. (*Anexo D*)

El funcionamiento del circuito electrónico impreso en la tarjeta para el módulo de salida digital se detalla a continuación. (*Anexo C – S Digital*) La entrada proveniente del módulo central es recibida por un arreglo resistencia – condensador que hace las veces de filtro pasabajos evitando que algún “rebote”

de la señal de entrada ocasione un comportamiento indeseable; se usa también un diodo rápido en paralelo a la resistencia de entrada para permitir una inmediata descarga del condensador cuando la señal de entrada pase a 0V. La señal filtrada es comparada con un nivel de voltaje de aproximadamente 5Vdc; cuando la señal de entrada esté por encima de este voltaje la comparación será negativa y se activará el relé a la salida del comparador; cuando la señal esté por debajo de los 5Vdc la comparación será positiva y se desactivará el relé a la salida del comparador. Como medida de protección, las bobinas de los relés utilizan un diodo rápido en paralelo para que puedan descargar su corriente cuando se abra el circuito de la bobina. [12]

3.2.1.3.2. MÓDULO DE SALIDA ANALÓGICA DC

La función del módulo analógico DC es proporcionar una señal analógica para operar aquellos dispositivos eléctricos o electrónicos que necesiten de ella para trabajar. Esta señal debe consistir en un nivel de voltaje directo que se pueda variar a voluntad entre 0V y 12Vdc en pasos equidistantes que sean los más finos posibles. En casos reales, variaciones de 0.5Vdc son suficientes para el manejo de equipos; en tal sentido, para este módulo, se emplearán un total de 32 pasos (0.375Vdc/paso). Las variaciones podrán ser llevadas a cabo manualmente desde una estación especialmente instalada para este fin y al mismo tiempo, el módulo central también podrá hacerlo pero solamente entre los niveles máximo y mínimo sin pasar por los puntos medios. Adicionalmente, para hacer el sistema más flexible, el nivel máximo de voltaje de salida de este

módulo originalmente situado en 12Vdc podrá ser modificado para que el módulo pueda controlar equipos cuyos límites de rango sean diferentes a 12Vdc.

En cuanto a su aspecto físico, el módulo está compuesto por dos tarjetas electrónicas y un transformador externo a ellas. Las dimensiones de la tarjeta principal son de 90mm x 65mm x 22mm, las dimensiones de la tarjeta secundaria son de 45mm x 45mm x 14mm y las dimensiones del transformador son de: 90mm x 38mm x 50mm (*Figura 3.5*). La alimentación de las tarjetas es única y se realiza a partir de la tensión de línea eléctrica del inmueble que es de 220Vac ($\pm 20\%$), la misma que se lleva al transformador; a la salida de este se tienen tres líneas con voltajes 18–0–18Vac que son introducidas a la bornera de alimentación ubicada en la tarjeta principal.

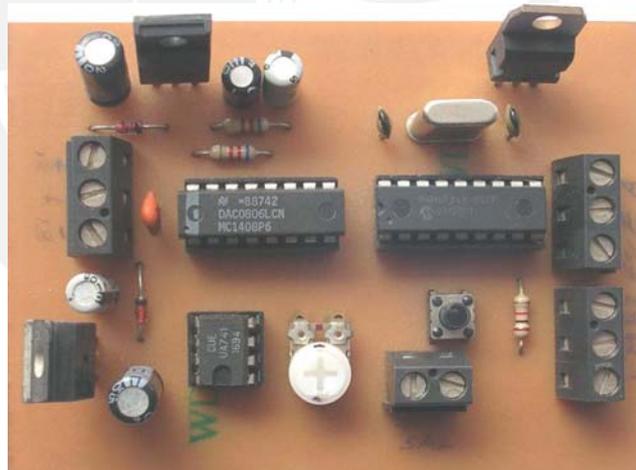


Figura 3.5.- Tarjeta electrónica del módulo de salida analógica DC

La tarjeta principal cuenta con 3 borneras de tres puntos de conexión cada una, de las cuales una está dedicada a la alimentación del circuito y las otras dos sirven para recibir las señales que provienen de la estación que controla el nivel de voltaje y para recibir las señales de la tarjeta secundaria. Del mismo modo, cuenta con 1 bornera con dos puntos de conexión a través de la cual se obtiene

el voltaje de salida de la tarjeta. Además, la tarjeta principal usa 1 circuito integrado DAC0806LCN (Convertidor digital-analógico de 8 bits) fabricado por *National Semiconductor*, 1 circuito integrado PIC16F84A-04/P (Microcontrolador de 8 bits, Flash / EEPROM, 18 pines) fabricado por *Microchip*, 1 circuito integrado UA741 (Amplificador operacional) fabricado por *National Semiconductor*, 1 circuito integrado L7912 (Regulador de voltaje negativo en -12 voltios) fabricado por SGS-THOMSON Microelectronics, 1 circuito integrado L7805 (Regulador de voltaje positivo en 5 voltios) fabricado por SGS-THOMSON Microelectronics, 1 circuito integrado L7812 (Regulador de voltaje positivo en 12 voltios) fabricado por SGS-THOMSON Microelectronics, 2 diodos rápidos 1N4148, 1 potenciómetro de 10K Ω , 1 cristal oscilador de 4MHz, 1 pulsador normalmente abierto, 2 condensadores electrolíticos de 100 μ F a 25V, 2 condensadores electrolíticos de 0.1 μ F a 50V, 1 condensador electrolítico de 1 μ F a 50V, 2 condensadores cerámicos de 15pF a 16V, 1 condensador cerámico de 10nF a 16V, 2 resistencias de 6.2K Ω a ¼W y 1 resistencia de 1K Ω a ¼W.

La tarjeta secundaria cuenta con 2 borneras de tres puntos de conexión cada una, donde la primera recibe las señales binarias de 0V y 12Vdc del módulo central y la segunda envía señales binarias de 0V y 5Vdc hacia la tarjeta primaria. Esta tarjeta emplea también 2 circuitos integrados TLP521 (Optoacoplador simple) fabricados por *Toshiba*, 2 resistencias de 2.4K Ω a ¼W y 2 resistencias de 620 Ω a ¼W.

Acto seguido se describe el funcionamiento de la primera etapa del circuito electrónico principal. (*Anexo C – S Analógica DC*) La primera etapa está

enfocada hacia la obtención de 12Vdc, -12Vdc y 5Vdc a partir de la entrada de 18–0–18Vac, los voltajes directos son necesarios por cuanto los circuitos integrados deben ser alimentados con ellos. Primero se procede a rectificar media onda de la entrada de 18Vac con uno de los diodos y luego el voltaje es almacenado en el condensador de 100uF, este voltaje ingresa al regulador de L7812 para obtener a su salida un nivel de 12Vdc; un procedimiento similar se realiza para obtener el nivel de -12Vdc, las únicas diferencias yacen en las polaridades y el regulador L7912 en lugar del L7812. Finalmente, para obtener la salida de 5Vdc se toma los 12Vdc y, previo paso por un condensador de protección, este voltaje se hace ingresar a la entrada del regulador L7805 en cuya salida se puede conseguir los 5Vdc deseados.

El circuito electrónico secundario fue creado con la finalidad de cumplir dos tareas. La primera de ellas es aislar eléctricamente el módulo central del módulo analógico DC, lo cual es especialmente importante tomando en cuenta que este último se alimenta directamente de la línea de tensión eléctrica alterna. La segunda función es adaptar los niveles de voltaje de 0V y 12Vdc que vienen desde el módulo central a los niveles de 0V y 5Vdc que se necesitan en el circuito principal. Para cumplir estas tareas se construye un circuito sencillo con un opto-aislador, una resistencia para limitar la corriente por el diodo LED y otra para limitar la corriente por el fototransistor. Las resistencias se calculan según hojas de datos (*Anexo D*) para que el opto-aislador pueda funcionar con 12Vdc de entrada y 5Vdc de salida. Las señales con las que esta tarjeta electrónica deberá trabajar son dos: una servirá para llevar el voltaje de salida del módulo al máximo posible y la otra para llevar el voltaje de salida al mínimo posible.

La segunda etapa del circuito electrónico principal está integrada por el microcontrolador y los dispositivos que este utiliza para funcionar. El microcontrolador, a través de su puerto B, recibe las señales del circuito secundario que fueron explicadas anteriormente y las señales de la estación. Las señales recibidas de la estación son tres, la primera se usa para aumentar en un paso el nivel de voltaje a la salida del módulo, la segunda para disminuir en un paso ese mismo voltaje y la tercera sirve para alternar entre niveles predeterminados de voltaje de salida. El oscilador que el microcontrolador necesita está compuesto por un cristal de 4MHz entre los pines 15 y 16. Al mismo tiempo cada pin usa un condensador cerámico de 15pF hacia tierra, cuya finalidad es la de mejorar la estabilidad del oscilador. Se ha creado un circuito para la activación del pin que cumple la función de *reset*, este consta de un pulsador normalmente abierto y una resistencia de *pull-up* de 1K Ω . Si se acciona el pulsador, el microcontrolador se reinicia y por tanto lo hace todo el módulo. El microcontrolador se encarga de procesar las entradas y entregar por su puerto A un número binario de cinco bits directamente proporcional al nivel de voltaje que se desea en la salida de la tarjeta; esto lo hace gracias al programa operador que se desarrollará más adelante.

