



Universidad
Oriente



Santiago de
Cuba

Universidad de Oriente

Facultad de Ingeniería Eléctrica



Departamento de control automático

Trabajo de Diploma

Tesis en opción al Título de Ingeniero en Automática

Título: Diseño y simulación de un sistema inmótico en las oficinas de gestión de datos y telecomunicaciones del MININT Las Tunas.

Autor: José Miguel López Yero.

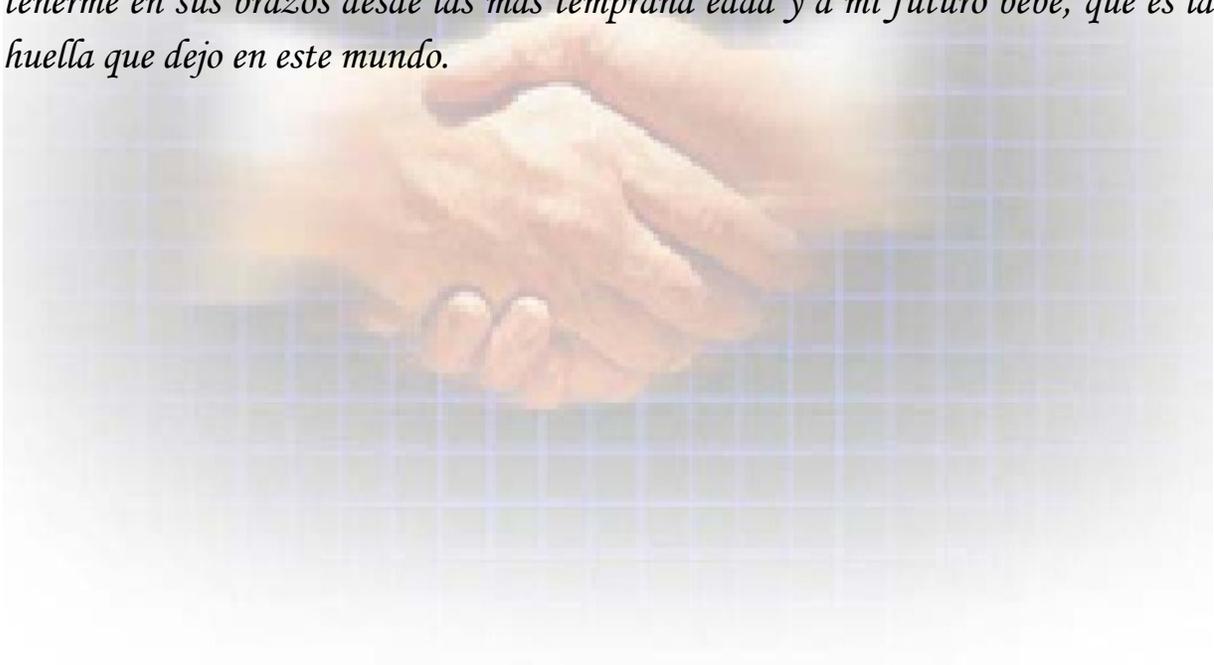
Tutores: PA. MSc. José Ricardo Núñez Álvarez.
Tte .Ing. Iliet Aguilera Pavón.

“Año 58 de la Revolución”
Curso 2015-2016



Dedicatoria.

El presente trabajo está dedicado a mi madre por darlo todo para que llegase hasta aquí, a mi hermano porque es la otra parte de mi vida que no me puede faltar, a mi amada esposa por su cariño y comprensión en todos los momentos difíciles por los que he pasado; pero está especialmente dedicada a tres personas: a mi abuelo fallecido hace algunos años por ser mi ejemplo a seguir, a mi abuela por tenerme en sus brazos desde las más temprana edad y a mi futuro bebe, que es la huella que dejo en este mundo.



Agradecimientos:

Agradecerle especialmente al profesor José A. Pullés por su apoyo en la programación de este trabajo, pues sus consejos fueron muy válidos para la realización del mismo. También a mi tutor y tutora por las informaciones suministradas y por guiarme en el transcurso de la investigación. Además agradecer a todas aquellas personas que de una manera u otra me brindaron su apoyo; a todas esas personas, “muchas gracias”.



RESUMEN:

En el presente trabajo se realiza el diseño y la simulación de un sistema Inmótico en las oficinas de gestión de datos y telecomunicaciones del Órgano de Informática, Comunicaciones y Cifras (OICC) del MININT de Las Tunas. Se brinda una breve historia del desarrollo de los edificios inteligentes, así como los principales subsistemas y componentes básicos de un sistema inmótico. Además se estudian las principales arquitecturas y estándares utilizados en estos tipos de aplicaciones, abordando las principales características, clasificación y componentes utilizados en el control de acceso, de iluminación, climatización y uso de la energía eléctrica.

También se realiza el diseño y la simulación del sistema inmótico que permitió definir tres lazos de control: temperatura, acceso e intensidad lumínica interior, basándonos en el estudio y caracterización del funcionamiento del consumo energético y del sistema de protección eléctrica. En la propuesta del diseño del hardware del sistema se utilizó el PROTEUS, y para la implementación del software se empleó el MikroC. Por último se utilizó el LabVIEW para la recepción y almacenamiento de la temperatura, de la intensidad lumínica, así como de los códigos de las personas que accedieron a los locales.

Con el diseño y la simulación de un sistema inmótico utilizando PIC 16F877 la Delegación Provincial del MININT de la Provincia Las Tunas logra una mayor eficiencia y un ahorro energético considerable al implementarse un sistema de control de acceso, de la climatización y de la iluminación

ABSTRACT:

In this paper the design and simulation of a building automation system management offices and telecommunications data Body Computing, Communications and Figures (ICCO) MININT Las Tunas is performed. A brief history of the development of intelligent buildings is provided, as well as major subsystems and components of a building automation basic system. Besides the main architectures and standards used in these types of applications, addressing the main characteristics, classification and components used in access control, lighting, air conditioning and use of electrical energy they are studied.

Temperature, light intensity and interior access, based on the study and characterization of the functioning of energy consumption and electrical protection system: design and simulation of building automation system that allowed define three control loops is also done. Proteus was used in the proposed design of the system hardware and software for the implementation of the MikroC was used. Finally, the LabVIEW was used for the reception and storage of temperature, light intensity and codes of people who accessed the premises.

With the design and simulation of a building automation system using PIC 16F877 MININT the Provincial Delegation of the Province Las Tunas achieves greater efficiency and significant energy savings when implemented a system access control, air-conditioning and lighting.

Índice

Introducción:	1
Capítulo 1. Fundamentación teórica de los sistemas inmóticos	4
Introducción	4
1.1. Breve historia del desarrollo de edificios inteligentes.	4
1.1.2. Principales subsistemas que componen el sistema Inmótico.	5
1.1.2.1. Componentes básicos de un sistema inmótico.	6
1.1.3. Tipos de Arquitectura.	6
1.1.3.1. Estándar utilizados en la inmótica.....	8
1.2. Control de energía eléctrica.....	9
1.3. Control de acceso automático.	11
1.3.1. Clasificación de los sistemas de control de acceso automático.....	11
1.3.2. Componentes de un control de acceso automático.	13
1.3.3. Métodos de identificación.....	14
1.4. Control de iluminación.	17
1.5. Control de climatización.....	18
1.6. Generalidades de los Microcontroladores (PIC).	19
1.6.1. Características de los PIC.....	20
1.6.2. Gamas de los microcontroladores PIC.....	21
Conclusiones parciales:.....	23
Capítulo 2. Diseño y simulación del sistema inmótico.	24
Introducción	24
2.1. Descripción y funcionamiento del Edificio Técnico del Órgano de Informática, Comunicaciones y Cifras (OICC).	24
2.1.1. Funcionamiento del consumo energético del edificio.....	26
2.1.2. Restricciones de acceso al edificio y climatización.	27
2.2. Desarrollo del sistema electrónico y software utilizado.....	28
2.2.1. Microcontrolador PIC 16F877.	29
2.3. Descripción general del sistema inmótico implementado.	31
2.3.1. Sistema de control de temperatura.	32
2.3.2. Sistema de control de iluminación.	33
2.3.2.1. Diseño del circuito de alimentación sensor-microcontrolador.	35
2.3.2.2. Diseño del circuito de potencia.	36
2.3.3. Sistema de control de acceso automatizado.....	36
2.3.3.1. Cerradura electrónica.....	40
2.3.3.2. Indicadores.....	42
2.4. Comunicación RS-232.....	42
2.5. Programación del sistema inmótico.	44
2.6. Recepción y almacenamiento de los códigos de acceso.....	45
2.6.1. Confección de la interfaz en LabVIEW.....	46
2.7. Valoración económica.....	49
2.8. Valoración medioambiental.....	49
Conclusiones parciales del capítulo:.....	50
Conclusiones generales	51
Recomendaciones	52
Bibliografía	53
Anexos	54

Introducción:

Hoy en día cada persona de esta sociedad está siendo partícipe de los nuevos avances tecnológicos que llegan a través de la incesante búsqueda para aumentar el confort, la seguridad y el bienestar. Estos avances desarrollados principalmente en las ramas de la informática, las telecomunicaciones y la automática mejoran el nivel técnico en cada uno de los diferentes sistemas que intervienen en una edificación, por los que las nuevas tecnologías de comunicaciones han dado lugar al surgimiento del concepto de Edificaciones Inteligentes.

La necesidad de controlar el acceso a los recintos, ha sido y es, una demanda constante por parte de propietarios y usuarios. La evolución de estos sistemas, sus beneficios y comodidad, así como su integración con el resto de las instalaciones del edificio, proporcionan un entorno de confort, seguridad y ahorro energético, lo que se traduce en una completa complicidad del ser humano con el edificio [10].

Un edificio inteligente debe integrarse al medio ambiente para producir un mínimo impacto, además de aprovechar todos los sistemas de climatización, ventilación e iluminación en forma natural y vincularlo con sistemas electromecánicos eficientes [10].

La introducción de la tecnología en los edificios ha sido mucho más temprana que en las viviendas, lo que ocurre es que hasta no hace muchos años, coincidiendo con la fuerte implantación de las telecomunicaciones y sobre todo de la informática, las instalaciones en los edificios eran gestionadas de forma individual y siempre con soluciones de tipo industrial. Es a finales de los años 70, cuando las empresas empiezan a desarrollar algunos productos pensando en la edificación [10]. Aparecen entonces, a finales de los años 80 y principios de los años 90, las primeras iniciativas para implantar la domótica en la promoción de vivienda; pero la transición es poco afortunada, por el empleo en principio, de sistemas que no respondían a las expectativas de los usuarios [10].

A pesar de ello, esta disciplina ha seguido una evolución prácticamente constante, por ejemplo: se han creado nuevas empresas que operan de forma exclusiva en el sector, el mercado se ha regulado de forma automática, se han venido realizando numerosas conferencias, seminarios, foros y certámenes destinados a difundir la domótica, además aparecen en prensa, tanto generalista como especializada así como en Internet diversos artículos que no utilizan el tono poco afortunado de las primeras reseñas en las que se asociaba el concepto de domótica a imágenes futuristas de casas [8].

Sus aplicaciones son muy diversas, y van desde la seguridad, beneficios energéticos, hasta un mayor confort y mejores comunicaciones. Evidenciándose esto en el control de accesos, sistema contra incendios, optimización del rendimiento climático, automatización de horarios y escenas, control a distancia, aviso remoto de detección o activación de alarmas, entre otras ventajas.

Hoy en día en los nuevos diseños de empresas, industrias, sectores residenciales o lugares donde se estén desarrollando proyectos de gran envergadura; resulta de vital importancia contar con sistemas que garanticen la seguridad, el confort y comunicaciones eficientes y redundantes. El elegir qué tipo de sistema instalar de acuerdo a las necesidades que se tengan, muchas veces resulta complejo, ya que hay que tener en cuenta todo un conjunto de elementos que condicionan la instalación de cualquier sistema. Otro aspecto a tener en cuenta es el alcance del proyecto y los componentes eléctricos con que se cuente para desarrollar el mismo.

En nuestro país, la automatización de inmuebles ha sido influenciada por el bloqueo norteamericano, el mismo ha impactado negativamente en el desarrollo de nuevas tecnologías e intercambio con sociedades internacionales. No obstante gracias a la tenacidad y empeño de la ingeniería cubana se han logrado considerables avances en esta rama. Además el país está inmerso en la tarea de modernizar y automatizar las instalaciones del sector eléctrico, su infraestructura y la de sus consumidores. Todo ello se realiza en función de mejorar la calidad de vida de sus ciudadanos y a la vez contribuir con el ahorro de electricidad, pues generarla tiene un costo elevado para la economía de la nación, en cuanto a piezas de repuestos, modernización y combustible respecta [3].

Esta tecnología, por sus aplicaciones, es de gran utilidad en instalaciones militares de nuestro país, por lo que el Edificio Técnico del Órgano de Informática, Comunicaciones y Cifras (OICC) de la Delegación Provincial del MININT de la Provincia Las Tunas pretende diseñar y simular un sistema Inmótico para lograr un mejor aprovechamiento de la energía eléctrica y disminuir así los portadores energéticos de la instalación. Además, se pretende controlar la climatización de los locales, diseñar un sistema de control de acceso del personal y un sistema de control de iluminación.

El edificio técnico de la OICC es una edificación que consta de dos niveles, el primero está compuesto por: un Taller de Montaje y uno de Reparaciones, tres Oficinas, tres Almacenes, Baño, Depósito General y un Local Tecnológico de Telefonía; así como también con dos pasillos interiores y dos escaleras. El segundo nivel está formado por cuatro Oficinas, dos Talleres de Reparaciones, Baño, Centro de Supervisión y Control Tecnológico, Centro de Datos y Local de Telecomunicaciones.

El Centro de Datos (CD) es el local de mayor importancia del edificio, es el que requiere mayor cuidado y supervisión. Aquí se encuentran instalados en los 6 gabinetes Huawei, los diferentes servidores de base de datos y aplicaciones, correo, aplicaciones web, virtualización, respaldo y servidores de administración de las diferentes redes que posee el MININT en la provincia. Se encuentran también en este local un gabinete de conectividad con los switch capa 3 y router que garantiza la conectividad de las diferentes redes a través de los diferentes medios de transmisión. Se cuenta con un gabinete de UPS de respaldo para servidores y el resto del equipamiento instalado para casos de falla eléctrica. Posee instalados para la climatización 3 aires acondicionados de 1.5 toneladas que rotan en 2+1 de día y noche respectivamente, y equipos telefónicos para la comunicación hacia las diferentes redes telefónicas.

El Local de Telecomunicaciones es el local más importante después del CD porque es hacia donde convergen las diferentes redes de telecomunicaciones. Aquí está instalado el radio enlace, la radio base de telefonía móvil, la pizarra telefónica y el equipamiento Huawei que garantiza las conexiones utilizando la Jerarquía Digital Sincrónica (SDH). Desde aquí se garantizan todos los enlaces por Fibra Óptica (FO) y de transmisión de datos hacia las diferentes unidades de la provincia. El sistema de climatización cuenta con 2 aires acondicionados de 2 toneladas instalados que rotan en 1+1 cada 6 horas y equipos telefónicos para la comunicación hacia las diferentes redes telefónicas.

El análisis realizado permitió formular el siguiente **problema de la investigación**: carencia de un sistema inmótico en la Delegación Provincial del MININT de la Provincia Las Tunas que permita implementar un sistema de control de acceso automatizado, climatización e iluminación con el que se logre aumentar la eficiencia y ahorrar energía eléctrica.

En base a lo anterior, se asume como **objeto de investigación**, el diseño y la simulación del sistema inmótico, precisándose como **campo de acción** el desarrollo del sistema utilizando el PIC 16F877.

El **objetivo de la investigación** está dado en diseñar y simular un sistema inmótico que contemple el control de acceso, del clima, de la iluminación y el ahorro de energía eléctrica utilizando el PIC 16F877.

Para viabilizar el proceso de la investigación se plantea como **hipótesis de investigación** que si se diseña y simula un sistema inmótico utilizando PIC 16F877, la Delegación Provincial del MININT de la Provincia Las Tunas logrará una mayor eficiencia y un ahorro energético considerable al implementarse un sistema de control de acceso, de la climatización y de la iluminación.

El proceso investigativo se organizó mediante las siguientes **tareas científicas**:

1. Análisis histórico, gnoseológico y actual del desarrollo tecnológico de los sistemas inmóticos en Cuba, con énfasis en el sector militar.
2. Diagnosticar el estado inicial que presenta la Delegación Provincial del MININT de la provincia Las Tunas.
3. Diseñar y simular el sistema inmótico.
4. Realizar la valoración económica y medioambiental del sistema propuesto.

Conforme con el enfoque dialéctico-materialista, se utilizan los siguientes **métodos y técnicas de investigación**:

1. Técnicas empíricas.
2. Análisis de fuentes documentales.
3. Observación.
4. Método histórico – lógico.
5. Método de análisis – síntesis.

La **actualidad** de la investigación se expresa en la pertinencia de los resultados obtenidos, en correspondencia con las transformaciones económicas que se desarrollan en nuestro país, y con las exigencias actuales del Programa Nacional de Ahorro.

La **significación práctica** se concreta en el diseño un sistema inmótico orientado principalmente al departamento de gestión de datos y al de telecomunicaciones de la Delegación Provincial del MININT de la Provincia Las Tunas, que ofrece la posibilidad de resolver un problema de latente complejidad relacionado con el control de acceso, de la climatización e iluminación.

La **memoria escrita** está estructurada de la siguiente forma: introducción, dos capítulos, conclusiones, recomendaciones, bibliografía y un cuerpo de anexos.

Capítulo 1. Fundamentación teórica de los sistemas inmóticos

Introducción

En este capítulo se brinda una breve historia del desarrollo de los edificios inteligentes, así como los principales subsistemas y componentes básicos de un sistema inmótico. Además se estudian las principales arquitecturas y estándares utilizados en estos tipos de aplicaciones. Se abordan las principales características, clasificación y componentes utilizados en el control de acceso, de iluminación, climatización y uso de la energía eléctrica. Por último se detallan las generalidades y características de los microprocesadores PIC que serán utilizados en el control del sistema inmótico.

1.1. Breve historia del desarrollo de edificios inteligentes.

La automatización, símbolo del progreso durante las ocho primeras décadas del siglo XX, iba extendiéndose a todo aquello susceptible de ser automatizado en un edificio. En los años setenta, un edificio moderno debía estar dotado como mínimo de escaleras, puertas, ascensores, climatización, sistema de detección de incendios y de intrusos; todo automatizado.

El hecho que permitiría encaminar la tecnología hacia los edificios inteligentes fue, sin lugar a dudas, la aparición del microprocesador y en definitiva de los ordenadores personales. No obstante, el concepto de edificio inteligente todavía quedaba lejos y el paso más importante para alcanzarlo vino de la mano del control climático: el ahorro y el confort eran y son, factores prioritarios para un arquitecto, de modo que ingenieros e informáticos acercaron sus relaciones como nunca y empezaron a diseñar; para posteriormente instalar sistemas de climatización controlados mediante la electrónica de microprocesadores, por autómatas y finalmente por ordenadores personales.

Entrando en los noventa, el desarrollo paralelo de cuatro grandes ramas de la tecnología (telecomunicaciones, automática, electrónica e informática) hace que los edificios convencionales añadan múltiples mejoras y a su vez los hogares inteligentes empiecen a ser una realidad más palpable, sin embargo, estaba más cercano a un interés promocional que real. Cualquier edificio dotado de sistemas inteligentes de climatización, de accesos, de iluminación, etc, era considerado inteligente cuando realmente la palabra más adecuada habría sido edificio domótico.

Domótica es un término que se utiliza para denominar la parte de la tecnología que integra el control y supervisión de los elementos existentes en un espacio habitable. De aquí se pueden desprender otros términos que hacen referencia al entorno inteligente: "Inmótica" y "Urbótica" que aunque están relacionados entre sí por medio de los procesos automáticos, su campo de acción y aplicación son diferentes. Normalmente el concepto de Inmótica se aplica al ámbito de los grandes bloques de oficinas, bancos y edificios industriales mientras que la Urbótica se refiere a la automatización de complejos urbanos como unidades residenciales, campus universitarios, grandes centros comerciales, barrios o sectores e incluso ciudades completas.

La inmótica incorpora a los edificios de uso terciario o industrial (oficinas, edificios corporativos, hoteles, empresas y similares), sistemas de automatización y control electrónico con el objetivo de gestión técnica para el ahorro energético, el confort y la seguridad. A la vista de la definición, podemos asegurar que realmente la inmótica no es muy diferente del concepto de domótica, sin embargo el hecho de que

la inmótica está enfocada a edificios de uso terciario o industrial hace que en función de la actividad que se desarrolle en el edificio, los sistemas y las redes de automatización sean totalmente diferentes y adaptadas a las necesidades concretas del mismo. Esta es la clave para entender que la inmótica es una disciplina diferente a la domótica.

