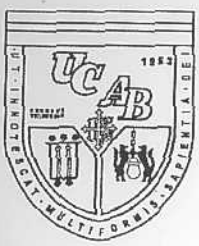


UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIONES

Estudio y diseño de un sistema inmótico para su aplicación en el Edificio de Laboratorios de la Universidad Católica Andrés Bello.

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

presentado ante la

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

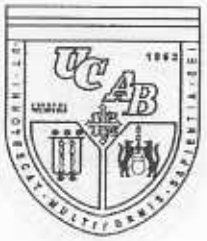
como parte de los requisitos para optar al título de

INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES

REALIZADO POR Carlos Emilio Porras Pacheco

PROFESOR GUIA Ing. María Gabriela Rodríguez

FECHA Caracas, febrero de 2012.



UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIONES

Estudio y diseño de un sistema inmótico para su aplicación en el Edificio de Laboratorios de la Universidad Católica Andrés Bello.

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

presentado ante la

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

como parte de los requisitos para optar al título de

INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES

REALIZADO POR Carlos Emilio Porras Pacheco

PROFESOR GUIA Ing. María Gabriela Rodríguez

FECHA Caracas, febrero de 2012.

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIONES

Estudio y diseño de un sistema inmótico para su aplicación en el Edificio de Laboratorios de la Universidad Católica Andrés Bello.

Este Jurado; una vez realizado el examen del presente trabajo ha evaluado su contenido con el resultado: Veinte (20) ptos.

J U R A D O E X A M I N A D O R

Firma:	Firma:	Firma:
Nombre: Ma. Gabriela Rodríguez B.	Nombre: Carolina Rodríguez Hevia	Nombre: Mª Cristi Stefanelli

REALIZADO POR Carlos Emilio Porras Pacheco

PROFESOR GUIA Ing. María Gabriela Rodríguez

FECHA Caracas, febrero de 2012.

Resumen

"Estudio y diseño de un sistema inmótico para su aplicación en el Edificio de Laboratorios de la Universidad Católica Andrés Bello."

Autor: Carlos Emilio Porras Pacheco

Tutor: Ing. María Gabriela Rodríguez

Caracas, febrero 2012.

El hombre siempre se ha visto en la necesidad de desarrollar nuevas técnicas y aplicaciones en la tecnología para lograr satisfacer sus necesidades. Para esto ha sido imprescindible el aprovechamiento del fenómeno natural de la electricidad. Tanto así, que se ha adoptado un estilo de vida dependiente de ella, que ha traído como consecuencia una gran demanda del servicio eléctrico, haciéndose valer de procesos que contaminan al ambiente con tal de satisfacerla. Con el mismo desarrollo de la tecnología surge el concepto de la domótica, en el que se aplican diferentes tecnologías en un mismo sistema que integra varios servicios, algunos de aspectos técnicos como gestión del consumo de energía y detección de fallas, otros dirigidos al usuario, como seguridad, confort, comunicaciones y otras más. Con la domótica se ha logrado también reducir el impacto ambiental como beneficio adicional, gestionando eficientemente el consumo de recursos energéticos.

En este Trabajo Especial de Grado se estudia el tema de la domótica y se desarrolla el diseño de un sistema de automatización para el Edificio de Laboratorios de la Universidad Católica Andrés Bello, para lo cual se partió de la descripción de las instalaciones, sus características, y de las actividades que se desarrollan en él, para determinar los parámetros a gestionar y la mejor configuración del sistema. Se desarrolló la propuesta del hardware y software para cubrir los requerimientos técnicos como control de iluminación o detección de movimiento, y de los cuales se creó un prototipo para observar su funcionamiento.

Con el cumplimento de los objetivos planteados, se obtuvieron las especificaciones de un diseño y la información pertinente que conforman el punto de partida para desarrollar una gran cantidad de proyectos técnicos y académicos.

Palabras claves: Domótica, automatización, microcontroladores, energía, sensores.

Dedicatoria

A mi madre Blanca, a mi padre Alirio y a mi hermana Emily.

A mi tío Carlos.

A mis abuelos: Blanca, Emilio y Dámaso.

Al resto de mi familia, los que están y los que ya no.

A Tomy; a Chiqui.

A Isabel y Roxana, mis pilares,

¡La verdadera amistad existe!

A los hombres que se preguntaron ¿Para qué?, ¿Por qué?, ¿Qué tal si?, y que contribuyeron con una o más páginas del *Libro de los Conocimientos*.

A Dios.

Agradecimientos

En la caratula de este Trabajo Especial de Grado está escrito "Realizado por:" y seguidamente mi nombre pero la verdad sea dicha, no lo hice solo; junto a mí y detrás de este trabajo hay un extraordinario grupo de personas, sin las cuales no lo habría podido lograr.

Comenzaré agradeciendo a las personas que me brindaron tanta y tan valiosa información para la realización del trabajo como fueron los ingenieros Alfredo Gorrochotegui, Vincenzo Bonadio y Jacinto Pazo.

Continuare con **mi familia**. Gracias por su enseñanzas, sus valores, sus regaños, su apoyo y sus 'peros'. Gracias por hacerme quien soy. Las palabras no son suficientes para agradecerles.

Continuare con otra familia que no sabía que tenía y que encontré "después de facultad", en el Centro de Investigación y Desarrollo de Ingeniería. Al Ing. **Alirio Villanueva**, quien al toparse con mi frecuencia, me teletransportó a bordo de la U.S.S. CIDI y desde entonces ha sido mucho más que un profesor y un X.O., ha sido un verdadero amigo; Al Ing. **Maximiliano Guinta**, quien me confió el significado del universo, la vida y todo lo demás; Al PhD **Henry Gasparin**, quien ha sido un grandioso A.L. y un Capitán insuperable para esta nave intergaláctica de investigación y simulación; A la prof. **Neveska Rodriguez**, quien me ha brindado un enorme apoyo y se leyó, releyó y volvió a leer mi tesis, incluso durante sus vacaciones, para acabar con mi quijotesca redacción. A **Libna Chang**, quien desde la primera vez que entre al CIDI hasta hoy me ha apoyado una tras otra vez; Al Ing. **Ulises Lacoa**; por una de esas amistades como ninguna otra. A **Luis Laya**, un excelente amigo, hermano perdido y compañero de misiones, otra de esas amistades como ninguna. A **Luisa Romero** por tantos abrazos en contra de mi voluntad. A **Cirlymar Flores**, de quien no sospechaba en aquel sueño, en el que la vi como mi compañera de pasantías, que se convertiría en tan buena amiga; y al resto de las personas que conforman el CIDI, los que se fueron, los que llegaron y los que son, quienes hacen el trabajo muy ameno y con quienes es maravilloso compartir a diario.

Ahora, a esas personas quienes me acompañaron, me empujaron algunas veces o me toco empujar otras, y gracias a eso llegamos todos a esta cima: A la Ing. **Luz Marina Planchart Gómez**, por una hermosa amistad y por ser quien me enseño a utilizar el poder del anillo de Linterna Verde. A las ingenieras **Nathalia Galúe** y **Alejandra Páez**, mi dúo dinámico, por su amistad. A **Abelis Salazar**. Por tantas cosas que mencionarlas tomaría un tomo aparte. A **Venuska González Canino**, quien cumplió el trabajo de ser mi conciencia al más puro estilo de "Pepito Grillo" durante la realización de este trabajo y además de una muy bueno amiga. A **Erika Galaviz**, **Juhilmar Salvatierra**, **Yeberlin De Lira**, **Amanda Leañez**, **Christofer Mijares**, **Christian Carro**, **Josmar Salinas** y al resto del grandioso grupo de amigos que he tenido a lo largo de la carrera, los que se fueron, los que llegaron y los que continúan.

A **Roxana José Lara Carvajal**, mi Benavides particular en esta tesis. Gracias por tu amistad incondicional, por estar conmigo en las buenas pero sobre todo en las malas, por tu constante apoyo y por tantos *Angry Birds* jugados. A **Isabel Cristina Marrero Pérez**, no alcanzan las palabras para expresarte lo importante que es tu amistad para mí, una amistad tallada en oro. En las buenas y en las muy malas literalmente. Por tantos "Juuum". Si a alguien le debo algo, es a ti. Sin ti no lo hubiese logrado. **Isa y Rox:** ¡Gracias! por aprender domótica, por revisar circuitos, por comprar componentes, por leer y por tanto más.... estuvieron conmigo en todo momento, incluso cuando ni yo mismo me soportaba. Sus nombres deberían salir en la portada de este trabajo junto al mío. *#ForeverInLoveWithUGirls*

Por último agradeceré a mi tutora, la Ing. **María Gabriela Rodríguez**. Asumí grandes y difíciles retos en este momento de mi vida, y ella me brindo toda su experiencia y conocimientos para lograrlos. Me brindo su tiempo siempre que lo necesite y su apoyo en los momentos que se puso todo como color de hormiga. Sin su guía y su paciencia esto no hubiese sido posible.

A todos, gracias totales.

Carlos Emilio Porras Pacheco.

...and ¡ENGAGE!

Índice de contenido

Capítulo I: Planteamiento del problema 3

I.1 Antecedentes al problema: Acerca de la electricidad, el medio ambiente y la domótica. 3

I.2 Planteamiento del problema 6

I.3 Objetivos del proyecto 8

I.3.1 Objetivo General 8

I.3.2 Objetivos Específicos 8

I.4 Alcances y limitaciones del proyecto 9

I.4.1 Alcances 9

I.4.2 Limitaciones 10

I.5 Justificación del proyecto 10

Capítulo II: Marco Teórico 12

II.1 Introducción 12

II.2 Fundamentos teóricos 12

II.2.1 Edificios Inteligentes 12

II.2.1.1 Ejemplos de edificios inteligentes 13

II.2.2 Enfoques en el uso general de los sistemas de automatización.....18

II.2.4 Domótica 19

II.2.4.1 Características de la domótica 20

II.2.4.2 Aplicaciones de la domótica 21

II.2.4.3 Elementos básicos de un sistema domótico 23

II.2.4.4 Esquema de un sistema domótico 26

II.2.4.5 Estándares y sistemas comerciales para domótica 31

II.2.4.6 Estudios y publicaciones sobre la domótica y su uso 34

II.2.4.7 Normativa y estandarización en la domótica e inmótica 37

II.3 Temática específica al proyecto 38

II.3.1 Microcontroladores 39

II.3.2 Lenguaje de programación *Assembler* 39

II.3.3 Entorno de programación MPLAB 39

II.3.4 Programador PICkit2 40

II.3.5 Proteus Professional 40

II.3.6 Lenguaje de programación Java 40

II.3.7 Entorno de programación NetBeans 40

Capítulo III: Metodologia y Desarrollo 41

III.1 Metodología 41

III.2 Desarrollo 44

III.2.1 Investigación 45

III.2.2 Descripción del estado del edificio de laboratorios 46

III.2.2.1 Arquitectura del edificio de laboratorios 47

III.2.2.2 Distribución interna del edificio de laboratorios 47

III.2.2.3 Suministro y consumo energético en el edif. de laboratorios 52

III.2.2.4 Actividades que se realizan en el edificio de laboratorios 55

III.2.3 Antecedentes del proyecto.....58

III.2.3.1 Proyecto de automatización de salones..... 58

III.2.3.2 Proyecto de sistema de acceso a los salones con la TAI..... 59

III.2.3.3 Proyecto de sistema anti-incendios. 60

III.2.3.4 TEG: "Diseño de un sistema de control domótico inalámbrico usando la red telefónica"[27] 60

III.2.3.5 TEG: "Diseño e implementación de un sistema domótico de manejo remoto utilizando internet y tecnología celular"[28]..... 60

III.2.4 Determinación de parámetros a controlar con el sistema inmótico...61

III.2.5 Diseño del sistema inmótico.....62

III.2.5.1 Criterio de diseño para el sistema inmótico..... 62

III.2.5.2 Esquema general del sistema inmótico 64

III.2.5.3 Estructura y elementos del sistema inmótico..... 67

III.2.5.4 Selección de componentes para los circuitos..... 71

III.2.5.5 Diseño de los circuitos 74

III.2.5.6 Diseño del software de control 78

III.2.5.7 Documentación del sistema 85

III.2.6 Prototipo del sistema.....86

III.2.6.1 Montaje del prototipo del hardware diseñado.....86

III.2.7 Simulación del sistema inmótico.....88

III.2.8 Estimación de beneficios esperados en cuanto al consumo eléctrico con el sistema inmótico.....91

III.2.9 Presupuesto estimado del proyecto.....95

III.2.10 Escalabilidad del proyecto.....100

Capítulo IV: Resultados.....102

IV.1 Referente al primer objetivo específico: Análisis de información y evaluación de otros proyectos planteados.....102

IV.2 Referente a los objetivos específicos del nro.2 al nro.5.....105

IV.3 Referente al sexto objetivo específico: Simulación del sistema.....106

IV.4 Referente al séptimo objetivo específico: Estimar los beneficios esperados del sistema en cuanto al consumo eléctrico.....106

Capítulo V: Conclusiones y Recomendaciones.....108

V.1 Conclusiones.....108

V.2 Recomendaciones.....111

Referencias.....1

Índice de Tablas

Tabla II-1 – Estándares y sistemas comerciales 32

Tabla III-1 – Relación de objetivos, actividades y productos. 42

Tabla III-2 - Tipos de instalaciones y áreas en el edificio de laboratorios 47

Tabla III-3 - Distribución interna de espacios en el edificio de Laboratorios: PB. 48

Tabla III-4 - Distribución interna de espacios en el edificio de Laboratorios: P1. 49

Tabla III-5 - Distribución interna de espacios en el edificio de Laboratorios: P2. 50

Tabla III-6 – Totalización de instalaciones por tipos en el edificio de laboratorios. 51

Tabla III-7 – Dispositivos requeridos para los parámetros gestionados. 66

Tabla III-8 – Componentes seleccionados 73

Tabla III-9 – Ajuste de cálculos para estimación de beneficios eléctricos 94

Tabla III-10 – Costo de construcción del prototipo de un nodo de traducción. 96

Tabla III-11 - Costo de construcción del prototipo de un nodo de punto. 96

Tabla III-12 - Costo de construcción de un nodo de concentración. 97

Tabla III-13 - Costo de construcción del prototipo de un nodo NADA..... 98

Tabla III-14 – Presupuesto estimado del sistema..... 100

Índice de Figuras

Figura II.1 - Rascacielos gemelos de Paris. 14

Figura II.2 – Catedral de Munich en Alemania 15

Figura II.3 – Estación de ferrocarriles en Frankfurt. 16

Figura II.4 – Edificio Agbar, Sociedad General de Aguas de Barcelona 16

Figura II.5 – Edificio Ciudad Banesco. 17

Figura II.6 – Edificio Caracas Teleport 18

Figura II.7 – Automatización y control del hogar digital. 23

Figura II.8 – Esquema de los elementos básicos de un sistema domótico. 26

Figura II.9 Topología en estrella 26

Figura II.10 Topología en estrella 26

Figura II.13 – Diagrama de bloques de una arquitectura centralizada. 27

Figura II.11 Topología en bus 27

Figura II.12 Topología en bus 27

Figura II.14 - Diagrama de bloques de una arquitectura descentralizada. 28

Figura II.15 - Diagrama de bloques de una arquitectura distribuida. 28

Figura III.1 - Esquema metodológico 42

Figura III.2 – Esquema del desarrollo del proyecto. 44

Figura III.3 – Fases del proyecto domótico 45

Figura III.4 – Porcentajes de consumo por área y por tipo de consumo 53

Figura III.5 – Esquema general de un sistema de automatización. 64

Figura III.6 – Esquema del diseño propuesto 68

Figura III.7 – Componentes seleccionados 72

Figura III.8 – Sensor de movimiento seleccionado 72

Figura III.9 – Relación de etapas en los circuitos 74

Figura III.10 – Fuente de alimentación – Diagrama del circuito diseñado 74

Figura III.11 – Nodo de traducción – Diagrama del circuito de operación 76

Figura III.12 - Nodo de punto – Diagrama del circuito de operación 77

Figura III.13 – Diagrama de flujo del software del nodo NOT 81

Figura III.14 - Diagrama de flujo del software del nodo NOC 82

Figura III.15 - Diagrama de flujo del software del nodo NOP 83

Figura III.16 - Diagrama de flujo del software de la computadora. 84

Figura III.17 – Fuente de alimentación – Versión final del montaje 86

Figura III.18 – Nodo de punto – Versión de prueba del montaje 87

Figura III.19 - Nodo de traducción – Versión de prueba del montaje 87

Figura III.20 - Diagrama eléctrico del circuito de prueba 88

Figura III.21 – Montaje del circuito eléctrico de prueba 89

Figura III.22 - Maqueta con el circuito eléctrico de prueba 89

Figura III.23 – Diagrama de conexión del circuito de prueba con el NOP 91

Figura III.24 – Cálculos energéticos del Edificio de Laboratorio 92

Figura III.25 – Planos del edificio como referencia de ubicación de los nodos 100

Apéndices

Los apéndices se encuentran en el CD entregado junto a este tomo.

Apéndice1 – Manual del Usuario

Apéndice 2 – Manual del Instalador

Anexos

Los anexos se encuentran en el CD entregado junto a este tomo.

Anexo 1 – Fotografías (exterior) del Edificio de Laboratorios

Anexo 2 – Modelo 3D del Edificio de Laboratorios

Anexo 3 – Planos del Edificio de Laboratorios

Anexo 4 – Fotografías (interior) del Edificio de Laboratorios

Introducción

En el estilo de vida actual, el hombre se encuentra rodeado por tecnología: la iluminación artificial, la computación, la telefónica celular y un sinfín de otras aplicaciones, y todas ellas funcionan gracias al aprovechamiento del fenómeno natural de la electricidad.

En su mayoría, estas tecnologías fueron desarrolladas para facilitar las actividades diarias de la vida del ser humano y satisfacer sus necesidades, con dispositivos como los acondicionadores de aires y de calefacción, o conjuntos de dispositivos que conforman sistemas como los de seguridad.

Sin embargo, el uso de estas tecnologías ha tenido un impacto ambiental negativo, relacionado con los procesos de producción de energía eléctrica, que es necesario disminuir.

Surge con el avance tecnológico en diferentes áreas el concepto de la domótica que ofrece por un lado la integración de varios tipos de sistemas en uno solo, y por otro forma parte de la solución a la problemática del deterioro ambiental, proponiendo el avance de la propia tecnología para utilizar más inteligentemente los recursos.

En el presente Trabajo Especial de Grado se realiza el diseño de un sistema de automatización con base en el concepto de la inmótica, o domótica aplicada a edificios no destinados para vivienda, que consiste en utilizar soluciones tecnológicas para monitorear y gestionar parámetros y servicios tales como iluminación, acondicionamiento de aire, consumo de energía y seguridad

entre otros. La información del trabajo se estructura en cinco capítulos, detallados en el índice general, que se describen a continuación:

Un primer capítulo titulado **Planteamiento del problema,** en el que se expone este de forma breve y se plantea los antecedentes del estudio. También se define el proyecto a través de sus objetivos, alcances y limitaciones. Concluye el capitulo con una justificación del porque llevarlo a cabo como trabajo de grado.

El segundo capítulo corresponde al **Marco Teórico** y en él se incluyen los fundamentos teóricos necesarios para la realización del proyecto.

El tercer capítulo abarca la **Metodología y Desarrollo**, explicando en la primera sección la metodología de trabajo utilizada, las actividades y los productos esperados por cada etapa; la segunda sección corresponde a la descripción de todas las actividades llevadas a cabo para dar cumplimiento a los objetivos.

El cuarto capítulo expone los **Resultados** obtenidos con la realización del trabajo de grado.

Finalmente, el quinto capítulo contiene las **Conclusiones y Recomendaciones** realizadas.

El tema de la domótica ha tomado mucho auge y seguirá desarrollándose a medida que la tecnología avance. Se invita a leer y profundizar sobre este importante tema que seguramente se convertirá en algo común en las actividades del día a día.

Capítulo I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

I.1 Antecedentes al problema: Acerca de la electricidad, el medio ambiente y la domótica.

Sería en el siglo XVIII[1] cuando el fenómeno natural de la electricidad se comenzaría a estudiar de forma sistemática, luego de varios experimentos importantes como el de Benjamín Franklin (1706-1790) quien demostró que los rayos eran descargas eléctricas volando una cometa con armazón de metal durante una tormenta y probando que se electrificaba; el posterior descubrimiento de las leyes que la rigen se dio gracias al trabajo aportado por, entre muchos otros hombres de ciencia, los físicos André-Marie Ampère (1775-1836), Alessandro Volta (1745-1827), Georg Simon Ohm (1787-1854) y Gustav Kirchhoff (1824-1887) [1][2]. Desde ese entonces se han encontrado muchas formas de darle uso a la electricidad, empezando con la invención del telégrafo (1837) del pintor e inventor estadounidense Samuel Morse (1791-1872) y con la patente y producción en masa de la lámpara incandescente (1879) por el inventor estadounidense Thomas Alva Edison (1847-1931) [1]. Años más tarde existirían algunos electrodomésticos como tostadores de pan y planchas eléctricas, entre otros, que parecían aparatos futurísticos, y sus precios

[1] Hasta entonces solo se habían realizado algunos experimentos sobre los fenómenos eléctricos y otros como el magnetismo estrechamente relacionados con la electricidad que sin embargo representaron valiosos aportes al estudio de la electricidad.