La tercera y última etapa utiliza un convertidor digital a analógico conocido como DAC y un transductor de voltaje a corriente construido en base a un amplificador operacional. El número binario de cinco bits facilitado por el microcontrolador ingresa directamente a los cinco bits más significativos del convertidor digital a analógico mientras que los bits menos significativos son puestos a 0V. Se lleva alimentación de 12Vdc y -12Vdc al DAC mediante los pines

asignadas a ese fin, previo paso por condensadores de 0.1 μ F recomendados por el fabricante. El pin de compensación se lleva a -12Vdc a través de un condensador de 10nF para mejorar el rechazo a voltajes negativos. Se usan resistencias de 5.2K Ω para establecer las corrientes de referencia y la salida de corriente del DAC es llevada a un amplificador operacional que hace las veces de transductor de corriente a voltaje y al mismo tiempo de *buffer*, permitiendo que se tenga a la salida el voltaje deseado y proporcionando él, por si mismo y sin afectar al resto del circuito, toda la corriente necesaria en la salida. [12]

3.2.1.3.3. MÓDULO DE SALIDA ANALÓGICA AC

El módulo analógico AC se ha diseñado para una aplicación muy específica sin embargo muy difundida hoy en día; se trata de regular la potencia que recibe una carga resistiva mediante el *recorte* de la onda de voltaje sinusoidal que alimenta dicha carga, a esto se le conoce comúnmente con el nombre de *dimer* y la acción que realiza suele ser llamada “*dimear* una carga”. Este es único módulo que posee salidas de potencia que son conectadas directamente a cargas, además trabaja con voltajes de 220Vac, por tanto es muy importante tener extrema precaución al manipularlo. El *recorte* de la onda sinusoidal de 60Hz se podrá realizar en 32 pasos desde el 0% hasta el 100% de la onda, donde *recortar* el 0% de la onda significa simplemente dejar pasar la onda completa y *recortar* el 100% significa no dejar pasar la onda (dejar sin alimentación la carga). Los porcentajes para los 30 pasos intermedios han sido calculados de modo tal que cada paso implique la adición de una misma cantidad de vatios (watts) a la potencia entregada. El desplazamiento a través de los 32 pasos podrá ser

bornera está destinada a recibir las señales binarias provenientes del módulo central. Existen también 3 borneras de dos puntos de conexión cada una donde una sirve para la alimentación de la tarjeta y las dos restantes para la interconexión con la tarjeta secundaria. Así también la tarjeta principal usa 1 circuito integrado PIC16F84A-04/P (Microcontrolador de 8 bits, Flash / EEPROM, 18 pines) fabricado por *Microchip*, 2 circuitos integrados TLP521 (Opto-acoplador simple) fabricados por *Toshiba*, 2 circuitos integrados BT136 (Triac con puerta sensible) fabricados por *Philips Semiconductors*, 1 condensador de mylar de 0.47 μ F a 400V, 1 condensador electrolítico de 330 μ F a 16V, 2 condensadores cerámicos de 15pF a 16V, 1 cristal oscilador de 4MHz, 1 pulsador normalmente abierto, 1 fusible de 1A, 3 diodos 1N4007, 1 diodo zener de 1N4733 a $\frac{1}{2}$ W, 1 diodo rápido 1N4148, 3 transistores bipolares 2N3904, 3 resistencias de 3.3K Ω a $\frac{1}{4}$ W, 2 resistencias de 2.4K Ω a $\frac{1}{4}$ W, 1 resistencia de 470K Ω a $\frac{1}{2}$ W, 1 resistencia de 8.2 Ω a $\frac{1}{4}$ W y 1 resistencia de 1K Ω a $\frac{1}{4}$ W. (*Anexo D*)

La tarjeta secundaria utiliza únicamente 3 borneras de dos puntos de conexión cada una. Una de ellas tiene como función recibir las señales de la tarjeta principal, las otras dos son usadas para conectar las dos cargas resistivas que se desea *dimear*.

El circuito electrónico diseñado para este módulo se divide en cuatro etapas que se proceden a explicar (*Anexo C – S Analógica AC*). La primera etapa es la de alimentación y tiene como objetivo proporcionar al microcontrolador los 5Vdc que este necesita para funcionar, pero evitando el uso de transformadores en el circuito. Fuentes con transformadores se utilizan cuando se necesitan

potencias de varios vatios, en este caso la potencia requerida no llega siquiera a medio vatio, es por eso que se busca la manera de evitar las fuentes con transformadores tomando en cuenta además que estas resultan más caras y voluminosas. La fuente obtiene energía a partir de la tensión de línea de 220Vac ($\pm 20\%$), este voltaje se hace pasar a través de un divisor de voltaje hecho de dos condensadores, uno de 0.47 μ F que soportará la mayor tensión y otro de 330 μ F que soportará en principio una tensión 700 veces menor. Se colocan dos diodos en forma estratégica para conseguir que el condensador de 330 μ F se cargue positivamente en el intervalo creciente de la onda de 220Vac y en el intervalo negativo, el condensador quede fuera del circuito y retenga el voltaje con el que se cargó. El condensador de 330 μ F irá cargándose poco a poco hasta que supere el voltaje de zener, en ese momento el diodo zener empezará a conducir y enclavará el voltaje a 5Vdc. Se coloca una resistencia de 8.2 Ω en serie con el diodo zener para limitar la corriente y para reducir el rizado de la señal, se usa un diodo rápido en paralelo con el diodo zener para suprimir cualquier pico de voltaje negativo que pueda aparecer como consecuencia de una fuerte distorsión en la línea de 220Vac y así evitar daños en las etapas posteriores del circuito. Se coloca un fusible con el propósito de proteger los componentes de algún eventual corto circuito que pudiera ocurrir por un mal uso o accidente con la tarjeta.

La segunda etapa del circuito electrónico se encarga de adaptar o generar señales de entrada necesarias para el funcionamiento del módulo. El primer subcircuito fue creado para cumplir las tareas de aislamiento y adaptación de voltajes. Aislar el módulo analógico AC del resto es importante por cuanto este se alimenta directamente de la línea de tensión eléctrica. La adaptación de

niveles de voltaje se realiza de 0V y 12Vdc que vienen desde el módulo central a 0V y 5Vdc que se necesitan en las etapas posteriores. El circuito está conformado por un opto-aislador, una resistencia para limitar la corriente por el diodo LED y otra para limitar la corriente por el fototransistor. Las resistencias se calculan según hojas de datos para que el opto-aislador pueda funcionar con 12Vdc de entrada y 5Vdc de salida. El circuito electrónico trabajará dos señales: una que servirá para llevar el porcentaje de *recorte* de la onda de ambos *dimer* al 100% y la otra señal servirá para llevar el porcentaje de *recorte* de la onda de ambos *dimer* al 0%. El segundo subcircuito cumple la función de generar una señal de sincronía con la línea de tensión de 220Vac, se trata de un sencillo transistor que varía entre los estados de corte o saturación en base al voltaje de la línea. Cuando la onda sinusoidal se encuentra en la comba positiva, el transistor se satura y la señal de salida en el colector del transistor arroja 0V; mientras en la comba negativa el transistor se corta y la señal de salida es de 5Vdc. Con esta señal el microcontrolador podrá “saber” en que momentos se producen los cambios de polaridad de la onda sinusoidal.

En la tercera etapa del circuito se puede encontrar al microcontrolador y a los dispositivos que este utiliza para funcionar. A través de su puerto B, el microcontrolador recibe las señales de la segunda etapa explicadas anteriormente y las señales de las estaciones. Las señales recibidas de las estaciones son cinco, las dos primeras señales operan la carga A, una aumentando en un paso el porcentaje de *recorte* de onda y la otra disminuyendo ese mismo porcentaje en un paso. La tercera y cuarta señal cumplen la misma función pero operando la carga B. La quinta señal sirve para saltar entre

porcentajes de *recorte* predeterminados en conjunto para ambas cargas; por ejemplo 25% para la carga A y 75% para la carga B podría ser un valor predeterminado. El oscilador que el microcontrolador necesita está compuesto por un cristal de 4MHz entre los pines 15 y 16. Al mismo tiempo cada pin usa un condensador cerámico de 15pF hacia tierra, cuya finalidad es la de mejorar la estabilidad del oscilador. Se ha creado un circuito para la activación del pin que cumple la función de *reset*, este consta de un pulsador normalmente abierto y una resistencia de *pull-up* de 1KΩ. Si se acciona el pulsador, el microcontrolador se reinicia y por tanto lo hace todo el módulo. El microcontrolador se encarga de procesar las entradas y arrojar por los dos primeros bits de su puerto A pulsos de cinco voltios que *dispararán* los *tiristores* en momentos precisos para *recortar* la onda de 220Vac; esto lo hace en virtud al programa operador que se desarrollará más adelante.