1.1.2. Principales subsistemas que componen el sistema Inmótico.

Existen diversos tipos de subsistemas que se pueden aplicar en un sistema inmótico siempre en relación con la demanda y el tipo de arquitectura en la que se vaya a emplear, ejemplo de estos son los que se muestran a continuación [9]:

- ✚ Subsistema de control de accesos, está compuesto por:
 - ✚ Tarjetas magnéticas personalizadas, RFID o sensores biométricos.
 - ✚ Monitorización del estado de la estancia mediante cámaras y sensores de presencia.
 - ✚ Almacenar todos los accesos en registros de Bases de Datos.
- ✚ Control de la iluminación:
 - ✚ Sensores de luz exteriores y regulación de luz en el interior, de manera que en función de la luminosidad de la luz del exterior regulamos la intensidad de luz en el interior para mantener el nivel de luminosidad constante.
 - ✚ Sensores de luz en el exterior para que cuando se haga de noche encender las luces del interior.
 - ✚ Sensores de presencia para encender luces al paso.
 - ✚ Programaciones horarias, para diferenciar la iluminación entre días laborables o festivos, o entre días invernales o estivales, por ejemplo.
 - ✚ Creación de escenas, para proyección de imágenes, reunión con proveedores, reunión con clientes, etc.
- ✚ Sistema de seguridad:
 - ✚ Sensores de presencia y de intrusión.
 - ✚ Activación y armado de la alarma tras abandonar la instancia.
 - ✚ Aviso en tiempo real en caso de intrusión.
- ✚ Alarmas técnicas:
 - ✚ Alarmas de inundación.
 - ✚ Alarmas de humos.
 - ✚ Alarmas de incendios.
 - ✚ Supervisión del cuadro eléctrico.
 - ✚ Generación de aviso de fallo en el puesto de control.
 - ✚ Monitorización de interruptores de planta y edificios.
 - ✚ Atención rápida sin esperar aviso personal.

En un sistema inmótico la interacción con el entorno físico es un factor muy importante. Es necesario establecer mecanismos para que pueda extraer información del entorno y realizar acciones sobre él. Por otra parte, hay que destacar que un aspecto importante de los sistemas inmóticos es la integración de los distintos tipos de servicios que debe ofrecer y para ello se valdrá tanto de elementos de hardware (sensores, actuadores, medios de comunicación, entre otros), como de

software (videos, SMS, MMS, etcétera.). Los elementos del sistema son todos aquellos que podrán ser manipulados y que realizarán la función puntual que se les asigne dentro de la automatización integral del edificio.

1.1.2.1. Componentes básicos de un sistema inmótico.

Los componentes básicos de un sistema inmótico consisten de uno o varios elementos. Algunos elementos básicos de automatización enfocados a una aplicación inmótica cualquiera son:

Controlador: Aparato electrónico emisor de señales conectado a la red eléctrica con una serie de teclas de control. Cada una de estas teclas corresponde a un código de unidad y que, según la forma en que se activen, enviará las señales correspondientes a través de la red eléctrica, que serán captadas por los módulos receptores pertinentes. También es un operador inmótico que actúa de enlace entre un sensor y un actuador. En instalaciones centralizadas, es la central que gestiona el sistema. En este reside toda la inteligencia del sistema y suele tener las interfaces de usuario necesarios para presentar la información a este (pantalla, teclado, monitor, etc.) [5]. El mismo recibe la señal del sensor y mediante la programación del propio sistema envía un mensaje (de activación, inhibición o establecimiento) al actuador del: sistema de regulación de la luminosidad, sistema de regulación de la temperatura, sistema de control de la seguridad, sistema de regulación de consumo energético, entre otros.

Actuadores: Los elementos actuadores son aquellos operadores inmóticos que reciben información, digital o analógica, de los sistemas y se activan o desactivan dependiendo de cierta parametrización de sus variables (valores máximo y mínimo de actuación) [5]. Es el dispositivo de salida que al recibir una orden del controlador, realiza una acción sea esta de: encendido/apagado de luces y climatización, subida/bajada de persiana, apertura/cierre de electroválvula, etc.

Sensor: Es el dispositivo que está, de forma permanente monitorizando el entorno con objeto de generar un evento que será procesado por el controlador. Los sensores, como su propio nombre indica, son aquellos elementos que reciben información de: variables atmosféricas (temperatura, luminosidad, etc.) y activaciones por acciones humanas. Los sensores deben tener asociados ciertos mecanismos de activación con aquellos elementos a los que estén enlazados de manera compatible. Son parametrizables y sus variables internas admiten valores comprendidos entre un valor mínimo (V_{min}) y un valor máximo (V_{max}). Dependiendo de cada solución o fabricante, hay equipos que son controladores / sensores / actuadores al mismo tiempo, ya que en un único equipo se dispone de toda la inteligencia necesaria para medir una variable física, procesarla y actuar en consecuencia (por ejemplo, un termostato) [5].

1.1.3. Tipos de Arquitectura.

La arquitectura de un sistema inmótico, como la de cualquier sistema de control, especifica el modo en que los diferentes elementos de control del sistema se van a ubicar. Existen cuatro arquitecturas básicas: la arquitectura centralizada, descentralizada, distribuida e híbrido/mixta [2].

- ✚ Arquitectura Centralizada: un controlador centralizado recibe información de múltiples sensores y, una vez procesada, genera las órdenes oportunas para los actuadores como se muestra en la figura 1.1.

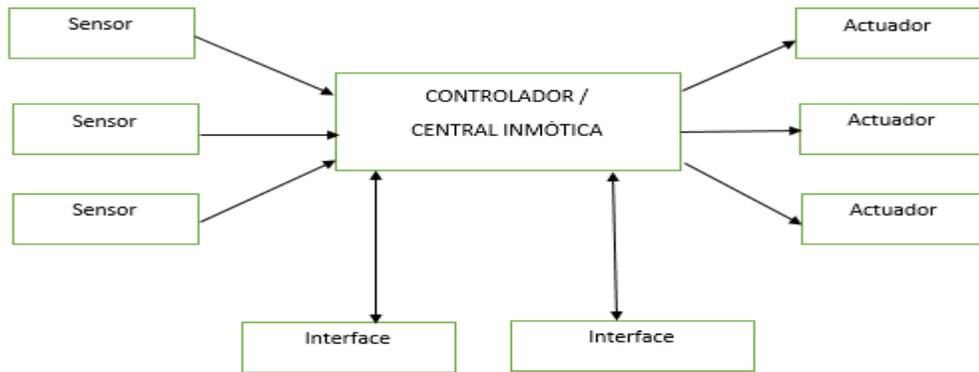


Figura 1.1. Esquema de arquitectura de un sistema inmótico centralizado.

- Arquitectura Descentralizada: Hay varios controladores, interconectados por un bus, que envía información entre ellos y los actuadores e interfaces conectados a los controladores según el programa, la configuración y la información que recibe de los sensores como en la figura 1.2.

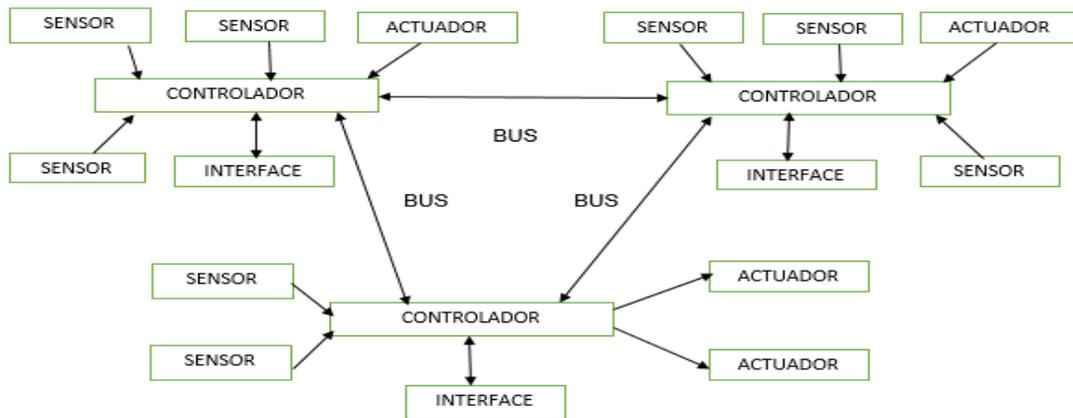


Figura 1.2. Esquema de arquitectura de un sistema inmótico descentralizado.

- Arquitectura Distribuida: cada sensor y actuador es también un controlador capaz de actuar y enviar información al sistema según el programa, la configuración, la información que capta por sí mismo y la que recibe de los otros dispositivos del sistema; como a continuación se muestra en la figura 1.3.



Figura 1.3. Esquema de arquitectura de un sistema inmótico distribuido.

- Arquitectura híbrido/mixta: en la arquitectura híbrida (conocida además como mixta), se combinan las arquitecturas de los sistemas centralizados, descentralizadas y distribuidas. A la vez que puede disponer de un controlador central o varios controladores descentralizados, los

dispositivos de interface sensores y actuadores pueden también ser controladores (como en un sistema “distribuido”) y procesar la información según el programa, la configuración, la información que capta por sí mismo y puede, tanto actuar como enviarla a otros dispositivos de la red sin que necesariamente pase por otros dispositivos del programa; como se muestra a continuación en la figura 1.4.

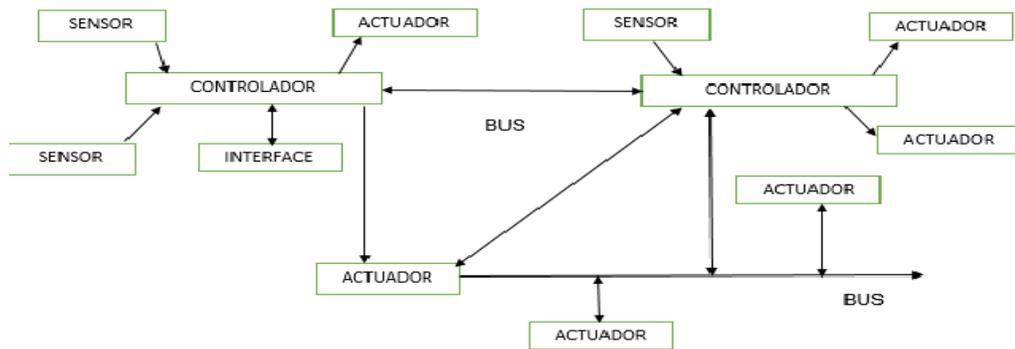


Figura 1.4. Esquema de arquitectura de un sistema inmótico híbrido/mixta.

Luego este será el esquema de arquitectura a utilizar en el presente trabajo debido a la cantidad de sistemas de control a diseñar, el múltiple empleo de diferentes sensores, actuadores y variables del sistema, así como al servicio que nos facilita en cuanto a su utilización.

1.1.3.1. Estándar utilizados en la inmótica.

A continuación se darán a conocer tres de los estándares inmóticos más conocidos:

LonWorks: Sistema que se utiliza en este trabajo, es un estándar propietario desarrollado por la empresa Echelon. El estándar ha sido ratificado por la organización ANSI, como oficial, en Octubre de 1999 (ANSI/EIA 709.1-A-1999) y tiene un ámbito de aplicación mundial [3].

El estándar LonWorks se basa en el esquema propuesto por LON (Local Operating Network). Este consiste en un conjunto de dispositivos inteligentes, o nodos, que se conectan mediante uno o más medios físicos y que se comunican utilizando un protocolo común. Por inteligente se entiende que cada nodo es autónomo y proactivo, de forma que puede ser programado para enviar mensajes a cualquier otro nodo como resultado de cumplirse ciertas condiciones, o llevar a cabo ciertas acciones en respuesta a los mensajes recibidos. Un nodo LON se puede ver como un objeto que responde a varias entradas y que produce unas salidas. El funcionamiento completo de la red surge de las distintas interconexiones entre cada uno de los nodos, mientras que la función desarrollada por uno de los nodos puede ser muy simple, la interacción entre todos puede dar lugar a implementar aplicaciones complejas. Uno de los beneficios inmediatos de LON es que un pequeño número de nodos pueden realizar un gran número de distintas funciones dependiendo de cómo estén interconectados. LonWorks utiliza para el intercambio de información (ya sea de control o de estado) el protocolo LonTalk. Este tiene que ser soportado por todos los nodos de la red. Toda la información del protocolo está disponible para cualquier fabricante.

EHS: El estándar EHS (European Home System) ha sido otro de los intentos que la industria europea (año 1984), auspiciada por la Comisión Europea, de crear una tecnología que permitiera la implantación

de la domótica en el mercado residencial de forma masiva. El resultado fue la especificación del EHS en el año 1992. Está basada en una topología de niveles OSI (Open Standard Interconnection), y se especifican los niveles: físico, de enlace de datos, de red y de aplicación.

Desde su inicio han estado involucrados los fabricantes europeos más importantes de electrodomésticos de línea marrón y blanca, las empresas eléctricas, las operadoras de telecomunicaciones y los fabricantes de equipamiento eléctrico. La idea es crear un protocolo abierto que permitiera cubrir las necesidades de interconexión de los productos de todos estos fabricantes y proveedores de servicios en Europa [3].

Tal y como fue pensado, el objetivo de la EHS es cubrir las necesidades de automatización de la mayoría de las viviendas europeas, cuyos propietarios, no se pueden permitir el lujo de usar sistemas más potentes pero también más caros (como LonWorks, EIB o Batibus) debido a la mano de obra especializada que exige su instalación.

Como se ha podido apreciar, en la actualidad, existen multitud de sistemas para realizar un proyecto inmótico, los cuales emplean diferentes vías de transmisión de señales haciendo uso de la red eléctrica (incluso internet), y por lo tanto hay gran cantidad de empresas dedicadas a esta actividad; tanto en el ámbito industrial como en el doméstico. ¿Y qué se está haciendo hoy en día para brindar soluciones inmóticas?

Tecnología KNX: Es uno de los tantos estándares que existen en el mundo para el control de viviendas y edificios con una única herramienta de diseño y puesta en marcha (ETS), independiente del fabricante, cuenta con una completa gama de medios físicos (TP, PL,RF e IP), flexible, distribuida, integrable con otras tecnologías y capaz de soportar infinitas configuraciones. KNX es un estándar europeo aprobado (CENELEC EN 50090 y CEN EN 13321-1) y un estándar internacional (ISO/IEC 14543-3). En la actualidad esta tecnología se está empleando en localizaciones tan representativas como lo son las principales edificaciones construidas para los juegos olímpicos de Beijing 2008; por ejemplo: la villa olímpica de Pekín, el estadio Nido de Pájaro, el Cubo de Agua y la Terminal 3 del Aeropuerto Internacional de Beijing. Este tipo de tecnología permite controlar los sistemas de iluminación, aire acondicionado, calefacción y mensajes de control de errores, maximizando el ahorro energético y el mantenimiento preventivo [3].

En resumen, constituye un complejo y robusto sistema de control distribuido gestionado de manera centralizada desde cualquier lugar del mundo con plena garantía y seguridad y por si esto fuera poco, el sistema ofrece una enorme flexibilidad para futuras ampliaciones y/o demanda de servicios.

1.2. Control de energía eléctrica.

La energía eléctrica tiene como cualidades la docilidad en su control, la fácil y limpia transformación de energía en trabajo, y además la rapidez y eficacia del transporte de la misma. El gran problema de la electricidad es su dificultad para almacenarla. Si en estos momentos se pudiera condensar el fluido eléctrico con la misma facilidad con lo que se almacena cualquier otro fluido energético, por ejemplo la gasolina, se estaría ante una de las mayores revoluciones tecnológicas de todos los tiempos [3].

La instalación eléctrica que existe en todos los edificios y viviendas constituye la vía mediante la cual se comunican todos los elementos de automatización conociéndose esta como Red Eléctrica. A través de ella se envían y reciben señales de alta frecuencia que en nada afectan a otros elementos de la arquitectura con la que se está trabajando. Estas señales permiten que un controlador pueda activar o desactivar cualquier equipo eléctrico o punto de luz, a través de su correspondiente módulo, por muy lejos que se encuentre, siempre que esté dentro de los límites del medidor de luz de dicha arquitectura [3].

Producción de energía eléctrica. La producción de energía eléctrica se realiza en centrales eléctricas, y debe ajustarse al consumo, dada la imposibilidad de almacenar la electricidad. La ubicación de las centrales de producción debe de estar lo más próxima posible a los centros de consumo, además, los centros de producción están interconectados entre sí para poder efectuar intercambios de energía desde las zonas excedentes de producción hacia aquellas en que la producción no cubre el consumo como se puede ver en la figura 1.5 [3].



Figura 1.5. Uso de la energía a nivel industrial.

Ventajas del uso de la energía eléctrica.

Toda actividad industrial tiene, en general, un gran beneficio y genera a su vez un riesgo o detrimento tanto al medio ambiente como a la sociedad. El riesgo nulo o cero no existe debido a que es físicamente imposible, este podrá ser mayor o menor y en general mediante la educación y tecnología se le puede disminuir hasta hacerlo seguro.

Los beneficios de la energía eléctrica son importantes y bien conocidos. Este beneficio se puede medir en calidad de vida, asistencia técnica, alfabetismo, población con acceso a agua potable, y expectativa de vida, entre otros.

Según estudios, estos indicadores aumentan con el consumo de energía por habitante, no porque gastar sea beneficioso, sino porque el uso racional de la misma sí lo es [3].

1.3. Control de acceso automático.

El control de acceso ha sido un tema muy importante en determinados lugares y ahora por medio de los componentes electrónicos se ha podido implementar de manera independiente o centralizada. Generalmente este sistema cumple con el siguiente objetivo: comprobar, inspeccionar y permitir el paso o circulación de personas, objetos o vehículos a una zona [4].

Un sistema de control de accesos es uno de los pilares imprescindibles del sistema de seguridad en general, puesto que se encarga de permitir o cancelar el paso a un espacio o lugar protegido; este ha surgido de la necesidad de proteger las instalaciones mediante la actuación sobre aquellos elementos que puedan originar una amenaza, centrándose en las personas, los vehículos que les trasladan y los objetos que porten o transporten. Partiendo de esta premisa se ha establecido una clasificación genérica de los sistemas de control [4]:

- a) Control de accesos de personas.
- b) Control de accesos de vehículos.
- c) Control de accesos de objetos y materiales.

Además de controlar el acceso a áreas restringidas, permitir un control de asistencia del personal y lograr un registro histórico de entradas de personas a todas las áreas, también otorga las siguientes ventajas:

- a) Incrementa el nivel de seguridad y protección de las personas, los bienes y la información.
- b) Disminuye los actos de robo, hurto, apropiación o utilización indebida.
- c) Posibilita la configuración de los datos del sistema: controladores, lectores, sensores, puertas, etc.
- d) Recepciona las señales transmitidas por los dispositivos de control (lectores, sensores de estado, cerraduras, etc.) enlazados con la central de control en tiempo real y notifica el origen de la incidencia como: alarmas, averías, fallos, etc.
- e) Analiza y procesa la información recibida, actuando en función de la programación establecida: activar alarma sonora, transmisión a central de control, ejecutar operaciones automáticas, envío de mensajes, entre otros.
- f) Posibilita el funcionamiento autónomo o integrado en sistemas on-line, tanto locales (RS-232 o RS-485), como de acceso remoto (TCP/IP), transmitiendo de manera redundante.
- g) Memoriza los datos de incidencias: alarmas, averías, fallos, tráfico de personas y otros eventos.
- h) Puede integrarse a otros sistemas de seguridad: detección (intrusión o fuego), control de ascensores, automatización de edificios, entre otros.

1.3.1. Clasificación de los sistemas de control de acceso automático.

Teniendo en cuenta los métodos de verificación de entrada/salida los Sistemas de Control de Acceso Automáticos pueden clasificarse en tres categorías:

1. Verificación biométrica.

La entrada o la salida se verifican basándose en una cualidad biométrica como la huella digital, el iris o el método de reconocimiento facial como se puede ver en la figura 1.6 que se trata de una estrategia muy segura y que no requiere del porte de tarjetas [4].

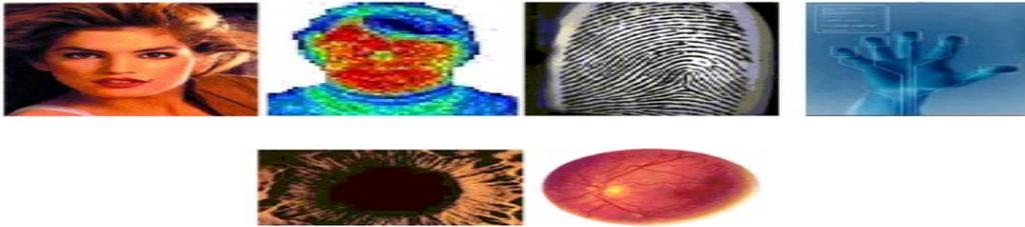


Figura 1.6. Diferentes formas de autenticación biométrica.

2. Verificación de contraseña.

La entrada o la salida se verifican basándose en la contraseña de usuario mediante teclado como en la figura 1.7. Esta verificación puede darse de dos formas: la tradicional (teclado convencional y fijo), y la otra es la de teclado en desorden (los números del teclado no están fijos y cambian con regularidad). Estos métodos cuentan con una operación sencilla que no requiere de tarjetas por lo que los hace menos costosos, con la diferencia de que el teclado en desorden es el método más seguro [4].



Figura 1.7. Teclado para identificación por contraseña.

3. Verificación de tarjeta.

Se puede verificar la entrada/salida mediante tarjeta o tarjeta + contraseña como se puede observaren la figura 1.8. Existen dos tipos de tarjetas: la magnética y la de radiofrecuencia (RF). La magnética es menos costosa y con ella el usuario puede, con o sin clave, acceder a determinado local y los datos de dicha transacción son almacenados en una PC. El dispositivo para la tarjeta RF no es muy eficiente, pero es un tipo de tarjeta difícil de duplicar, además brinda la posibilidad de comunicarse con una PC y hacer que la puerta se abra, almacenando la información correspondiente [4].



Figura 1.8. Identificación por tarjeta.

Los Sistemas de Control pueden tener también otras clasificaciones en dependencia del tipo de control que sea:

1. Control de Acceso Centralizado: Controlan una puerta, como en la figura 1.9. Están indicados cuando se requiere un control de acceso sencillo, sin registros de incidencias y también, para complementar el portero electrónico o video portero y permitir el acceso a despachos, pequeñas oficinas, garajes, entre otros [4].



Figura 1.9. Esquema de un Sistema de Control de Acceso Autónomo.

2. Control de Acceso Autónomo: Permiten resolver instalaciones complejas de multitud de accesos y con funciones avanzadas, mostrado a continuación en la figura 1,10 [4].



Figura 1.10. Esquema de un Sistema de Control de Acceso Centralizado.