[2] En [1] se puede consultar sobre sus trabajos y otros datos relacionados, en idioma Inglés.

eran inasequibles para la mayoría de las personas [2]. Por su parte, la electrónica venía dando sus primeros pasos con el diodo de vacío (1904), saltando con la invención del transistor en los laboratorios BELL (1948) y su aplicación en circuitos electrónicos que permitió solucionar muchos problemas prácticos para más tarde, en 1958 se desarrollaría el primer circuito integrado, que dio paso, a su vez, al primer microprocesador, el Intel 4004 [3]. Éste haría posible la invención de la computadora, lo cual revolucionaría el estilo de vida como se conocía trayendo consigo la "Era de la información". El avance desde entonces de la electrónica ha sido de tal magnitud, que en la actualidad se separa en varias ciencias aplicadas, entre ellas la informática y las telecomunicaciones. [2]

El estilo de vida de las sociedades actuales, construido en torno al uso de aparatos electrónicos en casi todos los ámbitos y actividades evidencia la dependencia que se ha desarrollado por la electricidad. La población mundial sigue aumentando y, de igual manera, lo hace la demanda por el servicio de distribución eléctrica que se ha establecido como servicio básico en las zonas pobladas, a excepción de algunas localidades en zonas rurales donde es limitado o incluso inexistente; esto representa una enorme demanda de electricidad que los Estados de cada país están en la obligación de satisfacer.

La producción de electricidad se obtiene por varios procesos que utilizan como combustibles recursos fósiles como el carbón, algunos derivados del petróleo y el gas natural, o aprovechan recursos renovables como la energía hidráulica y eólica. Estos distintos sistemas para producir electricidad tienen diferentes impactos ambientales negativos, algunos de ellos muy severos como las contribuciones al calentamiento global y disminución de la capa de ozono por los sistemas que utilizan recursos fósiles. [4]

El impacto ambiental, como consecuencia de la producción de electricidad y otros factores como la economía, han llevado a la búsqueda de fabricar artefactos eléctricos que consuman menos y hagan mejor uso de la energía, pero es imposible desde muchos puntos de vista sustituir todos y cada uno de los artefactos que ya se están utilizando, así que la solución está en utilizarlos adecuadamente. Un ejemplo sencillo de esto sería apagar las luces al salir de una habitación, lo que en muchos países se ha promovido con campañas informativas para hacer que medidas como ésta, sean costumbres en la población y contribuir a reducir el consumo de energía.

La Administración de Información Energética de los Estados Unidos (EIA de sus siglas en inglés U.S. Energy Information Administration) es un organismo que se encarga de recopilar, analizar y difundir información sobre la energía y en su página web www.eia.gov tiene numerosas publicaciones sobre proyecciones de consumo, resultados de encuestas y recopilación de datos. En su publicación titulada *International Energy Outlook 2011* presentan gráficas con las proyecciones del incremento de consumo mundial de energía (figura 2, p. 2) y proyecciones específicas sobre el incremento del consumo de electricidad y de la capacidad de producción según cada recurso utilizado como combustible (p. 85) [5]; en el *Shor-Term Energy Outlook* [6] menciona que espera que el aumento en la producción de energía con recursos más limpios, como el gas natural y la energía nuclear y, junto a una disminución en el consumo de energía eléctrica, permitan disminuir el consumo de recursos como el carbón y combustibles derivados del petróleo (que resultan más dañinos para el ambiente).

En otro orden de ideas, el avance en diferentes campos del conocimiento como la electrónica, la informática y las telecomunicaciones han permitido desarrollar nuevas tecnologías y mejorar las existentes, ofreciendo una nueva

gama de soluciones tecnológicas a diversos problemas como el consumo innecesario de recursos. Es así como surge a mediados de los años 70 la domótica, tecnología que propone instalar en la vivienda sistemas que sean capaces de regular, por sí mismos, su uso y el de otros aparatos eléctricos, automatizando su funcionamiento, según un plan que optimice el consumo de energía y otros beneficios, como soluciones en las áreas de seguridad, confort, asistencia médica entre muchas otras.

Este concepto de domótica también se aplica con el nombre de inmótica a edificios que no están destinados a vivienda, donde en lugar de calidad de vida, se necesita calidad de trabajo. En Europa, Asia y Norte América se han desarrollado las diferentes tecnologías que existen actualmente y se han implementado en un gran número de proyectos en edificios y casas. [2]

Una característica importante de la domótica y la inmótica es que un sistema de automatización se diseña especialmente según el uso de las instalaciones y tipo de actividades que se realizan en éstas. Por ejemplo, si se trata de una biblioteca, parámetros como la humedad en el aire es primordial para la conservación de los libros; pero, tratándose de un edificio de oficinas, la humedad no sería un parámetro necesario de controlar [2].

I.2 Planteamiento del problema

Por todo lo anteriormente expuesto, se plantea diseñar un sistema inmótico para el Edificio de Laboratorios de la UCAB que alberga un conjunto de salones, laboratorios y talleres dedicados a la formación académica de estudiantes de ingeniería y oficinas para las actividades administrativas de los Departamentos de Cátedras, Escuelas, Facultad, Centros de investigación y Centros de Formación Humana, entre otros.

Las actividades en el edificio se llevan a cabo durante casi todo el día, permaneciendo las luces y acondicionadores de aire encendidos, porque son necesarios, sin embargo ocurre frecuentemente que en los salones permanecen encendidos los aparatos por descuido de los ocupantes cuando abandonan el lugar. En los laboratorios se cuenta con equipos que representan una cuantiosa inversión económica, por lo tanto las puertas a estos laboratorios permanecen cerradas fuera de cualquier horario de clases para evitar acceso de personas ajenas al estudiantado y personal docente o manipulación no supervisada de los equipos. Se cuenta para ello con una normativa de uso y un personal técnico encargado de los laboratorios, quienes abren las puertas a los profesores para desarrollar las prácticas y clases, pero esta modalidad ha generado retraso con el inicio de clases cuando los técnicos encargados deben hacerse atender varios laboratorios simultáneamente, situación que se presenta frecuentemente. Así mismo se desarrolla la necesidad de garantizar que en las instalaciones no permanezcan personas más allá del horario convencional de clases y estudio como medida de seguridad. Éstas y otras circunstancias son necesidades propias del uso del edificio, las cuales podrían ser controladas y monitorizadas por un sistema inmótico, obteniendo ventajas como un eficiente consumo eléctrico, el apoyo al departamento de vigilancia y mayor seguridad, entre otros.

En el presente proyecto de investigación se plantea el diseño de un sistema de automatización adaptado para las instalaciones del Edificio de Laboratorios de la UCAB que cubra las necesidades de sus usuarios en las actividades que realizan.

I.3 Objetivos del proyecto

Se establecen los siguientes objetivos a cumplir con el presente Trabajo Especial de Grado.

I.3.1 Objetivo General

Diseñar un sistema con la capacidad de monitorizar y controlar parámetros de seguridad, acceso, confort y uso eficiente de recursos adaptado al Edificio de Laboratorios de la UCAB.

I.3.2 Objetivos Específicos

- ✓ Analizar la información obtenida en la investigación de las tecnologías en inmótica y la evaluación de proyectos que se han planteado anteriormente en la UCAB.
- ✓ Identificar los parámetros específicos a ser controlados por el sistema inmótico a través del estudio de la situación actual y manejo de los parámetros en el edificio.
- ✓ Determinar las tecnologías adecuadas para dotar al sistema de la capacidad de controlar los parámetros identificados.
- ✓ Diseñar el sistema inmótico: Topología, arquitectura y elementos.
- ✓ Desarrollar la versión alfa[3] del software para el sistema central de control.

[3] En el desarrollo de software, una versión alfa es una primera versión del programa donde se satisfacen la mayoría de los requisitos, pero requiere todavía la depuración de errores y puesta en marcha de algunas funcionalidades [7].

- ✓ Realizar una simulación del sistema en un prototipo con la finalidad de probar control y respuesta del software con los elementos básicos del sistema.

- ✓ Estimar los beneficios que se esperan obtener al utilizar el sistema inmótico en cuanto al consumo eléctrico.

I.4 Alcances y limitaciones del proyecto

I.4.1 Alcances

- ✓ Este Trabajo Especial de Grado incluirá el diseño de un sistema inmótico para su aplicación en el Edificio de Laboratorios de la UCAB con los conocimientos adquiridos en la investigación teórica del tema y la revisión de algunos proyectos antecedentes en inmótica.

- ✓ Incluirá una versión alfa del software del sistema con una interfaz que permita observar su funcionamiento.

- ✓ Incluirá la prueba en un prototipo de la capacidad del sistema para controlar elementos y manejar el plan de control elaborado.

- ✓ Incluirá estimaciones de los beneficios que se pretenden obtener al aplicar el sistema inmótico diseñado a estas instalaciones.

I.4.2 Limitaciones

Este Trabajo Especial de Grado no incluirá la implementación ni parcial ni total del sistema en las instalaciones del Edificio de Laboratorios de la UCAB.

I.5 Justificación del proyecto

La realización de este Trabajo Especial de Grado permitirá estudiar la domótica y la inmótica, temas que se han abordado muy poco en la Universidad Católica Andrés Bello y tiene mucho potencial para desarrollar a nivel académico en trabajos de grado, líneas de investigación, cátedras y proyectos; además, en Venezuela son muy pocos los edificios que cuentan con algún tipo de sistema de automatización instalado y es un campo en desarrollo en el que la universidad podría tener grandes aportes como promotora de su uso.

Es pertinente la relación del tema con la carrera de Ingeniería de Telecomunicaciones, pues se llevará a cabo una aplicación práctica de los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera en diferentes áreas como la electrónica, sistemas de información, arquitectura de computadoras, circuitos y sistemas electrónicos, arquitectura de redes, telemática, entre otras.

Se estudiarán los sistemas de automatización, como ejemplo en el que la tecnología se desarrolla para ser aplicada en diferentes áreas, dando solución a muchas necesidades en ámbitos importantes, tales como el hogar y los lugares de trabajo; así como también permitirá investigar la capacidad de unir en una misma plataforma un conjunto de sistemas de dedicación exclusiva que atienden necesidades distintas como alarmas, automatización de luces, detección de incendios y una larga lista de otras aplicaciones.

Este esfuerzo académico surge como la propuesta para dar solución a un problema real, común y cada vez más importante: el excesivo consumo energético en las edificaciones, que tiene un alto impacto económico y que trae además graves consecuencias para el ambiente, puesto que tiende a aumentarse la generación de energía para satisfacer la demanda con procesos contaminantes.

Del mismo modo, plantear el diseño de un sistema para un edificio en una universidad donde se lleva a cabo la formación académica de futuros ingenieros, permitirá desarrollar en estos competencias de responsabilidad ambiental sobre el entorno y la idea de que la tecnología y el cuidado del ambiente pueden, y de hecho deben, ir de la mano.

Finalmente se espera estudiar este tema como solución a varias necesidades que se tienen en el edificio de laboratorios, como la seguridad y la ya mencionada gestión energética adecuada que, a su vez, traería como consecuencia un ahorro de electricidad que repercutiría en disminución del gasto de este servicio en la universidad.

Capítulo II

MARCO TEÓRICO

II.1 Introducción

La domótica consiste en aplicar soluciones tecnológicas para automatizar gran parte de las actividades que se realizan en el hogar y responder a varias necesidades de las personas como la seguridad y el confort. Cuando se aplican estas tecnologías a edificios que no están destinados para vivienda se le denomina inmótica.

En este capítulo se presenta el resultado de la investigación realizada sobre el tema durante el desarrollo de este Trabajo Especial de Grado.

II.2 Fundamentos teóricos

A continuación se presenta la información en la que se apoya la realización de este trabajo de grado.

II.2.1 Edificios Inteligentes

En torno a la aplicación de tecnología a los edificios se ha dado lugar a varios conceptos que pueden resultar confusos por su similitud llegando incluso a ser utilizados de forma indistinta. A continuación se definen algunos de los más utilizados según [2]:

- **Edificio automatizado**: Es un término con el que se define a un edificio que tenga algún tipo de automatización y comenzó a utilizarse en el siglo XIX

con el desarrollo industrial cuando se automatizaban los procesos productivos, y no tardo en surgir la idea de automatizar cualquier tipo de edificio. Las primeras aplicaciones en automatización eran controles de temperatura y de consumo energético. Un ejemplo característico de estos edificios son los centros comerciales con sus sistemas de aire acondicionado central, escaleras y puertas mecánicas, control de iluminación, entre otros, controlados desde un cuarto central [2].

- **Edificio Domótico**: Es un edificio al que se le ha proporcionado un sistema con la capacidad de controlar lo referente a la gestión energética, seguridad, confort y accesibilidad entre otras aplicaciones domésticas [2].

- **Edificio Inmótico**: Es un edificio al que se la ha proporcionado también la capacidad de controlar varias tareas, como un edificio domótico, pero el sistema no solo está orientado a la calidad de vida si no a la calidad de trabajo. Por ende para colocar en un edificio un sistema inmótico es importante determinar sus variables específicas, por ejemplo si se tratase de una biblioteca parámetros como el nivel de humedad son sumamente importantes, pero no para una casa de familia convencional [2].

- **Edificio inteligente**: Es un concepto en el que a la casa o al edificio se le otorga un cierto grado de 'inteligencia', es decir bien puede ser inteligencia artificial por medio del aprendizaje de la rutina de sus habitantes, con el fin de anticiparse a sus necesidades [2].

II.2.1.1 Ejemplos de edificios inteligentes

Hasta hace años eran muy pocos los edificios que incorporaban algún tipo de servicio de automatización y eran considerados como algo lujoso y

futurista, pero esta idea ha cambiado y en un futuro no muy lejano la automatización se verá como otro servicio básico del edificio, como la electricidad y el agua, de la misma forma como hoy día se incluye el internet en muchos edificios desde su construcción [2].

En la actualidad existen muchas edificaciones que incluyen un sistema de automatización. A continuación se presenta una selección representativa con el fin de resaltar, que sin importar el tipo de edificio, estos sistemas son adaptados a las necesidades especificas de su uso.

- **En el mundo:**

✓ **Rascacielos gemelos de Paris**: Un conjunto de dos rascacielos y tres edificios de oficinas ubicados en el distrito de La Défense incorporan un sistema de gestión basados en el estándar LonWorks. Se incluyen 15.000 dispositivos interconectados controlados con una red de 22 computadoras. El sistema es escalable y permite el control de cada edificio por separado o todos en conjunto así como acceso remoto [2].

Figura II.1 - Rascacielos gemelos de Paris.

Fuente: http://es.123rf.com/photo_946415_primavera--edificios-corporativos--la-defense-paris-francia.html

✓ **La catedral de Munich en Alemania**: Con motivos de ampliar y mejorar la sacristía, esta catedral también fue modernizada utilizando el estándar LonWorks, incorporando control de calefacción, iluminación, sistema de seguridad, vigilancia por cámara y control de las campanas de la iglesia [2].

Figura II.2 – Catedral de Munich en Alemania

Fuente: http://www.poreuropa.com/2009/07/20/frauenkirche-la-historica-catedral-de-munich/

✓ **Estación de ferrocarriles en Frankfurt**: Es la prueba piloto de lo que se espera sea el estándar de automatización para las estaciones de pasajeros. Utiliza tecnología LonWorks e incluye control del sistema de calefacción y ventilación, expulsión mecánica del humo de los trenes y control de la iluminación y distribución eléctrica. Cuenta con un total de 1.000 dispositivos y un bus de datos de 2,4km de longitud [2].

Figura II.3 – Estación de ferrocarriles en Frankfurt.

Fuente: http://www.urbanity.es/foro/infraestructuras-inter/5581-estaciones-de-tren-del-mundo.html?langid=1

- ✓ **Edificio Agbar, Sociedad General de Aguas de Barcelona**: Es un edificio de 10 plantas de altura ubicado en el barrio de Collblanc. Utiliza más de 300 componentes de la tecnología KNX, repartidos en 15 líneas y 2 áreas para control de iluminación, de clima, toldos y detección de presencia [8].

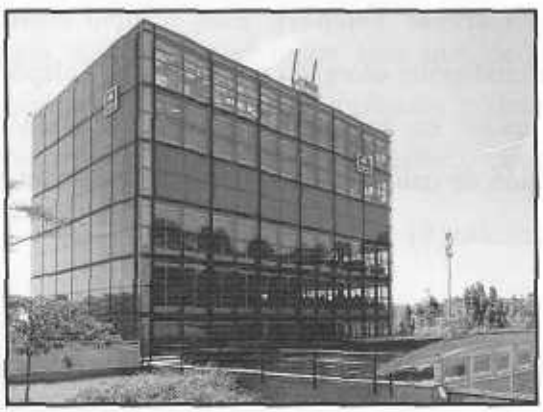


Figura II.4 – Edificio Agbar, Sociedad General de Aguas de Barcelona

Fuente:http://www.casadomo.com/noticiasDetalle.aspx?idm=10&id=11401&c=6

- **En Venezuela:**

✓ **Ciudad Banesco**: Es el edificio sede del Banco Banesco en Caracas, cuenta con sistemas de control de iluminación, aire acondicionado, circuito cerrado de televisión y sistemas para control de escaleras y ascensores.

Figura II.5 – Edificio Ciudad Banesco.

Fuente: http://www.entornointeligente.com/articulo/1182313/Ciudad-Banesco-acogera-el-TEDx-El-Avila-National-Park

✓ **Edificio Caracas Teleport**: Este edificio cuenta con la certificación de edificio inteligente otorgada por la World Teleport Association. Cuenta con banda ancha en todas las oficinas, reuniendo cuatro tecnologías de transmisión de datos además de conexiones para microondas, sistemas UPS y aterramiento [9].

Figura II.6 – Edificio Caracas Teleport
Fuente: http://www.flickr.com/photos/delfin_abzueta/6232960590/.

II.2.2 Enfoques en el uso general de los sistemas de automatización

Existen tres principales visiones acerca de la aplicación de estos sistemas: La **Europea** se enfoca en un objetivo de carácter técnico y económico, donde lo más importante es la calidad de vida, la salud y bienestar de los habitantes en una instalación con uno de estos sistemas; la **Japonesa**, uso de la tecnología para automatizar el hogar más que de interactuar con él, integrando lo máximo posible los electrodomésticos y sistemas entre sí; y la **Americana**: Su objetivo es el del hogar interactivo, control a distancia, y servicios como el teletrabajo y tele-enseñanza [2].

II.2.3 Inmótica

La inmótica es la domótica aplicada a edificios que no están destinados como viviendas [2]. Consiste en aplicar la tecnología utilizada en domótica a

cualquier edificio en general, orientándola a las necesidades propias de los usuarios de ese edificio.

La Asociación Española de Domótica, CEDOM, ofrece la siguiente definición: "La domótica aplicada a edificios no destinados a vivienda, es decir oficinas, hoteles, centros comerciales, de formación, hospitales y terciario, se denomina, inmótica" [10].

II.2.4 Domótica

Este término proviene del latín '*Domus*' que significa casa y griego '*tica*' que significa automática y en conjunto significa: casa que funciona por sí sola [2][4]. Esta es la esencia de la domótica, y se entiende por ella al conjunto de sistemas que automatizan varios aspectos de la vivienda, principalmente, la gestión de ahorro energético, seguridad, comunicaciones y confort.

La RAE[5] la define en su diccionario como: "Conjunto de sistemas que automatizan las diferentes instalaciones de una vivienda" [11].

La CEDOM, define a la domótica como "el conjunto de tecnologías aplicadas al control y la automatización inteligente de la vivienda, que permite una gestión eficiente del uso de la energía, además de aportar seguridad, confort, y comunicación entre el usuario y el sistema" [10].

---

[4] El origen de esta palabra lo definen en varios libros como aquí se presenta, sin embargo la RAE lo atribuye a la unión de "domus" casa en latín, e informática.

[5] Real Academia Española.

La domótica comprende entonces el uso de tecnología para automatizar diferentes tareas del hogar y mejorar el estilo de vida de sus habitantes, contribuyendo al mismo tiempo con el ahorro de energía y como consecuencia, reduciendo el impacto ambiental al aprovechar mejor los recursos energéticos.

II.2.4.1 Características de la domótica

Las características con las que debe cumplir un sistema de automatización en un edificio inteligente se resumen en las siguientes [2]:

- **Simple y fácil de utilizar**: Una interfaz sencilla y fácil de utilizar permitirá un mayor confort y mejor aceptación por parte del usuario final.
- **Flexible**: Debe prever adaptaciones a futuro como modificaciones o ampliaciones en el sistema.
- **Modular**: El sistema debe estar dividido en módulos para evitar que fallos inutilicen completamente el sistema y facilitar además la ampliación hacia nuevos servicios.
- **Integral**: Debe permitir la comunicación entre diferentes tipos de sistema.

Estas características resaltan que un sistema de esta naturaleza está pensado para satisfacer las necesidades de los usuarios al mismo tiempo que cumple con sus objetivos como la gestión de energía. El usuario, sin duda, querrá que sea sencillo de manejarlo y que se le puedan agregar más funcionalidades a medida que se acostumbre al sistema.

II.2.4.2 Aplicaciones de la domótica

Su aplicación como se menciona en su definición, consiste en gestionar el consumo energético y aplicaciones de confort, comunicación, seguridad y accesibilidad, entre otras, pudiéndose incluir cualquier combinación de los siguientes:

- **Gestión de energía**: Orientada al consumo eficiente de energía en los elementos controlados por el sistema racionalizando su uso a través de temporizadores, termostatos y otros mecanismos [2].

La gestión de energía eléctrica se puede realizar racionalizando las cargas eléctricas en caso de que el consumo total se acerque a la potencia contratada, desconectando las líneas eléctricas que tienen conectados los equipos cuyo uso no es prioritario. Puede también racionalizarse la energía reprogramando el uso de ciertos aparatos como acumuladores de energía para calentamiento de agua, sin que se afecte la vida del usuario, a horas donde la tarifa eléctrica sea más económica. Este programa de cobro se aplica en Europa donde el servicio eléctrico tiene tarifas especiales por la noche [12].

- **Gestión de confort**: Consiste en permitirle al usuario ciertas comodidades como control automático de las luces, sistema de aire acondicionado, accesos, persianas y muchos otros [2].

- **Gestión de seguridad**: En la seguridad se incluyen tres áreas que por lo general requieren de sistemas distintos, como lo es la seguridad en los bienes del hogar, a través de alarmas, detectores o simuladores de presencia, entre otros. La seguridad a las personas, con tele-asistencia por ejemplo, y control de

incidentes y averías, pudiendo detectar fallos en los sistemas de la casa, como una fuga de gas o agua, incendios y más [2].