La cuarta etapa se encarga de *disparar* los dispositivos de potencia usando, para ello, los pulsos (uno para cada *dimer*) que el microcontrolador dio como salida en la etapa anterior. El microcontrolador dará cada pulso en el momento exacto en el que cada carga debe empezar a ser alimentada, cada pulso pondrá en conducción un transistor bipolar 2N3904 introduciendo un pulso de 5Vdc en la puerta del *tiristor* respectivo con la corriente suficiente para activarlo y así alimentar la carga resistiva. El *tiristor* escogido es el triac BT136 que cuenta con óptimas características de *disparo* en los cuatro cuadrantes y puede soportar picos de tensión repetitivos de hasta 500V. Las borneras de salida de los triac se conectan a la tarjeta secundaria donde se reordenan con la

finalidad de poder conectar las cargas directamente en sus borneras de salida sin necesidad de ninguna conexión eléctrica adicional. [12]

3.2.1.4. MÓDULO DE ALIMENTACIÓN

También referida como la fuente del sistema, cumple la vital función de dar energía eléctrica a los módulos para que puedan trabajar. El módulo dotará al sistema de alimentación en voltajes de 12Vdc y 5Vdc. La salida de 12Vdc podrá entregar una potencia máxima de 10W, mientras que la salida de 5Vdc podrá entregar como máximo la potencia de 3.5W.

Físicamente el módulo está compuesto por una tarjeta electrónica y un transformador externo a ella. Las dimensiones de la tarjeta son de 95mm x 45mm x 28mm y las dimensiones del transformador son de 45mm x 85mm x 50mm. Para alimentar la tarjeta se toma energía de línea eléctrica del inmueble de 220Vac ($\pm 20\%$); este voltaje se lleva al primario del transformador obteniendo, en el secundario, dos pares de líneas (eléctricamente aislados uno del otro) con voltajes de 12Vac en cada par. Las cuatro líneas son, finalmente, conectadas en la bornera de alimentación de la tarjeta. Si bien el módulo no cuenta con una alimentación de respaldo, se deja una recomendación a ese respecto.

La tarjeta cuenta con 4 borneras de dos puntos de conexión cada una. Dos de ellas están destinadas a recibir las cuatro líneas de alimentación desde el transformador, otra es la salida de voltaje de 12Vdc y la última es la salida de voltaje de 5Vdc. Además de esto, el circuito de la tarjeta utiliza 1 circuito

integrado L7805 (Regulador de voltaje positivo en 5 voltios) fabricado por SGS-THOMSON Microelectronics, 1 circuito integrado L7812 (Regulador de voltaje positivo en 12 voltios) fabricado por SGS-THOMSON Microelectronics, 2 diodos puente de 1A, 2 condensadores de 1mF a 25V, 2 condensadores de 330uF a 16V, 2 diodos rápidos 1N4148, 1 fusible de $\frac{1}{2}$ A y 1 fusible de 1A. (*Anexo D*)

El circuito (*Anexo C - Alimentación*) funciona de la siguiente forma: las entradas de 12Vac son rectificadas independientemente usando los diodos puente (rectificadores de onda completa). A la salida de cada diodo puente se coloca un condensador de 1mF que almacenará carga al voltaje pico de la onda sinusoidal de 12Vac, es decir a casi 17Vdc; inmediatamente después se colocan los circuitos integrados reguladores de tensión L7805 en una rama y L7812 en la otra. Finalmente, por recomendación del fabricante, se colocan condensadores en las salidas de ambos integrados; se instalan también diodos rápidos y fusibles como mecanismos de protección para el circuito. [12]

3.2.1.5. MÓDULO DE COMUNICACIÓN TELEFÓNICA

El módulo de comunicación digital es una alternativa muy beneficiosa para perfeccionar el desempeño y las prestaciones del sistema de automatización para inmuebles pequeños. Si bien no se implementará físicamente este módulo, se dejará un estudio prolijo que permita la interconexión inmediata del sistema con el equipo electrónico que se encarga de efectuar llamadas telefónicas (marcador telefónico) y con el equipo electrónico que se encarga de contestar

llamadas telefónicas (receptor telefónico), lo cual será de utilidad en el caso se decida llevar a cabo la implementación en un futuro.

La función de este módulo es permitir una interacción entre el sistema y su propietario cuando este último no se encuentra dentro del inmueble automatizado. Usando este módulo el sistema puede reportar telefónicamente la activación de cualquier entrada del sistema o de cualquier conjunto de condiciones que denoten un estado de alerta, permitiendo de esta forma mantener al dueño informado de cualquier suceso, alarma o emergencia que haya sido sensada en su inmueble; por ejemplo altas temperaturas, cortes de energía eléctrica, inundaciones, intrusiones, incendios, ruidos potentes o explosiones, etc. Del mismo modo, usando este módulo, el usuario puede acceder al sistema a través de una llamada telefónica desde cualquier parte del mundo usando un teléfono de marcación por tonos (DTMF) y activar cualquier salida o conjunto de salidas del sistema de automatización.

Tanto el marcador telefónico como el receptor telefónico pueden ser conectados a los módulos digitales de salida y entrada respectivamente, que fueron desarrollados en secciones previas; motivo por el cual estos equipos encajan perfectamente en el sistema, una prueba más de su flexibilidad. No obstante, sería mejor todavía trabajar marcador y receptor como un módulo independiente en la medida que no se trata de entradas o salidas directas sino más bien son interfaces “sistema de automatización – red telefónica” a través de las que el usuario puede interactuar con el sistema.

El marcador telefónico que se usará como modelo es “marcador telefónico para mensajes a particulares con sistema de escucha DL-125C” fabricado por *Visonic* de dimensiones 150mm x 105mm x 35mm (*Figura 3.7*) (*Anexo D*).



Figura 3.7.- Marcador telefónico
(Tomada de: <http://www.smarthome.com/7437.html>)

Este equipo es un marcador automático programable que sirve para enviar mensajes orales pregrabados usando la línea telefónica. Puede reconocer hasta dos eventos separados y cada uno de ellos cuenta con una entrada de contacto seco para su activación. Cada mensaje puede ser enviado a cuatro teléfonos en forma independiente. El equipo inicia una comunicación cuando se activa un contacto seco o bien cuando se presiona los botones de alarma en la parte frontal del equipo. Cada contacto puede ser programado como normalmente abierto o cerrado. Este equipo es compatible con redes de marcación por tonos o por pulsos y es capaz de responder adecuadamente de acuerdo a los tonos DTMF que reciba (señal de ocupado por ejemplo). El equipo incorpora la función de escucha, mediante la cual el usuario llamado es capaz de activar el micrófono de alta sensibilidad del equipo y escuchar los sonidos que se estén produciendo en su inmueble por un tiempo determinado. La programación del equipo se hace desde el teclado ubicado en el panel frontal del mismo, donde existen doce teclas para la introducción de datos y cuatro teclas de función adicionales. Toda

esta configuración se almacena en una memoria no volátil EEPROM de forma que no es afectada por fallos de corriente eléctrica. El equipo se alimenta de 12Vdc.

El receptor telefónico que se usará como modelo es el “controlador telefónico CT241” fabricado por *Aube* de dimensiones 69mm x 137mm x 31mm (*Figura 3.8*) (*Anexo D*).



Figura 3.8.- Contestador telefónico
(Tomada de: <http://www.aubetech.com/products/produitsDetails.php?noProduit=46>)

Este equipo es un receptor telefónico automático programable que sirve para activar o desactivar los relés que tiene como salida usando una línea telefónica convencional que permita la marcación por tonos (DTMF). Cada uno de los cuatro relés con los que cuenta pueden ser operados de manera independiente y en forma remota a través de la línea telefónica o en forma manual usando los botones ubicados en el panel frontal del equipo. El equipo contesta el teléfono después de un número de timbradas programable y se comunica con el usuario emitiendo pitidos. En primer lugar el equipo valida una contraseña de cuatro dígitos también programables y de resultar aceptada permite activar o desactivar los relés con la sola pulsación de los números del uno al cuatro en el teléfono. Una vez realizados los cambios se debe terminar la

sesión para dar por concluida la comunicación. La programación del equipo se hace a través de la misma comunicación telefónica y esta se encuentra protegida en caso de fallas de energía eléctrica. El equipo se alimenta de 9Vac.