Por medio del uso de tarjetas de proximidad, claves o una mezcla de ambos, los sistemas autónomos diferencian a los usuarios autorizados y otorgan el acceso. Además permiten el monitoreo del estado de la puerta (abierta/cerrada) activando una alarma en caso de apertura forzada.

1.3.2. Componentes de un control de acceso automático.

Los controles de acceso, independientemente del tipo, posee una gran variedad de componentes, entre ellos se pueden citar los siguientes:

a) *Dispositivos de identificación:* Utilizan el método de reconocimiento o autenticación empleado por los administradores para controlar el acceso a las áreas. Las formas para identificar una persona, como se muestra en la figura 1.11, es por lo que sabe (PIN, contraseña, clave), por lo que carga (tarjeta, llave) y por quién es (biometría) [4].



Figura 1.11. Dispositivos de identificación, a) por lo que sabe, b) por lo que carga, c) por lo que es.

b) *Controladores Inteligentes:* Paneles electrónicos que recibe fundamentalmente la información del dispositivo de identificación y la procesa internamente o la envía a un servidor para determinar si la persona puede ingresar o si se le deniega el acceso [4].

c) *Dispositivos de control físico:* Estos son comandados por relé del módulo de control en función de la información procesada en forma autónoma o la recibida del servidor, el control físico es dado por las cerraduras electromagnéticas, sensores de contacto, botón de salida, etc. [4].

d) *Software de control de acceso*: Este software analiza si la persona está dada de alta en el sistema, si tiene autorización para acceder en determinado horario y zona, también permite efectuar otro tipo de comprobaciones, tales como:

- + Antipassback (APB): No puede ingresar si no se ha registrado su salida previa [4].
- + Cuotas al día: En caso de clubes deportivos o sociales donde se debe pagar una mensualidad [4].

1.3.3. Métodos de identificación.

Los métodos de identificación pueden clasificarse en tres categorías generales, estos han constituido las bases de la evolución de los controles de acceso automatizados, ya que cada una de ellas ofrece mayor confiabilidad que el anterior como en la figura 1.12, aunque también exige el uso de equipos más costosos [4].



Figura 1.12. Métodos de identificación.

1. "Lo que la persona tiene".

"Lo que la persona tiene" es algo que usa o lleva consigo, como una llave, tarjeta, o un objeto pequeño (un dispositivo de seguridad) que puede llevarse puesto o en un llavero. Puede ser algo tan sencillo como una anticuada llave metálica o tan sofisticada como una tarjeta que contenga un procesador capaz de intercambiar información con una lectora (una tarjeta inteligente). Puede tratarse de una tarjeta con una banda magnética con información sobre la persona (como las conocidas tarjetas de los cajeros automáticos), una tarjeta o testigo con un transmisor o receptor que se comuniquen con la lectora a una corta distancia (una tarjeta de proximidad o dispositivo de proximidad) [4].

"Lo que la persona tiene" es la forma de identificación menos confiable, dado que no existe garantía de que el objeto sea utilizado por la persona indicada; es posible compartirlo y también puede ser robado o extraviarse.

Teniendo en cuenta las características de este método se puede decir que el mismo no aporta la confiabilidad necesaria, ya que puede compartirse o ser robado.

En la actualidad se emplean diferentes tipos de tarjetas y otros dispositivos para el control de acceso automático que ofrecen diversos grados de rendimiento:

- + Capacidad de reprogramación.
- + Resistencia a la falsificación.

- ✚ Tipo de interacción con lectoras de tarjetas: deslizamiento, inserción, apoyo y proximidad.
- ✚ Conveniencia: formato físico y modalidad de uso.
- ✚ Volumen de datos.
- ✚ Capacidad computacional.

Independientemente del nivel de confiabilidad que los mismos ofrecen, el grado de seguridad que proporcionan se ve limitado por el hecho de que no existe garantía de que los emplee la persona indicada. Por eso, es frecuente combinarlos con otro u otros métodos para confirmación de identidad, como el uso de contraseñas o la lectura biométrica [4].

La tarjeta con banda magnética: es el tipo de tarjeta más común; sólo tiene una simple banda magnética con datos de identificación. Cuando esta es deslizada por una lectora, se lee y verifica la información en una base de datos. Se trata de un sistema de bajo costo y conveniente; su desventaja es que resulta relativamente fácil duplicar las tarjetas o leer la información almacenada en ellas.

La tarjeta de ferrita de bario: (también llamada “tarjeta de puntos magnéticos”) es similar a la de banda magnética, pero ofrece un mayor nivel de seguridad sin un incremento significativo en el costo. Contiene una fina película de material magnético con puntos circulares que forman un patrón. La tarjeta no se explora ni se desliza, sino que se apoya sobre la lectora [4].

La tarjeta Wiegand: es una variante de la tarjeta con banda magnética. La tarjeta contiene una serie de cables con un tratamiento especial y una firma magnética única. Cuando se desliza la tarjeta por la lectora, una bobina censora detecta la firma y la convierte en una cadena de bits. La ventaja del complejo diseño de esta tarjeta es que las tarjetas no pueden duplicarse; la desventaja es que tampoco pueden reprogramarse. En el caso de esta tecnología, no es necesario que la tarjeta esté en contacto directo con la lectora; así, es posible encapsular el cabezal de la lectora, lo que permite su instalación a la intemperie. A diferencia de las lectoras de tarjetas de proximidad y las de tarjetas con banda magnética, las lectoras Wiegand no se ven afectadas por la interferencia radioeléctrica (RFI) ni los campos electromagnéticos (EMF). La solidez de las lectoras combinada con la dificultad de duplicar estas tarjetas, hace que el método Wiegand sea sumamente seguro, pero también más costoso [4].

La tarjeta con código de barras: incluye un código de barras que se lee al deslizar la tarjeta por la lectora. Se trata de un sistema muy económico, pero fácil de engañar; con una fotocopidora cualquiera es posible duplicar un código de barras con la suficiente definición para engañar a la lectora de código de barras. Las tarjetas con código de barras son útiles si los requisitos de seguridad son mínimos, y en especial cuando se necesitan numerosas lectoras en toda la instalación, o cuando el volumen de tráfico que pasa por determinado punto de acceso es muy elevado. Más que un sistema de seguridad, es un método de bajo costo para monitoreo de acceso. Se ha dicho “...que el sistema de control de acceso mediante código de barras sólo sirve para impedir el acceso de las personas honestas...”.

La tarjeta de sombra infrarroja: es un poco mejor que el sistema de tarjetas con código de barras. La lectora emite un rayo de luz infrarroja que atraviesa la tarjeta, y los sensores que se encuentran al otro lado leen la sombra del código de barras.

La tarjeta de proximidad: a veces llamada “tarjeta Prox”, es más conveniente que las tarjetas que deben deslizarse por la lectora o entrar en contacto con ella. Como su nombre lo indica, sólo es necesario que exista “proximidad” entre la tarjeta y la lectora. Para ello, se emplea la tecnología RFID

(identificación por radiofrecuencia), en virtud de la cual la tarjeta recibe energía del campo electromagnético de la lectora de tarjetas. El diseño más popular funciona a una distancia de alrededor de 10 cm (4 pulgadas) de la lectora; otro diseño llamado: tarjeta de cercanía, admite hasta 1 metro (40 pulgadas) de distancia [4].

La tarjeta inteligente: el desarrollo más reciente en el campo de tarjetas para control de acceso, se está convirtiendo rápidamente en la opción preferida para las nuevas instalaciones. Se trata de una tarjeta con un circuito integrado de silicio para almacenamiento o procesamiento de datos incorporados. Los datos se intercambian con la lectora ya sea mediante el contacto entre el circuito integrado y la lectora (tarjeta inteligente con contacto) o mediante la interacción con la lectora a cierta distancia, gracias a la misma tecnología que emplean las tarjetas de proximidad y de cercanía (tarjeta inteligente sin contacto o de proximidad) [4].

Las tarjetas inteligentes ofrecen gran flexibilidad para el control de acceso. Por ejemplo, es posible incluir el circuito integrado en tipos de tarjetas más antiguos con fines de actualización e integración con sistemas existentes; también puede almacenarse en el circuito integrado la lectura de la huella digital o iris del portador de la tarjeta para que la lectora realice una verificación biométrica; así se pasa del modelo de identificación en virtud de “lo que la persona tiene” al que responde a “la identidad de la persona”. Las tarjetas inteligentes sin contacto que admiten distancias “cercanas” ofrecen prácticamente el máximo de conveniencia al usuario: sólo se requiere una transacción de medio segundo sin necesidad de extraer la tarjeta de la billetera en ningún momento.

2. “Lo que la persona conoce”.

“Lo que la persona conoce” es una contraseña, un código o un procedimiento para hacer algo como abrir una cerradura con combinación, realizar una verificación con una lectora de tarjetas o desbloquear el teclado de una computadora. El uso de contraseñas o códigos plantea un dilema de seguridad: si es fácil de recordar, probablemente sea fácil de adivinar; si es difícil de recordar, probablemente sea difícil de adivinar, aunque también es mayor la posibilidad de que la persona la anote, lo cual reduciría el nivel de seguridad. Lo que la persona conoce es una categoría más confiable que “Lo que la persona tiene”, pero es verdad que es posible compartir contraseñas y códigos, y si se los escribe pueden ser descubiertos por un tercero [4]. El mismo aporta mayor confiabilidad, ya que no puede ser robado, pero puede compartirse o registrarse por escrito.

3. “La identidad de la persona”.

“La identidad de la persona” implica la identificación mediante el reconocimiento de características físicas únicas; esta es la forma natural en la que las personas se identifican entre sí, con certeza casi absoluta.

Cuando se logra, o se intenta la identificación por medios tecnológicos, se habla de *Biometría*. Las técnicas de lectura biométrica se han desarrollado para una variedad de características humanas que admiten el escrutinio y el análisis cuantitativo, por lo que la misma aporta máxima confiabilidad, ya que se basa en un atributo físico único y propio de una persona:

-  Huella digital.
-  Mano (forma de los dedos y grosor de la mano).
-  Iris (patrón de colores).

- ✚ Rostro (posición relativa de los ojos, nariz y boca).
- ✚ Retina (patrón de vasos sanguíneos).
- ✚ Letra manuscrita (dinámica de movimiento del lápiz).
- ✚ Voz.

Los dispositivos biométricos suelen ser muy confiables si se logra el reconocimiento; es decir, si el dispositivo “cree” que ha reconocido a una persona, es muy probable que se trate de esa persona.

El principal factor que atenta contra la certeza en materia de biometría no es la existencia de errores en el reconocimiento positivo ni los engaños por parte de impostores, sino la posibilidad de que no se logre reconocer a un usuario autorizado (“falso rechazo”).

Teniendo en cuenta estos factores de riesgos se puede decir que en la identificación biométrica presentes algunas fallas, entre ellas se pueden citar las siguientes:

Falso rechazo: No se logra reconocer a un usuario legítimo. Si bien podría argumentarse que así se lograría mantener el área protegida, es una frustración intolerable para los usuarios legítimos a los que se les niega el acceso porque la lectora no los reconoció.

Falsa aceptación: Reconocimiento erróneo, ya sea por confundir un usuario con otro o por aceptar a un impostor como usuario legítimo [4].

1.4. Control de iluminación.

La forma de encender y apagar las luminarias puede ser automatizada y controlada de formas complementarias al control tradicional a través del interruptor clásico. Se puede en esta manera conseguir un incremento del confort y ahorro energético [5].

La iluminación representa el 19% del consumo de electricidad de todo el mundo. Es por esto que, para un manejo adecuado de la energía eléctrica es necesario el cambio de los sistemas de la iluminación clásicos por otros que ahorren energía y aprovechen las características del entorno. De allí que el control de la iluminación es, sin duda, una de las formas más sencillas de ahorrar energía. Al aplicar una solución eficaz de control de iluminación, los usuarios pueden ahorrar fácilmente hasta el 40% de la factura de electricidad en comparación con los métodos tradicionales [5].

Este tipo de control permite además generar varios ambientes de acuerdo a las necesidades del usuario optimizando las características del entorno conforme la actividad que se vaya a realizar. Adicionalmente permite programar horarios de encendido y apagado de las luces o manejarlas de acuerdo a la presencia de personas en las áreas de control [5].

Es preciso indicar que un sistema inmótico debería garantizar siempre la posibilidad de encender y apagar la iluminación de forma tradicional, es decir, de forma voluntaria y manual mediante interruptores tradicionales por parte del usuario [5].

Un sistema automático de iluminación debe ser definido como un dispositivo de control del alumbrado artificial, que tiene la finalidad de proveer alguna de las siguientes funciones [6]:

- ✚ Encendido.
- ✚ Apagado.
- ✚ Atenuación (control de flujo luminoso).

Los sistemas de control automático aparecen, entonces, como alternativa al control manual, realizado por el usuario según su propio criterio; con los sistemas automáticos se ejecutan las mismas tareas

automáticamente, y de acuerdo a un patrón establecido, orientado al ahorro energético y en función de una o más de las siguientes variables [6] :

- ✚ Nivel de iluminancia por la luz artificial o natural.
- ✚ Ocupación de los locales.
- ✚ Horario de ocupación de los locales.

Pertenece a esta categoría una amplia gama de equipos, desde simples controladores de iluminación hasta módulos de control conectados, por interfaces apropiadas, a complejas centrales de administración y control de un edificio inteligente. Algunos ejemplos de estos módulos de control se mencionan a continuación los cuales entran dentro del módulo receptor el cual se define como:

Módulo Receptor: Dispositivo receptor conectado a la red eléctrica que actúa de intermediario entre el controlador y el equipo eléctrico a controlar. Es el elemento que ejecuta las órdenes de uno o más controladores y, activando su relé, encenderá o apagará el equipo eléctrico, para lo cual el interruptor del mismo deberá mantenerse en posición de encendido. Estos módulos pueden ser de dos tipos [1].

- *Módulo de Iluminación:* Diseñado exclusivamente para control de iluminación, ya que tiene un "dimmer" interno, mediante el cual se puede variar la intensidad de brillo de la luz, además de permitir el encendido y apagado directo. No deberá enchufarse nunca un elemento que no sea de iluminación a este tipo de módulo, ya que su capacidad de "dimmer" puede dañar el elemento enchufado (por ej. un televisor o una radio). Obedecen a los comandos "todo encendido"/ "todo apagado" de un controlador, para el control de todas las luces en forma simultánea.

- *Módulo de Potencia:* Su función únicamente es la de encendido y apagado. En vez de "dimmer", tiene un potente relé y no presenta ningún tipo de restricción en cuanto a los aparatos que se puedan enchufar, salvo el de no sobrepasar su potencia máxima. Este tipo de módulo no obedece al comando de "todo encendido" pero si al comando "todo apagado", ya que no tiene sentido que se enciendan electrodomésticos como la cafetera, TV, radio, etc., todos a la vez; su activación debe de ser individual [1].

Uso eficiente de la iluminación.

Ante las deficiencias encontradas en el manejo de la iluminación en diferentes sectores, posibles soluciones puestas en práctica son las que se mencionan a continuación: utilizar la luz natural, controlar las horas de operación (en particular en el horario pico), apagar las lámparas innecesarias, no sobre iluminar áreas, considerar colores claros de mobiliario en las oficinas, separar los circuitos de iluminación para que su control no dependa de un solo interruptor y se ilumine solo sectores necesarios. En forma adicional a las soluciones mencionadas; el tener un uso eficiente de la iluminación hace necesaria la implementación de mejoras con inversión como por ejemplo: reemplazar lámparas por unidades más eficientes en áreas de producción y oficinas administrativas, implementación de sistemas de control, reemplazo de balastos electromagnéticos por electrónicos, utilizar sensores de presencia, en particular en áreas de almacenes, utilizar temporizadores, dimmers para reducir la intensidad de la luz en períodos que se necesite poca luz como períodos de limpieza [6].

1.5. Control de climatización.

La forma básica de controlar la climatización es la conexión o desconexión del sistema de climatización, lográndose mediante una programación horaria, según la presencia de personas en los locales o de

forma manual. Una de las ventajas del control de climatización es el ahorro de energía, dado que en Cuba uno de los mayores niveles de consumo de energía tanto en hoteles, como edificios u oficinas radica en este factor [5].

Es importante tener en cuenta que la climatización de cada habitación depende de aspectos como: el uso para el que es destinada, disposición, tipología, diseño, orientación, etc. De igual manera la configuración de la climatización puede depender de distintos aspectos como son la época del año, hora del día, si se desea una temperatura de economía o una de confort, y distintos aspectos que se ponen a consideración del usuario.

En el control del aire acondicionado, los ahorros fluctúan entre un 20% y 40% por optimización del uso de sistemas de climatización por programaciones horarias, detección de presencia y control de pérdidas frigoríficas y caloríficas [5].

1.6. Generalidades de los Microcontroladores (PIC).

Un Microcontrolador, como se muestra en la figura 1.15, es un circuito integrado o chip que incluye en su interior las tres unidades funcionales de una computadora: CPU, Memoria y Unidades de E/S (entrada/salida), es decir, se trata de un computador completo en un solo circuito integrado [4]. Se emplea para controlar el funcionamiento de una tarea determinada y, debido a su reducido tamaño, suele ir incorporado en el propio dispositivo al que gobierna.

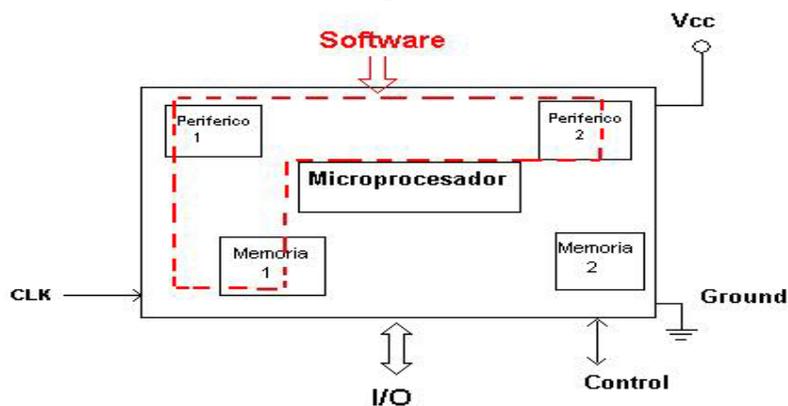


Figura 1.15. Esquema de un Microcontrolador.

A diferencia de un Microprocesador, un Microcontrolador es un sistema cerrado que contiene un computador completo y de prestaciones limitadas que no se pueden modificar.

La selección de un PIC, como elemento de control, para el diseño de un sistema automatizado para el control de acceso, climatización e iluminación se realizó teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- ✚ Microcontroladores de uso más común.
- ✚ Más utilizados en el ámbito laboral.
- ✚ Más económicos.
- ✚ De mayor acceso en el mercado.

Los "PIC" son una familia de Microcontroladores tipo RISC fabricados por *Microchip Technology Inc.*, originalmente desarrollado por la división de microelectrónica de *General Instruments*.

El nombre completo es PICmicro, aunque generalmente se utiliza como *Peripheral Interface Controller* (Controlador de Interfaz Periférico). El primer PIC, se diseñó para ser usado con una Unidad Central de

Procesos (UCP) de 16 bits, CP16000, la cual tenía malas prestaciones de E/S. En 1975 se desarrolló un PIC de 8 bits para mejorar el rendimiento del sistema quitando peso de E/S a la UCP. Este PIC utilizaba micro-código simple almacenado en la memoria ROM (*Read Only Memory*) para realizar las tareas; y aunque el término no se usaba por aquel entonces, se trataba de un diseño RISC que ejecutaba una instrucción cada 4 ciclos del oscilador. En 1985 el PIC se mejoró con la aparición de la memoria EPROM para conseguir un controlador de canal programable [4].

En la actualidad la mayoría de los PIC's vienen con varios periféricos incluidos (módulos de comunicación serie, UART's, núcleos de control de motores, etc.) y con memoria de programa desde 512 a 32000 palabras (una palabra corresponde a una instrucción en ensamblador, y puede ser 12, 14 o 16 bits, dependiendo de la familia específica de PICmicro [4].

1.6.1. Características de los PIC.

Los PIC's en la actualidad presentan muchas mejoras que vienen incorporadas en el hardware:

- ✚ Núcleos de UCP de 8/16 bits con Arquitectura Harvard modificada.
- ✚ Memoria Flash y ROM disponible desde 256 bytes a 256 kilobytes.
- ✚ Puertos de E/S (típicamente 0 a 5.4 voltios).
- ✚ Temporizadores de 8/16 bits.
- ✚ Periféricos serie síncronos y asíncronos: USART, AUSART, EUSART.
- ✚ Conversores analógico/digital de 10-12 bits.
- ✚ Comparadores de tensión.
- ✚ Módulos de captura y comparación PWM.
- ✚ Controladores LCD.
- ✚ Periférico MSSP para comunicaciones I²C, SPI, y I²S.
- ✚ Memoria EEPROM interna con duración de hasta un millón de ciclos de lectura/escritura.
- ✚ Periféricos de control de motores.
- ✚ Soporte de interfaz USB.
- ✚ Soporte de controlador Ethernet.
- ✚ Soporte de controlador CAN.
- ✚ Soporte de controlador LIN.
- ✚ Soporte de controlador Irda.

Los Microcontroladores PICs, teniendo en cuenta las prestaciones que brindan, presentan las siguientes ventajas [4]:

- ✚ Su costo es comparativamente inferior al de los competidores.
- ✚ Poseen una elevada velocidad de funcionamiento.
- ✚ Tienen un juego reducido de instrucciones: 35 en la gama media.
- ✚ Los programas son compactos.
- ✚ Bajo consumo, unido a un amplio rango de voltajes de alimentación.

Por tanto su campo de aplicación es muy diverso:

- ✚ Industria Automovilística.
- ✚ Aparatos portátiles.
- ✚ Instrumentación.