Los sistemas de seguridad que tienen como objetivo proteger al inmueble y a sus inquilinos se clasifican en cuatro áreas de acción [13]:

- ✓ **Alarmas de intrusión**: Incluyen detectores de movimiento, de presencia, de presión o magnéticos para aperturas de puertas y ventanas, entre otros.
- ✓ **Alarmas técnicas**: Incluyen detección de humo, de agua, de fuga de gases, fallo en la línea eléctrica, en la línea telefónica y otros.
- ✓ **Alarmas personales**: Permiten pedir ayuda en caso de emergencia o necesitar asistencia como en el caso de personas mayores, para las cuales existe toda una gama de soluciones.
- ✓ **Video vigilancia**: Permiten la grabación de video, con cámaras IP o por los convencionales circuitos cerrados de televisión.

- **Gestión de comunicaciones**: Se orienta al intercambio de información entre el usuario y el sistema, por ejemplo enviar notificaciones al celular de cuando una alarma se active, monitorear y acceder al sistema desde internet y mucho más [2]. Un caso típico es el uso del televisor para el video portero, conocido en Venezuela como un intercomunicador con video.
- **Gestión de entretenimiento**: Está ligada a la gestión de comunicaciones, y orientada al hogar. Daría la capacidad de juegos interactivos, video conferencias, descargas desde internet, integrado todo al mismo sistema [2].

- **Gestión de servicios para discapacitados**: Pensando en personas con algún tipo de discapacidad o muy mayores se ofrecen servicios de tele-asistencia, luces guías, puertas automáticas y otros para atender a sus necesidades [2].

- **Gestión de servicios específicos de edificios**: Orientada a satisfacer necesidades específicas de acuerdo al uso que se le dé a esa instalación. Como ejemplo, un museo necesita sobre todo, un buen sistema de seguridad y mantenimiento de las obras, que se logra controlando parámetros como la humedad, la iluminación y la calidad del aire, entre otras [2].

Como puede observarse, la domótica es capaz de albergar todo tipo de aplicaciones en diferentes ámbitos del hogar para integrar en un único sistema el control de todo o casi todas las funciones del hogar.

Figura II.7 – Automatización y control del hogar digital.
Fuente: http://www.fenercom.com/pages/publicaciones/publicacion.php?id=76

II.2.4.3 Elementos básicos de un sistema domótico

Un sistema domótico se compone básicamente de los siguientes elementos [2]:

- **Sensores**: Componentes capaces de detectar una magnitud que puede ser física o química y son los que capacitan al sistema para detectar todo tipo de información como presencia, fugas de gas, entre otros.
- **Actuadores**: Son aquellos que al recibir una señal eléctrica pueden producir una acción, por ejemplo motores que abran o cierren las persianas de una ventana.
- **Interfaces**: Algunas veces la señal entre los elementos de control y los actuadores no son compatibles, por lo que requieren de una interfaz entre ellas. Un ejemplo son las etapas de conmutación de los transistores utilizados como interruptores en los circuitos eléctricos.
- **Infraestructura**: Es la manera en que se llevara la información de los sensores al sistema de control y de éste a los actuadores.
- **Unidad de control**: La unidad de control es la que recibe la información de los sensores a través de la infraestructura y envía la señal de activación a los actuadores. Además, es la comunicación del usuario con el sistema; algunas unidades de control comunes son tableros con pantallas táctiles para acceder y controlar todo el sistema.

La unidad de control puede ser una sola, que concentre toda la información de sensores y se comunique directamente con los actuadores, o puede que existan varios elementos de control con sus sensores y actuadores, y se comuniquen entre ellos formando al sistema.

- **Software de gobierno**: Es el software que controla todo el hardware del sistema y se comunica con él, anteriormente se utilizaba el lenguaje de

programación C para desarrollar este software, pero en la actualidad se utilizan lenguajes como Java o los utilizados para páginas Web.

En la Guía Técnica de Aplicación BT – 51 [14], sobre la que se profundizará en la sección referente a las Normativas, se define la siguiente terminología:

- **Nodo**: Las unidades del sistema capaces de recibir información y procesarla, y en caso de aplicarse, comunicarla a otras unidades dentro del sistema.

- **Actuador**: Dispositivo encargado de controlar algún elemento del sistema, como por ejemplo, electroválvulas o motores.

- **Dispositivo de entrada**: Sensor, control remoto, teclado o cualquier dispositivo que envíe información al nodo.

Con esta definición, se pueden considerar a los nodos como una caja que incluirá a las unidades de control, que implican a su vez un software de gobierno, y las interfaces para que los actuadores puedan acoplarse a ellas.

Según lo anterior, se pueden considerar los elementos básicos de un sistema domótico como se muestra en el esquema a continuación:

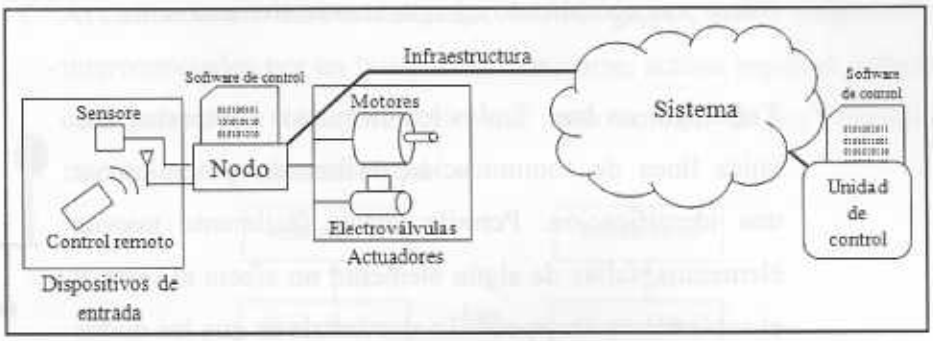


Figura II.8 – Esquema de los elementos básicos de un sistema domótico.
Fuente: Elaboración propia.

II.2.4.4 Esquema de un sistema domótico

- **Topología de la red**

Consiste en la distribución física de los elementos y su conexión al medio de comunicación. Las más utilizadas en estos sistemas son [2]:

- ✓ **Topología en estrella**: Los elementos se unen entre sí por el elemento principal de controlador. Su principal ventaja es que se pueden agregar nuevos elementos, y si falla alguno que no sea el principal no afecta el sistema, pero su desventaja es que si falla el elemento central, fallan todos.

Figura II.9
Topología en estrella

- ✓ **Topología en anillo**: Los elementos se interconecta formando un anillo cerrado. Esta topología reduce los requerimientos de cableado e implica que la información pasa por todos los elementos, pero tiene como desventaja que una falla en un único elemento hará fallar al sistema

Figura II.10
Topología en estrella

entero y es complicado agregar nuevos elementos.

- ✓ **Topología en bus**: Todos los elementos comparten una única línea de comunicación, utilizando generalmente una identificación. Permite añadir fácilmente nuevos elementos, fallas de algún elemento no afecta al resto y el cableado es muy poco. La desventaja es que los nodos requieren cierta inteligencia de procesamiento.

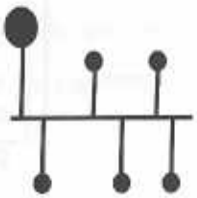


Figura II.11
Topología en bus

- ✓ **Topología en árbol**: Esta topología resulta de mezclar las topologías anteriores obteniendo las ventajas y desventajas de las que se utilicen. Permite una jerarquía entre los elementos.

Figura II.12
Topología en bus

Fuente de las figuras II-9 – II-12 : [2]

- **Tipo de arquitectura**

La arquitectura especifica cómo se colocaran los diferentes elementos de control del sistema y se clasifican en cuatro tipos, según donde se encuentra la 'inteligencia' del sistema [15]:

- ✓ **Arquitectura centralizada:** Un controlador central envía la información a los elementos del sistema según el software, la programación y la información recibida de los sensores.

Figura II.13 – Diagrama de bloques de una arquitectura centralizada.

Fuente: [15]

- ✓ **Arquitectura descentralizada:** Un grupo de controladores interconectados por un bus para comunicarse, actúan según el software, configuración e la información que intercambian de los sensores e interfaces de cada controlador.

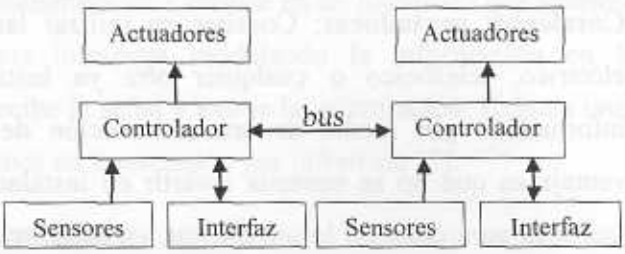


Figura II.14 - Diagrama de bloques de una arquitectura descentralizada.

Fuente: [15]

- ✓ **Arquitectura distribuida:** Cada sensor y actuador puede ejecutar funciones como si fuese un controlador según el software, la configuración y la información que intercambian por medio de un bus.

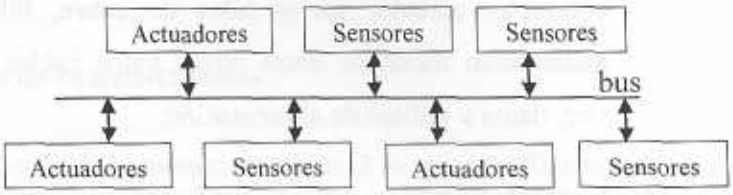


Figura II.15 - Diagrama de bloques de una arquitectura distribuida.

Fuente: [15].

- ✓ **Arquitectura hibrida/mixta:** En esta arquitectura se combinan las anteriores, con varios controladores, sensores y actuadores que pueden realizar funciones independientemente, todo, según el software, la programación y la información que intercambia el sistema.

- **Medio de transmisión**

El medio de transmisión es el elemento físico que utilizan los elementos para intercambiar información entre ellos y pueden ser de diferente naturaleza:

- ✓ **Corrientes portadoras**: Consiste en utilizar las líneas del cableado eléctrico, telefónico o cualquier otra ya instalada para transmitir información por medio de una modulación de ondas. La principal ventaja es que no se necesita invertir en instalación de cableado y la facilidad para conectar los elementos, en contraste con la baja velocidad y poca fiabilidad en la transmisión de datos [2].

- ✓ **Soporte metálico**: Cables metálicos de cobre como vía de transmisión de señales eléctricas [2].

  - **Par metálico**: Cualquier tipo de cable metálico, sea de un solo conductor aislado, varios hilos de cobre, hilos recubiertos con aislamiento metálico, entre otros. Estos cables pueden transportar voz, datos y voltaje de alimentación.

  - **Coaxial**: Consiste en un conductor filiforme que ocupa el eje longitudinal de otro conductor en forma de tubo con un dieléctrico apropiado entre ellos. Permite transportar señales de video y datos a alta velocidad.

- **Fibra óptica**: Material dieléctrico transparente conductor de luz, que ha permitido desarrollar tecnologías de transmisión con luz infrarroja con una alta fiabilidad, gran ancho de banda y que alcanza largas distancias. La desventaja de la fibra esta en lo costoso que resultan los cables, conectores e instalación [2].

- **Conexión sin hilos**: Se realiza la comunicación con medios inalámbricos, siendo los principales tipos:

  ✓ **Infrarrojos**: Técnica ampliamente extendida en el mercado de soluciones inalámbricas. Consiste en un fotodiodo que transmite en la banda de frecuencia infrarroja modulando la información en la onda y un fotodiodo recibe la señal y extrae la información. Existen una gran cantidad de aplicaciones en transmisión por infrarrojo [2].

  ✓ **Radiofrecuencia**: Utiliza para transmitir ondas electromagnéticas sobre las que se modula la información. Tienen muchas ventajas y su amplio uso en la telefonía celular y controles a distancia la hace parecer ideal para sistemas de automatización, sin embargo son muy sensibles a las perturbaciones electromagnéticas que producen los electrodomésticos que controlan. Entre estas se puede encontrar la tecnología Bluetooth, como ejemplo [2].

- **Protocolo de comunicaciones**

El protocolo de comunicaciones es el lenguaje utilizado por los elementos para comunicarse entre ellos e intercambiar la información. Se pueden clasificar de forma general en dos tipos:

✓ **Protocolos estándar:** Son protocolos abiertos generalmente respaldados por una organización, permiten la comunicación de distintos elementos y aparatos, incluso de diferentes fabricantes que son compatibles entre sí porque intercambian la información bajo el mismo lenguaje [2].

- ✓ **Protocolos propietarios:** Son protocolos desarrollados por una empresa u organización únicamente para la comunicación entre productos de esa empresa [2].

- **Velocidades de transmisión**

La velocidad de intercambio de información entre los elementos del sistema. Dependen del medio de transmisión y el protocolo. Generalmente los sistemas de automatización utilizan un protocolo con varios medios de transmisión, obteniendo velocidades distintas [2].

II.2.4.5 Estándares y sistemas comerciales para domótica

Se han desarrollado sistemas de domótica e inmótica basados en diferentes tecnologías, con cualquier combinación de elementos bajo distintos esquemas. Estos sistemas se clasifican en dos grupos: Los estándares donde una o más empresas han creado un diseño de sistema compatible tanto con sus elementos como los de otros fabricantes, pudiendo utilizarse en conjunto con una gama de productos que cumplan con las características del estándar; y los sistemas propietarios que son desarrollados para ser compatibles únicamente con los elementos fabricados por la misma empresa que lo desarrollo y con ningunos otros.

A continuación se describe una selección de ellos que pretende ser representativa de los modelos de sistemas de automatización que existen actualmente:

Tabla II-1 – Estándares y sistemas comerciales

Estándares y sistemas comerciales	
Sistemas estándares	
Sistema	Características
BACnet	**Descripción:** Protocolo norteamericano para automatización de viviendas, desarrollado bajo el patrocinio de una asociación de fabricantes de equipos de calefacción y acondicionadores de aire. Su objetivo era crear un protocolo abierto para interconectar estos equipos y gestionar eficientemente la energía. Define un conjunto de reglas de hardware y software que permitirán comunicarse a dos dispositivos independientemente del protocolo que cada uno utilice. [2]
HES	**Descripción:** El *Home Electronic System* es un estándar ISO/IEC desarrollado a nivel de software y hardware para operar en la red domestica. Define dos interfaces para conectar cualquier dispositivo sin importar el fabricante: La interfaz universal (Universal Interface) y la interfaz de proceso (Process Interface) [2].
KNX	**Descripción:** Este estándar es el único estándar internacional aprobado para el control de viviendas y edificios. Surge con la unión de tres estándares europeos: BatiBus, un estándar europeo que utiliza un bus abierto al que cualquier fabricante podía desarrollar el acceso de sus equipos a él; EHS, un sistema completo de funciones domóticas, modular, expansible y configurable, basado en que cada unidad se conecta obteniendo una dirección de red y comienza a busca otras unidades a las que pueda interesarles o le interesen para sus funciones; y EBS.
LonWorks	**Descripción**: Presentado en 1992 por la Corporación Echelon, fue diseñado para implementar cualquier sistema de control. Está pensado para emular la red neuronal donde los cientos o miles de nodos estén conectados a una red. El protocolo de esta tecnología, llamado LonTlak, trabaja en las siete capas del modelo OSI, con la interconexión física (capa 1: física), acceso al medio (capa 2: enlace), entrega de mensajes (capa 3: red), fiabilidad punto a punto (capa 4: transporte), control (capa 5: sesión), interpretación de datos (capa 6: presentación) y compatibilidad de aplicación (capa 7: aplicación).
	Elementos: Esta tecnología se basa en un microprocesador propietario llamado Neuron chip que controla los componentes conectados a él. Echelon ofrece todo lo necesario para instalar y operar una red, e incluso desarrollar y fabricar elementos para ella, entre estas herramientas tenemos software de desarrollo o empresarial, aparatos de entrada/salida y de integración, interfaces para conexión a internet, entre otros.
	Arquitectura: Descentralizado. Cada nodo analiza todos los paquetes de información

	para determinar si se trata de un paquete para sí.
	Ventajas: Orientado a gestión de medianas y grandes instalaciones. Es modular y ampliable. Además es flexible y robusto ante fallas. Este sistema es abierto a cualquier fabricante.
	Desventajas: Al existir otras alternativas menos costosas, no es implementado en hogares.
X10	**Descripción**: X10 es una tecnología de origen Escocés que surge en los años 70s, creado por la empresa *PICO electronics*. Se basa en una serie de dispositivos que se comunican entre sí utilizando el cableado eléctrico de baja tensión a través de corrientes portadoras, utilizando la onda senoidal de alimentación eléctrica como portadora.
	Elementos: Utiliza interfaces de hardware para la programación, actuadores de pared, *rosca y carril, emisores, filtros y otros sistemas. Puede comunicarse utilizando* radiofrecuencia y puede utilizarse también con otros aparatos, como sensores de movimiento y cámaras.
	Arquitectura: Centralizada. Una interface central, típicamente un computador o aparato de control remoto permite enviar comandos al resto de los dispositivos.
	***Ventajas**: Utiliza el mismo cableado eléctrico, por lo que no requiere una nueva* instalación de cable. Actualmente es muy utilizado para proyectos de automatización en el hogar. Su instalación es sencilla y es de fácil manejo, además es reconfigurable. Se utiliza con un software de computadora, o las perillas en cada modulo para programar eventos.
	Desventajas: Entre sus características esta que puede controlar un máximo de 256 dispositivos dentro de una misma instalación, por lo que limita los proyectos.
ZigBee	**Descripción**: Es un conjunto de protocolos, diseñado por la Alianza Zigbee en la que participan grandes empresas como HP y Motorola, definido por el estándar 802.15.4 de la IEEE, en el cual se define acceso al medio e intercambio de mensajes a través de comunicaciones inalámbricas, en la capa de red, entre aplicaciones. Entre sus caracteristicas se definen un bajo consumo, bajas tasas de transferencia con una velocidad de 20-250kB/s, alcances de 10-75m. Permite el control de hasta 2^{16} dispositivos por lo que se uso en redes inalámbricas de sensores, que ameritan el despliegue de grandes cantidades de sensores para monitorear parámetros de interés.

Simon VIS	**Descripción**: Los productos de origen danés de este sistema están desarrollados para controlar los circuitos dispuestos en la red eléctrica de la vivienda. Principalmente se encarga de gestionar lo referente a la iluminación, seguridad, electrodomésticos, climatización, persianas, riego, simulación de presencia y control telefónico o por radiofrecuencia. Basado en controladores lógicos programables, con canales de entrada y salida ubicados en el tablero eléctrico interconectando entradas con salidas. Los módulos se comunican entre si por un bus de datos. Está orientado exclusivamente a viviendas o edificios pequeños

Fuente: [2,16]

Además de estas tecnologías, existen además muchas otras que están basadas en los mismos principios. Haciendo uso, por ejemplo, de tarjetas que reciben señales de sensores y otros dispositivos de entradas, procesan y realizan acciones, utilizando para su comunicación software prioritario o de autoría propia de la empresa que está montando el sistema.

II.2.4.6 Estudios y publicaciones sobre la domótica y su uso

Con el desarrollo en el sector de la domótica son muchas las instituciones y organismos que están promoviendo su uso y exponiendo las ventajas que traen consigo los sistemas para el control inteligente de la casa.

La Asociación Española de Domótica CEDOM [17], explica en una publicación que tiene como intención dar a conocer la contribución que tiene la domótica al ahorro de energía y fomentar el consumo responsable de la misma, exponen: La domótica gestiona elementos de control que contribuyen al ahorro de agua, energía y combustibles, notándose sus efectos en dos aspectos:

- **Económico**: El control de consumo energético incrementa el ahorro para el usuario al tener un menor costo el uso de este servicio.
- **Ecológico**: El usuario disminuye el impacto negativo sobre su entorno si disminuye el consumo.

El **ahorro de electricidad** se puede lograr de varias maneras según el área. En la **iluminación**, aprovechando la luz natural con toldos y persianas automáticas, la zona de la casa, con luces exteriores automáticas; en la **climatización**, graduando la temperatura interior en función de la exterior, aprovechamiento de la energía solar y con sistemas de acumulación de energía; en el uso de **electrodomésticos**, controlando o secuenciando su uso, programando la desconexión de líneas eléctricas no prioritarias según potencia consumida, y monitoreo del consumo en estado de reposo.

Con técnicas similares, mediante la automatización, monitoreo y gestión se puede ahorrar en el consumo de combustibles y de agua.

Exponen en la misma publicación un caso práctico de ahorro de energía en una vivienda domótica, con una casa de $130m^2$, habitada por tres miembros de una familia, con potencia calculada de 5,7kW y un consumo anual de 4500 kW y un costo energético anual de 550 euros. Esta casa tiene una distribución energética de 39% en calefacción, 27% en agua caliente, 12% en electrodomésticos, 11% en la cocina, 9% en iluminación y un 2% en aire acondicionado. A una casa de características similares, se le instaló un sistema domótico que incorpora control de la calefacción y aire acondicionado, control inteligente de luces y monitorización de persianas como elemento de iluminación y calefacción, y además detecta y elimina consumos innecesarios como los generados por olvidos o fallos. Después de un año, se tuvo un ahorro de 10% en el uso de la computadora de la casa, 11% en el uso del agua caliente, 17% en la calefacción, 20% en electrodomésticos, 25% en el aire acondicionado y 80% en la iluminación.

En La Domótica como solución de Futuro [18], se presentan datos de que en España se tuvo un incremento promedio de 20% únicamente entre los

años 2001 y 2005 que aumentó en un 40% las emisiones de gases invernadero en esos años, y hoy día la tendencia se mantiene [5].

Sugieren también el uso de la domótica para la gestión de la producción y el consumo eléctrico y el aprovechamiento de tecnologías más eficientes para las tareas básicas, como por ejemplo el uso de LEDs (Light emisor diodes) en la iluminación, ya que estos dispositivos presentan características que los hacen una alternativa muy atractiva a las bombillas normales. Los LEDs Son dispositivos de estado sólido que ahorran mucha energía en comparación a la iluminación convencional, tienen una larga vida útil, luz de alta calidad, permiten control tanto de potencia como del color, gran facilidad de uso y muy resistentes a impactos o vibraciones.