La alimentación y conexión de ambos equipos con el módulo central es muy simple. En el caso del marcador telefónico, este se alimenta de la fuente del sistema que lo provee de los 12Vdc que necesita para funcionar y la conexión con el módulo central requiere de dos relés simples de montaje externo con bobina de 12Vdc. Cada uno de ellos debe ser conectado a un contacto de entrada del marcador y sus bobinas recibirán las señales binarias de 0V o 12Vdc del módulo central que permitirán operar los relés y por ende el marcador. Para el receptor telefónico, la alimentación se efectúa a partir de la línea de tensión de 220Vac a 60Hz, valiéndose de un transformador 220Vac/9Vac para obtener el voltaje requerido. Para la conexión con el módulo central es necesario llevar un conductor con 12Vdc desde la fuente del sistema y conectarlo a todos los puntos comunes de los cuatro relés de salida del receptor; luego solamente se procede a conectar los cuatro contactos de los relés de salida directamente con las entradas del módulo central.

3.2.2. CABLES Y CONDUCTORES

Un conductor eléctrico es un elemento destinado a conducir corriente eléctrica desde un origen o punto de generación hasta un destino o punto de utilización. Un cable eléctrico es un conductor eléctrico recubierto de un material aislante con la finalidad básica de evitar contactos directos o indirectos con el

conductor, así como proteger el material conductor de la oxidación o corrosión debido a la humedad ambiental o al ataque de sustancias químicas presentes en el ambiente. Generalmente no se hace distinción entre ambos términos (cable eléctrico o conductor eléctrico) y se usan para referirse al material conductor forrado de un aislante. Actualmente existe una amplia variedad de cables eléctricos cuya disposición y materiales dependen de las condiciones de utilización. (*Anexo D*)

Son cuatro las características más importantes de los conductores: el material conductor, el material aislante, el calibre del conductor y la disposición física del conductor y el aislante. El material conductor más utilizado en cables es el cobre electrolítico de alta pureza, en virtud de su alta conductividad. Y estos se clasifican, dependiendo de su uso final, en conductores de cobre duro y conductores de cobre blando o recocido. Se usan también conductores de aluminio en casos específicos. Entre los materiales aislantes más usados se encuentran el cloruro de polivinilo PVC (el más usado en la actualidad), el polietileno, el nylon, etc. En la actualidad se usan dos nomenclaturas para designar el calibre de los conductores, ellas son la Designación IEC y la Designación norteamericana. La Designación IEC indica como calibre del conductor su área transversal en milímetros cuadrados mientras la Designación norteamericana usa el sistema AWG que define dos diámetros que sirven como patrones para una progresión geométrica y los diámetros obtenidos se denotan con números desde el N° 0000 hasta el N° 36. La disposición física del conductor y el aislante puede ser muy variada pero se destaca aquella donde el conductor es de sección transversal circular y el material aislante lo rodea formando un

anillo alrededor de la sección transversal del conductor. En este caso se puede encontrar conductores de dos tipos: los sólidos y los cableados o de varios hilos.

En el capítulo 2 se llegó a la conclusión que el medio de transmisión ideal para es sistema de automatización para inmuebles pequeños era el par trenzado, ahora lo único que hace falta es diseñar las características de estos cables. De otro lado se debe diseñar también las características requeridas por los cables llevarán alimentación todos los módulos del sistema.

Debido a su abundancia en el mercado, su bajo costo y su facilidad de instalación se utilizarán para la interconexión de los módulos del sistema de automatización cables rígidos de cobre con aislamiento de cloruro de polivinilo. De las tablas de capacidad de corriente admisible para conductores rígidos (*Anexo D*) y tomando en cuenta que solamente se utilizarán estos cables para enviar señales con corrientes insignificantes, se escogen conductores de calibre 24AWG para implementar la interconexión de los módulos. Nuevamente debido a las razones expuestas anteriormente, pero esta vez notando que la alimentación de los módulos siempre requiere de un par de conductores, se escoge cables mellizos de cobre con aislamiento de cloruro de polivinilo. De las mismas tablas de capacidad de corriente y usando las especificaciones técnicas del sistema (*Anexo B*) se escogen conductores de calibre 24AWG para implementar las alimentaciones de los módulos.

3.3. DISEÑO DEL SOFTWARE

Software no es otra cosa que uno o varios programas operadores que se diseñan con cierto objetivo. En el caso del sistema de automatización, este se refiere al programa operador que deberá escribirse con la finalidad que sea grabado en un microcontrolador para que este último pueda cumplir una determinada función.

El software del sistema de automatización para inmuebles pequeños consta de tres programas operadores (*Anexo C – Códigos fuente*). El primero y más importante es el programa operador del módulo de procesamiento central que se graba en el microcontrolador del mismo módulo. El segundo programa operador es el que trabaja en el microcontrolador del módulo de salida analógica DC y el tercero trabaja en el módulo de salida analógica AC.

El programa operador del módulo de procesamiento central cumple la importantísima función de leer las 32 entradas digitales que el módulo tiene y darle sentido a cada una de ellas de tal forma que en función de esas entradas proceda a escribir el valor de cada una de las 16 salidas del módulo. Cada salida se obtiene a partir de una o varias entradas utilizando las funciones lógicas básicas NOT, OR, AND, XOR o una combinación de estas. El programa operador del módulo de procesamiento central contiene tres subrutinas: subrutina de lectura de entradas, subrutina de lógicas de activación y subrutina de escritura de salidas. El programa operador del módulo de salida analógica DC cumple la misión de arrojar un valor binario de cinco bits (número binario),

pudiéndose aumentar o disminuir este número usando dos entradas del microcontrolador y al mismo tiempo pasar entre números predeterminados usando otra entrada. También se puede llevar numérico directamente a su valor máximo (31) o a su valor mínimo (0) usando otras dos entradas del microcontrolador. El programa operador del módulo de salida analógica AC cumple la misión de enviar pulsos para la activación de los dos triac justo en el momento que la onda sinusoidal se encuentre en determinados valores de fase. Se puede aumentar o disminuir las fases de *disparo* para ambos triac en forma independiente usando cuatro entradas del microcontrolador y al mismo tiempo pasar entre fases predeterminadas usando otra entrada. También se puede llevar la fase directamente a su valor máximo (8128us) o a su valor mínimo (0us) usando otras dos entradas del microcontrolador.

En la próxima página se presenta el diagrama de flujo del programa principal (*Diagrama 3.1*) donde se distinguen tres subrutinas: subrutina de lectura de entradas, subrutina de lógicas de activación y subrutina de escritura de salidas. El desarrollo y explicación de cada una de ellas se presenta, a modo de diagrama de flujo, en las páginas subsiguientes (*Diagramas 3.2, 3.3 y 3.4*). Posteriormente se presentan los diagramas de flujo de los programas operadores del módulo de salida analógica DC (*Diagrama 3.5*) y del módulo de salida analógica AC (*Diagrama 3.6*), los mismos que permiten entender a plenitud el funcionamiento de cada uno.