- ✚ Electromedicina.
- ✚ Domótica.
- ✚ Periféricos y dispositivos de informática.
- ✚ Control Industrial.
- ✚ Sistemas de seguridad.
- ✚ Juguetería.

1.6.2. Gamas de los microcontroladores PIC.

Para resolver aplicaciones sencillas se precisan pocos recursos, en cambio, las aplicaciones grandes requieren de recursos numerosos y potentes. Siguiendo esta filosofía, la empresa Microchip construye diversos modelos de microcontroladores orientados a cubrir de forma óptima las necesidades de cada proyecto. Existiendo así apropiados microcontroladores (sencillos y baratos) para atender las aplicaciones simples y otros (complejos y costosos) para las de mucha envergadura.

Para adaptarse de forma óptima a las necesidades de los usuarios, Microchip oferta tres gamas de microcontroladores de 8 bits las cuales entran dentro de la tendencia de los microcontroladores de arquitectura abierta los cuales se caracterizan porque, además de disponer de una estructura interna determinada, pueden emplear sus líneas de entrada/salida (E/S) para sacar al exterior los buses de datos, direcciones y control, con lo que se posibilita la ampliación de la memoria y las E/S con circuitos integrados externos, igualándose esto a la solución que emplean los clásicos microcontroladores, dando a conocer así las siguientes gamas:

- ✚ Gama baja o clásica.
- ✚ Gama media.
- ✚ Gama alta.

Gama baja o clásica: La gama baja de los PIC encuadra nueve modelos fundamentales en la actualidad. La memoria de programa puede contener 512, 1k y 2k palabras de 12 bits, y ser de tipo ROM o EPROM. También hay modelos con memoria OTP (*One Time Programmable*), que solo puede ser grabada una vez por el usuario. La memoria de datos puede tener una capacidad comprendida entre 25 y 73 bytes. Solo disponen de un temporizador (TMR0), un repertorio de 33 instrucciones y un número de pines para soportar las E/S comprendido entre 2 y 20. El voltaje de alimentación admite un valor muy flexible comprendido entre 2 y 6.25 V, lo cual posibilita el funcionamiento mediante pilas corrientes teniendo en cuenta su bajo consumo (menos de 2mA a 5 V y 4 MHz).

Gama alta: Los dispositivos PIC17C4X responden a microcontroladores de arquitectura abierta pudiéndose expansionar en el exterior al poder sacar los buses de datos, direcciones y control. Así se pueden configurar sistemas similares a los que utilizan los microprocesadores convencionales, siendo capaces de ampliar la configuración interna del PIC añadiendo nuevos dispositivos de memoria y de E/S externas. Esta facultad obliga a estos componentes a tener un elevado número de pines comprendido entre 40 y 44. Se alcanzan las 58 instrucciones de 16 bits en el repertorio y sus modelos disponen de un sistema de gestión de interrupciones vectorizadas muy potentes. Poseen puerto serie, varios temporizadores y mayores capacidades de memoria, que alcanza los 8 k palabras en la memoria de instrucciones y 454 bytes en la memoria de datos como se muestra en la tabla 1.1.

Tabla 1.1. Prestaciones de los componentes de la gama alta.

Modelo	Memoria Programa	Memoria Datos RAM	Registros Específicos	Temporizadores	PWM	CAD 10 bit	Interrupciones	E/S
PIC17C42A	2Kx16	232	48	4+WDT	2		11	33
PIC17C43	4Kx16	454	48	4+WDT	2		11	33
PIC17C44	8Kx16	454	48	4+WDT	2		11	33
PIC17C52	8Kx16	454	76	4+WDT	3	12	18	50
PIC17C56	16Kx16	902	76	4+WDT	3	12	18	50

Gama media: Es la gama más variada y completa de los PIC. Abarca modelos con encapsulado desde 18 pines hasta 68, cubriendo varias opciones que integran abundantes periféricos. Dentro de esta gama se halla el microcontrolador PIC16X84 y sus variantes.

En esta gama los componentes añaden nuevas prestaciones a las que poseían los de la gama baja, haciéndolos más adecuados en las aplicaciones complejas. Admiten interrupciones, poseen comparadores de magnitudes analógicas, convertidores A/D, puertos serie y diversos temporizadores como se muestra en la tabla 1.2.

Tabla 1.2. Principales características de los componentes de la gama media.

Modelo	Memoria Programa	Memoria Datos	Registros Específicos	Temporizadores	Interrupciones	E/S	Rango Voltaje	Pines
		RAM EEPROM						
PIC16C84	1Kx14 EPROM	36 64	11	TMR0+WTD	4	13	2-6	18
PIC16F84	1Kx14 FLASH	68 64	11	TMR0+WTD	4	13	2-6	18
PIC16F83	512x14 ROM	36 64	11	TMR0+WTD	4	13	2-6	18
PIC16CR84	1Kx14 ROM	68 64	11	TMR0+WTD	4	13	2-6	18
PIC16CR83	512x14 ROM	36 64	11	TMR0+WTD	4	13	2-6	18

Hay modelos de esta gama que disponen de una memoria de instrucciones tipo EEPROM, a las cuales se les permite ser borradas eléctricamente, son mucho más fáciles de reprogramar que las EPROM, que tiene que ser sometidas a rayos ultravioletas durante un tiempo determinado para realizar dicha operación. El repertorio de instrucciones es de 35 y de 14 bits cada una, compatible con el de la gama

baja. Sus distintos modelos contienen todos los recursos que se precisan en las aplicaciones de los microcontroladores de 8 bits. También dispone de interrupciones y una pila de 8 niveles que permite el anidamiento de subrutinas. El temporizador TMR1 que hay en esta gama, tiene un circuito oscilador que puede trabajar asincrónicamente y que puede incrementarse aunque el microcontrolador se halle en el modo de reposo ("sleep"), posibilitando la implementación de un reloj en tiempo real. Las líneas de E/S presentan una carga "pull-up" activada por *software*.

Considerando el momento actual, comparando los parámetros fundamentales con los modelos comerciales de otros fabricantes y las aplicaciones más habituales a las que se destinan los microcontroladores, casi en un 90% de los casos, la elección de una versión adecuada de PIC es la mejor solución. Sin embargo, otras familias de microcontroladores son más eficaces en aplicaciones concretas, especialmente si predomina una característica especial.

Ventajas de los PICs.

Los detalles de más relevancia y las razones de la excelente acogida que tienen los PIC son los siguientes:

- ✚ Sencillez de manejo: Tienen un juego de instrucciones reducido; 35 en la gama media.
- ✚ Buena información, fácil de conseguir y económica.
- ✚ Precio: Su coste es comparativamente inferior al de sus competidores.
- ✚ Poseen una elevada velocidad de funcionamiento. Buen promedio de parámetros: velocidad, consumo, tamaño, alimentación, código compacto, etc.
- ✚ Herramientas de desarrollo fáciles y baratas. Muchas herramientas software se pueden recoger libremente a través de Internet desde Microchip.
- ✚ Existe una gran variedad de herramientas hardware que permiten grabar, depurar, borrar y comprobar el comportamiento de los PIC.
- ✚ La gran variedad de modelos de PIC permite elegir el que mejor responde a los requerimientos de la aplicación.

Una de las razones del éxito de los PIC se basa en su utilización debido a que cuando se aprende a manejar uno de ellos, conociendo su arquitectura y su repertorio de instrucciones, es muy fácil emplear otro modelo. Luego de un estudio de los microcontroladores que incluyendo sus gamas en el comercio mundial, se seleccionó el microcontrolador PIC16F877 de 8 bits, el cual brinda varios recursos y pertenece a la empresa Microchip [5], mostrándose la distribución de pines del mismo en el anexo1.

Conclusiones parciales:

- ✚ Se evidenció la importancia que posee la inmótica en la gestión de los servicios de un edificio: control de acceso, gestión de la energía eléctrica y control de la climatización e iluminación.
- ✚ El estudio de las arquitecturas y topologías de las redes de comunicación permitió seleccionar la arquitectura mixta para ser utilizada en el sistema de control inmótico a diseñar.
- ✚ La evolución histórica de las funcionalidades y posibilidades de los microcontroladores PIC permitió la selección del PIC16F877 para el diseño y simulación de dicho sistema.

Capítulo 2. Diseño y simulación del sistema inmótico.

Introducción

En el presente capítulo se realiza la caracterización, funcionamiento del consumo energético basado en la descripción de la instalación eléctrica y del sistema de protección eléctrica integral, climatización en cada uno de los locales a tratar y las restricciones de acceso al edificio técnico del Órgano de Informática, Comunicaciones y Cifras (OICC); se realiza el diseño del sistema inmótico y se aborda la instrumentación, tecnologías de comunicaciones y equipamiento requerido para el mismo.

2.1. Descripción y funcionamiento del Edificio Técnico del Órgano de Informática, Comunicaciones y Cifras (OICC).

El edificio técnico de la OICC es una edificación que consta de dos niveles, el primero está compuesto por: un Taller de Montaje y uno de Reparaciones, tres oficinas, tres almacenes, baño, Depósito General y un Local Tecnológico de Telefonía; así como también cuenta con dos pasillos interiores y dos escaleras. La segunda planta está compuesta por cuatro oficinas, dos talleres de reparaciones, baño, Centro de supervisión y control tecnológico, Centro de datos y Local de telecomunicaciones. Las oficinas son los locales de trabajo de los especialistas de los diferentes departamentos, en cada una hay de 2 a 6 computadora personal (PC) para el trabajo de los mismos con su sistema de respaldo, hay aire acondicionado de 2 toneladas, más equipamiento de conectividad con su gabinete de distribución y equipos telefónicos para la comunicación hacia las diferentes redes telefónicas.

Los Talleres de Reparaciones son locales diseñados para la reparación y revisión de los medios técnicos informáticos y de comunicaciones de la provincia. En cada una hay de 2 a 6 PC para el trabajo de los mismos con su sistema de respaldo, hay 2 aires acondicionados de 2 toneladas, más equipamiento de conectividad con su gabinete de distribución y equipos telefónicos para la comunicación hacia las diferentes redes telefónicas. Tienen diferentes instrumentos de mediciones y herramientas modernos para el trabajo de los técnicos.

En los almacenes se guardan todo el equipamiento nuevo a instalar, así como el de sostenimiento y reposición de las diferentes especialidades. Se deben mantener a una temperatura adecuada por lo que cada almacén posee su equipo de climatización.

Los depósitos generales garantizan la protección de los medios reparados pendientes a trasladar a su destino y de otros medios que no son de uso cotidiano.

El centro de supervisión y control tecnológico es donde radica el oficial que inspecciona y verifica el correcto funcionamiento de los servicios informáticos y de telecomunicaciones de la provincia mediante el software de gestión dedicada a esta actividad, es el encargado de recepcionar los reportes de las diferentes interrupciones que surgen y darle continuidad hasta su solución. Además debe velar por la seguridad y protección del edificio en el que radica. En este local hay 3 PC para la gestión y supervisión con sus sistemas de respaldo, hay 1 aire acondicionado de 2 toneladas y equipos telefónicos para la comunicación hacia las diferentes redes telefónicas.

En el local tecnológico de telefonía se encuentra el equipo principal que distribuye todos los cables telefónicos de cobre hacia las diferentes unidades, por tanto todo el sistema de protectores y la barra de tierra de referencia se instala aquí, y de ahí se distribuyen los conductores de tierra de referencia hacia

los distintos locales del edificio excepto el local de telecomunicaciones. Este local debe poseer condiciones de climas favorables para mantener una temperatura adecuada para que las regletas distribuidoras de 10 pares no se quiebren para lo cual posee 1 aire acondicionado de 2T. Además aquí radica el taller de reparaciones telefónicas por lo que se cuenta con 1 PC, herramientas y otros medios para cumplir con sus funciones.

Las siguientes figuras 2.1a y 2.1b son los planos que contienen la distribución de los locales en cada una de las dos plantas del edificio técnico de la OICC las cuales se muestran a continuación:

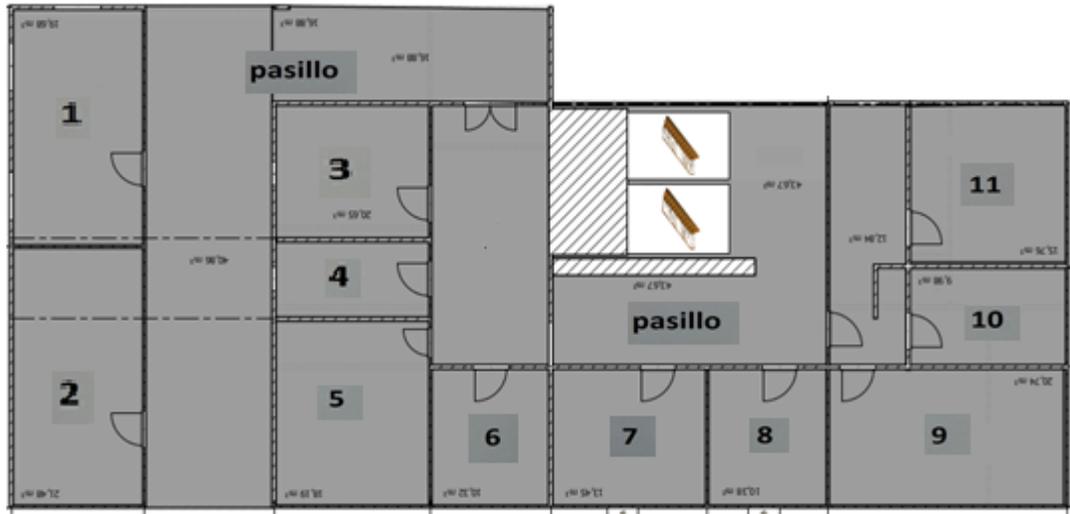


Figura 2.1a. Primer nivel del edificio técnico OICC.

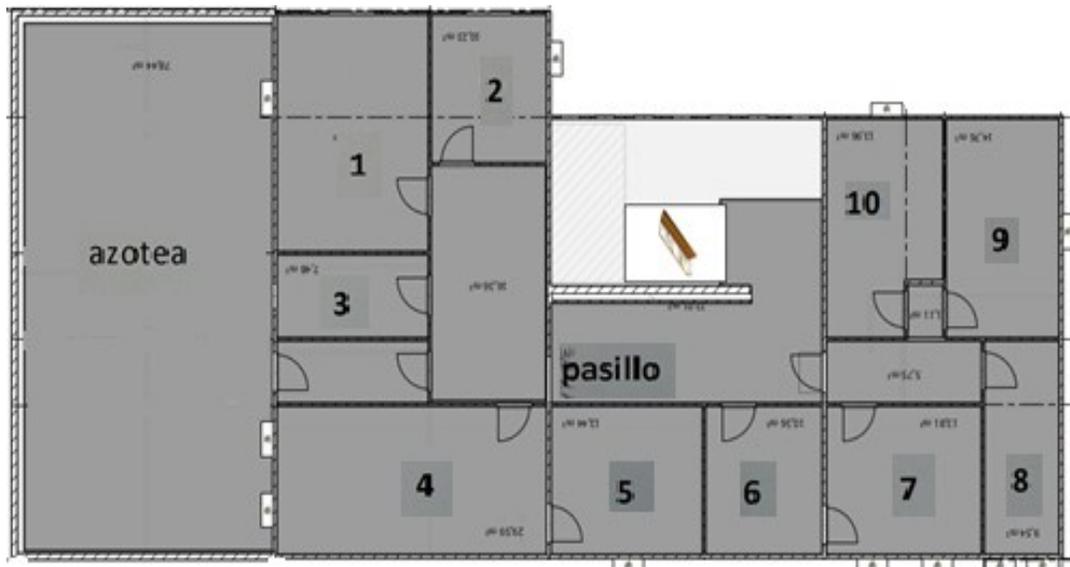


Figura 2.1b. Segundo nivel del edificio técnico de la OICC.

La siguiente tabla 2.1 que se muestra a continuación contiene una leyenda numérica que representa a los locales de ambas plantas del edificio técnico de la OICC.

Tabla 2.1 Numeración de los locales.

# del local	Primera planta	Segunda planta
1	Taller de Montaje	Oficina
2	Déposito General	Oficina
3	Oficina	Baño
4	Baño	Taller de reparaciones 2
5	Almacén 1	Taller de reparaciones 3
6	Oficina	Centro de supervisión y control Tecnológico
7	Oficina	Centro de datos
8	Local Tecnológico de Telefonía	Local de Telecomunicaciones
9	Almacén 2	Oficina
10	Almacén 3	Oficina
11	Taller de Reparaciones 1	

En la segunda planta es donde se sitúan las dos oficinas a las cuales se les realizará el control de acceso, clima e iluminación en el edificio que son: el centro de datos y el local de telecomunicaciones.

2.1.1. Funcionamiento del consumo energético del edificio.

La descripción del funcionamiento del consumo energético del edificio está dividido en dos ramas que facilita la utilización, aplicación y fácil explicación tanto de su instalación como de su protección, es por eso que se ha dividido en:

1. Descripción de la instalación eléctrica del edificio

El sitio se encuentra alimentado por un transformador de 40 KVA trifásico y la alimentación interna es estrella trifásica balanceada, por lo que existe poca diferencia de voltaje entre fases. El promedio de voltaje por fases es de 219 V. Para la alimentación de los diferentes locales se montaron paneles de 24 módulos con sus respectivos interruptores modulares para 110 y 220 V, seccionalizando clima, fuerza e iluminación. En cada local se cuenta con un panel de AC y uno de DC para el equipamiento que requiera de este último.

La distribución eléctrica cumple con los parámetros de carga. Los climas existentes, están alimentados por interruptores modulares de 25 A 2P y un conductor AWG 10. El 1er, 3ro y 5to armónicos se encuentran por debajo del 3%, cumpliendo con los parámetros de la Empresa Eléctrica.

Para garantizar el funcionamiento las 24 horas del día, en caso de falla eléctrica, se instaló un grupo electrógeno. El mismo posee un Panel General de Distribución (PGD), ubicado en el local del grupo electrógeno de capacidad 50 KVA y 42 kW de potencia activa. Según las normas de instalación; la

carga del grupo no debe sobrepasar el 80 % de su carga total, o sea 33.6 kW y se mantiene dentro del rango por lo que mantiene un correcto funcionamiento y autonomía.

2. Descripción del Sistema de Protección Eléctrica Integral

El edificio cuenta con un sistema de tierra robusto (torre), tiene una barra única como conexión de todos los conductores de tierra logrando el nivel máximo de equipotencialidad y asegurando reducir a cero los posibles lazos entre los diferentes locales. La entrada principal de energía (CA) del edificio, donde se incluye la pizarra general de distribución y donde están instalados los primeros pasos fundamentales de protección contra impacto de rayo y de sobre voltaje, garantiza que el voltaje residual entregado sea el permisible. La corriente de drenaje no circula dentro del edificio y se hace uso del sistema de distribución eléctrica para mejorar la compatibilidad electromagnética. Todos los conductores que entran y/o salen del edificio están vinculados a los respectivos sistemas de protectores. Los protectores instalados cumplen con los requisitos de protección que exigen los suministradores de los equipos a proteger. La barra de tierra que se conecta directamente al sistema de tierra exterior y que se utiliza para conectar conductores internos está vinculada a un sistema de protectores.

El local de telecomunicaciones que es donde está el radio enlace y como existe torre, tiene su potencial vinculado a dicha torre. Para evitar la corrida de sobre voltaje por dentro del edificio, se conectó el conductor verde y amarillo del panel de corriente alterna de dicho local al sistema de tierra exterior de la torre. La protección llega a todos los locales del edificio y los gabinetes de conectividad de cada local están aterrados. Se cuenta con un sistema de pararrayo que protege todo el perímetro del edificio.

2.1.2. Restricciones de acceso al edificio y climatización.

Al edificio técnico de la OICC deben acudir usuarios a resolver las interrupciones de equipamiento de la especialidad, pero estos solo tienen acceso a los talleres de reparaciones. Al resto de los locales el acceso es limitado y con permisos especiales; solo deben acceder especialistas y jefes de grupo a sus propias oficinas y en caso de acceder a otro local deben ser autorizados por el jefe principal del centro. A los almacenes solo pueden acceder la almacenera y el jefe del centro.

Al local tecnológico de telefonía y al local de telecomunicaciones deben acceder reparadores y especialistas de ETECSA pero solo en caso de interrupciones y de mantenimientos programados en que ellos deben intervenir, además de los especialistas que propiamente atienden estos locales. Al centro de supervisión y control tecnológico solo deberán acceder los oficiales de guardia, especialistas que deban acceder al centro de datos en caso de mantenimiento o interrupciones y los jefes de grupo en caso que lo requieran. El centro de datos requiere de un mayor control de acceso porque es un lugar vulnerable, por lo que solo se accederá en casos necesarios y por personal estrictamente autorizado.

En cada local se cuenta con sus climas; el sistema de climatización instalado, está acorde a las regulaciones y sus conductos son ubicados uniformemente para permitir realizar las limpiezas y descontaminaciones si fueran necesarias, cumpliendo con los requerimientos mínimos según lo estipula la Norma Cubana NC 775-11: 2012. Se cuenta con equipos deshumificador para disminuir la humedad relativa en el centro de datos, local de telecomunicaciones y el local tecnológico de telefonía. Estos equipos de climatización tienen mantenimiento preventivo mensualmente y general, trimestralmente. En

los locales que se requieren del funcionamiento del clima, las 24 horas del día, se tienen instalado un panel de rotación en 1+1 que garantiza que permanente haya un clima trabajando.

2.2. Desarrollo del sistema electrónico y software utilizado.

En la confección del hardware para la aplicación del sistema inmótico del edificio se utilizó el programa profesional PROTEUS. El mismo es una compilación de programas de diseño y simulación electrónica, desarrollado por *Labcenter Electronics* que consta de dos programas principales: Ares e Isis, y los módulos VSM y Electra. La utilización de este programa garantiza que los trabajos que se efectúen sean legítimos y seguros, debido a que el PROTEUS sigue los reglamentos industriales estrictamente.