En la misma publicación hacen mención de varios proyectos productos del creciente interés en los temas relacionados a los entornos inteligentes (ambientes con sistemas de control automáticos o inteligentes). Entre las investigaciones a nivel internacional destacan, entre otras, las siguientes: El Proyecto Oxygen del Massachusetts Institute of Technology (MIT) que desarrolla sistemas inteligentes orientados al ser humano a través de la tecnología; La casa inteligente MavHome de la Universidad de Texas, Arlignton, con el objetivo de crear un entorno inteligente que maximice la experiencia de los usuarios en confort y productividad, al mismo tiempo que reduce los costos operativos, pudiendo predecir, razonar y adaptarse a sus habitantes; El grupo de inteligencia ambiental del MIT que se ha planteado mejorar las experiencias tradicionales de la interacción entre el hombre y las maquinas, diseñando interfaces más integradas, inteligentes e interactivas; Perssona, de la Universidad de Valencia, España, que propone ambientes inteligentes especiales para personas mayores.

Como puede notarse de lo expuesto anteriormente, son muchos los campos de aplicación y las ventajas de utilizar un sistema domótico, y todavía más, el desarrollo que puede tener con la evolución de la tecnología, así como el papel importante que puede cumplir en el cuidado ambiental.

II.2.4.7 Normativa y estandarización en la domótica e inmótica

No existen acuerdos universales sobre los proyectos en domótica e inmótica, ya que hay una amplia gama de opciones a la hora de instalar un sistema de automatización, y la escogencia de una u otra alternativa dependerá de las necesidades a cubrir, las dimensiones, la infraestructura, entre otras.

Por esta razón, para un sistema de automatización se aplican las especificaciones, normas y regulaciones para cada tecnología utilizada, para cada tipo de instalación y cualquieras que apliquen.

Existen las estandarizaciones que incluyen las especificaciones y documentación suministrada por el fabricante de cada tecnología como Zigbee, por ejemplo, que está descrito en el IEEE 802.15.4.

El único estándar internacional abierto aprobado para todas las aplicaciones de control de viviendas y edificios es KNX. En primer lugar se aprobó como estándar regional en los estándares europeos CENELEC EN500090 y CEN EN 13321-1, luego fue aprobado como estándar internacional bajo el ISO/IES 14543-3. Cuenta con una única herramienta puesta en marcha que permite el funcionamiento de distintos equipos, independientemente del fabricante. [19]

Por otro lado, existen normativas para la instalación de sistemas de automatización, sugeridas por los países de acuerdo a sus normativas de

regulación interna, como la Guía Técnica de Aplicación BT-51 [14] en la que se recomiendan varias pautas para un buen funcionamiento, además de sugerir las normas con las especificaciones propias de cada tipo de tecnología utilizada (por ejemplo uso de radio frecuencia).

En Venezuela no existen regulaciones y normativas por la razón de que estos sistemas no se han comenzando a aplicar a gran escala y existen en la actualidad muy pocas instalaciones automatizadas.

Por esta razón, se siguen en el diseño propuesto, como se menciona más adelante, sugerencias de las normas públicas de Europa, donde estos sistemas están ampliamente implementados.

Existe también otra razón para utilizar normativas públicas y es que las normativas internacionales deben comprarse a los organismos encargados, y dado que la intención del trabajo es puramente académica y se enfoca principalmente en la etapa de diseño, y no en la de instalación, donde se requieren las normativas, no se efectuarán dichas compras. En el caso de implementarse el proyecto, como se mencionará al inicio del capítulo III, la fase de instalación requerirá la participación de especialistas en el área, con acceso a la información pertinente de los organismos de regulación.

II.3 Temática específica al proyecto

En el desarrollo del proyecto se seleccionaron algunas herramientas de software y componentes, haciendo necesaria la inclusión de información referente a ellos.

II.3.1 Microcontroladores

Un microcontrolador es un circuito integrado programable, con el que se puede controlar el funcionamiento de una tarea determinada. Unos de los más utilizados en el desarrollo de proyectos son los microcontroladores PIC fabricados por Microchip Technology. Su gran aceptación se debe a las características, bajos costos, consumo y reducido tamaño, calidad, fiabilidad y disponibilidad en el mercado [20].

II.3.2 Lenguaje de programación *Assembler*

El lenguaje Ensamblador (de *Assembler* en inglés) es un lenguaje de programación que permite escribir códigos de programas con una serie de instrucciones que resultan naturales al idioma del hombre y que, sin embargo, corresponde a instrucciones en lenguaje máquina, es decir, en unos y ceros (binario), y que es capaz de interpretarlo por ejemplo, un microcontrolador [20].

II.3.3 Entorno de programación MPLAB

Es un entorno de desarrollo integrado (o *IDE* de *Integrated Development Environment en inglés*) gratuito, desarrollado por la empresa *Microchip* para la programación de toda la familia de sus microcontroladores. Con este software se pueden escribir en lenguaje Ensamblador los programas para los microcontroladores y utilizar varias herramientas para comprobar el funcionamiento del programa, medición de tiempos de ejecución, depuración de errores, entre otros [21].

II.3.4 Programador PICkit2

Una vez escrito un programa en Ensamblador es necesario grabarlo en el microcontrolador, a través de un proceso conocido como "quemar" el PIC, y que es llevado a cabo con un software como PICkit2 [22].

II.3.5 Proteus Professional

Es un programa creado por *Labcenter Electronics* que permite el diseño y la simulación de circuitos para probarlos antes de montarlos, permitiendo incluso cargar el programa de control dentro de los microcontroladores y probar su funcionamiento. [23]

II.3.6 Lenguaje de programación Java

Java es un lenguaje de programación creado por Sun Microsystems con una gran preferencia por parte de los desarrolladores de software. Entre sus principales características se encuentra que se puede desarrollar software en una plataforma (Sistema operativo) y utilizarlo en otra. Gran parte de las aplicaciones, especialmente las web, y hasta para equipos de telefonía celular o dispositivos en general. Java es la evolución directa del lenguaje de programación C/C++, el lenguaje de programación más utilizado y difundido y en el cual se encuentran programadas un enorme porcentaje de software a nivel mundial [24].

II.3.7 Entorno de programación NetBeans

Es un entorno de desarrollo libre escrito en Java, pero puede utilizarse para cualquier lenguaje de programación. Un entorno de desarrollo permite escribir, compilar, depurar y ejecutar programas.

Capítulo III

Metodología y Desarrollo

III.1 Metodología

Este Trabajo Especial de Grado fue desarrollado bajo la modalidad de *Proyecto Factible*, en la cual se busca diseñar un modelo operativo viable que ofrezca la solución a un problema práctico para satisfacer las necesidades de la institución en los ámbitos planteados [25], apoyándose en una *modalidad documental* y una *metodología de investigación analítica*, siendo de primera necesidad la recolección y el análisis de información sobre el tema principal: la inmótica.

Para desarrollar el proyecto, luego de obtener la información necesaria con la investigación, se determinaron como necesarias cuatro etapas. En la primera: *Evaluación del edificio*, se describen las características del edificio en cuestión y se levantó la información requerida para pasar al *Diseño del sistema*, donde se determinaron las características y especificaciones. Seguidamente se pasó a una etapa de *Pruebas del sistema* donde se probó su funcionamiento con una simulación y finalmente la *Evaluación del sistema*, donde se evalúa el producto obtenido.

Con los resultados obtenidos en cada etapa se pudo redactar las conclusiones a las que se llegaron después de haber realizado este proyecto y las recomendaciones para su aprovechamiento y continuación.

En el siguiente esquema se señalan las etapas y estructura de trabajo utilizada, como fue descrita anteriormente.

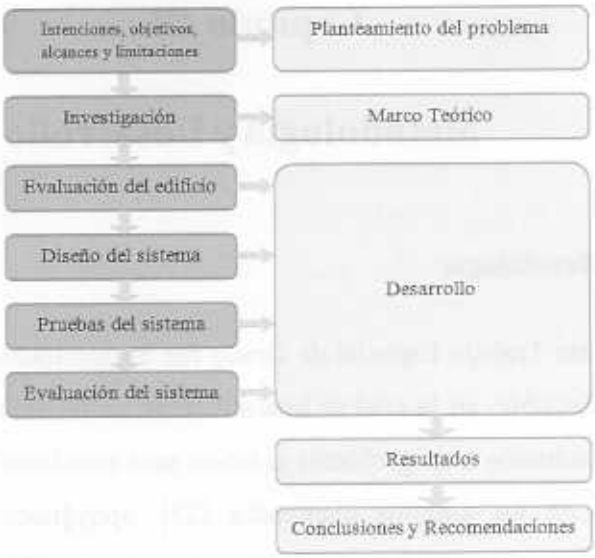


Figura III.1 - Esquema metodológico
Fuente: Elaboración propia

En conformidad con los objetivos específicos planteados para el proyecto, presentados en el capítulo I, se elaboró la siguiente tabla donde se observan por cada uno de estos objetivos las actividades que generaron y los productos esperados.

Tabla III-1 – Relación de objetivos, actividades y productos.

Objetivos	Actividades	Producto
Analizar la información obtenida en la investigación con respecto a las tecnologías en inmótica y la evaluación a los proyectos que se han planteado anteriormente en la UCAB.	• Recopilación de información de fuentes tales como libros, páginas web y publicaciones. • Revisión y análisis de la información recolectada. • Investigación y análisis de proyectos y TEG, relacionados con el tema. • Redacción del marco teórico.	Marco teórico
Identificar los parámetros específicos a ser controlados por el sistema inmótico a través del estudio de la situación actual y manejo de los parámetros en el edificio.	• Descripción de la arquitectura del edificio, y de su distribución interna. • Descripción de las actividades realizadas en el edificio por los usuarios. • Descripción de las características del edificio. • Descripción del suministro y consumo de energía en el	

	edificio. • Determinación de parámetros a ser controlados.	Manuales de Usuario y de Instalación del sistema con las especificaciones e información generada.
Determinar las tecnologías adecuadas para dotar al sistema de la capacidad de controlar los parámetros identificados.	• Evaluar y seleccionar las opciones en tecnología disponibles en el mercado para controlar los parámetros.	
Diseñar el sistema inmótico: Topología, arquitectura y elementos	• Evaluar las diferentes maneras en las que podría estructurarse y seleccionar las más adecuada según la información que ha sido recolectada. • Determinar qué elementos son necesarios en el sistema para cumplir con las funciones que se desean implementar. •Diseñar el funcionamiento lógico del sistema (del software y del hardware) •Selección de componentes para la fabricación del prototipo del sistema.	
Desarrollar la versión alfa del software para el sistema central de control.	•Selección de los lenguajes de programación para crear el código del programa •Escritura del código del programa	Software de control
Realizar una simulación del sistema en un prototipo con la finalidad de probar control y respuesta del software con los elementos básicos del sistema.	•Montaje de los circuitos diseñados. •Preparación de una prueba.	Pruebas del funcionamiento con la simulación.
Estimar los beneficios que se esperan obtener al utilizar el sistema inmótico en cuanto al consumo de electricidad.	• Estudio de la información sobre el consumo eléctrico del edificio. • Variación de cálculos con los valores de horas de uso esperados al utilizar el sistema.	Estimado del ahorro de energía.

Fuente: Elaboración propia

La presentación de resultados del trabajo se realizará en el capítulo IV conforme a esta tabla.

III.2 Desarrollo

El desarrollo del proyecto fue realizado de acuerdo a una secuencia de pasos, desglosados de las etapas determinadas en la metodología, y descrita a continuación:

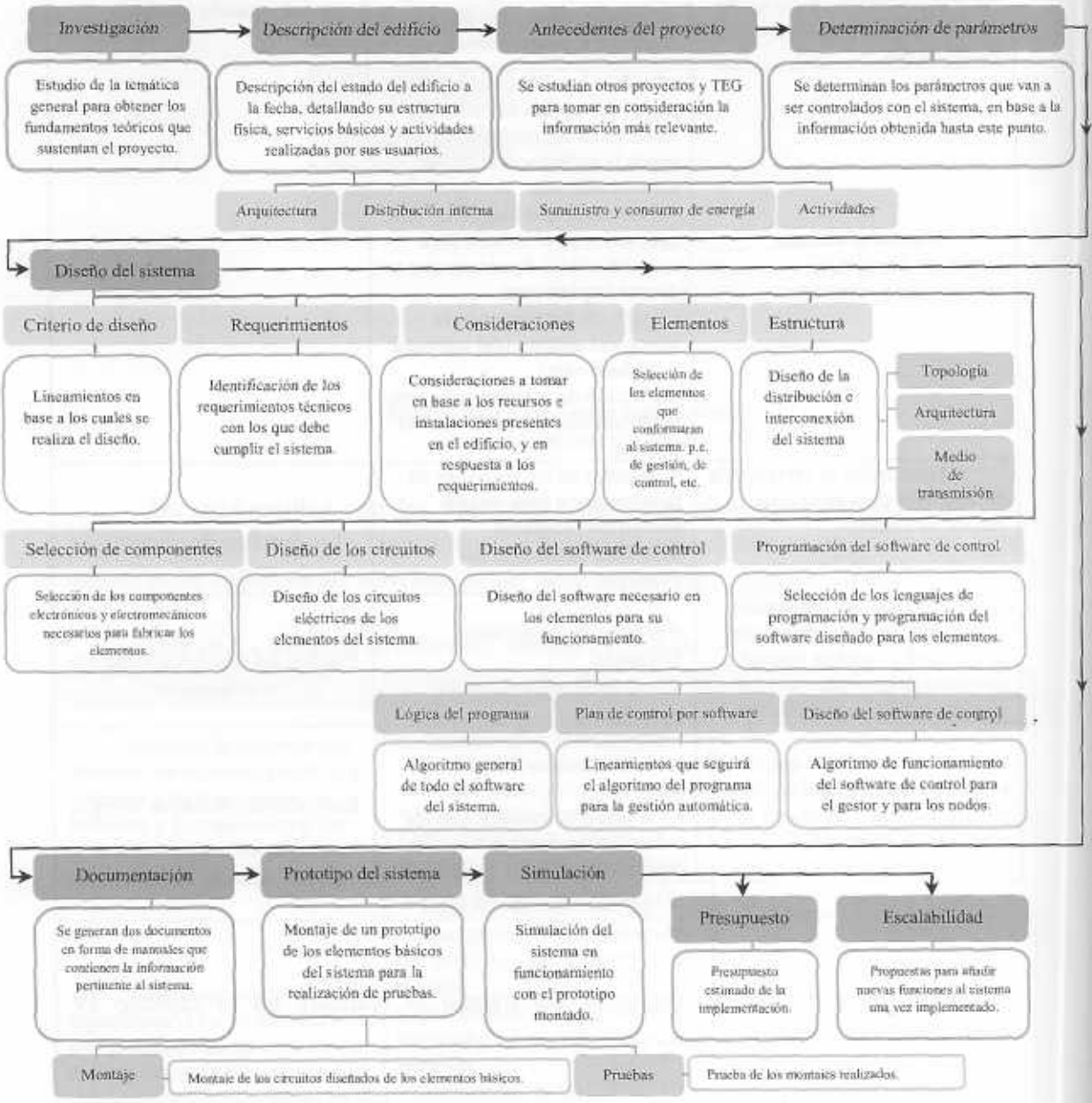


Figura III.2 – Esquema del desarrollo del proyecto.
Fuente: Elaboración propia

Se puede observar que el esquema realizado concuerda con las recomendaciones para llevar a cabo un proyecto de domótica mostradas a continuación:

Figura III.3 – Fases del proyecto domótico

Fuente: [18]

Correspondiéndose el esquema diseñado para el desarrollo del trabajo con la figura anterior hasta la fase 2, ya que el proyecto incluye únicamente el diseño y no llega a la fase de implementación del sistema.

III.2.1 Investigación

Se realizó la investigación del tema de la domótica e inmótica, abordando los conceptos generales y sus características. Se resumieron las principales tecnologías presentes en el mercado de la automatización y se citaron algunos ejemplos representativos de edificios en los que se encuentra

implementado y en funcionamiento un sistema de gestión. Se documentó también la información necesaria para tomar las decisiones en el diseño del sistema como tipos de arquitectura y medios de transmisión; información sobre las normativas que regulan estos sistemas y también información específica sobre algunas tecnologías y herramientas que se seleccionaron para el desarrollo del proyecto.

Se consultaron para ello fuentes como libros, publicaciones, revistas, páginas de internet referenciadas, y otros medios electrónicos, a fin de obtener la información fundamental necesaria para sustentar el proyecto.

La información recopilada de esta manera se presentó en el capítulo II, y las conclusiones sobre su análisis se presentarán en el capítulo de Resultados.

III.2.2 Descripción del estado del edificio de laboratorios

Al diseñar un sistema de automatización para un edificio, el primer paso consiste en realizar un diagnostico describiendo sus principales características. Si el edificio está por construirse se facilita la instalación del sistema debido a que su implementación se considera desde un inicio con la pre-instalación de la infraestructura necesaria. Pero si el edificio ya esté construido y se desea posteriormente automatizarlo, se debe estudiar el tipo de tecnología a utilizar que mejor se adapte a los requerimientos de los usuarios y a las características del edificio. En el caso de estudio, el edificio de laboratorios de la UCAB, se realizó el diagnostico en base a cuatro aspectos importantes, como lo son la arquitectura del edificio, la distribución interna de las instalaciones, el suministro/consumo de energía y las actividades que se realizan en él, recogiendo así la información pertinente para el proyecto.

III.2.2.1 Arquitectura del edificio de laboratorios

El edificio de laboratorios consta de tres niveles, con una estructura de concreto y un anexo en una estructura de hierro, ocupando un área total de 10.3000,71 m² [26]. En el anexo nro.1 se incluyen fotografías del exterior del edificio de laboratorios desde distintos ángulos. En el anexo nro.2 se incluyen imágenes también desde distintos ángulos, de una maqueta en tres dimensiones del edificio, de elaboración propia con el programa de diseño *Google™ SketchUp 8*, creada a partir de las fotografías y datos apuntados para este fin.

III.2.2.2 Distribución interna del edificio de laboratorios

La distribución interna del edificio puede observarse en los planos de cada planta incluidos en el anexo 3, facilitados por la oficina de Servicios Generales. Adicionalmente se hizo un recorrido por el edificio enlistando las áreas en las que se encuentra distribuido con la finalidad de clasificar los distintos tipos de instalaciones. En la siguiente tabla se muestra un listado de las instalaciones para dar a conocer qué tipo de espacios se encuentran en el edificio, ya que estos se asocian directamente al tipo de actividades que se realizan, y sobre estas se definirán las prestaciones y el alcance del sistema ha diseñar. Para la clasificación se generalizan las actividades y se considera si el área en cuestión *tiene o no acceso restringido.*

Tabla III-2 - Tipos de instalaciones y áreas en el edificio de laboratorios

Tipos de instalaciones y áreas en el edificio de laboratorios		
Oficina	Salón	Deposito
Lab. académicos	Lab. no académicos	Baño
Zona de transito		

Fuente: Elaboración propia

El orden de las instalaciones se presenta siempre en sentido suroeste-noreste, según anexo 2, en la misma forma en que una persona se encontraría las instalaciones en cada planta del edificio recorriéndolas en este sentido. A menos que se indique lo contrario, las instalaciones son de acceso general, entendiéndose por ello, que cualquier persona, incluso ajena al estudiantado, personal docente, administrativo u obrero podría ingresar a ellas.

Tabla III-3 - Distribución interna de espacios en el edificio de Laboratorios: PB.

Recorrido actualizado por las instalaciones del Edificio de Laboratorios: PB.		
Instalaciones		Clasificación por tipo
L001: Auditorio de Ingeniería		Salón
Centro de Asesoramiento y Desarrollo Humano		Oficinas
Lab. de Computadoras del CAI		Laboratorio no académico
Lab. de Soluciones Inalámbricas		Laboratorio Académico; AR
Lab. de Térmica		Lab. Académico; AR
L126		Laboratorio académico; AR
Lab. de Circuitos y Sist. Electrónicos		Laboratorio académico; AR
Baños (2) Damas y Caballeros		Baños
L1215 – L1213		Salones
L1212: Lab. de Electroencefalografía		Laboratorio académico; AR
Lab. de Materiales I		Laboratorio académico
Escuela de Ing. Civil		Oficinas
Cuarto de depósito.		Depósito
Lab. 2 Departamento de Ciencias Biológicas		Oficinas; Acceso Restringido
Baños Caballeros		Baños
Lab. de Materiales II		Laboratorio académico
Lab. de Ing. de Telecom.	Lab. Telemática	Laboratorio académico; AR
	Lab. de Comunicaciones	Laboratorio académico; AR
	Lab de Microondas	Laboratorio académico; AR
	Taller de trabajo	Laboratorio académico; AR
	Cuarto de los técnicos	Oficinas; AR
Escuela de Educación		Oficinas
Lab. 3 Departamento de Ciencias Biológicas		Oficinas
Laboratorios de Física, de redes, de		Laboratorio académico; AR

arquitectura y circuitos.	
Lab. de Hidráulica	Laboratorio académico
Facultad de Ingeniería	Oficinas
Deposito (Bajo las escaleras)	Deposito
Departamento de Física	Oficinas
CIDI	Oficinas

Leyenda: AR=Acceso restringido

Fuente: Elaboración propia

Tabla III-4 - Distribución interna de espacios en el edificio de Laboratorios: P1.