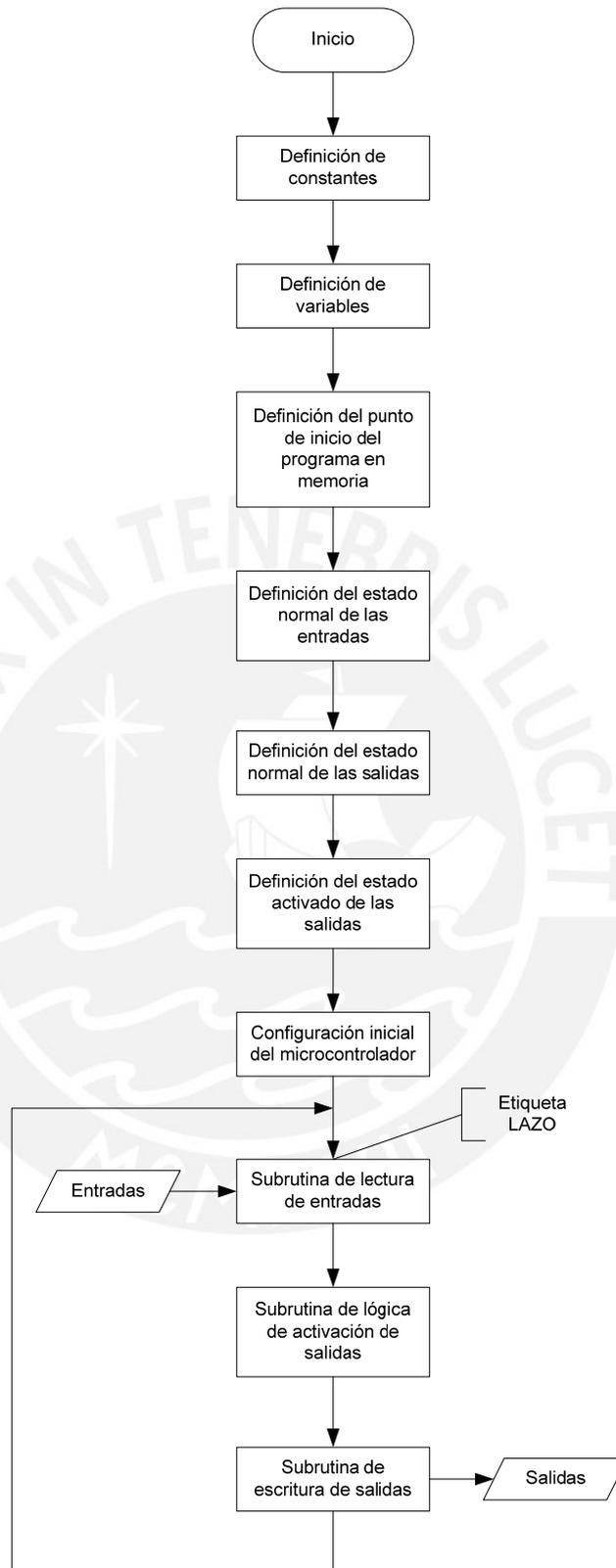


Diagrama 3.1.- Diagrama de flujo del programa principal del módulo de procesamiento central

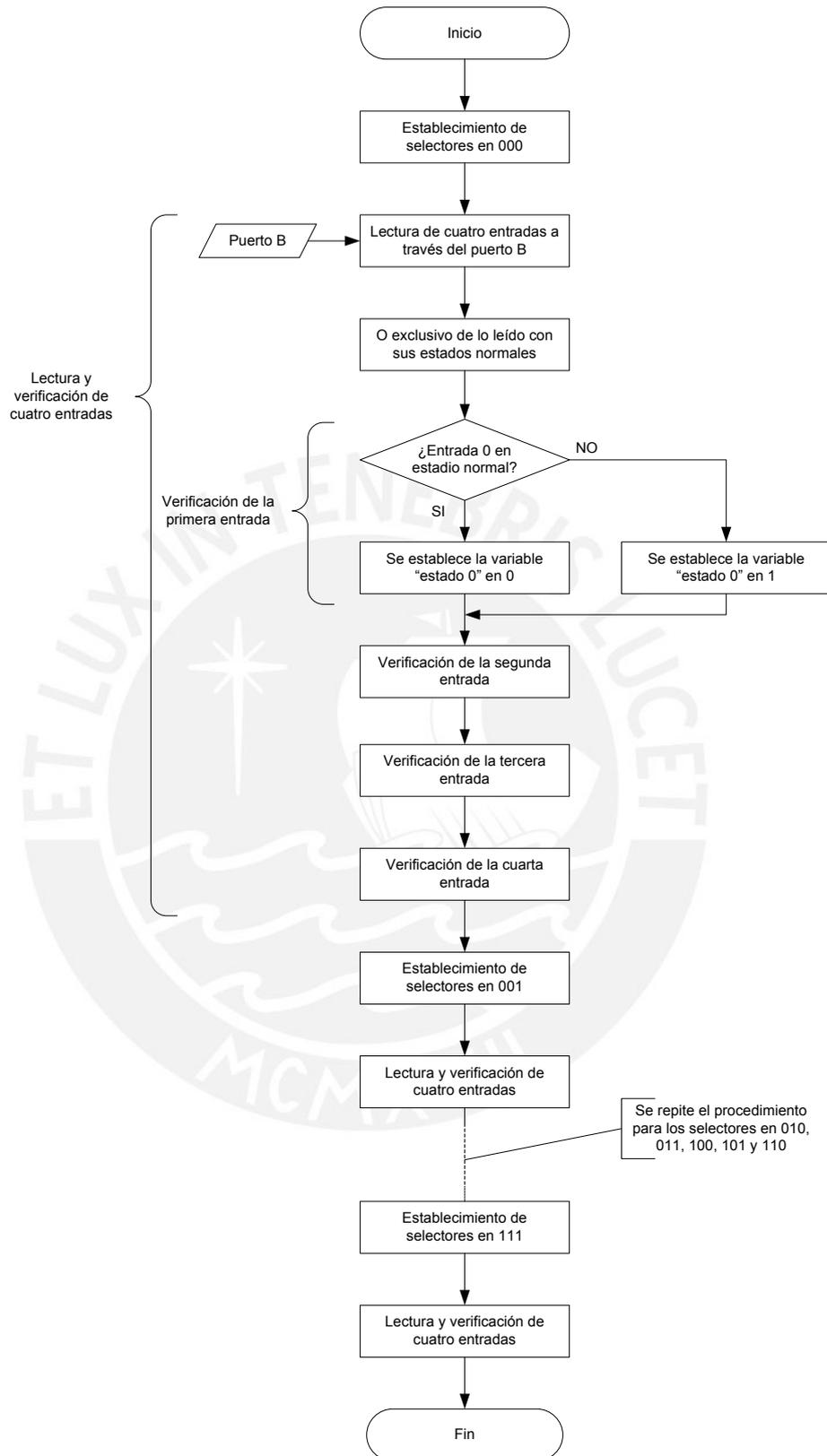


Diagrama 3.2.- Diagrama de flujo de la subrutina de lectura de entradas, del módulo de procesamiento central

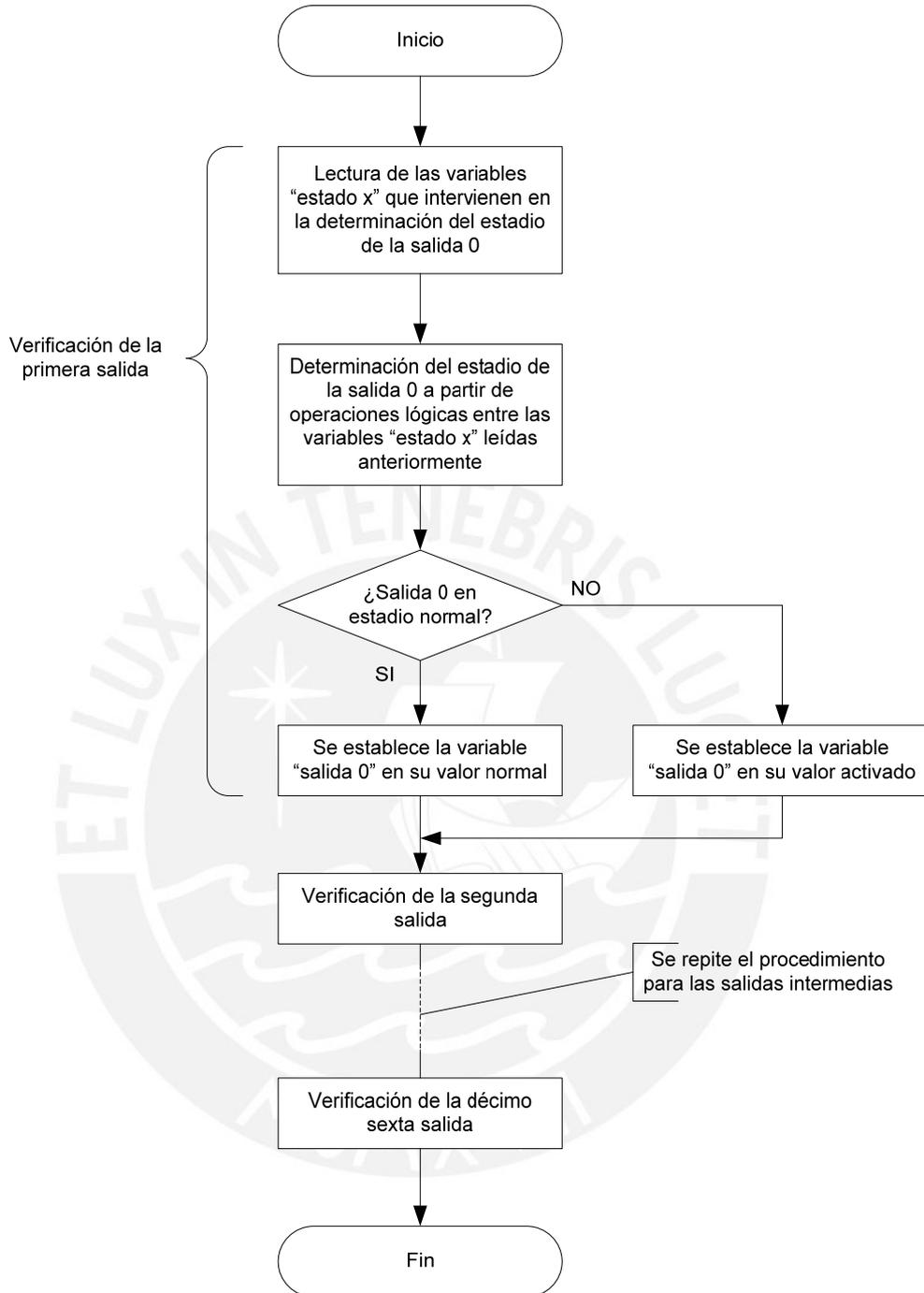


Diagrama 3.3.- Diagrama de flujo de la subrutina lógicas de activación, del módulo de procesamiento central