El programa ISIS, *Intelligent Schematic Input System* (Sistema de Enrutado de Esquemas Inteligentes), como uno de sus programas principales, permite diseñar el plano eléctrico del circuito que se desea realizar, incluyendo fuentes de alimentación, generadores de señales y muchos otros componentes con prestaciones diferentes. Los diseños realizados en ISIS pueden ser simulados en tiempo real, mediante el módulo VSM, *Virtual System Modeling* (Sistema Virtual de Modelado), asociado directamente con ISIS, el cual permite simular, en tiempo real, todas las características de varias familias de microcontroladores, introduciendo el programa que controlará el microcontrolador y cada una de sus salidas, y a la vez, simulando las tareas que se desean llevar a cabo con el programa.

Por otra parte el ARES, o *Advanced Routing and Editing Software* (Software de Edición y Ruteo Avanzado); es la herramienta de enrutado, ubicación y edición de componentes, se utiliza para la fabricación de placas de circuito impreso, permitiendo editar generalmente, las capas superficiales (*Top Copper*) y de soldadura (*Bottom Copper*). Además con este programa se puede tener una visualización en 3D del circuito realizado.

Teniendo en cuenta que la programación de microcontroladores se basa en un código de máquina que es conocido como código ensamblador y a la vez contiene una a una las instrucciones del programa, resulta minucioso, y tedioso de editar. El *assembler* crea códigos de programa extensos y de difícil comprensión. La creación de compiladores de alto nivel facilitó la edición y creación de programas en todo modo de programación lógica, por supuesto los microcontroladores no fueron la excepción, comercialmente existen varios tipos de compiladores de diferentes fabricantes y diferentes lenguajes de alto nivel.

El *software* a utilizar es el MikroC PRO, el cual es un paquete de *software* con una amplia variedad de ayudas y herramientas que facilita la creación de proyectos, aplicados a los microcontroladores PIC Micro. El compilador de alto nivel en lenguaje C utiliza estructuras que facilitan la programación, optimiza las operaciones matemáticas y los procesos, por medio del uso de funciones predefinidas y las no predefinidas que el desarrollador puede crear, así como el uso de un conjunto de variables, de tipo carácter, entero, punto decimal entre otros; este crea automáticamente el código ensamblador y a su vez un código similar consignado en un archivo con extensión *.hex, el mismo es el resultado primordial del compilador, dado que con este se programa eléctricamente el microcontrolador o se puede realizar una simulación computacional. La apariencia visual del entorno de desarrollo del software es la que se muestra a continuación en la figura 2.2.

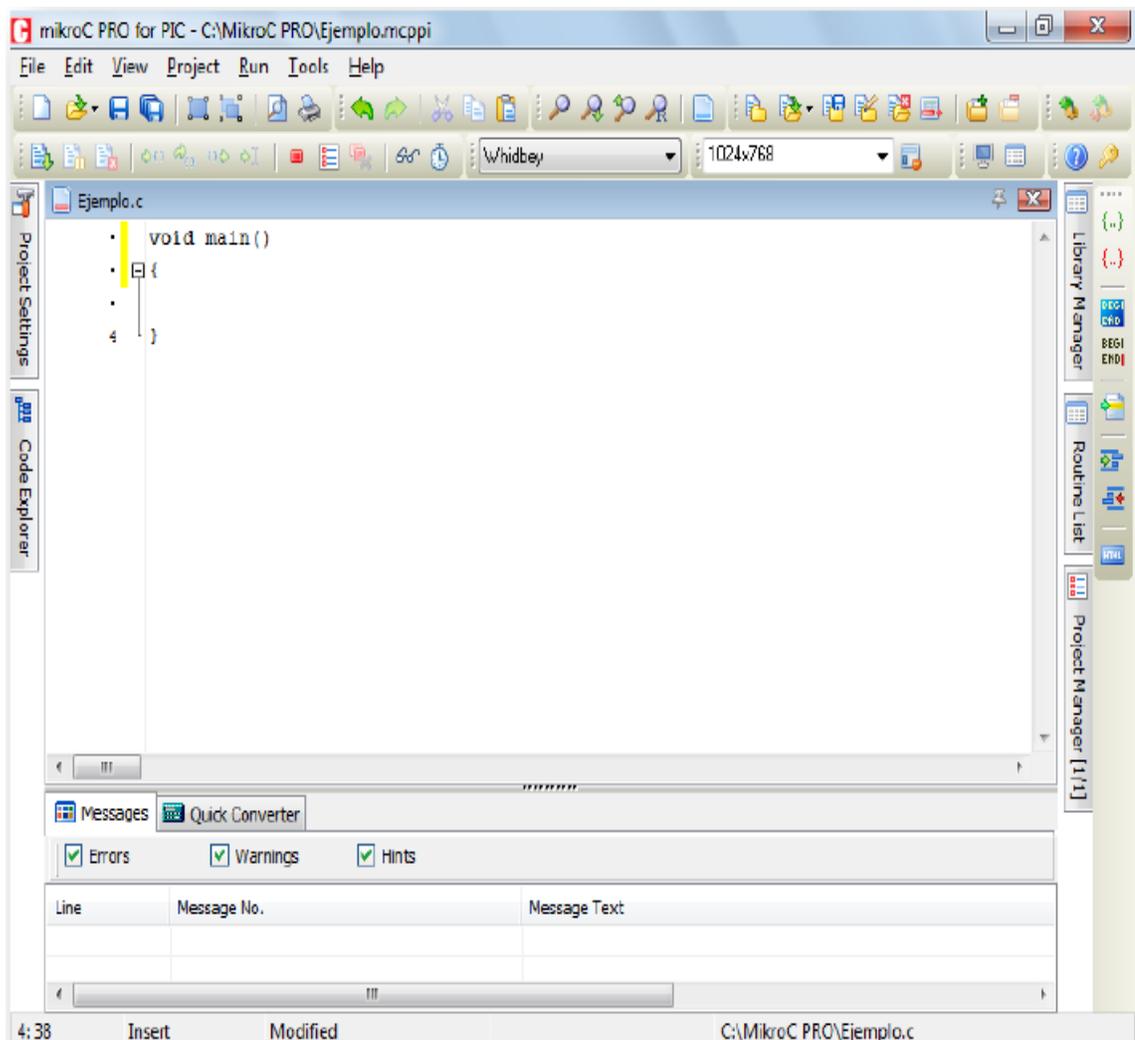


Figura 2.2 Apariencia visual del entorno de desarrollo.

2.2.1. Microcontrolador PIC 16F877.

Como componente principal del sistema se propone la utilización del microcontrolador PIC 16F877, cuyo diagrama de bloques se muestra a continuación en la figura 2.3, en ella se puede apreciar los diferentes bloques que lo componen y la forma en que se conectan. Se muestra la conexión de los puertos, memoria de datos y de programa, temporizador de arranque, oscilador, bloque especial watchdog, etc.

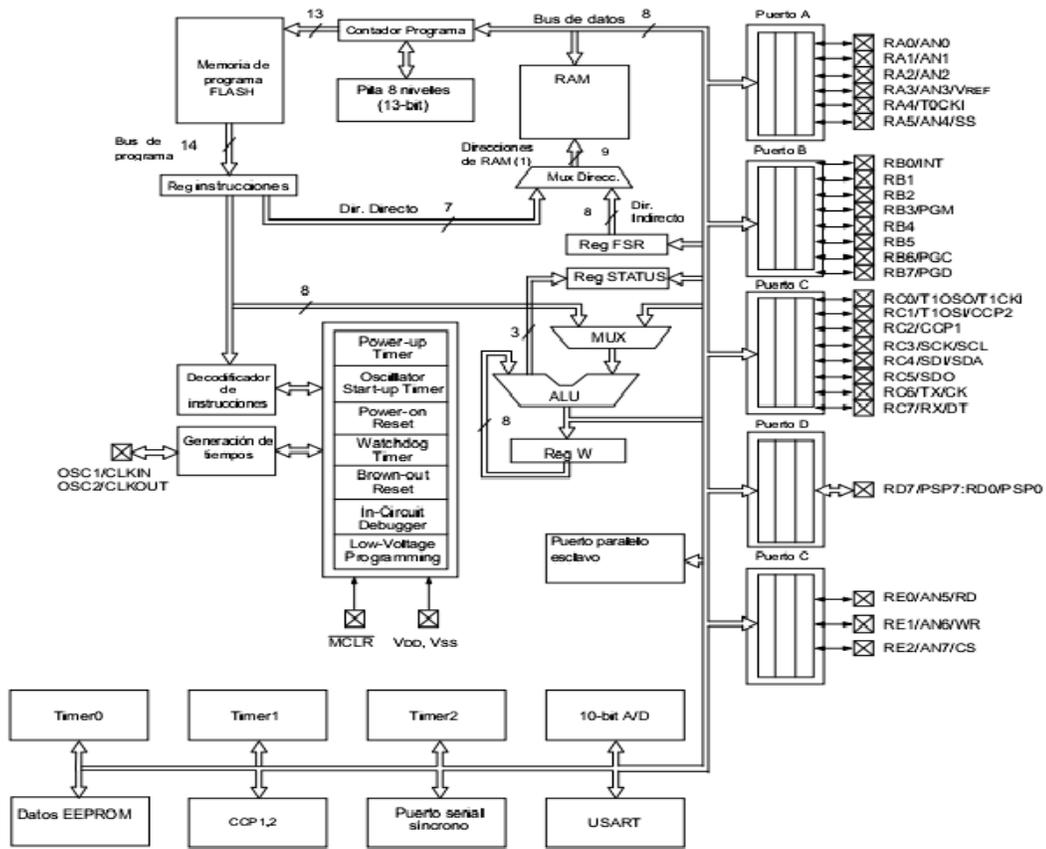


Figura 2.3 Diagrama de bloques.

La familia PIC16 introdujo gran aceptación en el mercado por su arquitectura, composición y fácil manejo:

- ✚ El PIC 16F877 se basa en la arquitectura Harvard, en la cual el programa y los datos se pueden trabajar con buses y memorias separadas, lo que posibilita que las instrucciones y los datos posean longitudes diferentes. Esta misma estructura es la que permite la superposición de los ciclos de búsqueda y ejecución de las instrucciones, lo cual se ve reflejado en una mayor velocidad del microcontrolador.
- ✚ El PIC contiene una memoria tipo FLASH de 8K de longitud con datos de 14 bits en cada posición. Como es del tipo FLASH se puede programar y borrar eléctricamente, lo que facilita el desarrollo de los programas y la experimentación. En ella se graba o almacena el programa o códigos que el microcontrolador debe ejecutar. La memoria de programa está dividida en cuatro bancos o páginas de 2K cada uno. El primero va de la posición de memoria 0000h a la 07FFh, el segundo va de la 0800h a la 0FFFh, el tercero de la 1000h a la 17FFh y el cuarto de la 1800h a la 1FFFh.
- ✚ El PIC 16F877 posee cuatro bancos de memoria RAM, cada banco posee 128 bytes. De estos 128, los primeros 32 (hasta el 1Fh), son registros que cumplen un propósito especial en el control del microcontrolador y en su configuración. Los 96 siguientes son registros de uso

general que se pueden usar para guardar los datos temporales de la tarea que se está ejecutando, además el consumo de corriente del microcontrolador para su funcionamiento depende del voltaje de operación, la frecuencia y de las cargas que tengan sus pines. En la siguiente tabla 2.2 se muestran algunas de las características principales de este PIC.

Tabla 2.2 Características principales del PIC 16F877.

Memoria de programa:	FLASH, 8 K de instrucciones de 14 bits c/u.
Memoria de datos:	368 bytes RAM, 256 bytes EEPROM.
Pila (Stack):	8 niveles (14 bits).
Fuentes de interrupción:	13.
Instrucciones:	35.
Encapsulado:	DIP de 40 pines.
Frecuencia oscilador:	20 MHz (máxima).
Temporizadores/Contadores:	8 bits (Timer 0); 1 de 16 bits (Timer 1); 8 Bits (Timer 2) con pre y post escalador. Un watchdog (WDT).
Líneas de E/S:	6 del puerto A, 8 del puerto B, 8 del puerto C, 8 del puerto D y 3 del puerto E, además de 8 entradas análogas.
Dos módulos de Captura, Comparación y PWM:	Captura: 16 bits. Resolución máx. = 12.5 nseg. Comparación: 16 bits. Resolución máx. = 200 nseg. PWM: Resolución máx. = 10 bits.
Convertidor Análogo/Digital:	10 bits multicanal (8 canales de entrada).
Corriente máxima absorbida / suministrada por línea (pin):	25 mA.
Oscilador:	Soporta 4 configuraciones diferentes: XT, RC, HS, LP.
Tecnología de Fabricación:	CMOS.
Voltaje de alimentación:	3.0 a 5.5 V DC.
-Puerto serial síncrono (SSP) con bus SPI (modo maestro) y bus I ² C (Maestro/esclavo).	Puede operar en modo microprocesador.
-USART (Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter) con dirección de detección de 9 bits.	

2.3. Descripción general del sistema inmótico implementado.

Independientemente de que el sistema inmótico de este proyecto está diseñado para una instalación específica, este se puede diseñar para cualquier entidad o empresa que contenga características similares; a su vez este está conformado de tres sistemas de control acompañado cada uno de sus elementos principales, los mismos son: sistema de control de temperatura, sistema de control de iluminación y sistema de control de acceso.

El sistema brinda la posibilidad de que con un solo microcontrolador se controle la temperatura en dos locales, teniendo como función detectar y analizar las informaciones suministradas por los medios de medición, en este caso los sensores de temperatura, y luego de un análisis, encender o apagar los aires acondicionados para así mantener al sistema en un rango estable. También posibilita el control de la iluminación, teniendo como funcionalidad detectar y analizar la presencia humana en los locales realizándose esto por medio del sensor de presencia, para después según sus lecturas y acoplándose a la señal eléctrica de la red, dejar pasar la intensidad de luz requerida por los usuarios; en el caso

especial de no haber presencia en los locales no se activará el uso de la luminosidad para así mantener el ahorro energético tan necesario en esta instalación. Por último nos permite que se controle el acceso en dos locales, en lo cual el PIC tiene como función detectar y analizar las informaciones suministradas por el medio de identificación, en este caso el teclado, y en continuidad de un análisis, permitir o no el acceso. En caso afirmativo, el sistema provoca el accionamiento de un medio electromecánico que actúa sobre el mecanismo de apertura de la puerta, en caso contrario, el usuario tiene hasta tres oportunidades para introducir su código correctamente. En caso de exceder las posibilidades de introducir la contraseña correcta, se activaría un indicador sonoro utilizado como alarma del sistema.

La unidad de control queda situada en el interior de uno de los locales protegidos, con el objetivo de evitar todo riesgo de manipulación en las conexiones de comunicación.

2.3.1. Sistema de control de temperatura.

Como se observa en el anexo 2, el circuito consta de tres partes fundamentales: el sensor de temperatura, encargado de enviar al PIC la temperatura censada; luego tendremos el display que nos muestra la temperatura leída por el sensor y la temperatura consigna asignada y por último, tenemos al sistema de climatización.

A continuación se detallan cada una de las partes antes expuestas para una mejor comprensión.

- ✚ El LM35DZ es un sensor de temperatura como se muestra en la figura 2.4, con una precisión calibrada de 1°C y un rango que abarca desde -55°C a $+150^{\circ}\text{C}$. La salida es lineal y equivale a $10\text{mV}/^{\circ}\text{C}$, calibrado directamente en Celsius y una exactitud garantizada de 0.5°C a $+25^{\circ}\text{C}$, además de operar entre 4 y 30 volts de alimentación.

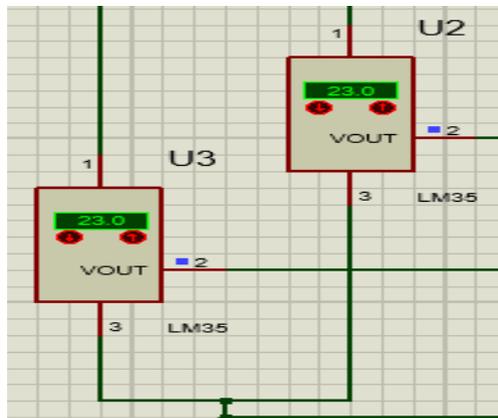


Figura 2.4 Sensor LM35DZ.

- ✚ Como podemos ver en la figura 2.5 nuestro display nos muestra el promedio entre las temperaturas actuales de cada local, así como la consigna asignada que viene dada por programa o a través de la comunicación serie, para la estabilización de la temperatura en cada local. Además se usa la resistencia variable RV1 para modificar el contraste de la pantalla.

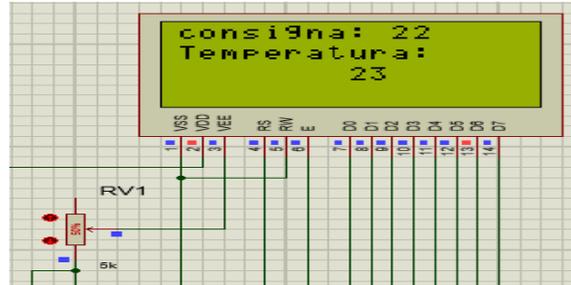


Figura 2.4.1 Visualización en el display.

Como podemos apreciar mostrada en la figura 2.4.2 en la simulación a través de los diodos led D1 y D2, nuestro sistema de climatización está activado y a través del diodo led D3 se ha activado la alarma de temperatura alta debido a que la temperatura de consigna es de 22°C y nos encontramos a una temperatura superior, por lo que el sistema se pone en marcha a través del transistor BC547. El efecto de ventilación se produce debido a que los transistores BC547, están en zona de saturación por lo que se convierte en un interruptor cerrado dejando pasar corriente por el ventilador. En el caso contrario de que la temperatura censada sea menor que la consigna, se apagarían los aires pero se encendería nuevamente la alarma indicando que la temperatura es baja; para el caso de que la consigna y la temperatura en los locales tengan el mismo valor los aires se apagarán al igual que las alarmas.

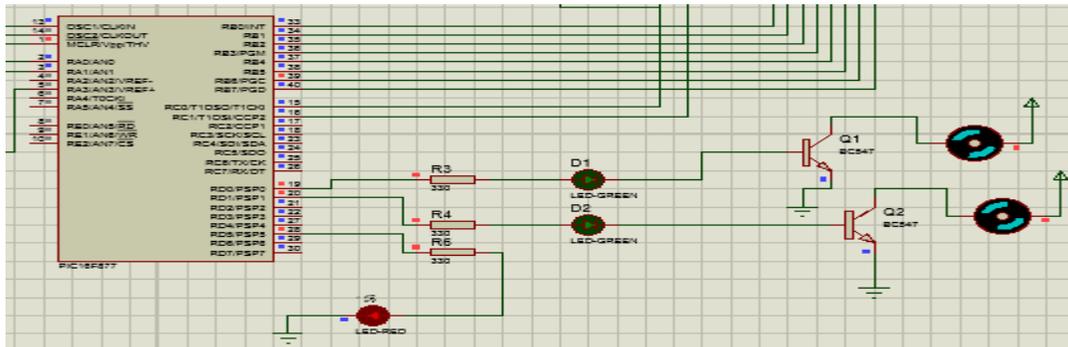


Figura 2.4.2 Sistema de ventilación activado.

2.3.2. Sistema de control de iluminación.

Para una mejor comprensión del funcionamiento de este sistema con sus dispositivos se procedió a realizar previamente un diagrama que muestra de la manera en que se asocian los componentes, el cual se indica en la figura 2.5.

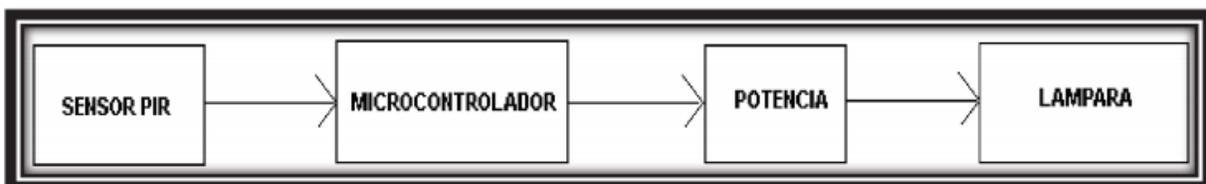


Figura 2.5 Diagrama en bloques del sistema automático de iluminación.

El sensor PIR detecta la presencia a través del calor corporal de las personas, este envía un pulso de 12V al microcontrolador mientras dure la detección, el cual procesa esta información, entregando a su vez una señal de activación al circuito de potencia formado por el opto acoplador y el triac, permitiendo el encendido de la lámpara. En el caso de transcurrir dos minutos de no detección el sensor envía un pulso de cero voltios al microcontrolador, apagando la lámpara por medio del circuito de potencia. Posee además un alcance de 15m de largo, 20m de ancho, 2,4m de alto y se sitúa a un ángulo de 84°, demostrándose con esto que el sensor escogido cumple con los requerimientos obtenidos a partir del levantamiento de los datos.

Para verificar el correcto funcionamiento del código y del PIC, se diseñó un circuito con estos componentes: una matriz de leds, una llave switch simple que representa el sensor, una llave switch de tres posiciones para elegir el modo de funcionamiento del programa, manual o automático y un contador en el cual se ilustra el tiempo de apagado de la matriz de leds. Teniendo completo el circuito, se le cargó el código de la programación para su correspondiente simulación, con la cual se corroboró que el PIC tras una señal de entrada prende y/o apaga el indicador tras un tiempo de su accionamiento, lo cual se puede visualizar en las figuras 2.5.1 (a) y (b) mostradas a continuación.