Recorrido actualizado por las instalaciones del Edificio de Laboratorios: P1.		
Instalaciones		Clasificación por tipo
Lab. de Termodinámica		Laboratorio académico; AR
L1201 – L1202		Salones
Departamento de Matemáticas		Oficinas
Lab. de Física Moderna / Lab. de Óptica		Laboratorio académico; AR
L105: Escuela de Educación: Física y Matemática		Oficinas
L1203 – L1205		Salones
Unidad de Lab. Gustavo Vollmer Herrera	Unidad Multimedia de Ing.	Laboratorio académico; AR
	Lab. de Desarrollo de Nuevos Productos	Laboratorio académico; AR
	Lab. de Ing. Asistida por Computador	Laboratorio académico; AR
	Centro de Ergonomía / Biblioteca de Ing. Industrial	Oficina; AR
	Lab. de Ergonomía	Laboratorio académico; AR
Baños		Baños
L1206		Salón
Lab. de Ing. Informática y Telecomunicaciones.		Laboratorio no académico
Lab. de Física y Circuitos		Laboratorio académico; AR
L113: Lab. de Química I		Laboratorio académico; AR
Cuarto de depósito		Depósito
Baños		Baños
L1117: Lab. de Química II		Laboratorio académico; AR
L1207 – L1213		Salones
Escuela de Ing. Informática		Oficinas

Departamento de química	Oficinas
Lab. de Fisicoquímico	Laboratorio académico
Dpto. de Humanidades: Sala de adiestramiento y videoteca	Salón
L1214 – L1217	Salones
Departamento de Geometría Descriptiva	Oficinas

Leyenda: AR=Acceso restringido

Fuente: Elaboración propia

Tabla III-5 - Distribución interna de espacios en el edificio de Laboratorios: P2.

Recorrido actualizado por las instalaciones del Edificio de Laboratorios: P2.	
Instalaciones	Clasificación por tipo
L2309 – L2318	Salones
Lab. Docente de Ing. Sanitario Ambiental	Laboratorio académico; AR
L2306: Lab. de computación de ingeniería	Laboratorio académico; AR
Departamentos de lenguaje y humanidades	Oficinas
Baños	Baños
L2304	Salón
Cuarto de depósito	Depósito
Escuela de Ing. Industrial	Oficinas
Escuela de Ing. de Telecomunicaciones	Oficinas
Unidad de Microbiología Sanitaria LABSAM	Laboratorio académico; AR
Cuarto de depósito	Depósito
Unidad de Química Sanitaria LABSAM	Laboratorio académico; AR
Unidad de Ensayos Físicos LABSAM	Laboratorio académico; AR
Escuela de Educación: Biología y Química	Oficinas
Salón de usos audiovisuales.	Salón; AR

Leyenda: AR=Acceso restringido

Fuente: Elaboración propia

Totalizando el tipo de área en el edificio se obtiene la siguiente tabla:

Tabla III-6 – Totalización de instalaciones por tipos en el edificio de laboratorios.

Tipo de instalación/área	Sub-total	Total	Ubicación
Oficina	7	16	PB
	5		P1
	4		P2
Oficina de acceso restringido	2	3	PB
	1		P1
	0		P2
Salón	4	34	PB
	18		P1
	12		P2
Salón de acceso restringido	0	0	PB
	0		P1
	0		P2
Lab. académicos	3	4	PB
	1		P1
	0		P2
Lab. académicos de acceso restringido	12	26	PB
	9		P1
	5		P2
Lab. no académicos	1	2	PB
	1		P1
	0		P2
Lab. no académicos de acceso restringido	0	0	PB
	0		P1
	0		P2
Deposito (Todos de acceso restringido)	2	5	PB
	1		P1
	2		P2
Baños	3	6	PB
	2		P1
	1		P2

Fuente: Elaboración propia

En el anexo 4 - *Fotografías (interior) del Edificio de Laboratorios* se incluyen fotografías del interior del edificio de laboratorios en las que se pueden observar los tipos de áreas aquí descritas.

III.2.2.3 Suministro y consumo energético en el edif. de laboratorios

A continuación se aborda la información referente a la energía que recibe el edificio y su consumo por parte de los usuarios en las actividades que se llevan a cabo en el edificio.

- **Suministro energético en el edificio de laboratorios**

En el edificio de laboratorio se cuentan con los servicios básicos de aguas blancas y negras, y de electricidad para el funcionamiento de sus instalaciones y desarrollo de sus actividades. Por la vía de *consulta a experto*, se obtuvo la información del ingeniero residente de la UCAB, el Ing. Vincenzo Bonadío Pedrón, de que el edificio de laboratorios particularmente está dividido en dos etapas eléctricas, una de ellas alimentadas por la entrada principal de electricidad de la universidad, suministrada por CORPOELEC, y la otra por un moto-generador que funciona a base de combustible diesel. Actualmente no existen los planos de distribución eléctrica del edificio, debido a varios trabajos de ampliación y modificación que se han realizado en las instalaciones.

- **Consumo energético en el edificio de laboratorios**

En el trabajo de grado "*Metodología mínima recomendable para la definición de los perfiles de consumo de agua y energía en instituciones universitarias para el desarrollo del programa de campus sustentable*" [26] en el que se tuvo como objetivo "Desarrollar una metodología para determinar los consumos reales de agua y energía, su graficación e interpretación, proyecciones y fijación de indicadores medioambientales aplicables en Universidades y utilizando como referencia el Campus UCAB" se realizaron una serie de auditorías energéticas para determinar el consumo del edificio de laboratorios.

En ese trabajo obtuvieron con las auditorias que el consumo de electricidad del edificio es igual a 2734,81 KwH/día considerando el consumo de iluminación, aires acondicionados y computadoras en los distintos grupos de instalaciones en el edificio (Laboratorios, oficinas, baños pasillos y escaleras, y las aulas).

Calcularon con las ecuaciones teóricas de consumo de energía por tipo (iluminación, acondicionadores de aire y equipos de computadoras), el consumo anual correspondiente a cada tipo o área.

TABLA N° 34. Porcentajes de Consumo por Área y por Tipo de Consumo

Áreas de la edificación	Consumo en el área de Iluminación (KwH/año)	Consumo en el área de Aires acondicionados (KwH/año)	Consumo en el área de Equipos de Computación (KwH/año)	Consumo Total por área (KwH/año)	% de Consumo por Área
Laboratorios	108013	140370	222872	**471255**	**47**
Oficinas	48032	86372	29013	**163417**	**16**
Aulas	122842	221475	-	**344317**	**34**
Baños, pasillos y escaleras	19216	-	-	**19216**	**3**
Total por tipo de consumo	**298103**	**448217**	**251885**	**998205 (*)**	**100**
% de Consumo por Tipo	**30**	**45**	**25**	**100**	

Fuente. Tabla N° 2. Elaboración propia (2011)

Figura III.4 – Porcentajes de consumo por área y por tipo de consumo.

Fuente: [26]

Exponen también que el consumo de energía eléctrica del edificio de laboratorio se mide junto al consumo del edificio de aulas, el edificio

cincuentenario, la feria, la casa del estudiante, la residencia de los padres, las áreas deportivas, el edificio de estacionamiento y gran parte de la iluminación externa. Razón por la cual indican que se dificulta la comparación entre el cálculo teórico y la medición real registrada por el medidor de CORPOELEC.

Exponen también que el consumo teórico de agua es en promedio 4.53 lps y el medido de 3.566 (ambos obtenidos promediando los valores de la tabla nro. 37 p.71) y señalan que los valores analizados son los que refleja en la facturación HIDROCAPITAL a la UCAB.

En abastecimiento de agua proviene de HIDROCAPITAL a través de una toma directa del tubo matriz. Igualmente cuenta con dos tanques de 150.000 litros cada uno, un tanque subterráneo de 150.000 litros, un pozo subterráneo como sistema alterno que envía agua a un tanque subterráneo de 180.000 litros y un tanque en las instalaciones deportivas destinado para riego.

Los autores de este TEG recomendaron lo siguiente con respecto a la energía eléctrica:

- ✓ Instalar medidores eléctricos en cada edificio para una exacta medición de consumo.
- ✓ Hacer un estudio de los equipos de aire acondicionado que tienen el mayor consumo de energía, para determinar si son los más idóneos para el espacio donde son utilizados.
- ✓ Aplicar algún dispositivo que permita el encendido o apagado de los equipos de aire e iluminación por los profesores al entrar o salir de clases, ya que observaron el funcionamiento de estos equipos aun sin actividades

en los salones. Así mismo recomiendan la realización de campañas para la concientización sobre el uso racional de la energía.

- ✓ Aprovechar de mejor forma la luz natural y el uso de sensores que no permitan el encendido de luces cuando la iluminación natural se encuentre en un rango aceptable.
- ✓ Colocar sensores de movimiento que activen las lámparas ubicadas en los pasillos ya que permanecen encendidas innecesariamente.

Es de hacer notar que las últimas tres recomendaciones pueden cumplirse con el sistema de automatización propuesto.

III.2.2.4 Actividades que se realizan en el edificio de laboratorios

De acuerdo al uso para que se concibiera el edificio de laboratorios y el que se le ha dado desde su construcción se pueden resaltar que el propósito de la edificación es albergar las instalaciones descritas a continuación.

- **Observaciones sobre las instalaciones**
  - ✓ Los salones de clases para el desarrollo de la actividad académica.
  - ✓ Los laboratorios que complementan el desarrollo integral de la actividad académica.
  - ✓ Las instalaciones que brinden las herramientas necesarias para los estudiantes y personal para el desarrollo de la actividad académica, tales como acceso a computadoras, salones de estudio, entre otros.
  - ✓ El conjunto de oficinas para el desarrollo de la actividad administrativa requerida para el funcionamiento interno de los organismos de la Facultad de Ingeniería, tales como las Escuelas de las distintas

Ingenierías, los Departamentos de cátedra, entre otros. Así como también las oficinas relacionadas con la administración de la labor que se lleva a cabo en los distintos laboratorios y oficinas de los centros de formación integral como el Centro de Asesoramiento y Desarrollo Humano.

- ✓ Baños para el uso de las personas que realizan actividades en el edificio.

Las actividades que se realizan en las mencionadas instalaciones requieren y cuentan con los siguientes sistemas:

- ✓ Cableado eléctrico de 110v-220v para la alimentación de todos los equipos que se utilizan en el edificio.
- ✓ Tuberías de aguas blancas y negras para baños y laboratorios de Ingeniería Industrial y civil.
- ✓ Cableado estructurado para la interconexión de las computadoras utilizadas en los distintos laboratorios y oficinas, esto a través de una red de área local LAN.

- **Observaciones especiales**
  - ✓ Dentro del edificio, se tienen una serie de equipos que requieren de alimentación eléctrica, como computadoras, aires acondicionados, luminarias, equipo y aparatos de laboratorio, entre otros.
  - ✓ El uso de estos equipos generalmente es continuo durante el horario de trabajo comprendido de 7:00 am a 6:00pm, tratándose por ejemplo de las computadoras, luces y aire acondicionado. Los equipos de laboratorio se encienden durante la realización de las prácticas, por periodos de tiempo más cortos a los de la duración total de la práctica.

En los laboratorios no académicos de computadoras para el acceso a internet y las herramientas de software, se usa desde las 8:00am hasta las 9:00pm.

- ✓ En los aspectos de la seguridad, no hay ningún tipo de restricción de acceso al edificio. Algunos salones o laboratorios permanecen bajo llave mientras que no se tengan clases o actividades en ellos. Los técnicos o personal específico son los encargados de abrir las puertas para permitir el acceso al profesor y grupo de estudiantes que tengan actividades en el salón o laboratorio.
- ✓ En los laboratorios de química no se utilizan compuestos que puedan requerir de una alarma en caso de emergencia, por ejemplo tóxicos, y aquellos compuestos peligrosos son manejados bajo las recomendaciones necesarias de seguridad.
- ✓ En el laboratorio de hidráulica no se trabaja con nivel de agua, si no con presión para la que se utiliza un tanque con bombeo por gravedad para las prácticas, y constantemente se le hace mantenimiento a las tuberías, por lo que la posibilidad de ruptura, fugas o inundaciones son realmente bajas, además de contar con personal calificado para solventar fallas durante todo el horario de trabajo.
- ✓ En todos los laboratorios, las prácticas son programadas, por lo que el uso de los equipos se encuentra contemplado dentro de ellas, y el mismo está condicionado a situaciones de control por parte de un profesor y el personal calificado.

- ✓ En los laboratorios que brindan acceso al servicio de internet se llevan a cabo medidas de regulación energética, por ejemplo los equipos entran en estado de bajo consumo cuando no se están utilizando.
- ✓ Durante la hora de almuerzo muchas oficinas, como las de la Facultad de ingeniería, continúan con luces y acondicionadores de aire encendidos a pesar de que son muy pocos los profesores y el personal que permanecen en ellas.
- ✓ En las horas nocturnas, cuando han terminado ya las actividades en las diferentes oficinas e instalaciones, quedan iluminados los pasillos, por el sistema principal de luminarias, en zonas que no se espera transito, esta iluminación resulta innecesaria.

III.2.3 Antecedentes del proyecto

Las aplicaciones de la domótica y la inmótica han sido pensadas anteriormente para el edificio de laboratorios, sin embargo por diversos factores no ha resultado viable implementarla o continuada en caso de los trabajos de grado. A continuación se exponen dos proyectos y dos trabajos de grado que aportan información relevante con el tema en cuestión.

III.2.3.1 Proyecto de automatización de salones

En el año 2009 se planteo un proyecto de automatización a cargo de la empresa GRINTA (Grupo Integrado de Tecnología Avanzada) C.A. quienes han realizado otros proyectos en la universidad, destacando la instalación de los lectores de T.A.I. (Tarjeta Académica Inteligente) que es utilizada para acceso al campus y a cierto servicios como los laboratorios de computadoras y biblioteca. Dicho proyecto consistía en la automatización de cuatro salones por

medio de tarjetas controladoras conectadas a los elementos, y entre ellas con un bus de datos y todas hacia una tarjeta controladora inteligente a la que se accede a través de la LAN de la universidad por medio de una computadora.

III.2.3.2 Proyecto de sistema de acceso a los salones con la TAI[6]

En conversaciones con el DTI (Dirección de Tecnologías e información plantearon un proyecto para que el acceso a los salones se hiciera a través de la TAI del profesor y los estudiantes. El estado del proyecto está bastante avanzado pues incluso parte del hardware necesario está instalado ya en determinados salones, no obstante, actualmente se encuentra pausado ya que las dimensiones del mismo requieren de un complejo software que presente, entre otras, las siguientes funciones:

- Acceso al Banner, software de gestión académica que lleva el control de alumnos y profesores, notas, datos personales, y toda la información necesaria, para revisar el estado del estudiante y profesor.
- Sincronización con los horarios y las listas de los inscritos en el curso (también con el Banner) para verificar que deben ingresar a esa clase.
- Consideraciones en cuanto a oyentes en las clases y programación de clases adicionales como recuperación.

[6] Tarjeta Académica Inteligente: Carnet utilizado por los estudiantes, profesores y personal de la Universidad para acceder al campus y utilizar servicios como el internet en los laboratorios.

Esta información fue obtenida en conversaciones con el Ing. Jacinto Pazo del DTI, quien a pesar de no llevar personalmente el proyecto tiene un amplio conocimiento sobre el mismo.

III.2.3.3 Proyecto de sistema anti-incendios.

La oficina de Servicios Generales de la UCAB está llevando a cabo la implementación de un sistema anti-incendio en cumplimento con normativas de seguridad en edificios, desplegando para ellos una gran cantidad de sensores, botones y alarmas por todas las instalaciones que permitirán detectar y dar aviso en caso de un incendio para el desalojo de los usuarios.

III.2.3.4 TEG: "Diseño de un sistema de control domótico inalámbrico usando la red telefónica"[27]

Este trabajo tuvo como objetivo general: "Diseñar un sistema domótico que tome datos de la red telefónica y envié por RF instrucciones a módulos remotos" Diseñaron e implementaron con microcontroladores un sistema domótico controlado a través de la red telefónica. Incluyendo varios módulos, que permitían detectar la señal del timbre telefónico, descolgar el teléfono, demodular la información y procesarla para las ordenes al modulo de gestión domótica. Ellos recomiendan continuar con la línea de investigación y adicionar al sistema varios módulos para aumentar sus funcionalidades y prestaciones.

III.2.3.5 TEG: "Diseño e implementación de un sistema domótico de manejo remoto utilizando internet y tecnología celular"[28]

Este trabajo tuvo como objetivo general: "Desarrollar un sistema domótico para la gestión de elementos dentro de una instalación domestica, que

permita el monitoreo y manejo remoto a través de Internet y dispositivos de tecnología celular". Diseñaron e implementaron un sistema domótico para una instalación doméstica. Utilizaron microcontroladores para construir interfaces que les permitieran adquirir datos de sensores de humo y de apertura de puertas y ventana, capturar imágenes, y la conexión a internet y la línea telefónica para enviar instrucciones al sistema. Concluyeron en su trabajo sobre los beneficios en el aumento de confort y ahorro de tiempo en el hogar al utilizar domótica, sobre la relación intima de la selección de sensores y las características físicas de la vivienda, y el uso de conocimientos en electrónica para la construcción de los circuitos requeridos. Recomendaron una serie de ampliaciones del sistema en el que se observa cómo sus funciones pueden ampliarse para incluir, integrados en la misma plataforma, diferentes servicios.

III.2.4 Determinación de parámetros a controlar con el sistema inmótico

Analizando la información obtenida hasta este punto sobre el edificio y las actividades que se realizan en él se determinan que aplicaciones serán las más convenientes al implementar un sistema de control automatizado. Según la evaluación realizada al edificio, los parámetros son:

- **Gestión de energía**
  - ✓ Monitoreo de las áreas donde las luces estén encendidas.
  - ✓ Control de encendido y apagado de luces desde la unidad central.
  - ✓ Programación de encendido y apagado automático de luces según la hora del día y la zona del edificio.
  - ✓ Programación de encendido y apagado automático de las unidades de aire acondicionado según un nivel de temperatura establecido.

- **Gestión de seguridad**
  - ✓ Monitoreo de presencia en las áreas del edificio fuera de horas regulares.
  - ✓ Monitoreo de acceso a instalaciones fuera de horas regulares.
  - ✓ Sistema de alarma anti-intrusos y anti-incendio.

III.2.5 Diseño del sistema inmótico

A continuación se presenta el razonamiento seguido para el diseño del sistema propuesto, describiendo los criterios, requerimientos y configuraciones seleccionadas.

III.2.5.1 Criterio de diseño para el sistema inmótico

- El sistema que se está diseñando parte de una visión académica en la que se sugiere una solución práctica con base en los conocimientos y destrezas adquiridos en la carrera y los adquiridos de la investigación realizada. Sin embargo, algunos requerimientos se escapan del alcance del trabajo, por lo indicado en el punto III.2 y apoyado por la figura III.3, es en la fase de instalación del sistema cuando interviene el personal especialista que determinara ciertos parámetros, y finalizada las labores es cuando se entrega la información definitiva, por lo tanto, algunas características que caen en esta etapa serán explicadas y quedaran como recomendaciones.
- El hardware diseñado ha de ser sencillo para su fabricación a bajo costo y en la misma universidad.
- El software se presenta de una forma conceptual y será desarrollado una versión sencilla que permita observar su funcionalidad como se indicó en los objetivos.

- Se establecerán modelos de los tipos de instalaciones presentes en el edificio y que consideraran sus características generales. Sin embargo no necesariamente todas las áreas del mismo tipo tienen las mismas características, aquellas con características especiales podrán ser atendidos con las previsiones de ampliación que se tomaran en el hardware.
- No se considera la gestión de seguridad para detección de incendios ya que forma parte de un proyecto que se está llevando a cabo a la fecha, con la instalación de un sistema anti-incendio que atiende esta necesidad de seguridad en el edificio.
- De igual forma no se incluirán las funciones de acceso mediante la TAI a salones, ya que este proyecto se está llevando a cabo por el DTI como se menciono en los antecedentes del proyecto, pero si las de detección de apertura de puertas y movimiento dentro de los salones.
- Para el hardware se diseñaran varios circuitos genéricos con funciones especificas, pero es de resaltar que los circuitos diseñados a la hora de instalarse pueden configurarse para adaptarse a los requerimientos de cada instalación.
- Dada la falta de planos eléctricos, se asumirá que todo el cableado eléctrico del edificio es de 110V AC, alimentación típica para los sistemas de iluminación y alimentación eléctrica. La etapa de 220v AC se considera un caso especial. Además, la información sobre los cables eléctricos tendidos en la construcción del edificio no estaba disponible pero se considera que cumplen con las recomendaciones eléctricas correspondientes de las normas venezolanas COVENIN.

III.2.5.2 Esquema general del sistema inmótico

Como se describió en el marco teórico, en la sección II.2.4.3 Elementos básicos de un sistema domótico, los sistemas domóticos se componen de tres elementos básicos: Nodos (que agrupan los otros elementos como el software), actuadores y dispositivos de entrada, aparte de la una unidad de control central. Esta composición de un sistema de automatización se muestra en la figura III.5.

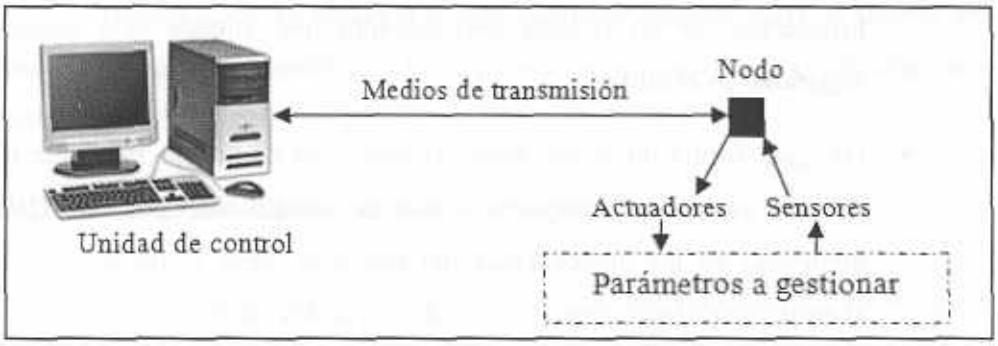


Figura III.5 – Esquema general de un sistema de automatización.
Fuente: Elaboración propia.

A partir del esquema general, y con respecto a los parámetros que se determinaron para gestionar, se tienen las siguientes etapas y dispositivos.