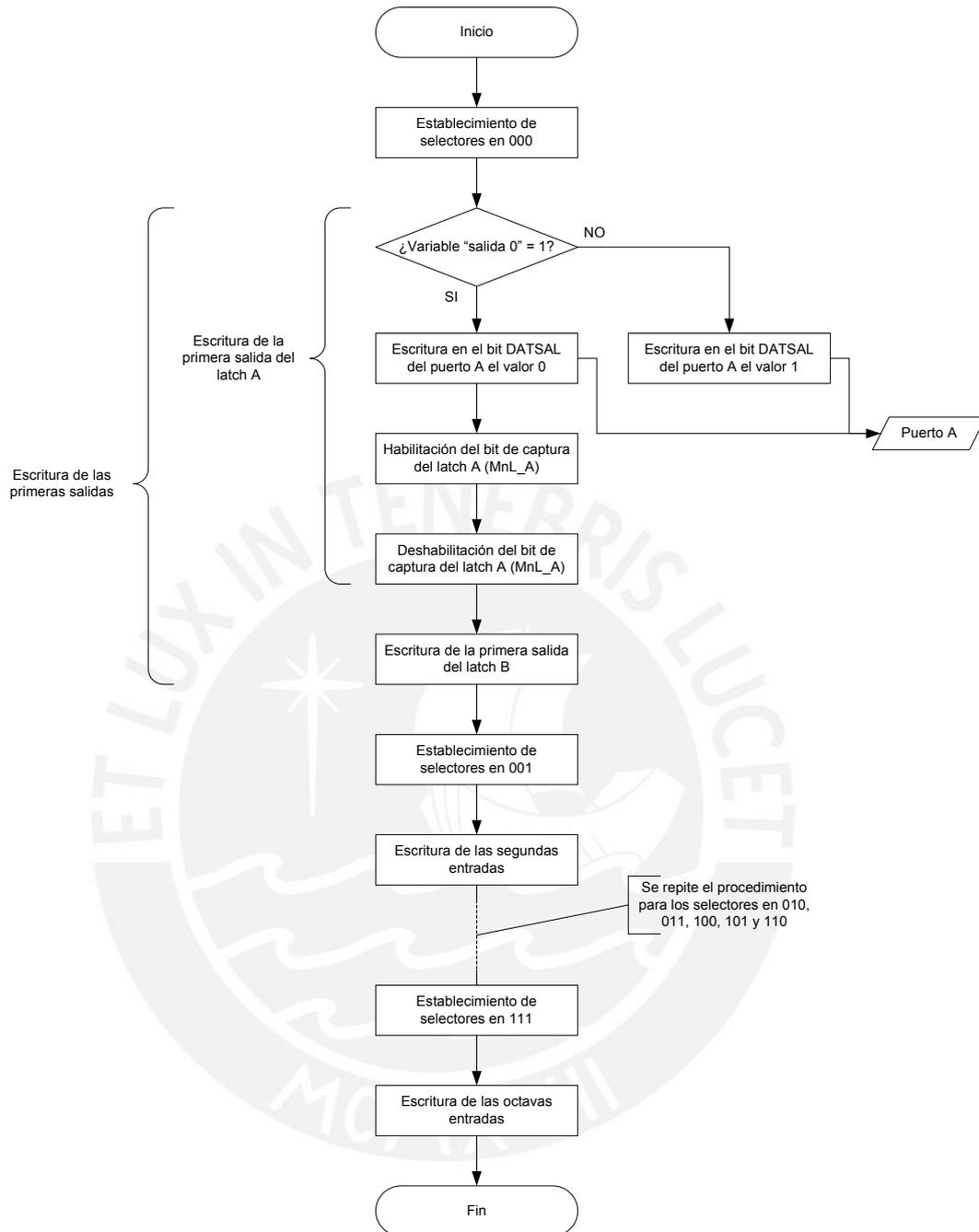


Diagrama 3.4.- Diagrama de flujo de la subrutina de escritura de salidas, del módulo de procesamiento central

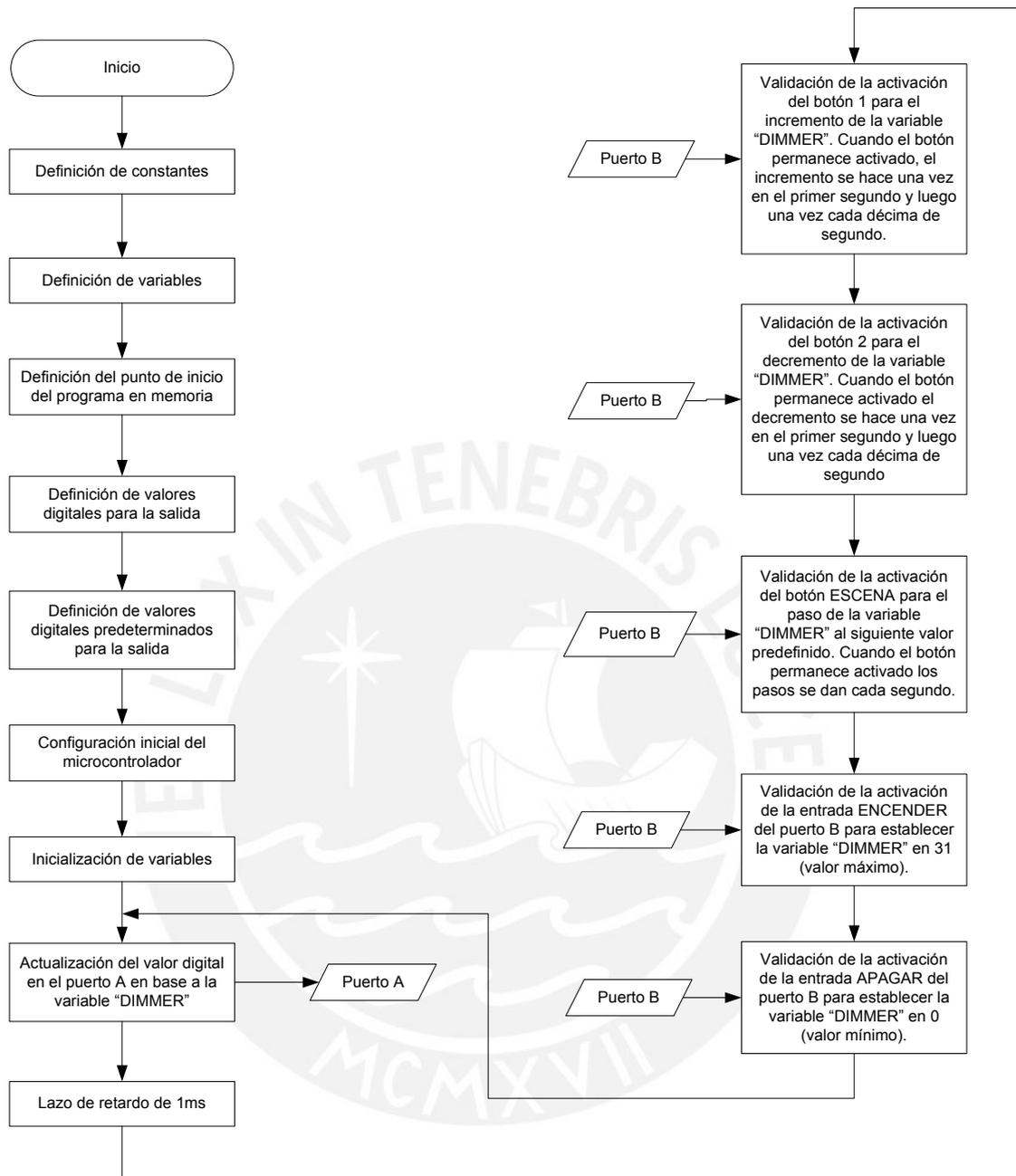


Diagrama 3.5.- Diagrama de flujo del programa operador del módulo de salida analógica DC