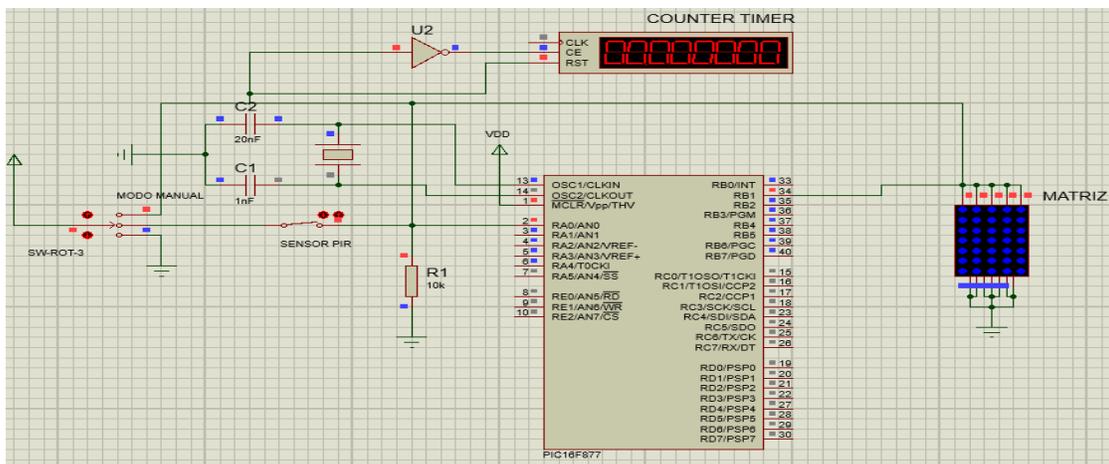


Figura 2.5.1 a) Simulación de encendido de luces.

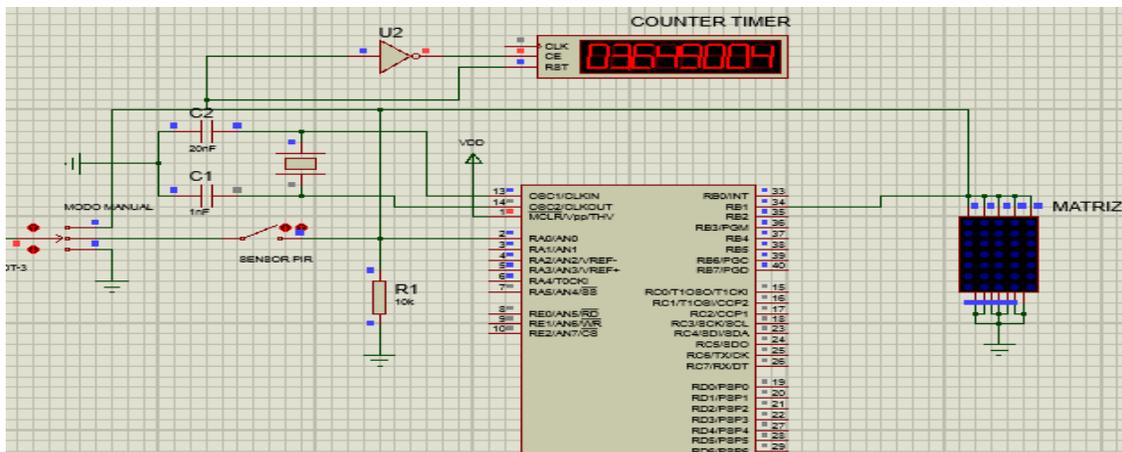


Figura 2.5.1 b) Simulación de apagado de luces.

Tras comprobar el correcto funcionamiento del sensor y el microcontrolador se procedió al diseño de cada parte que interviene en el sistema.

2.3.2.1. Diseño del circuito de alimentación sensor-microcontrolador.

Para el funcionamiento del sistema fue necesaria la alimentación con voltajes de sus rangos de operación, teniéndose en un principio un voltaje de 220V de CA. El sensor PIR necesita un voltaje de alimentación de 12 V pero en CD y a la vez el PIC se polariza en 5 V. Por este motivo fue necesario diseñar un circuito capaz de convertir la tensión alterna a continua y que reduzca a estos dos voltajes necesarios, quedando el mismo como se muestra en la figura 2.5.2.

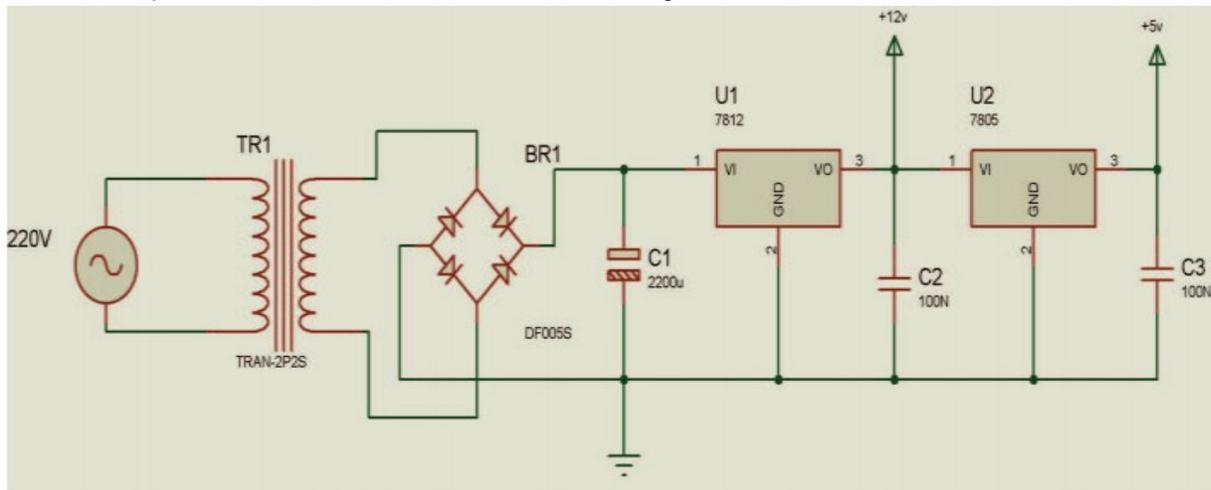


Figura 2.5.2 Fuente de alimentación del sensor y el microcontrolador.

Componentes utilizados en este circuito:

- ✚ Transformador eléctrico 220 V CA/CA: la sección primaria irá a la línea de 220 V, por lo cual en el secundario tendrá 12 V de CA para conectar al rectificador.
- ✚ Puente rectificador: Tiene dos entradas que van al transformador y dos salidas que van al capacitor.
- ✚ Capacitor: Este convertirá totalmente a corriente continua que es lo que se necesitó para nuestro dispositivo. Posteriormente en la otra etapa se realizó la adecuación de niveles de voltajes con dos transistores.
- ✚ Regulador LM 7812: Este se encarga de la línea de 12V de corriente directa (CD), de proveer esa tensión y la potencia adecuada al sistema. El pin1 va conectado al capacitor (polo positivo), el pin2 a tierra y el pin3 es nuestra salida de tensión.
- ✚ Regulador LM 7805: Este se encarga de la línea de 5V de CD, de proveer esa tensión y la potencia adecuada al sistema. El pin1 va conectado al pin3 del regulador de 12 V, el pin2 a tierra y el pin3 es la salida de tensión. Entre este hay un capacitor en la línea de entrada y otro en la línea de salida como filtros.

Para que el sensor envíe la señal de activación al PIC es necesario que estos dos dispositivos trabajen en un mismo nivel de voltaje. La tensión de salida del sensor en su pin de comunicación es de 12 V, sin embargo el pin de entrada RA0 del microcontrolador es de 5,4 V por ello en la figura 2.5.3 se muestra el circuito diseñado para que se logre tal asociación.

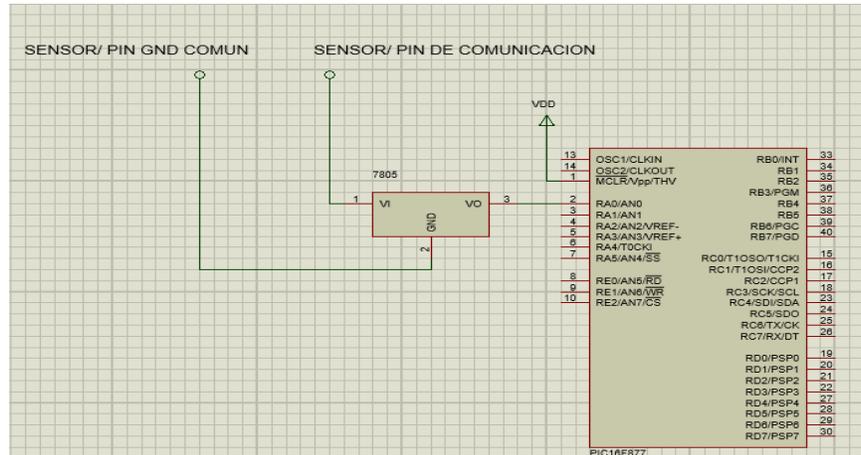


Figura 2.5.3 comunicación entre el sensor-microcontrolador

- La figura ilustra el pin de comunicación y el pin GND(Tierra), que tiene una tensión de 12V.
- El regulador tiene la función de reducir el voltaje de 12V a los 5V admisibles por el PIC.

2.3.2.2. Diseño del circuito de potencia.

El PIC acciona el pin emitiendo 5 V en DC con bajos niveles de corriente, por ello fue necesario un circuito de potencia para alimentar bien la carga, mostrado a continuación en la figura 2.5.4.

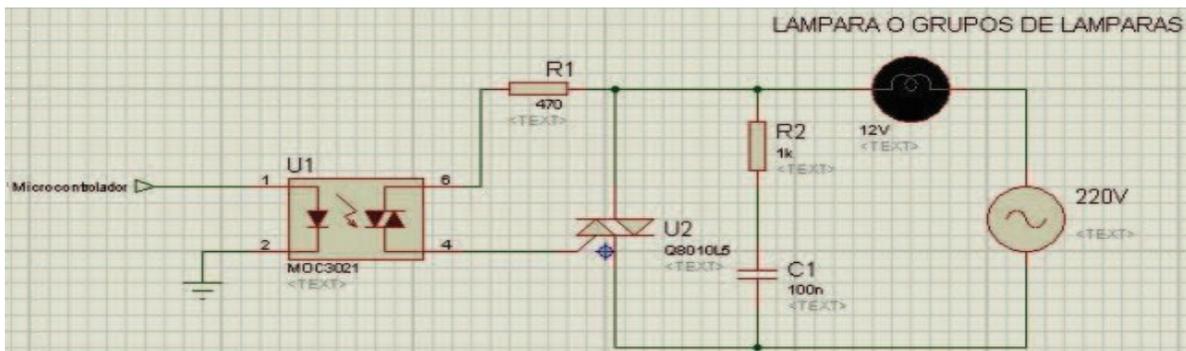


Figura 2.5.4 Circuito de potencia.

Para la elaboración de este circuito se utilizó un opto acoplador del cual su pin1 fue conectado al microcontrolador por medio de una resistencia reguladora de corriente y con su pin 2 conectado a tierra, el mismo recibiendo un voltaje adecuado encenderá el led interno que accionará a su vez, a un foto transistor que envía un voltaje predeterminado para el funcionamiento del triac. Este último conectando el pin G (puerta), al pin 6 del opto acoplador se accionará cuando reciba la suficiente corriente por medio del resistor, permitiendo la circulación de corriente alterna de manera tal que encienda la lámpara.

2.3.3. Sistema de control de acceso automatizado.

El circuito está compuesto de dos partes fundamentales, la primera compuesta por el circuito de identificación que contiene tres teclados matriciales 4x3, tres decodificadores de teclado MM74C922, un decodificador integral 4532, un codificador 74HC139 y la lógica de compuerta OR para la solicitud de

interrupción tal y como se muestra a continuación en la figura 2.6. La segunda parte está formada por el grupo de cerraduras magnéticas de cada puerta y las señales de alarma.

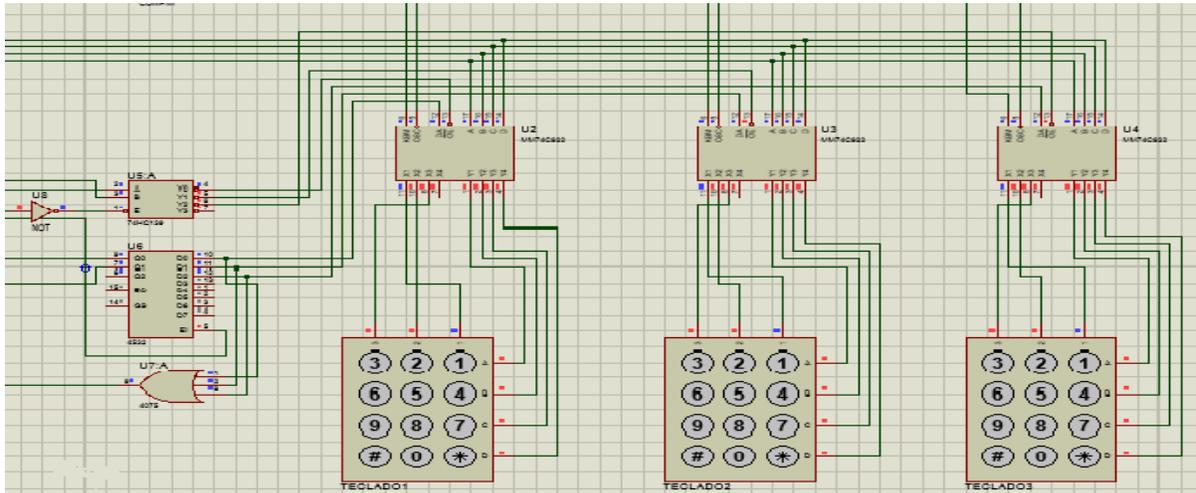


Figura 2.6 Circuito de identificación.

Una vez que se presione una tecla de cualquiera de los teclados, se genera una interrupción al microcontrolador la cual es atendida de forma inmediata, esta acción le hace saber que una persona está solicitando el acceso a un local determinado. Con el fin de conocer por cual teclado se está haciendo la solicitud, el microcontrolador consulta al codificador 4532, y una vez conocida la información, habilita las salidas del codificador para teclados MM74C922 correspondiente para obtener el código de la tecla pulsada, acción que se realiza mediante el decodificador 74HCT139.

1) Teclado matricial.

Dentro de los diferentes métodos de identificación, cuyas características específicas se abordaron en el capítulo anterior, el trabajo se basa en un control de acceso con identificación mediante contraseña y para ello se utiliza un teclado matricial.

El teclado matricial es un dispositivo de entrada y la forma tradicional de conectarlo es utilizando 7 pines, 3 de columnas y 4 de filas. El nombre de este tipo de teclado proviene de su interconexión entre las columnas y las filas, como en la figura 2.6.1, ya que esta conexión tiene la forma de una matriz. Existen varios teclados matriciales de 4 x 4, de 4 x 3 teclas entre otros.

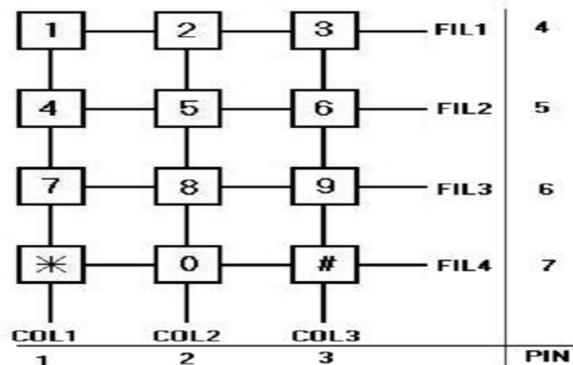


Figura 2.6.1 Teclado matricial (4x3).

El conjunto de teclas que constituyen el teclado se interconectan entre sí formando una matriz.

El sistema de control de acceso propuesto está previsto para trabajar con tres teclados matriciales, los cuales están conectados al codificador para teclados MM74C922 con el objetivo de conocer el código de cada una de las teclas pulsadas, lo cual le brinda al usuario la posibilidad de controlar el acceso de hasta tres locales, en caso de que contengan una sola puerta, aumentando de esta manera las prestaciones del sistema, pero en este caso el centro de datos contiene dos puertas a las cuales se les realizara el control de acceso.

2) Codificador MM74C922 para teclados.

Con el MM74C922, figura 2.6.2, se puede controlar fácilmente, y sin necesidad de ninguna librería, un teclado de 16 teclas, además de que se considera ampliable a un mayor número de teclas.

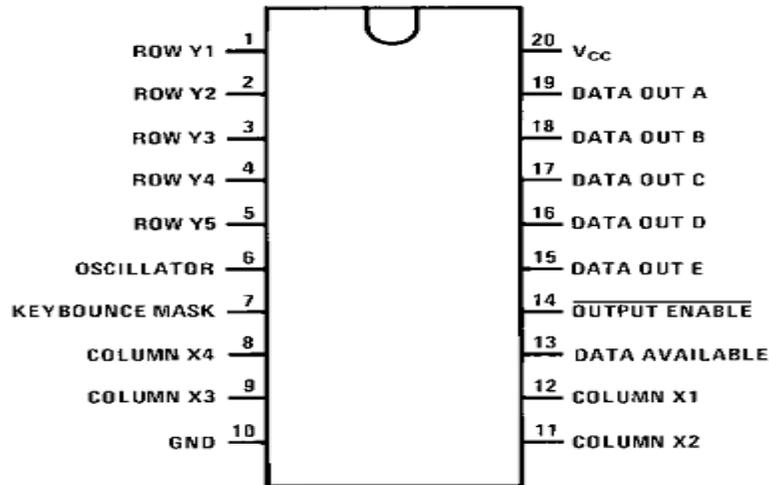


Figura 2.6.2 Codificador para teclados MM74C922.

Básicamente el circuito consta de ocho entradas (x1 a x4, y1 a y4), donde conectamos las filas y columnas del teclado. La salida en función de la tecla pulsada la tendremos en formato binario en las patillas A, B, C y D. Estas salidas van a través de unas básculas tipo D que hacen de memoria, con lo que el valor de la tecla pulsada se mantiene hasta que se pulsa otra y sobrescribe el antiguo valor. Además dispone de una salida (DA) que se pone a nivel alto cada vez que se pulsa una tecla.

Teniendo en cuenta la conexión de las filas y columnas del teclado matricial utilizado para el diseño del sistema propuesto al codificador MM74C922 se obtuvo una combinación diferente de valores a la salida, en función de la tecla pulsada, los cuales se muestran en el anexo 3 tabla de la verdad del codificador de teclados MM74C922.

Sin lugar a dudas el empleo de este codificador dispone de ciertas ventajas:

- ✚ No se necesita ninguna librería externa para controlar el teclado.
- ✚ El .HEX generado al compilar es más pequeño, por lo que dispondremos de más memoria de programa en el PIC.
- ✚ Fácil implementación del código a través de interrupciones.
- ✚ Utilización de menos pines del PIC y se puede controlar un teclado de 32 teclas con solo cinco pines del mismo.

La relación de estas ventajas no exonera al dispositivo de ciertas limitaciones, que de cierta manera previenen al diseñador para que a la hora de utilizar el MM74C922 tenga en cuenta la siguiente desventaja:

- ✚ La misma consiste en tener que incluir más componentes al circuito para hacer una tarea que se puede implementar por software. Aunque estos componentes son muy baratos y se pueden conseguir fácilmente por Internet, el tamaño de la placa inevitablemente tendrá que ser más grande.

Con la conexión del teclado matricial al codificador MM74C922 se garantiza la obtención del código para cada una de las teclas pulsadas, esto sería suficiente en caso de que se desee el control de un solo local, pero para el sistema que se propone no basta, ya que se quiere utilizar un mismo PIC para controlar dos locales, como consecuencia surge el inconveniente de cómo el elemento de control sabe cuál teclado está en uso y cuál no.

Para la solución de este problema se toma como alternativa la utilización de un codificador y un decodificador para completar la detección, identificación y habilitación del teclado utilizado.

3) Decodificador 74HCT139.

El CI 74HCT139 como se puede ver en la figura 2.6.3 es un decodificador/demultiplexor fabricado en tecnología de silicio de puerta CMOS. Este posee el mismo rendimiento de alta velocidad de LS TTL combinado con bajo consumo CMOS. La entrada de habilitación que se activa a nivel bajo puede ser utilizada como una entrada de datos para aplicaciones de multiplexación, mientras que esta se mantiene a nivel alto, las salidas se mantienen en nivel alto independientemente del nivel de las otras entradas.

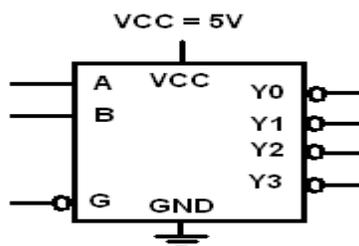


Figura 2.6.3 Decodificador 74HCT139.

Este es un decodificador de dos líneas de entrada por cuatro líneas de salidas, estas últimas activadas a nivel bajo. En el anexo 4 se muestra cuál debe ser la combinación en las entradas del decodificador para que, una vez habilitado, se activen cada una de sus salidas.

Todas las entradas están equipadas con circuitos de protección contra las descargas electrostáticas y exceso de tensión transitoria.

Este circuito integrado (CI) tiene características de entrada y de salida que son totalmente compatibles con la familia 54/74 de la lógica LS TTL que están diseñados directamente para interfaz con sistemas MOSHSC2 con componentes TTL y CMOS.

4) Codificador 4532B.

El CI CD4532B se muestra en la figura 2.6.4, consiste en un codificador lógico combinacional de 16 patillas, que codifica la entrada de más alta prioridad (D7-D0) a un código binario de 3 bits, cada una de

las ocho entradas de D7 a D0, tiene una prioridad asignada, D7 es el de más alta prioridad y D0 es el de más baja.