- **Adquisición de datos (Sensores):** Lectura de los valores o detección de las magnitudes físicas dentro de los parámetros gestionados.
  - ✓ **Sensores de iluminación**: Detectar si en el área de cobertura hay o no iluminación. Se pueden utilizar para, por ejemplo, encender o apagar automáticamente las luces, dependiendo de la iluminación en el medio.
  - ✓ **Sensores de temperatura**: Detectan cambios de temperatura.

- ✓ **Sensores de presencia**: Son sensores que detectan la presencia de personas o animales en un lugar. Los más comunes funcionan por detección de movimiento con señales de infrarrojo.
- ✓ **Sensores de apertura de puertas**: Son sensores que permiten detectar y dar una señal cuando una puerta o ventana ha sido abierta, utilizando para ellos dos placas magnéticas que activan al sensor cuando son separadas.

- **Control sobre los dispositivos (Actuadores):** Permitirán ejercer control sobre los elementos (aparatos, puertas, alarmas…) que forman parte de los parámetros gestionados.
  - ✓ **Termostatos**: Son circuitos que abren o cierran otros circuitos eléctricos dependiendo de la temperatura que perciban. Típicamente son utilizados en los aparatos acondicionadores de aire para regular su funcionamiento de acuerdo a un nivel de temperatura.
  - ✓ **Relés**: Son componentes electromecánicos que permiten activar circuitos eléctricos a través de contactos que son controlados con corriente por medio de un electroimán y una bobina. Recibe una señal y activa mecánicamente el contacto que a su vez activa el circuito dependiente del relé.
  - ✓ **Alarma sonora**: Típicamente se utiliza un zumbador, componente electrónico que produce una señal sonora continua de un mismo tono activado por corriente y que es utilizada en electrónica para dar avisos.

De lo anterior y en conformidad con los parámetros a ser gestionados, se presenta la tabla III-7 con los sensores y actuadores requeridos para cada uno de ellos.

Tabla III-7 – Dispositivos requeridos para los parámetros gestionados.

Parámetros	Requerimientos	
	Sensores	Actuadores
Monitoreo y control de luces	Sensores de iluminación	Relés
Monitoreo y control de A/A	Sensores de temperatura	Termostatos
Encendido/apagado luces y A/A	---	Relés
Monitoreo de presencia	Sensores de presencia	---
Monitoreo anti-intrusos	Sensores de apertura de puertas y presencia	---
Alarma anti-intrusos	---	Alarma sonora

Fuente: Elaboración propia.

Continuando con las etapas incluidas en el esquema general:

- **Procesamiento de datos:** La Unidad de Control (Ver figura III-5) es el hardware, generalmente una computadora o controlador, sobre el que correrá el software para la interpretación de los datos adquiridos a través de los sensores y accionar a los actuadores, llevar a cabo las tareas programadas, y funciona como interfaz entre el usuario y el sistema, para su manejo y programación.

- **Transmisión de datos:** Comunicación de los datos e información entre los dispositivos de la red.

  - ✓ **Interfaces para comunicar los actuadores con la unidad de control:** Las señales que emite la unidad de control pueden no ser equivalentes a

la señal que necesitan los actuadores para activarse. Las interfaces permiten acoplar estas señales para lograr la comunicación.

- ✓ **Infraestructura para comunicar los elementos entre sí, y con la línea o fuentes de alimentación:** Todos estos elementos deben comunicarse, ya sea entre ellos y la unidad de control, o únicamente con la unidad de control. Para esto existen varias soluciones como la instalación de un cableado exclusivo para el sistema, utilización del mismo tendido eléctrico, conexiones inalámbricas a través de infrarrojo, radiofrecuencia, Bluetooth, Wi-Fi entre otras. Depende también de la configuración de la topología de la red de interconexión. Debe además, cubrir lo referente a la alimentación de los elementos, esto puede hacerse a través de la misma estructura si presenta cableado, a través de baterías locales, o fuentes de alimentación.

III.2.5.3 Estructura y elementos del sistema inmótico.

En la figura III-6 se presenta el diseño propuesto para el sistema inmótico, y posteriormente la explicación de sus partes.

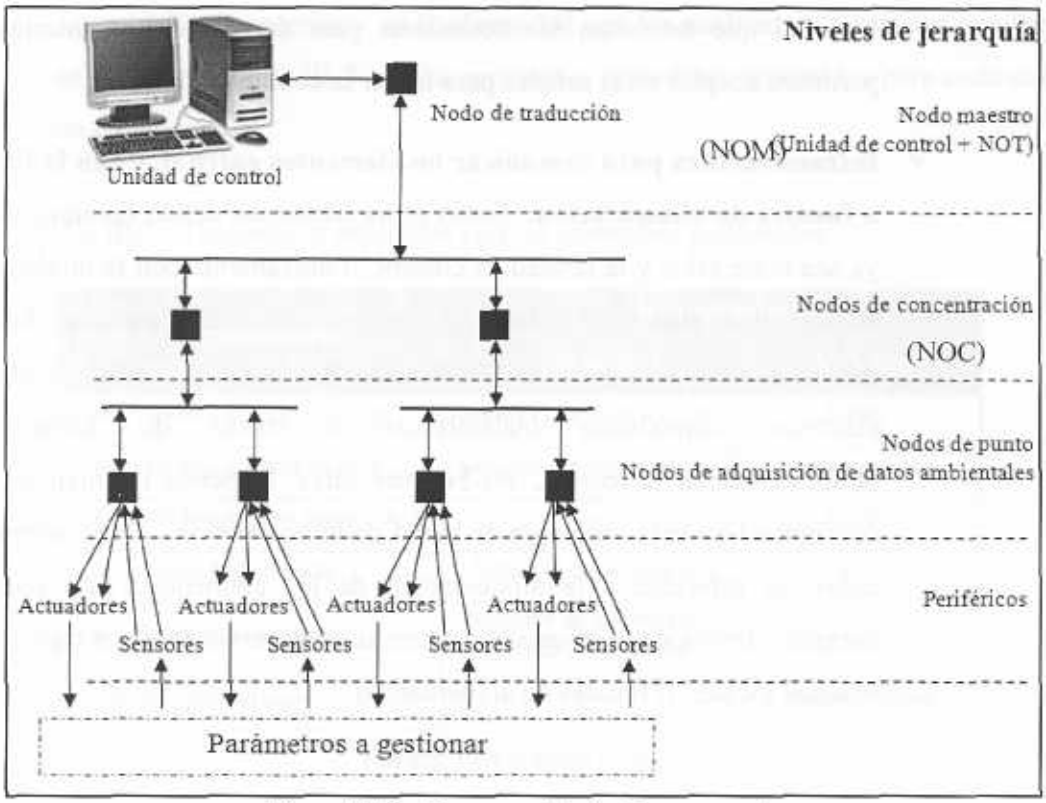


Figura III.6 – Esquema del diseño propuesto
Fuente Elaboración propia.

- **Nodos**

En primer lugar se establecieron cinco tipos de nodos para el funcionamiento del sistema, descritos a continuación:

- ✓ **Nodo maestro (NOM)**: está representado por una computadora con el software de control y será el encargado de monitorizar la red de automatización. Recibirá los datos, los almacenará, presentará y transmitirá instrucciones.
- ✓ **Nodo de traducción (NOT)**: es la interfaz entre la unidad de control y la red, esto se requiere debido a que los microcontroladores y los puertos de la computadora trabajan a diferentes niveles de voltaje.

- ✓ **Nodo de punto (NOP):** Este tendrá la capacidad para manejar sensores y actuadores, en un número limitado, como por ejemplo en una única habitación.
- ✓ **Nodo de concentración (NOC)**: Tendrá la capacidad para controlar varios nodos de punto o una mayor cantidad de sensores y actuadores.
- ✓ **Nodo de adquisición de datos ambientales (NADA)**: Una variación del nodo de punto (NOP) deberá recabar información del ambiente como la temperatura exterior y la luminosidad.

- **Topología**

La topología seleccionada corresponde con la de árbol, permitiendo establecer los niveles de jerarquía mostrados que servirán para zonificación del edificio, además de la ventaja de que, en caso de falla de un elemento, afectará únicamente sus funciones y la de dispositivos conectados a él (rama dependiente), pero no al sistema completo.

- **Arquitectura**

La arquitectura para este proyecto será hibrida, ya que los diferentes elementos que conforman el sistema podrán tomar datos, procesarlos y ejecutar acciones.

- **Medios de transmisión**

Existen, como se describió en el marco teórico, varios tipos de medios de transmisión. Para el proyecto se analizaron tres alternativas.

- ✓ **Línea eléctrica**: En primer lugar se consideró utilizar la línea de transmisión eléctrica para transmitir la información de control del sistema a través de una modulación con corrientes portadoras como en el

estándar X10. Este medio supondría una inversión en instalación igual a cero. Sin embargo, al no contar con los planos de distribución de las líneas eléctricas en las instalaciones del edificio, y al tener conocimiento de que la alimentación eléctrica del edificio está dividida en dos etapas diferentes, se descartó esta opción. Para considerarla se requeriría en primer lugar de la elaboración de los planos con la información actualizada de la distribución eléctrica y posteriormente el diseño del sistema de transmisión. Agregando etapas de modulación y demodulación a los elementos.

- ✓ **Radiofrecuencia**: Al utilizar una comunicación inalámbrica se tiene la ventaja de no requerir ninguno tipo de cableado, pero cada elemento deberá incluir una etapa de transmisión/recepción en radiofrecuencia. Deben tomarse en cuenta el costo de los módulos de comunicación inalámbrica y las interferencias que podría sufrir el sistema o generar a los equipos del edificio.

- ✓ **Cable de cobre**: Uso de cableado dedicado para el sistema requiere de una elevada inversión en despliegue de tuberías, cables y conectores. Sin embargo es una de las mejores alternativas desde el punto de vista técnico.

No se realizara una selección definitiva ya que amerita primero que nada de la petición y evaluación de presupuestos de cada uno, ya que no estaba contemplado en los objetivos; los elementos diseñados podrán ser adaptados a cualquiera que sea el medio de transmisión. Es importante también determinar la máxima distancia entre dos nodos según el medio a utilizar, lo que dependerá de factores como el tipo de cable, el protocolo o la frecuencia de operación.

III.2.5.4 Selección de componentes para los circuitos

El criterio de selección de componentes que conformaran los elementos del sistema, descritos anteriormente, se basa en las siguientes consideraciones:

- Las dimensiones y alcance del sistema: Los componentes que se utilizaran dependerán principalmente del alcance que tendrá el sistema y su nivel de complejidad, mientras más características se deseen agregar al sistema requerirá de más y mejores componentes.

- Los requerimientos técnicos del sistema: explicados anteriormente, las características que debe tener el sistema para cumplir con las prestaciones para las que se está diseñando.

- La disponibilidad en el mercado de los componentes: Algunos componentes son escasos o las características de los que se comercializan no son las que se necesitan, por lo tanto, debe considerarse las opciones disponibles que cumplan con lo requerido.

- Sencillez en el diseño: Un diseño sencillo que permita implementar todas las funciones del sistema, al mismo tiempo que los elementos sean sencillos de construir y revisar.

- Bajo costo: Se desea que el sistema pueda ser implementado con la menor inversión posible.

En cumplimiento con estas consideraciones y los requerimientos determinados, los componentes que se seleccionaron para el diseño del sistema se muestran a continuación:

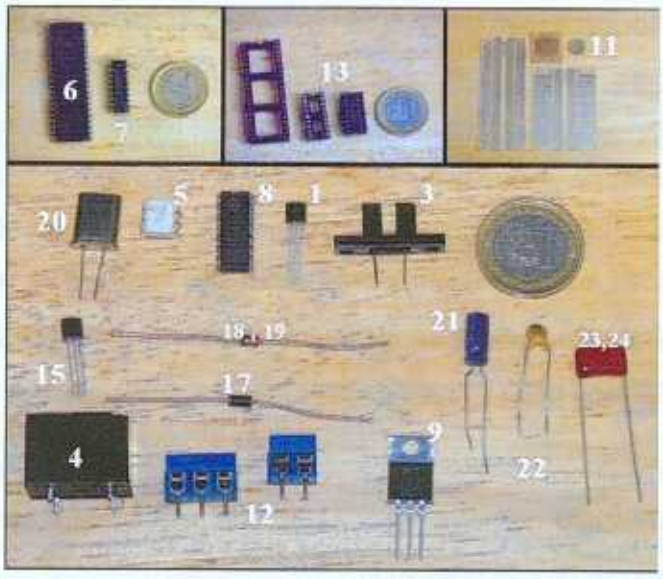


Figura III.7 – Componentes seleccionados
Fuente: Elaboración propia

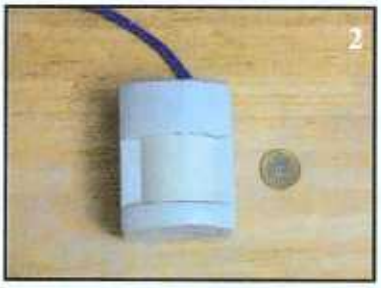


Figura III.8 – Sensor de movimiento seleccionado
Fuente: Elaboración propia

Los números en la figura III.8 corresponden con la tabla III.8. En ella se clasifican los componentes en los siguientes grupos:

Leyenda de la tabla III-8

Sensores	Los dispositivos para detectar cambios en las magnitudes físicas de interés.
Actuadores	Permiten ejercer acciones como las apagar luces.
Microcontroladores	Circuitos integrados programables que funcionaran como unidades de control.
Integrados	Circuitos integrados con funciones específicas.

Placa de circuitos	Los elementos para la construcción del circuito.
Varios	Elementos varios.

Tabla III-8 – Componentes seleccionados

Componentes seleccionados			
#	Componente	Descripción	Fuente
1	Sensores de temperatura LM35	Sensor de temperatura de precisión con salida proporcional de 10mV por °C entre -40 y +110.	[29]
2	Sensor de movimiento	Sensor de movimiento con área de 10x12m.	[30]
3	Switch Óptico Foto Transistor	Interruptor óptico compuesto por un diodo LED infrarrojo y un fototransistor.	[31]
4	Relés 12V, 15A / 220V	Relé de 5 pines, permite controlar con una pequeña potencia una potencia mayor en la carga.	[20]
5	Octoacopladores H11L1SM	Diodo LED encapsulado con un fototransistor. Permite aislar eléctricamente circuitos cuando se deben manejar potencias altas.	[20,32]
6	Microcontrolador PIC16F877A	Circuito integrado programable de 40 pines. Frecuencia de operación de 4MHz. Memoria RAM de 368x8 bytes. Memoria EEPROM de 256x8 bytes. Fuentes de interrupción. 33 líneas de entrada/salida programables. Bajo consumo.	[33]
7	Microcontrolador PIC16F84A	Circuito integrado de 18 pines. Frecuencia de funcionamiento de 4MHz. Memoria RAM de 68 bytes. Memoria EEPROM de 64 bytes. Fuentes de interrupción. 13 líneas de entrada/salida programables. Bajo consumo.	[20,34]
8	ST232CN	Integrado para la conversión de niveles TTL a niveles RS232.	[20,35]
9	LM7805	Regulador de voltaje positivo.	[36]
10	ULN2003	Integrado con arreglo de transistores Darlington y diodos rectificadores, para control de relés.	[37]
11	Baquelitas perforadas (Varios tamaños)	Baquelita para montar circuitos.	-
12	Conectores PCB 2 y 3 posiciones	Conectores para placas de circuitos.	-
13	Bases 16, 18 y 40 DIP torneadas	Bases para colocar circuitos integrados en placas de circuitos.	-
14	Cables de cobre, un solo pelo (UTP cat.5)	Pares de cables de cobre entorchados utilizados para red.	-
15	Transistores 2N2222	Transistores de propósito general, utilizado para amplificación o conmutación.	[38]
16	Transistor BC547	Transistor tipo Darlington.	[39]
17	Diodos 1N4007	Diodo rectificador.	[40]
18	Diodos Zener 12V 1W	Diodo rectificador de voltaje.	[41]
19	Diodos Zener 5.1V 1W		
20	Cristales de 4MHz	Cristal de cuarzo para la frecuencia de operación de los microcontroladores.	[20]
21	Condensadores electrolíticos 1uF	Componentes capaces de almacenar energía.	-

22	Condensadores cerámicos de 22pF		
23	Condensadores de poliéster 0.22 Uf/250V		
24	Condensadores de poliéster 0.1 Uf/250V		
25	Condensadores varios		
26	Resistencias varias	Componentes para limitar el paso de corriente.	-

Fuente: Elaboración propia

III.2.5.5 Diseño de los circuitos

Los circuitos están basados en el uso de los microcontroladores PIC16f84a y PIC16f877a. Incluyen etapas de alimentación eléctrica, de control y de periféricos, relacionados entre sí como se muestra en la figura III.9.

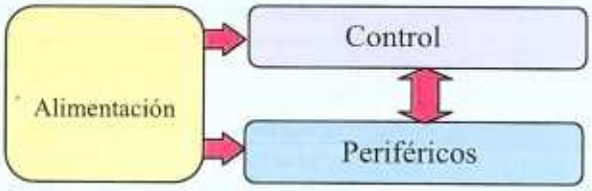


Figura III.9 – Relación de etapas en los circuitos

Fuente: Elaboración propia

- **Etapa de Alimentación:** Consiste en una fuente de 5V DC que alimenta a los microcontroladores utilizados en los nodos. Fue diseñada sin utilizar transformadores ya que resultan demasiado costosos para considerar uno para cada nodo. El circuito diseñado fue el siguiente:

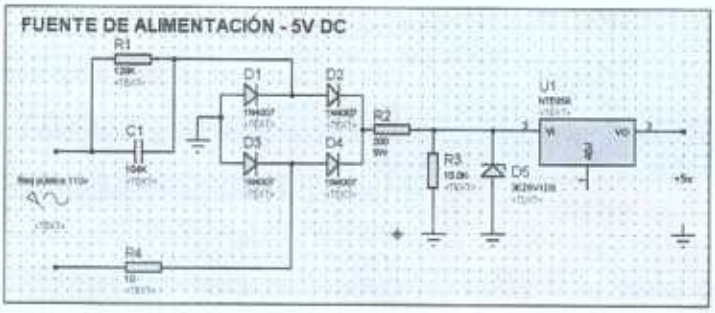


Figura III.10 – Fuente de alimentación – Diagrama del circuito diseñado

Fuente: Elaboración propia

- **Funcionamiento**: A la entrada de la red pública se coloca un condensador de polyester de 104k en paralelo a su resistencia de descarga, que limita la corriente y hace descender al voltaje utilizando el principio de un divisor de voltaje. Del otro lado se coloca una resistencia de 10 Ohm que funciona como fusible y también ayuda a limitar la corriente. El circuito continúa hacia un puente rectificador de diodos N4007 que se encarga de rectificar en onda completa. A la salida del puente se coloca un diodo Zener de 5V con su resistencia de polarización de 200 Ohm y 5W, que se encargara de regular y mantener el voltaje constante, en paralelo al Zener una resistencia de 10k ohm que le ayuda a soportar la carga. Finalmente se coloca un regulador de voltaje positivo NTE956.

Ciertos sensores requieren una alimentación de 12V DC. El diseño de la fuente es similar al presentado, reemplazando el diodo Zener por uno de 12V.

Esta fuente fue construida con asesoría del Ing. Biagio Cante, utilizando además los conocimientos de circuitos obtenidos en la carrera y con la ayuda de tutoriales de electrónica [42].

- **Etapa de Control**: Los controladores como se ha mencionado son los PICs 16f84a y 16f877a. Su manejo implica una gran cantidad de teoría y especificaciones que se puede consultar en [33,34]. Estos microcontroladores tienen un juego de pines (18 y 40 respectivamente) que pueden configurarse como entradas o salidas para comunicarse con el mundo exterior, además de permitir configuraciones para funciones especiales, indicadas por el fabricante. La etapa de control incluye la conexión de los PICs a su fuente de alimentación, al cristal de cuarzo del que obtienen su frecuencia de operación y pines especiales como el MCLR, que permite reiniciar el programa.

- **Etapa de Periféricos:** Los periféricos son todos los dispositivos que permiten obtener datos del medio (sensores) o provocar acciones (actuadores). Su conexión es especificada por sus fabricantes. Es necesario, ya que los microcontroladores funcionan con voltaje TTL (5V), adecuar la señal de salida de los distintos dispositivos a este nivel de tensión. En el siguiente punto se abordan ;los principales, sin

embargo no es excluyente ya que se contempla la escalabilidad del sistema y para agregar funciones con nuevos componentes, solo hace falta conectarlos al microcontrolador según lo sugerido por su fabricante y programar el PIC para sus nuevas tareas. Se describirán a continuación el circuito del nodo NOT y del nodo NOP, con variaciones de este último se obtienen los nodos NOC y NADA.

✓ **Nodo de traducción NOT**: Este nodo lleva a cabo la tarea de comunicar a los microcontroladores con la computadora donde se encuentra el programa de control global, para lo cual incluye como periférico un modulo basado en el circuito integrado ST232cn, diseñado para la comunicación con el puerto RS232, interfaz de comunicación con la computadora más utilizada en proyectos con microcontroladores, y que está ampliamente documentada. Permite velocidades de transmisión de hasta 9600 baudios o bits por segundos suficientes para la aplicación que se está desarrollando y distancia de hasta 15-20 metros entre el controlador y la pc [21,43]. En la actualidad, los equipos no incluyen el puerto serial ya que la comunicación entre la computadora y otros equipos se ha estandarizado a utilizar puerto USB, sin embargo es posible agregarle este puerto con un cable RS232-USB e instalando los drivers en la computadora para crear un puerto serial virtual.