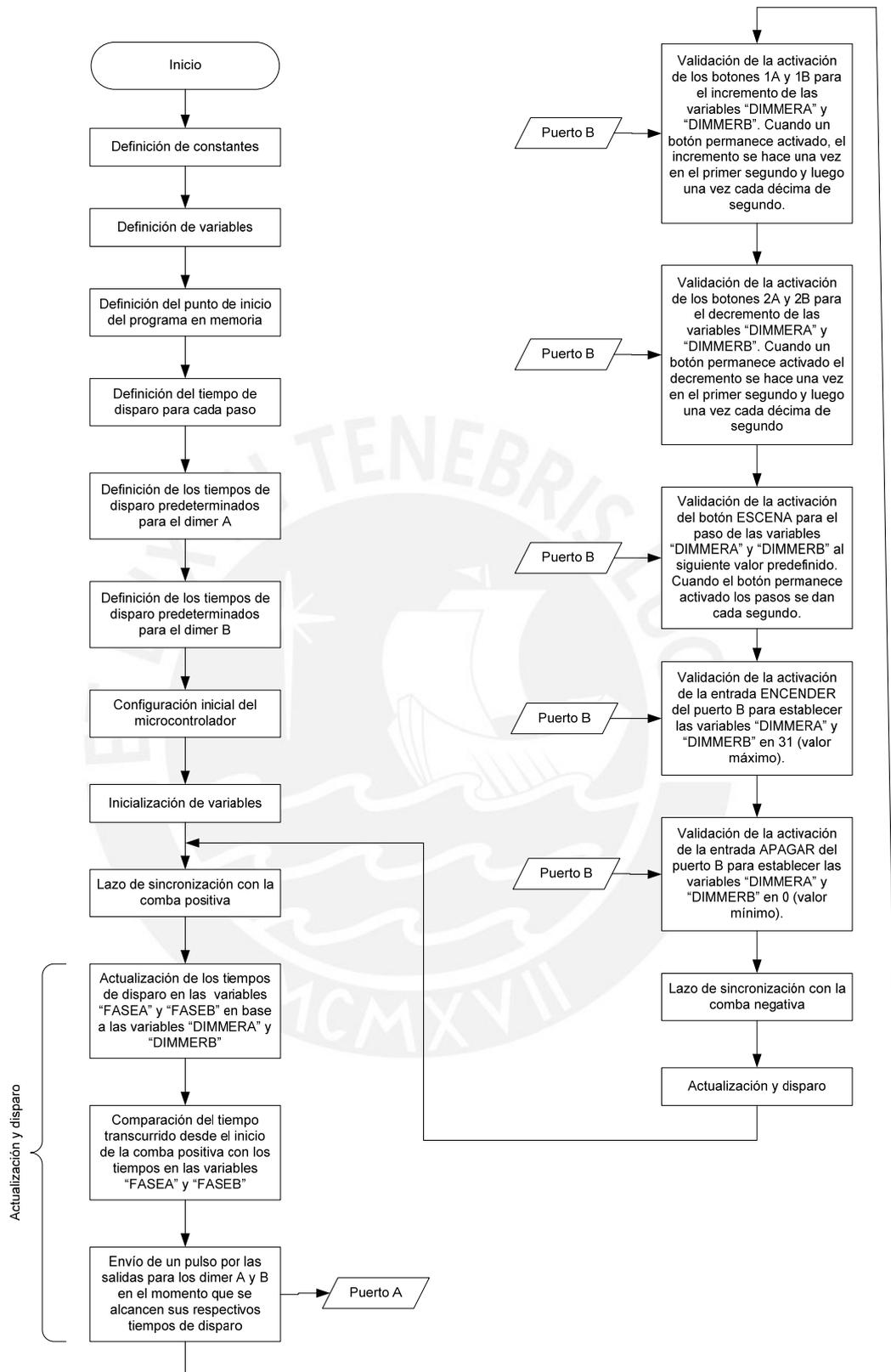


Diagrama 3.6.- Diagrama de flujo del programa operador del módulo de salida analógica AC

3.4. RESULTADOS OBTENIDOS

Como punto culminante de este trabajo se muestran los resultados que se consiguen al implementar el prototipo de sistema de automatización para inmuebles pequeños y someterlo a las necesidades que se tendría en una inmueble modelo. Se expondrán detalladamente las automatizaciones que se lograrían y se dará una aproximación del material necesario para ello; para terminar, se hará una breve acotación sobre la ubicación física que deberían tener los módulos y sobre los efectos y consecuencias de la instalación del sistema.

Se usará como modelo una vivienda común de aproximadamente 500m² y dos plantas (*Anexo C – Plano de vivienda modelo*). Esta vivienda cuenta con línea telefónica y equipos posibles de automatizar tales como una chapa eléctrica en la puerta de la calle, una puerta eléctrica levadiza para el garaje, un tanque calentador de agua, un cerco eléctrico, interruptores, luminarias fluorescentes e incandescentes y focos comunes. Se logra automatizar algunos de estos equipos y crear subsistemas automáticos (usando unos equipos más), tal como se expone líneas abajo.

La vivienda no cuenta con un sistema de seguridad. Mediante el sistema de automatización se implementa uno, haciendo uso de un sensor de movimiento, un interruptor y una sirena; con la finalidad de conseguir una alarma activada por el sensor de movimiento que se arma y desarma a través del

interruptor. Y que, al mismo tiempo, hace sonar la sirena y llama a la policía en el caso que se active.

Se integra al sistema la chapa eléctrica de la puerta de la calle; con la finalidad de conseguir la apertura de esta mediante la pulsación de un botón o a través de la línea telefónica. Del mismo modo, se integra el tanque calentador de agua y un contactor; con la finalidad de poder encender y apagar el calentador localmente con la pulsación de un botón o remotamente con una llamada telefónica.

El sistema opera dos pares de luminarias incandescentes o focos comunes; con la finalidad de *dimearlos* localmente usando pulsadores durante una reunión, o encenderlos y apagarlos remotamente a través de la línea telefónica para dar la apariencia de que hay alguien en casa. De otro lado, maneja un actuador de válvula de agua; con la finalidad de poder aumentar o disminuir el caudal de agua con el que se riega el jardín, usando pulsadores.

Al mismo tiempo que es sistema presta esos servicios, también se implementa un subsistema de detección de incendios usando un sensor de humo, un interruptor y una sirena con luminaria estroboscópica; con la finalidad de conseguir una alarma contra incendios activada por el sensor de humo que, en caso se active, hace sonar la sirena y genera, en forma automática, una llamada telefónica a los bomberos dando un mensaje pregrabado, siendo la alarma capaz de ser inhibida con el interruptor.

Referente a los materiales y las cantidades necesarias para la instalación, hará falta adquirir los equipos eléctricos y electrónicos antes mencionados que la vivienda original no poseía. Pero además de ellos, para la instalación de este modelo de vivienda automatizada, se necesitará: 1 módulo central de procesamiento, 2 módulos de entrada digital, 2 módulos de sensado de impedancia y sus respectivas estaciones, 2 módulos de salida digital, 1 módulo de salida analógica DC con su respectiva estación, 1 módulo de salida analógica DC con su respectiva estación, 1 módulo de comunicación telefónica y 1 módulo de alimentación; cada módulo yacerá alojado en una caja o gabinete que lo mantenga a buen recaudo del sol, agua y polvo. Además se usará, aproximadamente, unos 200m de par trenzado calibre AWG 24, 20m de cable mellizo calibre AWG 22, 150m de canaleta autoadhesiva, 10 cajas de paso de 4" x 4" x 3" y 10 borneras aéreas T. Para los trabajos de instalación serán útiles herramientas tales como taladros, cinceles, martillos, etc.

El proceso de instalación de los equipos es sencillo, consiste en ubicar un punto céntrico y seguro dentro del inmueble para instalar allí el módulo central junto con el módulo de alimentación del sistema. En una locación aledaña se instalarán los módulos de entrada digital y los módulos de sensado de impedancias, ubicando las estaciones en puntos estratégicos para la apertura de la chapa eléctrica, el encendido y apagado de luces y el encendido y apagado del tanque calentador de agua. Los módulos de salida digital se pueden ubicar cerca o lejos del módulo central, en este caso se ubicarán en un lugar cercano para ahorrar el uso de conductores. Los módulos analógicos DC y AC deben ser colocados cerca a la carga que van a controlar motivo por el cual se ubican uno

en las inmediaciones del jardín y el otro cerca a las luminarias incandescentes que manejará. El módulo de comunicación telefónica es situado en las cercanías de un punto de teléfono y de forma tal que el micrófono del marcador pueda percibir los ruidos que se originan en la vivienda.

El tendido de los conductores se lleva a cabo por dentro de las canaletas para lo cual será preciso ir taladrando paredes o rodeándolas según sea conveniente en cada caso y cuidando siempre ubicar las canaletas en lugares adecuados de tal forma que estén protegidas de las inclemencias del tiempo y que su presencia no vaya en detrimento de la estética de la vivienda.