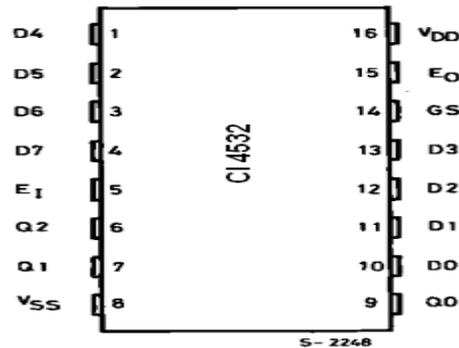


Figura 2.6.4 Conexión de pines del CI 4532B.

Este codificador de prioridad estará inhibido cuando la entrada EI (entrada-habilitado) esté en bajo como se muestra en el anexo 5. Cuando EI esté en alto, la representación binaria de entrada de alta prioridad, aparece en las líneas de salida Q2 a Q0, el grupo selección de línea GS estará alto, para indicar que la prioridad en las entradas está presente. El habilitador-salida (EO) o permiso-salida, es alto, cuando ninguna entrada de prioridad está presente. Si cualquier entrada es alta, EO es bajo y todas las etapas conectadas en cascada de orden inferior se deshabilitan a la vez.

5) Lógica con puerta OR.

Con el objetivo de completar la confección del circuito de identificación, y para que el microcontrolador conozca de antemano que está siendo pulsada una tecla, se utiliza una lógica con puerta OR como se observa en la figura 2.6.5, la cual brinda la posibilidad de generar una interrupción en el momento en que se oprima una tecla de cualquiera de los teclados indicándole al microcontrolador que ha surgido una tarea y que esta debe ser atendida.

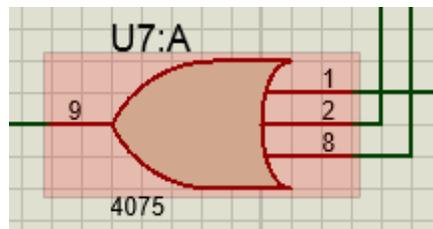


Figura 2.6.5 Lógica con puerta OR.

En el anexo 6 se muestra la tabla de la verdad de la puerta OR con el objetivo de que se comprenda la lógica de su funcionamiento.

2.3.3.1. Cerradura electrónica.

Los cerrojos tradicionales incluyen partes mecánicas que pueden ser manipuladas de varias formas y por esta razón las cerraduras electrónicas han venido a ocupar un lugar destacado en la actualidad y es porque una cerradura electrónica no expone partes que puedan ser violentadas y a que la única forma de abrirla es teniendo las respectivas credenciales de acceso; que en este caso lo constituye el código de acceso. Muchos son los componentes que se le pueden incorporar a un sistema donde uno de sus objetivos fundamentales consista en permitir el paso sólo al personal autorizado. La cerradura

electrónica es uno de estos elementos cuya ventaja radica en que el propietario tendrá la confiabilidad de que cualquier persona no podrá acceder a determinada instalación, armario o caja, debido a que esta se encuentra controlada por un elemento que, teniendo en cuenta la información enviada por el dispositivo de identificación, decide si le permite o no el paso al personal que solicita el acceso.

En la figura 2.7 se muestra la configuración empleada en el sistema propuesto para la cerradura electrónica.

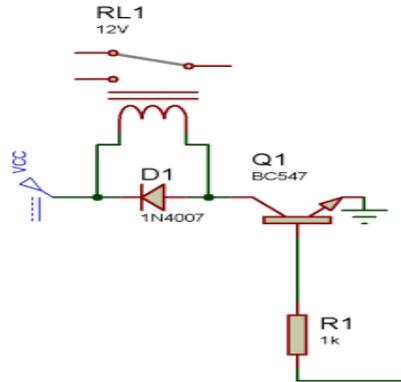


Figura 2.7 Configuración de la cerradura electrónica.

Por cuestiones de seguridad esta va acompañada por un sensor, el cual es el encargado de indicar si la puerta del local correspondiente ha sido forzada. De esta forma se considera como condición inicial del sistema que todas las puertas se encuentren cerradas, en caso de que hayan sido violentadas debe activarse una alarma.

Sensor magnético.

El sensor magnético está compuesto por dos elementos el magneto y el contacto, como se en la figura 2.7.1. Bajo condiciones normales, ambos elementos deben mantenerse juntos, si se llegan a separar, entonces se interrumpe la “condición normal”, y la puerta que ellos protegen, entra en “condición de alarma”.

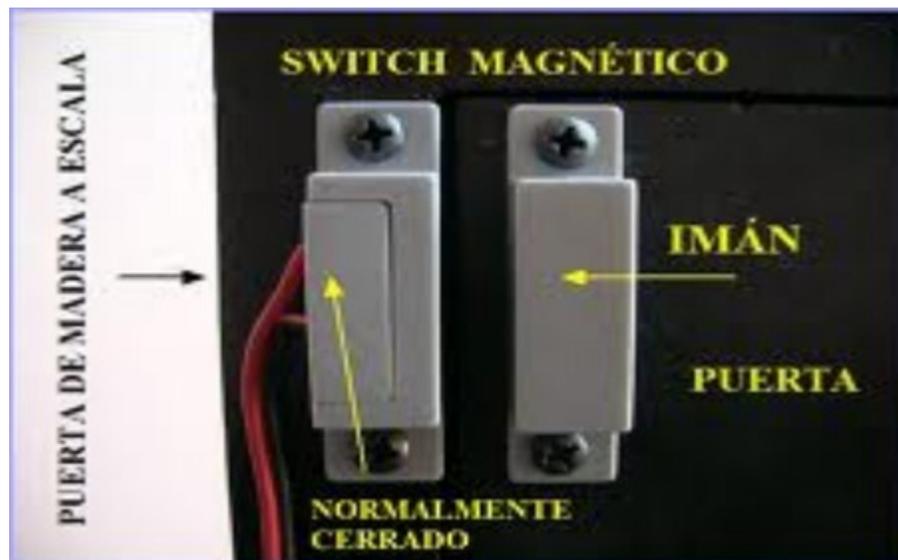


Figura 2.7.1 Instalación de un Sensor Magnético.

El Magneto: Este elemento debe separarse del contacto en el momento de abrir su puerta. Para ello se instala en la esquina superior de la hoja de la misma y en el extremo opuesto a la bisagra; dicha esquina, donde se recomienda se instale el sensor, es parte del extremo de la hoja que se separa primero del marco de la puerta al abrirse; de esta forma, la detección de la apertura se lleva a cabo en su fase más incipiente, cuando ni siquiera el intruso ha ingresado a la misma.

El Contacto: Es el elemento que debe percibir la separación de la hoja de la puerta, para tal fin, debe ser instalado en el marco de la misma, justo frente al magneto, estando la puerta cerrada.

2.3.3.2. Indicadores.

Diodos para la visualización.

Para comodidad del usuario el sistema está diseñado para que en cada una de las puertas haya dos diodos LEDs, como en la figura 2.8. En el sistema se utiliza un diodo para indicar si el código de acceso es correcto y el otro para indicar si es incorrecto.

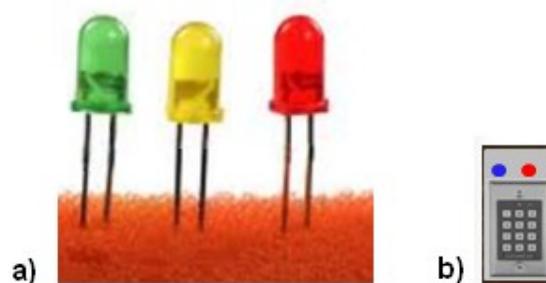


Figura 2.8. Diodos para la visualización.

a) Ejemplos de diodos LEDs, b) Ubicación física en el sistema.

Zumbador:

Es un transductor electroacústico que produce un sonido o zumbido continuo o intermitente de un mismo tono. Sirve como mecanismo de señalización o aviso [3]. Su construcción consta de dos elementos, un electroimán y una lámina metálica de acero. Cuando se acciona, la corriente pasa por la bobina del electroimán se produce un campo magnético variable que hace vibrar la lámina de acero sobre la armadura. Este dispositivo se utiliza con el objetivo de enviar una señal de aviso para indicar que se ha accedido a uno de los locales sin la debida autorización.

2.4. Comunicación RS-232.

El RS-232 es uno de los estándares de la EIA (*Electronics Industry Association*) para la transmisión serie de datos. Este protocolo está diseñado para comunicaciones a una velocidad máxima de 19200 bits/seg a una distancia máxima de 15 metros, esta velocidad es relativamente baja con respecto a las velocidades alcanzables en la comunicación en paralelo; admite además transmisión sincrónica y asincrónica soportando los tres modos de intercambio de información: Simplex, Semiduplex, o Dúplex. El formato de transmisión asincrónica más común es un byte de inicio, 8 bits de datos y un byte de parada. La transmisión/recepción se inicia por el byte menos significativo, el transmisor y el receptor son funcionalmente independientes, pero utilizan el mismo formato de datos y la

velocidad de transmisión. El chequeo de paridad no está habilitado por hardware, pero puede ser implementado por software, utilizando el noveno bits de datos.

Ofrece la función de *auto-Wake-up*, que permite reactivar al microcontrolador al detectar actividad en el terminal de recepción. Para su correcto funcionamiento el primer byte recibido debe ser 00h, además debe considerarse el tiempo de inicialización del oscilador, y el tiempo para configurar correctamente el módulo de transmisión y recepción.

Teniendo en cuenta que un PIC utiliza niveles CMOS es necesario un convertor de niveles. El más utilizado es el circuito integrado MAX232 de *Dallas Semiconductor* mostrado en la figura 2.9, este permite realizar las transformaciones de voltaje CMOS del Microcontrolador a un voltaje de -15V y +15V y viceversa.

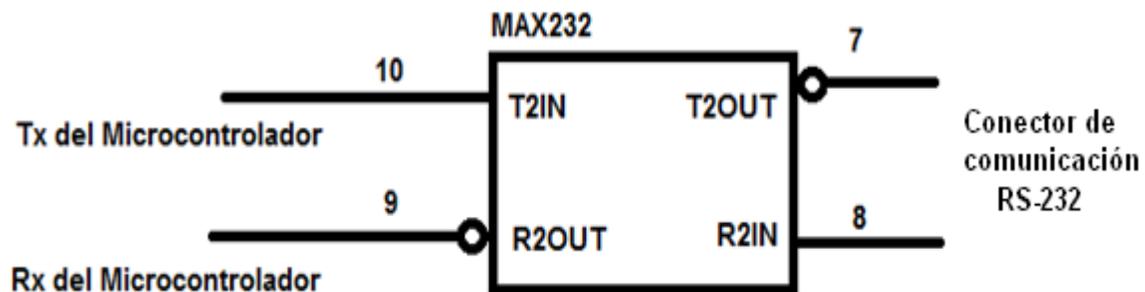


Figura 2.9 Conexión del circuito MAX232.

Para establecer la comunicación entre el MAX232 y el computador se utiliza un conector DB9, como el de la figura 2.9.1, del cual solo se emplean tres de sus terminales: RX, TX y GND.

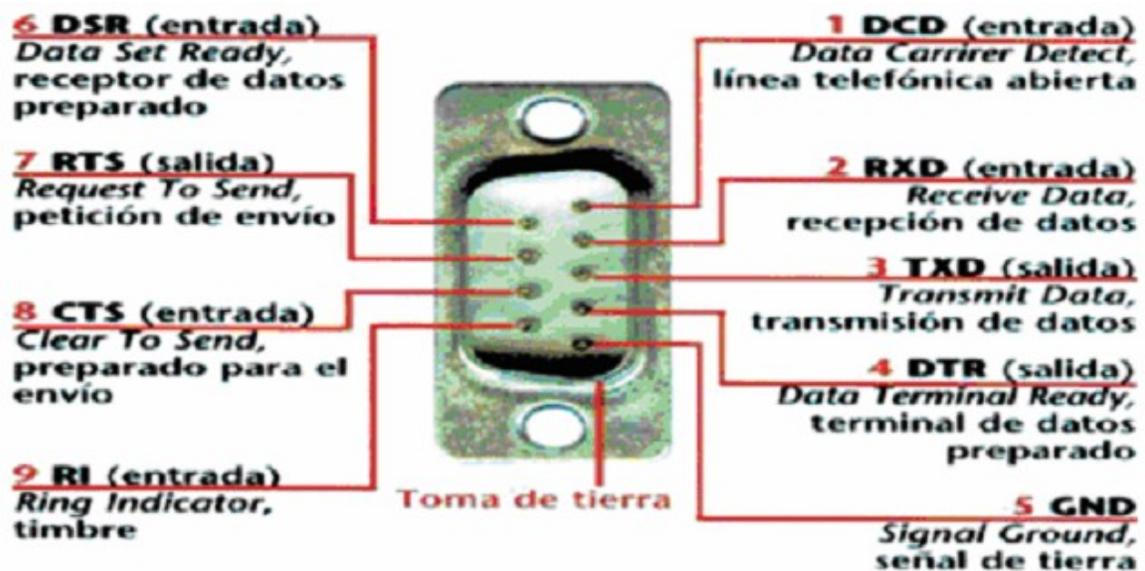


Figura 2.9.1 Descripción de los terminales del conector DB9.

Una de las principales ventajas de la comunicación por protocolo RS-232 es que permite la transmisión full-dúplex.

2.5. Programación del sistema inmótico.

Sin lugar a dudas con el diseño del hardware se logra una parte importante para la confección del sistema, pero es necesario un programa para lograr el funcionamiento del mismo.

Con este objetivo, una vez diseñado y comprobado el circuito electrónico, se procedió a la programación del mismo, mostrándose su diagrama de flujo en la figura 2.10, utilizando para ello el programa profesional MikroC PRO ya explicado con anterioridad.

Teniendo en cuenta que el lenguaje C es un lenguaje de alto nivel, sumamente potente y muy común para programar sistemas con microcontroladores incorporados, que es muy usado en aplicaciones científicas e industriales (industria robótica y cibernética), y que además en la actualidad se utiliza ampliamente en la docencia en muchas universidades e institutos educativos. Se considera como la mejor alternativa para la confección del sistema, sin pasar por alto que la programación de PIC en C se encuentra actualmente en auge en todos los países de Latinoamérica y existe una creciente demanda de información que sugieren a MikroC PRO como uno de los mejores compiladores para el lenguaje C.

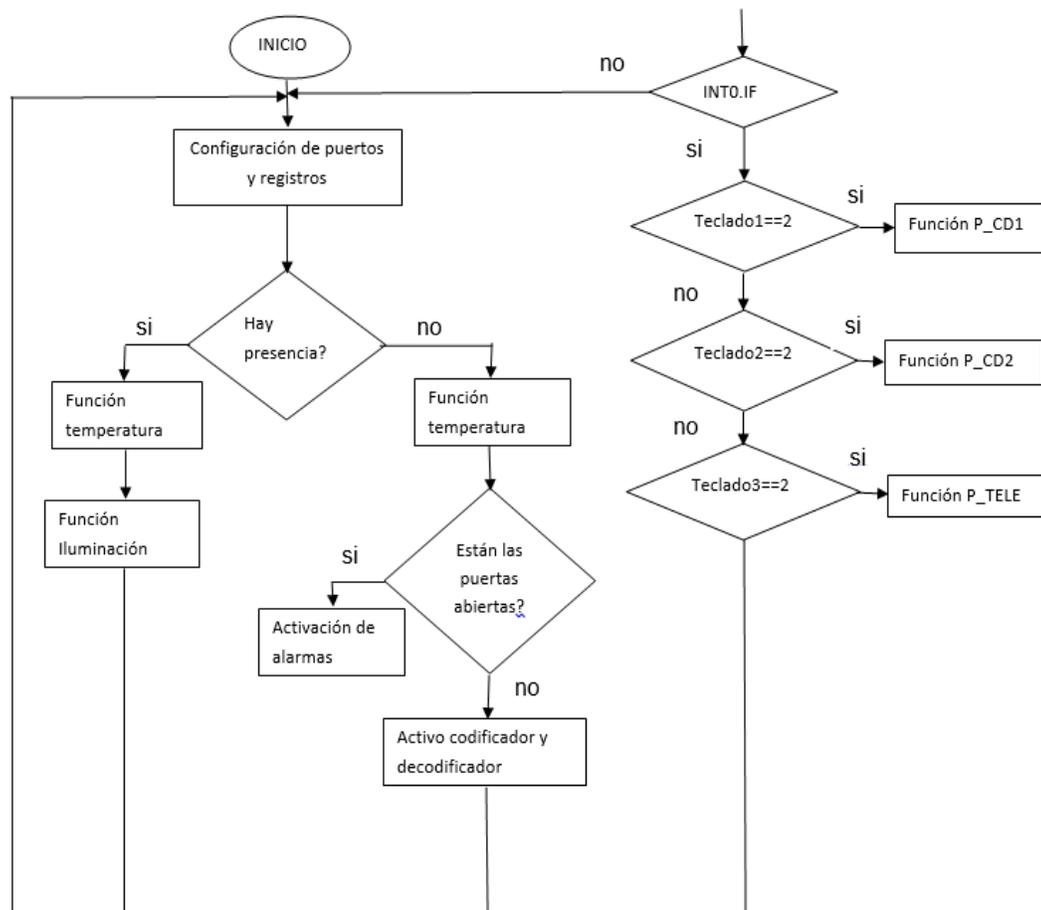


Figura 2.10 Diagrama de flujo de la programación del PIC 16F877.

Luego como resultado de la confección del hardware del sistema automatizado para la realización de los controles de temperatura, iluminación y acceso de personas, se cuenta con la distribución de los pines de cada uno de los puertos del PIC 16F877, lo cual se muestra en la tabla 2.3. El software del

sistema cuenta con una rutina principal (main) mediante la cual se acceden a las diferentes subrutinas que la complementan.

Tabla 2.3 Distribución de pines del PIC 16F877.

	Pines Puerto A	Pines Puerto B	Pines Puerto C	Pines Puerto D	Pines Puerto E
0	Sensor(LM35)	Interrupción	Cerradura P_CD1	Código de teclado	Diodos LED (código incorrecto)
1	Sensor(LM35)	Salida del display	Cerradura P_CD2	Código de teclado	Diodos LEDs (Alarma)
2	Sensor(PIR)	Salida del display	Cerradura P_TELE	Código de teclado	Entrada del display
3	Diodo LED de código correcto	Salida del display	Circuito de potencia	Código de teclado	
4	Alarma del sistema	Salida del display	Entrada de 74HCT139	Entrada de 4532(Q0)	-
5	Sensor(FC)	Entrada del display	Entrada de 74HCT139	Entrada de 4532(Q1)	-
6	OSC2	Habilitar 74HCT139	TX	Salida de aires acondicionados	-
7	OSC1	Habilitar 74HCT139	RX	Salida de aires acondicionados	-

2.6. Recepción y almacenamiento de los códigos de acceso.

El diseño del Sistema Automatizado para el desarrollo del sistema inmótico contiene, además del hardware que muestra la conexión de cada uno de los dispositivos empleados en el diseño y del software responsable del funcionamiento de los mismos, una interfaz que garantiza la recepción y almacenamiento de los códigos de acceso, la temperatura de cada local y el promedio de las mismas así como la intensidad lumínica y la disposición de toda esta información.

Para la realización de esta interfaz se utilizó el LabVIEW debido a las facilidades que brinda para la programación.

LabVIEW es un lenguaje de programación gráfico el cual utiliza iconos en lugar de líneas de texto para crear sus aplicaciones. En contraste con otros lenguajes de programación basados en líneas de texto, en donde las instrucciones determinan la forma de ejecución del programa, además utiliza programación por diagrama a bloques y está totalmente integrado para hacer comunicación con hardware RS-232, RS-485, entre otros.

En la siguiente figura 2.14 podemos observar la pantalla principal de nuestro sistema de control y visualización de temperatura. En dicha pantalla podemos ver el valor actual de temperatura, así como la consigna asignada. También podemos ver de modo visual si el sistema de ventilación está funcionando o está apagado. Por último, nos encontramos tres botones que nos permiten acceder a distintas funciones, como el cambio de consignas, el historial de temperaturas o el reseteo de las contraseñas de fabricante.

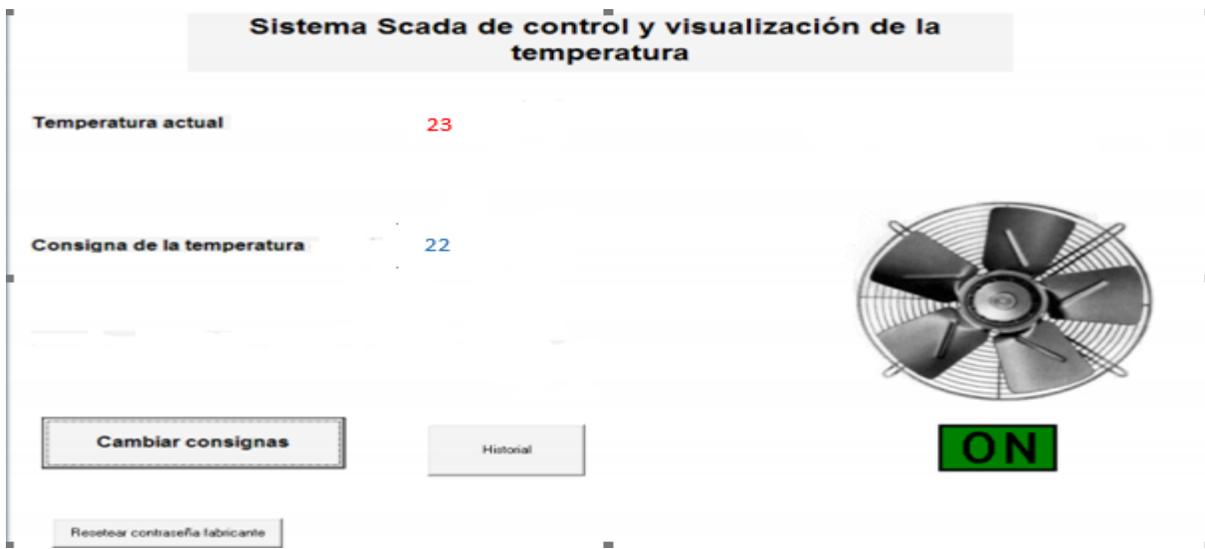


Figura 2.14 Interfaz con LabVIEW que permite visualizar la temperatura.