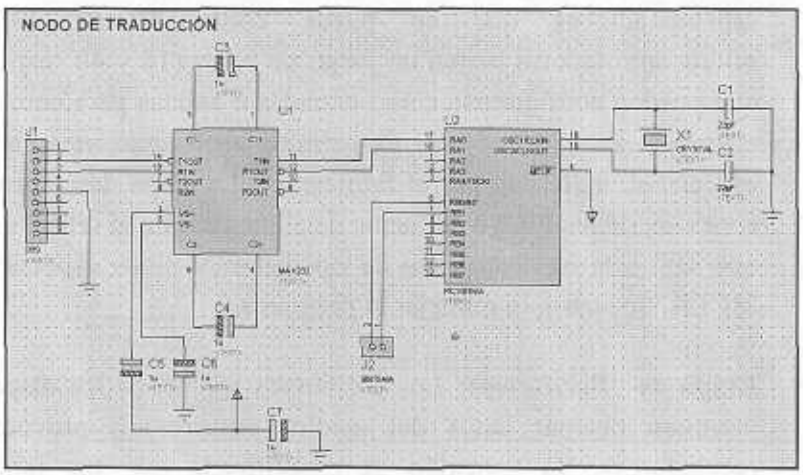


Figura III.11 – Nodo de traducción – Diagrama del circuito de operación
Fuente: Elaboración propia

- **Nodos NOP, NOC y NADA** Estos nodos tienen como periféricos los sensores y actuadores que se requieran en la zona y para las funciones que se van a realizar con ellos. Los NOP fueron pensados para una sola área, por ejemplo un salón o una oficina, necesitando incluir los relés como actuadores que controlan las luces, sensor de movimiento, y dependiendo de si el acceso es restringido, sensores de apertura de puerta y alarma. Los nodos NADA incluyen sensores de temperatura e iluminación con los que captan esta información del ambiente exterior a los salones, oficinas, laboratorios y demás. En vista de la escalabilidad del sistema, no se diseñan los diagramas de todas las conexiones ya que estos se encuentran en las especificaciones del fabricante pero si se seleccionaron diferentes componentes que pueden ser necesarios para acoplar los dispositivos a los microcontroladores, por ejemplo el octoacoplador H11L1M y los transistores BC547 y 2N2222, con los cuales se pueden conectar cargas que trabajen con tensiones mucho mayores a las que soporta el PIC, y aislan eléctricamente los circuitos de los sensores al del microcontrolador. Los datasheet de los PICs incluyen una sección entera de sus características eléctricas.

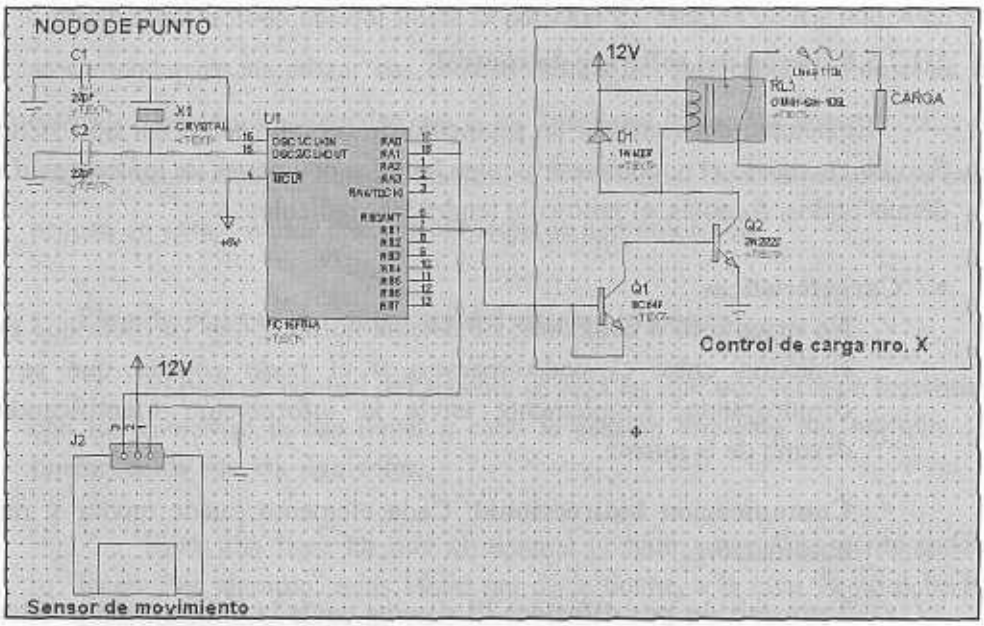


Figura III.12 - Nodo de punto – Diagrama del circuito de operación
Fuente: Elaboración propia

- **Funcionamiento**: El circuito correspondiente a "Control de carga" permite por ejemplo la operación normal de una lámpara, dejando al usuario encender o apagarla. Esto se logra porque la línea eléctrica es conectada al puerto NC (Normalmente cerrado) del relé. Cuando envía un "1" lógico por el pin conectado a la base del transistor BC547, este se polariza dejando pasar la corriente de emisor a colector, que se encuentra conectado a su vez a la base del transistor 2N2222, al polarizarse, permite el paso de corriente entre colector y base, cerrando a tierra la fuente de 12V a la que está conectada la bobina del relé, en paralelo a un diodo N4007, que ofrece protección frente a los picos de fuerza contraelectromotriz producidos por la carga inductiva de la bobina al conmutar el switch. De forma parecida, el sensor de movimiento tiene un pin NC a tierra, cuando detecta movimiento, abre este pin. El circuito consiste en conectar la fuente de 5V a este pin para que este en corto y vaya a tierra, cuando el sensor se activa, se abre, dejando circular la corriente hacia el transistor BC547 utilizado como protección, que se polariza y envía la corriente al pin del micro.

III.2.5.6 Diseño del software de control

El sistema debe utilizar un protocolo de comunicación del tipo "Cliente-Servidor", siendo el nodo maestro quien hará las peticiones de información a los demás nodos. Además, el protocolo tendrá las siguientes:

- **Características**
  - ✓ **No orientado a conexión**: El sistema no tiene que verificar que existe conexión entre el nodo maestro y el nodo con el que se está comunicando, simplemente envía la información identificando el destino de la misma.
  - ✓ **Comunicación bidireccional**: Cada elemento puede enviar y recibir información.
  - ✓ **Transmisión por difusión:** El sistema envía la información a todos los elementos del siguiente nivel en la jerarquía. Estos conocen que nodos tienen conectados así que si la información no va dirigida a ninguno de sus elementos dependientes, no realiza ninguna acción.

- ✓ **Información contenida en tramas:** La información será estructurada en tramas o paquetes de información, con una cabecera que indica la identificación del nodo y la información sobre el estado de sus actuadores.

- **Funcionamiento**: Cada nodo arma su paquete de información con el estado de sus entradas y salidas. Secuencialmente van enviándolos al nodo del siguiente nivel en la jerarquía (NOC) quien a su vez, secuencialmente envía esta información a la computadora. La computadora puede enviar paquetes de información con órdenes para un nodo en específico o puede enviar órdenes globales.

- **Lógica del programa**

En líneas generales, cada nodo esta monitoreando sus sensores para actualizar los estados de sus salidas y peticiones de información. La computadora o nodo central inicia la petición de estados de los nodos en orden secuencial para actualizar sus estados dentro del programa. En caso de tener eventos o acciones especiales, envía las órdenes a los nodos respectivos, y lleva a cabo iterativamente la actualización de los estados. De esta manera, se evita el acceso de varios nodos a la vez al medio de comunicación.

- **Plan de control por software del sistema inmótico**

El plan de control del sistema se basa en fijar una serie de lineamientos con los cuales se pueda llevar a cabo la gestión eficiente del edificio. Estos lineamientos son los siguientes:

✓ Fijar una hora en que el sistema apague automáticamente todas las luces. Por ejemplo, a las 10:00 pm de la noche, a la cual ya no debe haber actividades en el edificio.

✓ Control de los acondicionadores de aires según la temperatura exterior, adquiriendo los datos con los sensores de temperatura, y comunicando a los

PICs la temperatura a la cual deben mantener los salones, oficinas o laboratorios, haciendo las funciones de un termostato.

✓ Programar eventos especiales en el uso de las instalaciones.

✓ Dar avisos si luego de apagadas las luces después del horario de clases, se enciende alguna luz.

✓ Dar alarma en caso de que se rompan parámetros de seguridad como la apertura de una puerta luego del horario de clases correspondiente.

- **Diseño del software de control: Microcontroladores**

Los nodos están diseñados para ejercer ellos mismos el control de sus actuadores en función de sus sensores, dependiendo únicamente de la computadora o nodo central para recibir órdenes globales.

✓ **Nodo de traducción:** Monitorea peticiones de información de la computadora y retransmite esa información hacia la red de microcontroladores. De igual forma, espera recibir la información de parte de los nodos, para retransmitirla hacia la computadora. En el siguiente diagrama de flujo de la figura III.13 se puede observar su funcionamiento.

Figura III.13 – Diagrama de flujo del software del nodo NOT
Fuente: Elaboración propia.

- ✓ **Nodo de concentración**: Su software es parecido al del nodo de punto para los sensores o actuadores directamente conectados. Adicionalmente, manejaran variables donde almacenan las identificaciones de los nodos conectados a ellos, cuando reciban una petición de información, comparan si la etiqueta de identidad del nodo

solicitado está conectado a él, si lo está pide la información al nodo y la retransmite, si no, retransmite la información o no realiza ninguna acción. Dependiendo de la configuración. En el diagrama de flujo de la figura III.14 se puede observar su funcionamiento.

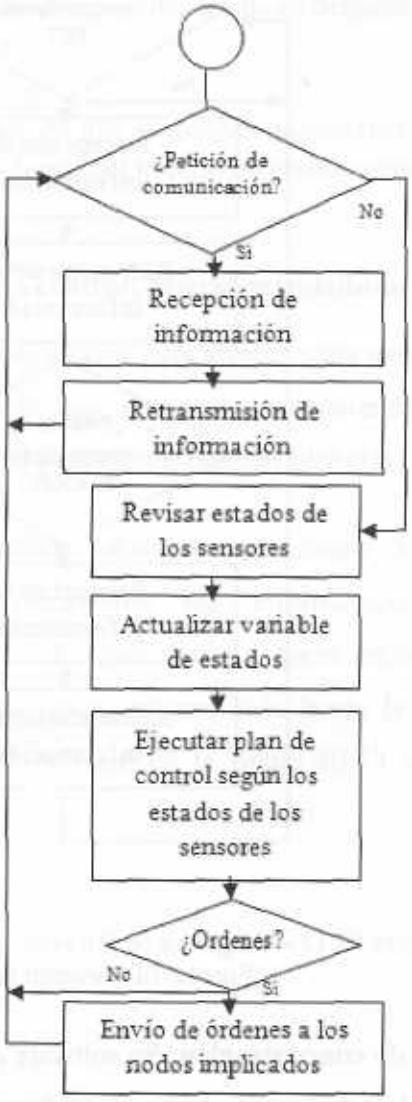


Figura III.14 - Diagrama de flujo del software del nodo NOC
Fuente: Elaboración propia.

- ✓ **Nodos de punto**: el funcionamiento de su software en general consiste en monitorear sus sensores, y de acuerdo a la información captada, activar los actuadores. De forma parecida, revisa su puerto de comunicación con la red de micros, para recibir órdenes o peticiones de envío del estado de sus dispositivos. Ya que los nodos deben permitir el libre uso de los equipos a los usuarios, y solo actuar cuando sean ordenados por el sistema central o cuando las condiciones de los sensores lo permitan, según el plan de control establecido en ellos, por ejemplo, si no se detecta movimiento en un área. En el diagrama de flujo de la figura III.15 se puede observar su funcionamiento.

Figura III.15 - Diagrama de flujo del software del nodo NOP
Fuente: Elaboración propia.

- **Diseño del software de control: PC**

El software debe poder de transmitir o recibir datos a través del puerto serial de la computadora para comunicarse con los PICs. Para ello inicia el puerto, establece los valores de la comunicación, y envía las peticiones de información. En caso de tener un evento programado o acción, transmite el paquete de información requerida. . En el diagrama de flujo de la figura III.16 se puede observar su funcionamiento.

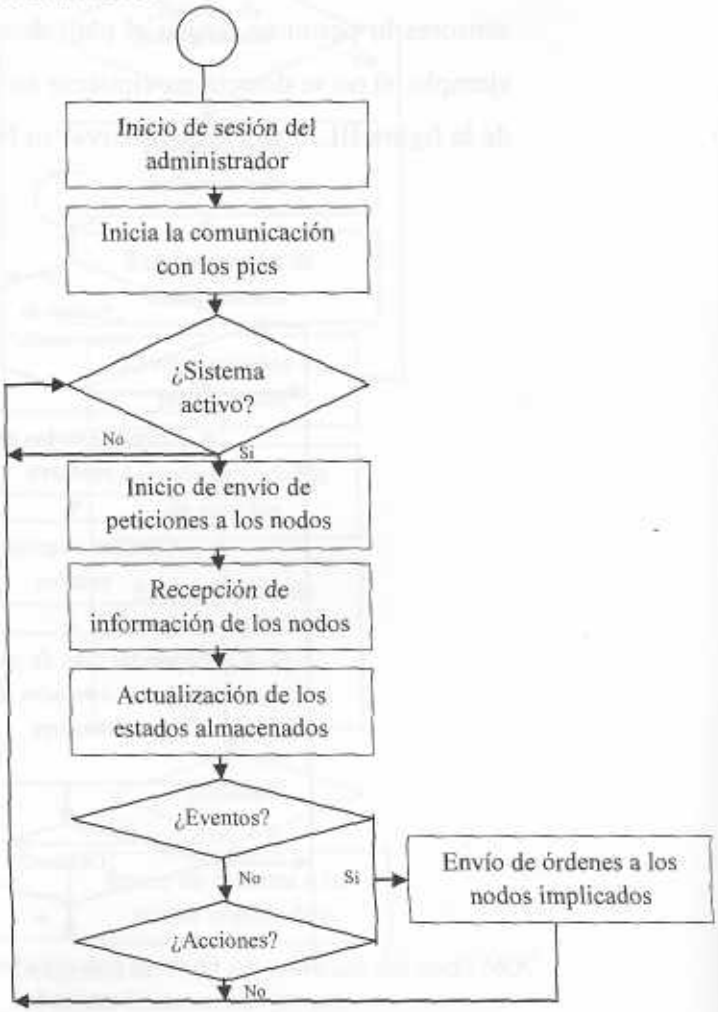


Figura III.16 - Diagrama de flujo del software de la computadora.
Fuente: Elaboración propia.

- **Programación del software**

El desarrollo del software requirió dos etapas. La de los microcontroladores programada con Assembler utilizando la interfaz de usuario MPLAB y la parte de la computadora que fue programada en JAVA utilizando la interfaz de programación Netbeans. Estas herramientas fueron descritas en la última sección el marco teórico.

El código fuente generado para cada etapa y su explicación se incluyen en el apéndice nro.2 *Manual de Usuario.*

III.2.5.7 Documentación del sistema

Con todo lo anterior se precedió a generar dos documentos que reúnen la información del sistema, conforme a lo sugerido en [14] y son:

- **Manual de usuario**:
  - ✓ Instrucciones para el correcto uso y funcionamiento del sistema.
  - ✓ Datos de la configuración del sistema.
  - ✓ Programación de los elementos
  - ✓ Posibilidades de ampliación.

- **Manual del instalador**:
  - ✓ Identificación de la instalación.
  - ✓ Planos de instalación.
  - ✓ Relación de dispositivos.
  - ✓ Asignación de entrada y salida.
  - ✓ Consideraciones a tomar para ampliación o modificación.

Se indica que deben incluirse varios puntos acerca de las recomendaciones de los fabricantes para la instalación. En este caso no se incluirán ya que esta información se encuentra en las especificaciones de sus propias *datasheets* que pueden ser consultados en línea con los links se encuentran en las referencias.

III.2.6 Prototipo del sistema

Se realizaron los prototipos del NOT (Nodo de traducción) y de un NOP (Nodo de punto), como representación del hardware del sistema, para observar su funcionamiento.

III.2.6.1 Montaje del prototipo del hardware diseñado

El montaje del prototipo siguió los esquemas propuestos en el punto III.2.5.5 Diseño de los circuitos.

- **Alimentación**: Se construyó el prototipo de la fuente de alimentación de 5VDC para los microcontroladores. Es de resaltar que cada nodo debe llevar incorporada su propia fuente de alimentación de 5V y la de 12V para los elementos que la requieren.

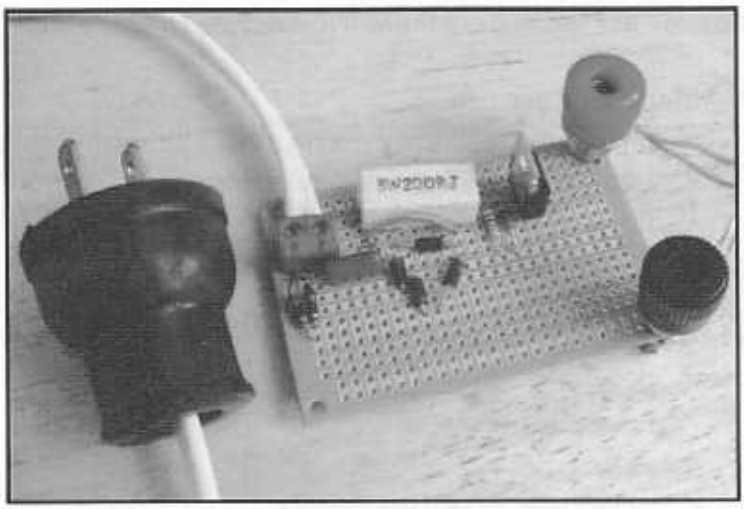


Figura III.17 – Fuente de alimentación – Versión final del montaje
Fuente: Elaboración propia.

- **Nodos**: Se montaron los nodos NOT y NOP. Los demás nodos son variaciones de este último como se explica en la sección de diseño.

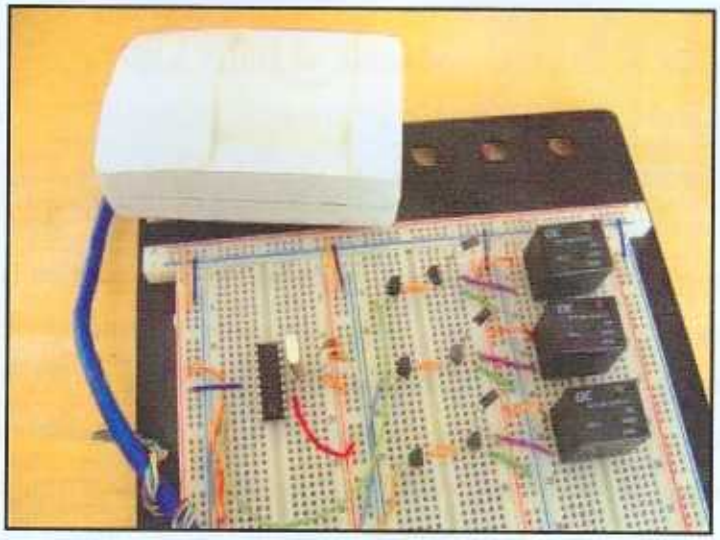


Figura III.18 – Nodo de punto – Versión de prueba del montaje
Fuente: Elaboración propia.

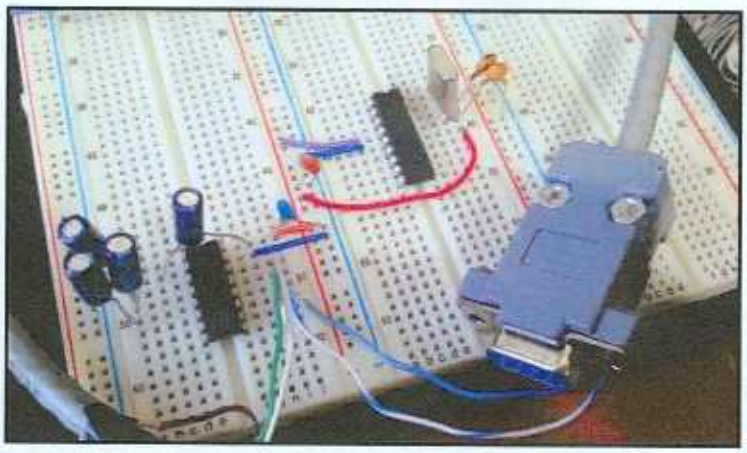


Figura III.19 - Nodo de traducción – Versión de prueba del montaje
Fuente: Elaboración propia.

III.2.7 Simulación del sistema inmótico

Se construyó una maqueta modelo de la instalación eléctrica que se encuentran comúnmente en las distintas áreas del edificio y se le instalaron los prototipos de los nodos construidos. Se utilizó cable de cobre como medio de comunicación entre los nodos, en primer lugar para facilitar las pruebas y en segundo lugar porque la construcción de los módulos para otro tipo de comunicación (inalámbricas o por medio de la línea eléctrica) no estaban contemplados en los objetivos. Los materiales utilizados en la construcción de la maqueta constan de cable de cobre comúnmente utilizado en electrodomésticos, bases para bombillos, bombillos de 60w, interruptores de pared, y enchufes, como se muestra en la figura. El montaje representa tres luminarias con líneas eléctricas interruptores independientes, con una configuración como la que puede observarse en los salones de clases y el resto de las instalaciones del edificio. En la figura se muestra la correspondiente a la del interruptor de dos líneas. El diagrama de la tercera es igual pero con un solo interruptor.

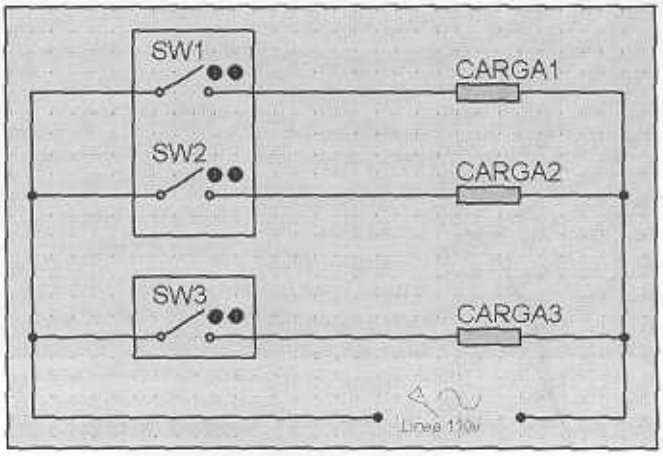


Figura III.20 - Diagrama eléctrico del circuito de prueba

Fuente: Elaboración propia.