Finalmente se puede disfrutar de un sistema de automatización para inmuebles pequeños confiable, con alto rendimiento y amplia variedad de prestaciones, muy flexible y sobre todo con un bajo costo (*Anexo A*) en comparación con un sistema profesional, que lo pone al alcance de una persona común que desee dar rienda suelta a su imaginación automatizando los diferentes equipos de su hogar u oficina.

&%&%♦&%&%



- Tal como se pudo apreciar en el presente trabajo, es perfectamente posible construir un sistema de automatización para inmuebles pequeños que preste a los moradores un conjunto de servicios básicos de automatización que puedan ser adaptables a los diferentes tipos de estructuras que los contengan.
- Los equipos “posibles de automatizar” son aquellos cuya factibilidad de automatización es mayor, pero siempre habrán otros equipos que también sean posibles automatizar en menor medida. Por ejemplo en un equipo de sonido se podría automatizar su encendido y sintonización automática de una emisora de radio en particular usando un control remoto operado por el sistema; mientras que en un horno de microondas podría automatizarse su encendido diario para calentar el desayuno. El primer caso muestra una automatización rara pero que podría ser deseable mientras la segunda alternativa muestra una opción impráctica.
- La opción escogida de un medio guiado y procesamiento centralizado ofrece el mejor desempeño según se pudo visualizar en el Capítulo 2, sin embargo las opciones descartadas no son propuestas desatinadas en todos los casos y habrá que volver a sopesar los parámetros en el caso que variaciones drásticas en el contexto físico del sistema hagan que las bases del análisis expuesto cambien en forma importante.

- El objetivo de un sistema de bajo costo se alcanzó, entre otras cosas, a expensas de sacrificar parte de la confiabilidad del sistema al quitar inteligencia a los módulos periféricos. La evaluación futura del ratio costo / beneficio en este aspecto será importante a medida que el sistema vaya creciendo y se le vayan confiando tareas de mayor responsabilidad en el quehacer diario.
- La implementación de un sistema de automatización sin el uso de protocolos estándar es perfectamente posible, permitiendo un significativo ahorro tanto intelectual como económico, en la implementación del *hardware* y *software* de comunicación para el sistema; y todo esto sin dejar de prestar una gran cantidad de servicios de automatización.
- A través de la experiencia adquirida durante el desarrollo de este trabajo se pudo notar que varias personas creen que porque una casa tiene sensores contra intrusiones o un sistema de cámaras, es una vivienda inteligente y no es así. La inteligencia de un local, si bien puede ser vista por grados (puede ser más o menos inteligente según la cantidad de subsistemas que articule), pasa por una característica esencial, sin la cual no se podría hablar siquiera de una inteligencia mínima: la integración de los sistemas. Por ejemplo, si un sistema contra incendios detecta la presencia de fuego, deberá enviar una señal a un sistema de acceso para que libere las puertas y permita la evacuación, logrando así un funcionamiento interrelacionado.



- El módulo de comunicación telefónica usado está conformado por dos equipos comerciales que cumplen a cabalidad con los requerimientos del sistema pero representan un considerable porcentaje del costo total del sistema (*Anexo A*). Podría resultar útil desarrollar un módulo alternativo a estos dos módulos que englobe las funcionalidades de ambos y adicionalmente permita aminorar costos.
- En la actualidad, sistemas profesionales ofrecen la facilidad de un control remoto en radiofrecuencia que permite operar el sistema sin la necesidad siquiera de acercarse a una estación. El control remoto posee botones que pueden funcionar tal y como un pulsador de una estación, con la significativa ventaja que el usuario puede movilizarse en un rango de cincuenta metros a la redonda de su inmueble manteniendo total control sobre el mismo. Se puede desarrollar un sistema de control remoto semejante al expuesto para mejorar la versatilidad del sistema de automatización para inmuebles pequeños.
- Otra prestación de los sistemas profesionales es la colocación de emisores infrarrojos llamados “mosquitos” en los receptores de control remoto de televisores o equipos de sonido con la finalidad de automatizarlos. Si bien automatizar un televisor o un equipo de sonido no ofrece un gran beneficio, podría resultar reconfortante para el usuario el poder activar una escena que, por ejemplo, apague las luces de la habitación, encienda la calefacción y coloque la pista número tres de un CD para escuchar una canción relajante. Con esa finalidad, es

posible desarrollar un módulo capaz de trabajar con los mosquitos, que permita la automatización de equipos electrónicos.

- Resultaría muy útil poder programar el sistema de automatización de tal forma que permita la generación de eventos temporizados, es decir, actividades o escenas que el sistema lleve a cabo sin la necesidad de pulsar un botón, ni recibir información de una llamada telefónica o de un control remoto; sino más bien por dar ejemplos, que todos los sábados a las doce del día se abra la llave de agua del jardín para que se rieguen las plantas o que de lunes a viernes el tanque calentador de agua se encienda a las cinco de la mañana, pero los sábados y domingos, a las ocho. Sistemas profesionales ofrecen esta característica que podría ser desarrollada en una etapa de perfeccionamiento del presente sistema.
- Contar con un régimen de alimentación de respaldo sería muy importante si se desea mejorar la confiabilidad del sistema, especialmente si entre sus funciones está ser un sistema de seguridad. Para lograrlo hará falta modificar el módulo de alimentación de manera tal que si llegase a faltar energía en la alimentación principal, la fuente automáticamente cambie de proveedor de energía hacia un banco de baterías que funcionen como alimentación de respaldo.

FUENTES

- [1] Eliseo Gómez-Senent Martínez, “El Proyecto Diseño en Ingeniería”, primera edición, Alfaomega grupo editor, México, 2001.

- [2] Andrew Tanenbaum, “Computer Networks”, cuarta edición, Prentice Hall PTR, EUA, 2003.

- [3] Alberto León-García e Indra Widjaja, “Redes de Comunicación, conceptos fundamentales y arquitecturas básicas”, primera edición, McGraw-Hill/Interamericana de España, España, 2002.

- [4] Ferrel Stremmer, “Introducción a los sistemas de comunicación”, tercera edición, Addison-Wesley Iberoamericana, EUA, 1990.

- [5] Andrew Tanenbaum, “Sistemas Operativos Modernos”, primera edición, Prentice Hall Hispanoamérica, México, 1992.

- [6] Andrew Tanenbaum y Maarten van Steen, “Distributed systems, Principles and Paradigms”, primera edición, Prentice Hall, EUA, 2002.

- [7] William Stallings, “Data and Computer Communications”, cuarta edición, Macmillan Publishing Company, EUA, 1994.

- [8] Antonio Alabau y Juan Riera (ed.), “Teleinformática y redes de computadores”, segunda edición, Marcombo, España, 1989.
- [9] Fred Halsall, “Data communications, computer networks and open systems”, tercera edición, Addison-Wesley Publishing Company, EUA, 1992.
- [10] Wayne Tomasi, “Advanced Electronic Communications Systems”, sexta edición, Pearson Prentice Hall, EUA, 2004.
- [11] R. L. Brewster, “Communication systems and computer networks”, primera edición, Ellis Horwood Limited, Gran Bretaña, 1989.
- [12] Robert Boylestad y Louis Nashelsky, “Electrónica: teoría de circuitos y dispositivos electrónicos”, octava edición, Pearson Educación, México, 2003.
- [13] Cámara Peruana de la Construcción (CAPECO), “Reglamento nacional de construcciones”, decimoséptima edición, CAPECO, Perú, 2002.

GLOSARIO

broadcasting	Difusión de una señal hacia múltiples puntos sin hacer distinción entre ellos.
buffer	Dispositivo electrónico cuya utilidad es aumentar la potencia de una señal sin alterar su contenido.
chip	Pequeña superficie de material semiconductor inmersa en una resina aislante que contiene transistores miniatura y otros componentes electrónicos.
dimear	Usar un dimer para operar determinado equipo.
dimer	Circuito electrónico que permite controlar la potencia que una fuente de voltaje alterno sinusoidal le entrega a una carga, a través de la manipulación del tiempo que la carga permanece alimentada en cada periodo de la senoide.
disparar	(un tiristor) Poner en conducción el dispositivo semiconductor mediante la aplicación de un determinado voltaje o corriente en una de sus patitas.
ecran	Pantalla removible sobre la que se proyectan imágenes.
latch	Dispositivo electrónico de lógica digital utilizado para almacenar uno o más bits.
multiplexar	Unificar varios canales de entrada de datos en una sola línea de salida de datos. Acción que realiza un multiplexor.
pull-up	(resistencia de) Resistor que permite polarizar un transistor mediante la colocación de uno de sus terminales a un voltaje de referencia y el otro terminal al transistor.
recortar	(una onda sinusoidal) Evitar el paso de cierta parte de la onda sinusoidal en cada periodo de la misma.
reset	(función de) Reiniciación o puesta a cero de las variables de un circuito o equipo electrónico.
tiristor	Familia de dispositivos de tres o más capas semiconductoras que incluyen un dispositivo de control.