En los locales interesa poder cambiar los valores de consigna, por si se requiere tener una mayor o menor temperatura, por eso tenemos en la siguiente figura 2.15 la pantalla, en la cual podremos cambiar los valores de consigna.

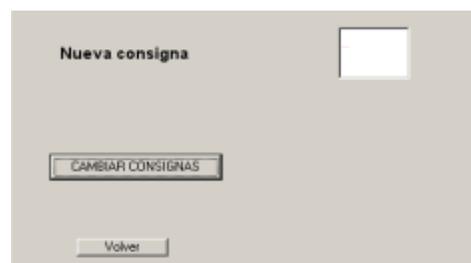


Figura 2.15 Cambio de consigna a través del LabVIEW.

Por último, se ha añadido la opción de crear un historial de temperaturas, para así poder realizar estudios o simplemente para poder visualizar la temperatura que hemos tenido anteriormente. Esta opción se elige desde el menú principal haciendo clic en Historial quedando como se muestra en la figura 2.16.



Figura 2.16 Ventana del Historial.

En la pantalla Historial podemos elegir cada cuanto tiempo queremos guardar los valores de temperatura; en el ejemplo vamos a realizar las lecturas cada minuto. Al hacer clic en Mostrar Gráfica, se nos abrirá un archivo Excel en el cual podremos ver la lista de valores capturados y observar la gráfica de nuestras temperaturas, como lo muestra la figura 2.17.

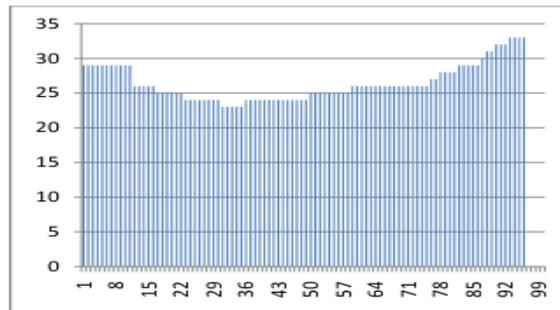


Figura 2.17 Gráfica de Historial.

En la siguiente figura 2.18 se muestra la interfaz con LabVIEW para ver el estado de la bombilla cuando estemos trabajando en modo manual o en el modo automático.

En la siguiente imagen podemos ver como en el modo automático, actualmente la bombilla esta al 0% lo que significa que no está encendida la lámpara y que no tenemos presencia en el local.



Figura 2.18 Interfaz del estado de la iluminación.

2.7. Valoración económica.

Los diversos componentes utilizados en el diseño electrónico propuesto no son realmente caros. Lo que más encarece la inversión es el trabajo de un especialista en el diseño y la programación de todo el sistema de control de inmótico. En la tabla 2.3 se muestra el costo total de los componentes y el costo total.

Tabla 2.3 Costo de los componentes.

Componente	Cantidad	Precio por unidad	Precio total		
R 1k	14	0.04 USD	0.48 USD		
C 33n	5	0.10 USD	0.50 USD		
C 330n	3	0.90 USD	2.7 USD		
C 2200u	1	1.05 USD	1.05 USD		
C 10n	3	0.90 USD	2.7 USD		
D 1N4004	3	0.18 USD	0.54 USD		
T BC547	5	0.14 USD	0.70 USD		
Relay	3	0.50 USD	1.50 USD		
LEDs	6	0.16 USD	0.96 USD		
CI 74C922	3	0.10 USD	0.30 USD		
CI 4532	1	0.39 USD	0.39 USD		
CI 74HCT139	1	3.08 USD	3.08 USD		
CI PIC 16F877	1	9.00 USD	9.00 USD		
Teclado matricial	3	2.00 USD	6.00USD		
Cable con conector DB9	1	3.71 USD	3.71 USD		
MAX32	1	4.00 USD	4.00 USD		
Indicador sonoro	1	2.60 USD	2.60 USD		
Display LM016L	1	26.40 USD	26.40 USD		
Sensor LM35DZ	2	21.55 USD	43.10 USD		
Sensor PIR	2	22.45 USD	44.90 USD		
Opto acoplador	2	10.25 USD	20.50 USD		
Triac	2	0.56 USD	1.12 USD		
Bridge	1	0.40 USD	0.40 USD		
CI 7812	1	0.15 USD	0.15 USD		
CI 7805	1	0.13 USD	0.13 USD		
Transformador 220V	1	3.45 USD	3.45 USD		
Lámpara	2	0.05 USD	0.10 USD		
Cable	100 metros	14.00 USD	14.00 USD		
Sensor	3	2.69 USD	8.07 USD		
TOTAL	-		202.57 USD		
Mano de obra					
No.	Descripción	Cantidad	Salario Mensual (USD)	Mes/Trab	Importe
1	Ingeniero	1	24	3	72.00
Costo Total del Sistema					274.57 USD

2.8. Valoración medioambiental.

El sistema propuesto brinda gran nivel de seguridad medioambiental, ya que no presenta ninguna fuente de peligro al medioambiente, debido a que los circuitos electrónicos y los componentes que lo conforman manejan corrientes y voltajes muy pequeños, lo que resulta no perjudicial para el medio que

lo rodea. Por otro lado con el diseño que se propone, se logra tener seguridad y protección en el personal que acceda a los locales pues no estarán expuestos a los diferentes circuitos eléctricos y de comunicaciones del sistema.

Conclusiones parciales del capítulo:

- ✚ Se realizó el diseño del hardware del Sistema Automatizado para el Sistema de Control Inmótico.
- ✚ El diseño y la simulación del Sistema Inmótico mediante la programación del PIC 16F877 permitió definir tres lazos de control: temperatura, acceso e intensidad lumínica interior.
- ✚ Se utilizó el LabVIEW para la recepción y almacenamiento de los códigos de las personas que accedieron a los locales protegidos y para la realización de una interfaz que brinde esta información solamente al personal autorizado.

Conclusiones generales.

- ✚ La caracterización teórica e histórica del Microcontrolador PIC16F877 permitió demostrar las ventajas que presenta el mismo para ser utilizado con fines docentes.
- ✚ El estudio de las características de las diferentes variables a controlar permitió definir los sensores y actuadores a utilizar, así como su ubicación dentro de los locales.
- ✚ El diseño y la simulación del Sistema Inmótico permitió definir tres lazos de control: temperatura, acceso e intensidad lumínica interior.
- ✚ Se realizó la transmisión serie RS-232 para el almacenamiento de los códigos de las personas que accedieron a los locales protegidos, además de los valores de temperatura y luminosidad interior.
- ✚ En la propuesta del diseño del hardware del Sistema Inmótico se utilizó el PROTEUS, y para la implementación del software se empleó el MikroC.
- ✚ Se utilizó el LabVIEW para la recepción y almacenamiento de los códigos de las personas que accedieron a los locales, temperatura e intensidad lumínica en los mismos.

Recomendaciones.

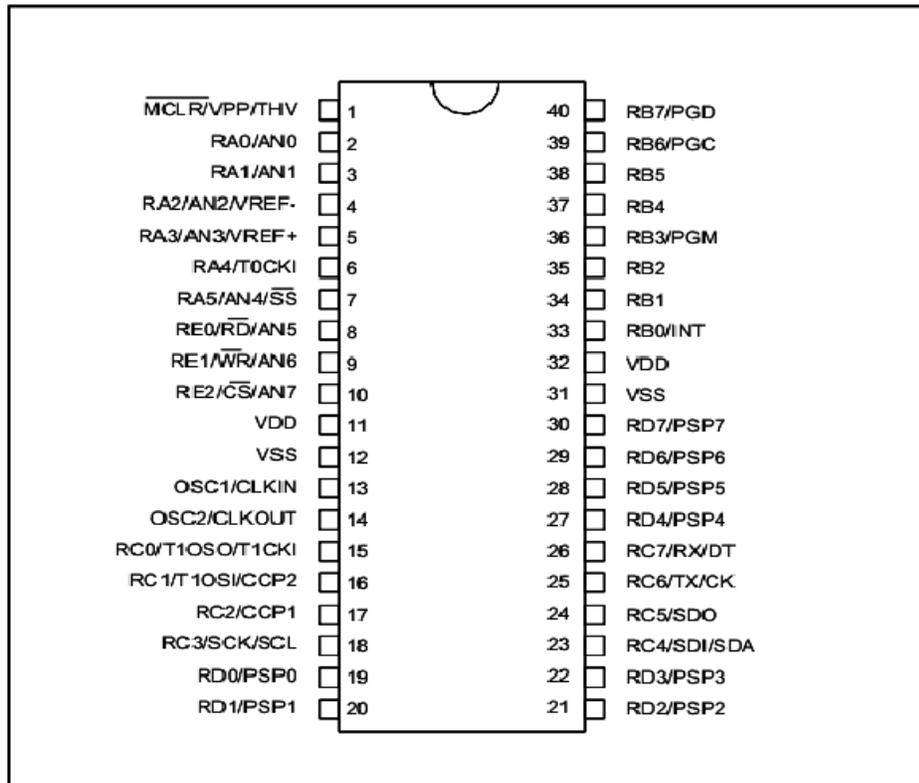
- ✚ Implementación del diseño propuesto en el edificio técnico de la OICC de la Delegación Provincial del MININT de la provincia Las Tunas.
- ✚ Escoger para su implementación otro Microcontrolador, si es posible de gama alta que garantice una mayor ampliación del sistema.
- ✚ Realizar un control de iluminación teniendo en cuenta la implementación de sensores de luminosidad exteriores e interiores a la instalación.
- ✚ Cambiar el sistema de iluminación actual por otros que garanticen un mejor aprovechamiento de la misma y un menor consumo eléctrico.
- ✚ Realizar el diseño e implementación de un sistema de protección por ausencia para el cuidado de los equipos.
- ✚ Realizar un control de luz para el encendido y apagado de las luces exteriores.

Bibliografía.

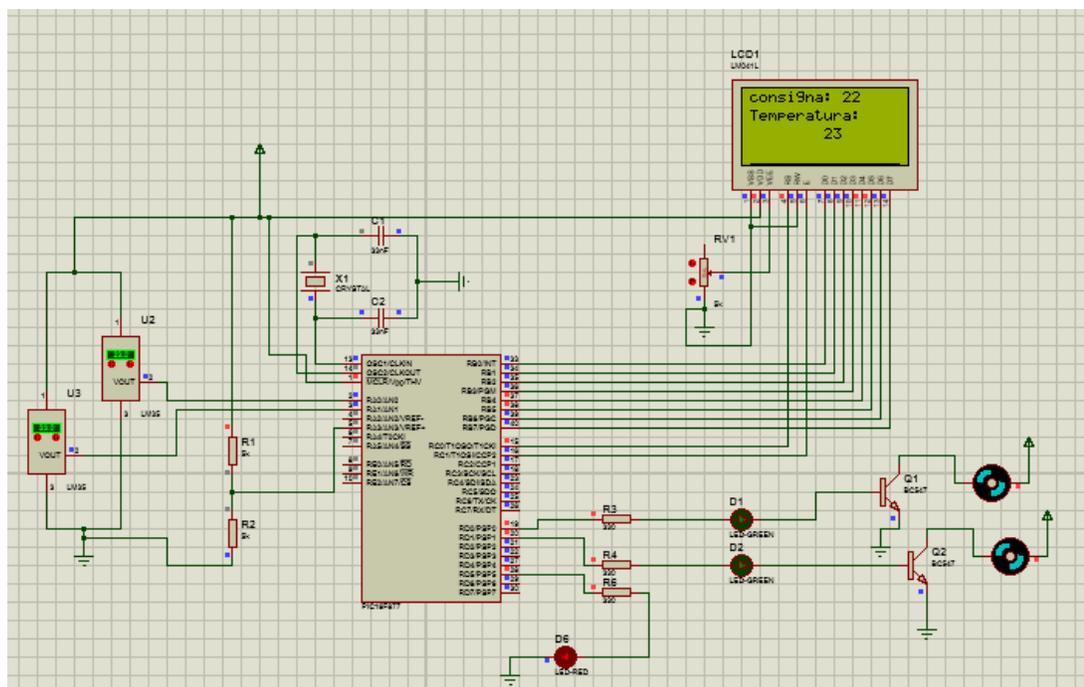
1. Armas. D. M (2010). Diseño de un sistema de Supervisión de parámetros del Centro de Investigación Y Desarrollo de las Tecnologías Especiales. Tesis en opción al Título de Ingeniero en Automática. Facultad de Ingeniería Eléctrica. CUJAE. Ciudad Habana. Cuba.
2. Clavijo. J. R. P (2011). Diseño y simulación de sistemas microcontroladores en lenguaje C. Ingeniero electrónico egresado de la universidad Manuela Beltrán. Bogotá. Colombia.
3. Cobos. M. J. F., Loayza. A.A.I., Garay. F. A. C (2006). Diseño Inmótico para ahorro energético, seguridad y control de las instalaciones para el nuevo edificio de la FIEC. Tesis de Grado previo a la obtención del Título de Ingeniero en electrónica y Telecomunicaciones. Escuela Superior Politécnica Del Litoral. Facultad De Ingeniería En Eléctrica Y Computación. Guayaquil. Ecuador.
4. Hechavarría. I.A.A (2014). Diseño e implementación de un distribuidor automático de energía eléctrica utilizando Microcontroladores PIC. Tesis en opción al Título de Ingeniero en Automática. Facultad de Ingeniería Eléctrica. Universidad de Oriente. Santiago de Cuba. Cuba.
5. Jiménez. M. F (2013). Diseño de un Sistema Automatizado para el Control de Acceso de Personas. Tesis en opción al Título de Ingeniero en Automática. Facultad de Ingeniería Eléctrica. Universidad de Oriente. Santiago de Cuba. Cuba.
6. Manzanares. M. B (2011). Sistema de gestión domótica de una vivienda. PFC presentado para optar al Título de Ingeniero Técnico Industrial en Electrónica Industrial. Departamento de Ingeniería Electrónica. Universidad Politécnica de Catalunya. Barcelona. España.
7. Ramírez. J. G (2014). Diseño de un sistema inmótico en el Hotel Club Amigo Marea del Portillo en Pilón, Granma. Tesis en opción al Título de Ingeniero en Automática. Facultad de Ingeniería Eléctrica. Universidad de Oriente. Santiago de Cuba. Cuba.
8. Sánchez. S.D.V, González. P. V. L (2014). Automatización del Sistema de Iluminación de la Facultad de Ciencias y Tecnología. Trabajo Final de Grado para obtener el título de Licenciatura en Electrónica. Universidad Nacional de Itapúa. Facultad de Ciencias y Tecnología. Encarnación. Itapúa.
9. DOMODESK. (2015). A Fondo Inmótica. <http://www.domodesk.com>.
10. DOMODESK (2015). Buses y Protocolos en Domótica e Inmótica. <http://www.domodesk.com>.
11. López V., Vergara. R. (2015). Ventajas de la Inmótica <http://www.sidco.cl/inmotica.html>.
12. DOMODESK. (2014). Generalidades2. <http://www.domodesk.com>

Anexos.

Anexo 1. Distribución de pines del microcontrolador.



Anexo 2. Esquema eléctrico del sistema de control de temperatura.



Anexo 3. Tabla de la verdad del codificador para teclados MM74C922.

Teclas	D	C	B	A	HEX
1	0	0	0	0	00h
2	0	0	0	1	01h
3	0	0	1	0	02h
4	0	1	0	0	04h
5	0	1	0	1	05h
6	0	1	1	0	06h
7	1	0	0	0	08h
8	1	0	0	1	09h
9	1	0	1	0	0Ah
*	1	1	0	0	0Ch
0	1	1	0	1	0Dh
#	1	1	1	0	0Eh

Anexo 4. Tabla de la verdad del decodificador 74HC139.

Entradas			Salidas			
\bar{G}	B	A	\bar{Y}_0	\bar{Y}_1	\bar{Y}_2	\bar{Y}_3
H	X	X	H	H	H	H
L	L	L	L	H	H	H
L	L	H	H	L	H	H
L	H	L	H	H	L	H
L	H	H	H	H	H	L

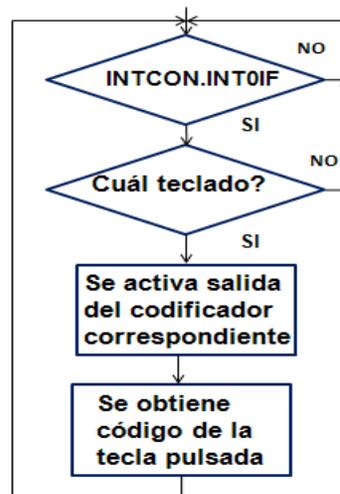
Anexo 5. Tabla de la verdad del CI 4532.

Entradas									Salidas				
E ₁	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	GS	Q2	Q1	Q0	E ₀
0	X	X	X	X	X	X	X	X	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1	1	X	X	X	X	X	X	X	1	1	1	0	0
1	0	1	X	X	X	X	X	X	1	1	1	1	0
1	0	0	1	X	X	X	X	X	1	1	0	0	0
1	0	0	0	1	X	X	X	X	1	1	0	1	0
1	0	0	0	0	1	X	X	X	1	0	1	1	0
1	0	0	0	0	0	1	X	X	1	0	1	0	0
1	0	0	0	0	0	0	1	X	1	0	0	1	0
1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0

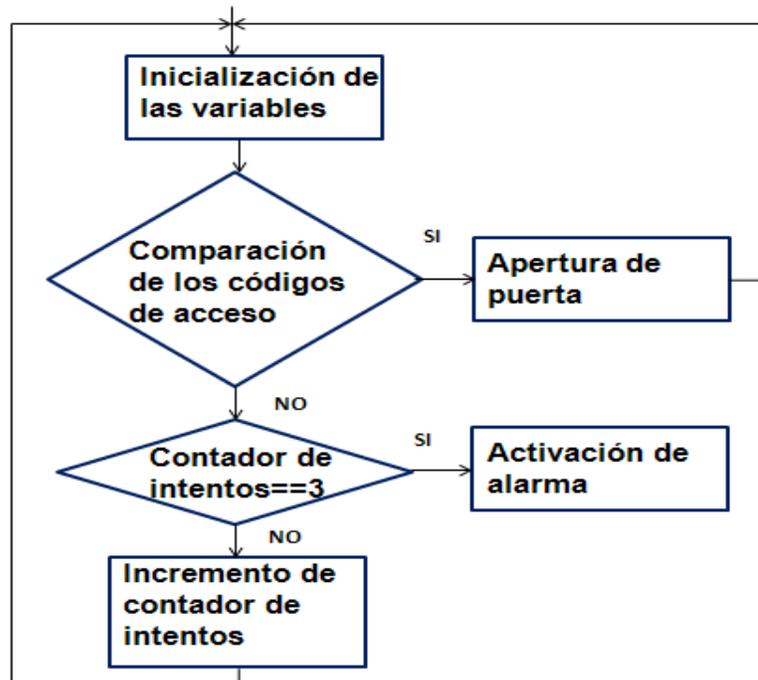
Anexo 6. Tabla de la verdad de la puerta OR.

A	B	Y
1	X	1
X	1	1
0	0	0

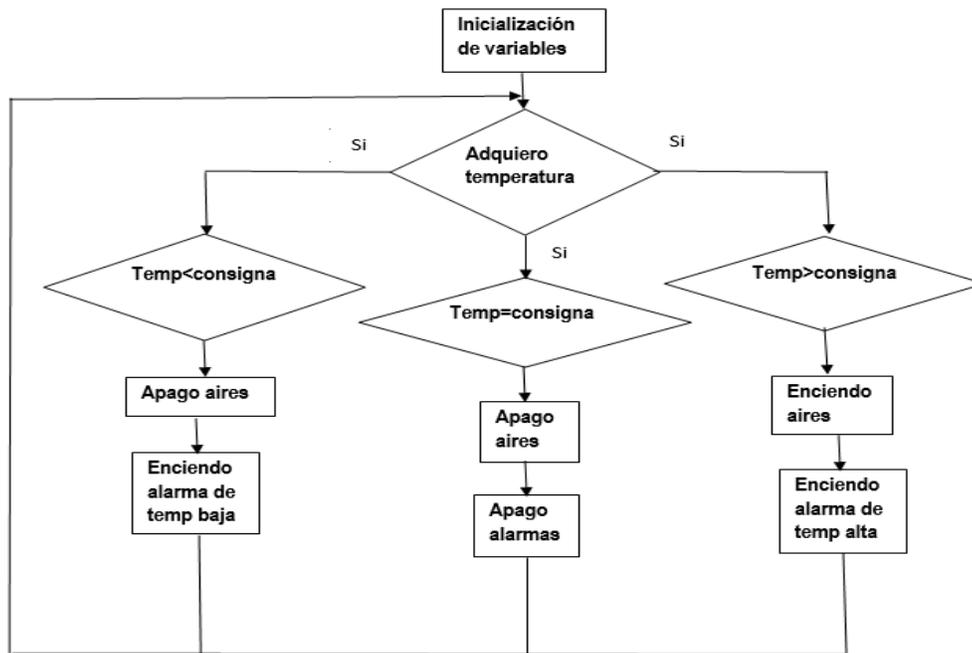
Anexo 7. Rutina de atención a la interrupción.



Anexo 8. Subrutina de atención a las puertas (p_cd1, p_cd2, p_tele)



Anexo 9. Subrutina de control de temperatura.



Anexo 10. Hardware del sistema inmótico.