Previamente a la construcción de la maqueta se realizaron las conexiones necesarias para probarlas, como se muestra en la figura III.21

Figura III.21 – Montaje del circuito eléctrico de prueba
Fuente: Elaboración propia.

El circuito se instaló en una maqueta a escala que representa un salón de clases y un pasillo, como se muestra en la figura III.22.

Figura III.22 - Maqueta con el circuito eléctrico de prueba

Fuente: Elaboración propia.

Se realizó la prueba del sistema montando el circuito de un NOP y conectándolo a una maqueta que representa un salón de clases y un pasillo. Se agregaron tres bombillos, dos representan las luces en el pasillo y el salón, y la tercera representa el aparato acondicionador de aire. Se coloco un sensor de movimiento dentro del salón y un interruptor para la luz. Se condiciono la interfaz del usuario del programa como se muestra en la siguiente figura:

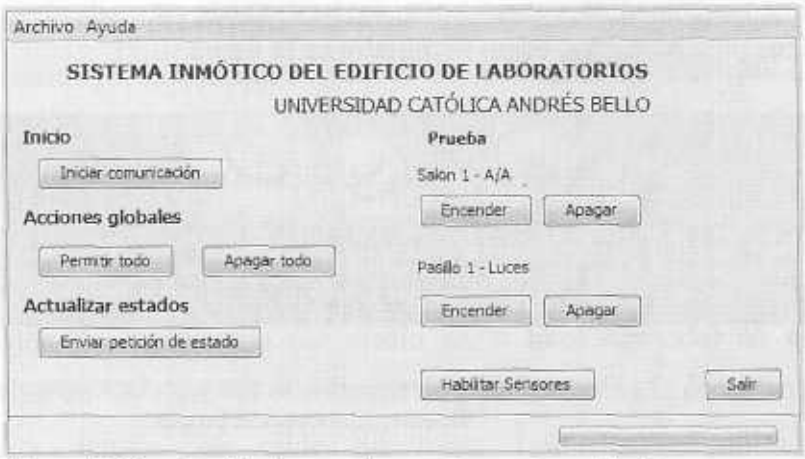


Figura III.23 – Interfaz de usuario para las pruebas del sistema
Fuente: Elaboración propia.

Para las pruebas se utilizaron los correspondientes en binario al código ASCII de caracteres que representan los diferentes códigos. Desde la interfaz se puede encender y apagar la luz del pasillo y el A/A del salón. Habilitar el funcionamiento normal de las luces, apagar todo o pedir el estado del sensor, el cual, si no detecta movimiento durante 3 segundos procede a apagar todo.

No se incluyeron en las pruebas la recepción de la computadora de la información enviada por el nodo, ya que esto requiere que se lleve a cabo las recomendaciones dadas en el trabajo sobre recolectar la información de las instalaciones, esto es necesario para poder diseñar el paquete de información que armaran los nodos.

Se descartó el uso del microcontrolador en el NOT y se colocaron las rutinas dentro del mismo noto NOP con la finalidad de simplificar el montaje. De igual forma, no se utilizaron las fuentes de alimentación diseñadas para simplificar las conexiones pero cabe destacar que estas fueron probadas durante su diseño.

En el código se indica que se utilizaron librerías especiales de Java para el manejo de y librerías especiales para los microcontroladores para la comunicación con el puerto serial.

A este circuito eléctrico de prueba se le instaló un nodo de punto como se muestra en el esquema. Nótese que al trabajar con la línea de 110V, el bombillo puede ser sustituido por cualquier equipo común, como los acondicionadores de aire, que también cuentan con un interruptor de encendido del tipo utilizado para las luces.

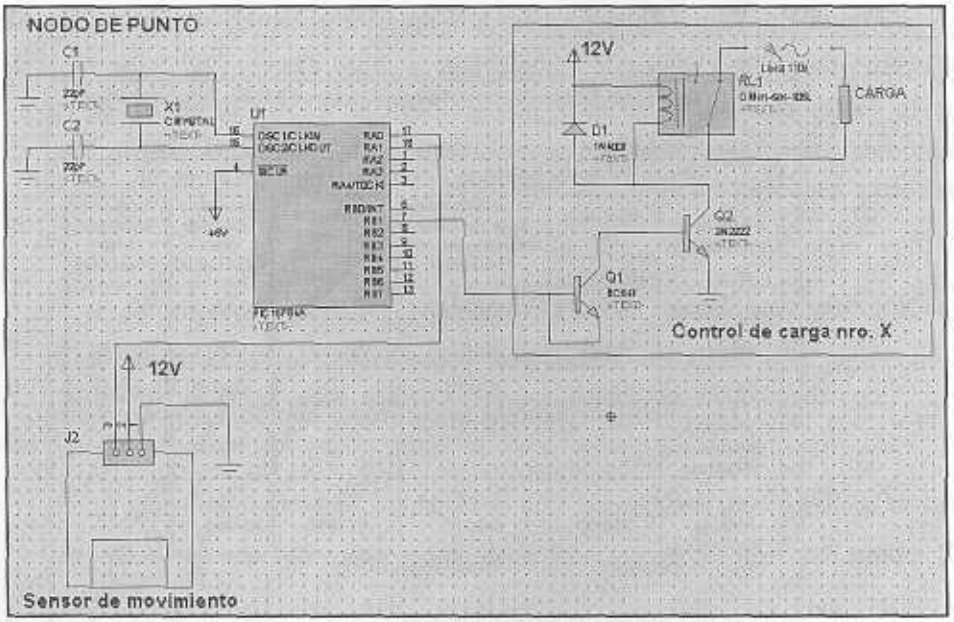


Figura III.23 – Diagrama de conexión del circuito de prueba con el NOP
Fuente: Elaboración propia.

III.2.8 Estimación de beneficios esperados en cuanto al consumo eléctrico con el sistema inmótico

Se analizó durante la evaluación del edificio el consumo energético de este según la auditoría realizada en [26]. En este trabajo resaltan la dificultad de realizar una evaluación energética precisa porque el medidor eléctrico del edificio es compartido con otras instalaciones. Realizaron los cálculos del consumo de energía bajo la premisa del funcionamiento de los equipos en horario corrido durante todos los días de actividad de la universidad que determinaron como la resta de los días del año y los días no laborables, feriados y vacaciones, obteniendo lo siguiente:

Actividad en los Salones, laboratorios (de suelos, materiales y de sanitaria), escaleras y pasillos: 281 días, Horarios: Laboratorios: 7am a 5pm - Salones: 8am – 6 pm Escaleras y pasillos: 6 pm – 10 pm; Actividades en las Oficinas, laboratorios varios y de computación: 213 días, Horarios: Laboratorios varios: 8am a 5pm – Oficinas: 8am – 5pm – Laboratorios de computación: 8am a 8pm. En base a lo anterior obtienen el siguiente cuadro:

TABLA N°2. Cuadro Resumen Cálculo Energético Edificio de Laboratorios

PLAN INTEGRAL DE GESTION AMBIENTAL DEL CAMPUS UCAB CARACAS Cálculo Energético Edificio de Laboratorios (Facultad de Ingeniería)					
Áreas de la edificación	Consumo en el área de Iluminación (KwH/año)	Consumo en el área de Aires acondicionados (KwH/año)	Consumo en el área de Equipos de Computación (KwH/año)	Consumo Total por área (KwH/año)	Consumo Total por área (KwH/día)
Laboratorios	108013	140370	222872	471255	1291,11
Oficinas	48032	86372	29013	163417	447,72
Aulas	122842	221475	-	344317	943,33
Baños, pasillos y escaleras	19216	-	-	19216	52,65
Total por tipo de consumo	298103	448217	251885	*998205 (*)*	2734,81 (*)

Fuente. Anexos N° 6. Elaboración propia (2011)

(*) Consumo total de toda la edificación

Figura III.24 – Cálculos energéticos del Edificio de Laboratorio
Fuente: [26]

Se debe resaltar que en este caso se considera un uso continuo durante todo el tiempo del horario de trabajo.

El ahorro de energía esperado con el sistema propuesto tiene como base lo siguientes:

- ✓ El sistema no permitirá que los equipos permanezcan encendidos luego del horario de trabajo a menos que se programe una excepción.
- ✓ El sistema apagara las luces cuando no detecte ninguna actividad en los salones. Esto reducirá el tiempo de consumo de electricidad.
- ✓ No permitirá el uso de las luces de los pasillos si la iluminación captada por el sistema en esa zona es suficiente.

- ✓ Regulara el uso de los equipos acondicionadores de aire para que su uso sea adecuado, manteniendo una temperatura agradable según la del exterior y evitando el uso actual que se le dan a estos equipos que se encienden y apagan muchas veces en cortos periodos de tiempo.

Para un cálculo preciso del ahorro de energía y ofrecer cifras concretas, se necesita realizar una medición exacta del consumo energético en los diferentes tipos de instalaciones y un trabajo de campo en el que se capture información sobre cuanto tiempo en promedio quedan encendidos los salones para, con base a esta información tener valores cercanos a los reales.

No obstante, para estimar una cifra en los beneficios esperados, se hará una variación en los cálculos realizados en [26] con respecto a la iluminación eléctrica en las aulas (Anexo 6.1.4 de [26]).

Los días de uso de las áreas al año las estiman en 281 días, restando a los días del año las vacaciones, días feriados, domingos y Semana Santa. Las horas de uso la estiman con un uso continuo de 8am a 6pm (10 horas).

El ajuste que se realizara a los datos considera lo siguiente: en un bloque de 10 horas (8am a 6pm) se ubican cinco bloques de clases de 2 horas que son horas académicas de 45 minutos y que suman en realidad 1 hora 30 minutos. Esto daría un uso diario de 7 horas 30 minutos. A la que se le sumará 1 hora considerando el tiempo en que los alumnos tardan en salir del salón, correspondiente a 10 minutos por cada bloque. Eso da un total de 8 horas 30 minutos en lugar de las 10 horas en las que se basa el cálculo teórico realizado en [26].

En la siguiente tabla se observan los cálculos realizados en [26] y los cálculos ajustados.

Tabla III-9 – Ajuste de cálculos para estimación de beneficios eléctricos

Aulas	Total de vatios	Tiempo de uso (horas/año)	KwH/año	Tiempo de uso ajustado	KwH/año ajustado
L12-01	1189	2810	3341.09	2388.5	2839.9265
L12-02	1856	2810	5215.36	2388.5	4433.056
L12-03	384	2810	1079.04	2388.5	917.184
L12-04	384	2810	1079.04	2388.5	917.184
L12-05	960	2810	2697.6	2388.5	2292.96
L12-06	1264	2810	3551.84	2388.5	3019.064
L12-07	1344	2810	3776.64	2388.5	3210.144
L12-08	1344	2810	3776.64	2388.5	3210.144
L12-09	898	2810	2523.38	2388.5	2144.873
L12-10	898	2810	2523.38	2388.5	2144.873
L12-11	898	2810	2523.38	2388.5	2144.873
L12-12	768	2810	2158.08	2388.5	1834.368
L12-13	1219	2810	3425.39	2388.5	2911.5815
L12-14	771	2810	2166.51	2388.5	1841.5335
L12-15	768	2810	2158.08	2388.5	1834.368
L12-16	836	2810	2349.16	2388.5	1996.786
L12-17	771	2810	2166.51	2388.5	1841.5335
L23-04	576	2810	1618.56	2388.5	1375.776
L23-09	706	2810	1983.86	2388.5	1686.281
L23-10	706	2810	1983.86	2388.5	1686.281
L23-11	1308	2810	3675.48	2388.5	3124.158
L23-12	576	2810	1618.56	2388.5	1375.776
L23-13	1152	2810	3237.12	2388.5	2751.552
L23-14	1024	2810	2877.44	2388.5	2445.824
L23-15	1160	2810	3259.6	2388.5	2770.66
L23-16	1160	2810	3259.6	2388.5	2770.66
L23-17	1152	2810	3237.12	2388.5	2751.552
L23-18	1152	2810	3237.12	2388.5	2751.552
L001	1920	2810	5395.2	2388.5	4585.92
Totales			**81894.64**		**69610.444**

Fuente: [26], Elaboración propia.

Como resultado, la diferencia de consumo teórico de energía al año considerando un horario corrido, en cuanto al consumo teórico considerando los intervalos de tiempo apagados entre clases, acerca de la iluminación en los salones, es de 15%.

Es de constar entonces, que la estimación total del ahorro provisto por el sistema inmótico, requiere de datos sobre el consumo real con los que no se cuentan, necesitándose en primer lugar la instalación de un medidor individual para el edificio con el fin de obtener las lecturas de consumo real, y en su ausencia requeriría del desarrollo y aplicación de herramientas y auditorias eléctricas con mediciones practicas, así como la recolección de información estadística para determinar los patrones de uso en el edificio, y todo lo anterior no estaba contemplado en los objetivos del trabajo, se estiman los beneficios eléctricos esperados, no sobre el consumo total, sino sobre los parámetros en los que influye el sistema inmótico, y que se enlistaron anteriormente.

III.2.9 Presupuesto estimado del proyecto

El presupuesto será estimado con el costo de los dispositivos construidos y la extrapolación al número de elementos necesarios para cubrir las instalaciones, y no incluye los gastos relacionados con:

- **Mano de obra**: Personal para la instalación.
- **Infraestructura**: Cajas metálicas o plásticas para albergar los nodos, tuberías, cableado de alimentación, y otros.
- **Medio de transmisión**: Cables, tuberías y cajetines, componentes para los módulos de radiofrecuencia o para transmisión a través de la línea.

Todos los montos se expresan en **Bs.F.**

Tabla III-10 – Costo de construcción del prototipo de un nodo de traducción.

Nodo de traducción			
Cant.	Componentes	Precio (Bs.F.)	Sub-total
1	Microcontrlador PIC16F84a	35	35
1	ST232CN	15	15
4	Diodo N4007	0.50	2
1	Cristal 4MHZ	5	5
2	Condensadores cerámicos de 22pF	1	2
4	Condensadores de 1uF	1	4
1	Condensador de 0.1uF	5	5
2	Conectores PCB 2 pos. 90°	5	10
1	Base de 16 pines	0.70	0.7
1	Base de 18 pines torneadas	7	7
1	Baquelita perforada	30	30
1	Condensador 223k/250V	3	3
1	Diodo Zener 5V	1.8	1.8
1	Resistencia 200Ω / 5W	2.5	2.5
1	Regulador de voltaje positivo NTE956	5	5
1	Resistencias de 10Kω	0.15	0.15
1	Resistencia de 10Ω	0.15	0.15
Total			**128.3**

Fuente: http://www.electronica.com.ve//ventas/catalog/

Tabla III-11 - Costo de construcción del prototipo de un nodo de punto.

Nodo de punto			
Cant.	Componentes	Precio (Bs.F.)	Sub-total
1	Microcontrlador PIC16F84a	35	35
1	Sensor de movimiento	135	135
3	Relé 12V, 15ª	8	24
3	Transistor 2N2222	2	6
4	Transistor Darlington BC547	0.5	2
7	Diodo N4007	0.5	7.5
1	Cristal 4MHZ	5	5
2	Condensadores cerámicos de 22pF	1	2
3	Conectores PCB 2 pos. 90°	5	15
4	Conectores PCB 3 pos. 90°	5	20

1	Base de 18 pines torneadas	7	7
1	Baquelita perforada	30	30
1	Condensador 223k/250V	3	3
1	Diodo Zener 5V	1.8	1.8
1	Diodo Zener 12V	1.8	1.8
2	Resistencia 200Ω / 5W	2.5	5
2	Regulador de voltaje positivo NTE956	5	10
2	Resistencias de 10kΩ	0.15	0.3
1	Resistencia de 10Ω	0.15	0.15
Total			**310.55**

Fuente: [44,45]

El costo de construcción de un nodo NOC y un NADA se estiman a continuación:

Tabla III-12 - Costo de construcción de un nodo de concentración.

Nodo de concentración			
Componentes		Precio (Bs F.)	Sub-total
1	Microcontrlador PIC16F877a	75	75
4	Diodo N4007	0.5	2
1	Cristal 4MHz	5	5
2	Condensadores cerámicos de 22pF	1	2
1	Base de 40 pines	12	12
1	Baquelita perforada	30	30
1	Condensador 223k/250V	3	3
1	Diodo Zener 5V	1.8	1.8
1	Diodo Zener 12V	1.8	1.8
2	Resistencia 200Ω / 5W	2.5	5
2	Regulador de voltaje positivo NTE956	5	10
2	Resistencias de 10kΩ	0.15	0.3
1	Resistencia de 10Ω	0.15	0.15
Total			**148.05**

Fuente: [44]

Aunque los nodos de concentración están pensados para agrupar varios nodos de puntos, pueden tener también sus propios periféricos como controles de carga como el mostrado en el diagrama del circuito de un NOP. Se estima la construcción aparte de estos (aunque no se incluirá en el presupuesto, ya que la

necesidad de su uso se determinaría en la fase de instalación) suponiendo solo 2 relés y que tienen su propia fuente de alimentación como sigue:

Periférico: Control de carga			
Cant.	Componentes	Precio (Bs.F.)	Sub-total
1	Relé 12V, 15ª	8	8
1	Transistor 2N2222	2	2
1	Transistor Darlington BC547	0.5	0.5
5	Diodo N4007	0.5	2.5
1	Conectores PCB 3 pos. 90°	5	5
1	Baquelita perforada	9	9
1	Condensador 223k/250V	3	3
1	Diodo Zener 12V	1.8	1.8
1	Resistencia 200Ω / 5W	2.5	2.5
1	Regulador de voltaje positivo NTE956	5	5
2	Resistencias de 10kΩ	0.15	0.3
1	Resistencia de 10Ω	0.15	0.15
Total			**39.75**

Fuente: [44]

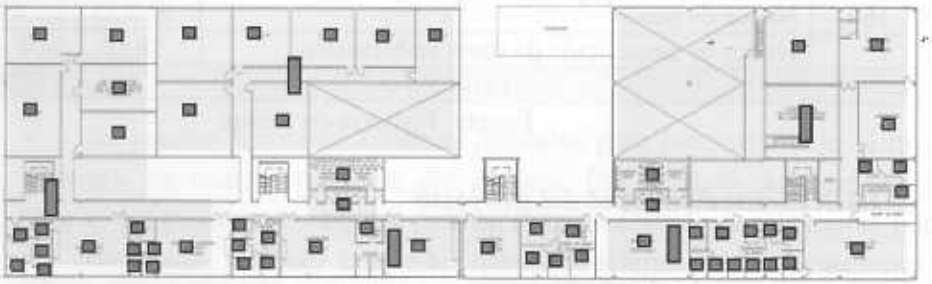
Tabla III-13 - Costo de construcción del prototipo de un nodo NADA.

Nodo de Adquisición de Datos Ambientales			
Cant.	Componentes	Precio (Bs.F.)	Sub-total
1	Microcontrlador PIC16F84a	75	75
1	Sensor de temperatura	18	18
1	Sensor de iluminación	7	7
4	Diodo N4007	0.50	2
1	Cristal 4MHZ	5	5
2	Condensadores cerámicos de 22pF	1	2
1	Conectores PCB 2 pos. 90°	5	5
1	Base de 18 pines	7	7
1	Baquelita perforada	30	30
1	Condensador 223k/250V	3	3
1	Diodo Zener 5V	1.8	1.8
1	Resistencia 200Ω / 5W	2.5	2.5
1	Regulador de voltaje positivo NTE956	5	5

1	Resistencias de 10kΩ	0.15	0.15
1	Resistencia de 10Ω	0.15	0.15
Total			163.6

Fuente: [44]

Para estimar la cantidad de nodos de cada tipo que se requieren instalar, se utilizaron los planos del edificio como sigue. Es importante resaltar que los siguientes no son planos de instalación y que únicamente hacen referencia a la ubicación de los nodos por áreas. Podrían variar la cantidad de acuerdo a las instalaciones eléctricas.



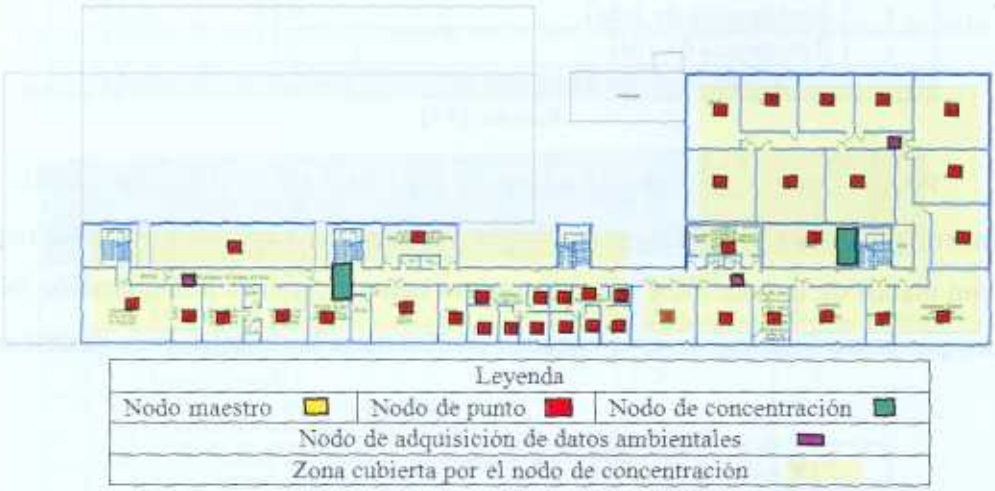


Figura III.25 – Planos del edificio como referencia de ubicación de los nodos.
Fuente: Elaboración propia.

Con base en los nodos distribuidos en estos planos, se obtiene el presupuesto de la tabla III-13 multiplicando la cantidad de nodos por el costo en componentes.

Tabla III-14 – Presupuesto estimado del sistema

Cant.	Elementos	Precio	Sub-Total
1	Nodo de traducción	128.3	128.3
13	Nodos de concentración	148.05	1924.65
160	Nodos de punto	310.55	49688
7	Nodos de adquisición de datos ambientales	163.6	1145.2
Total			**52886.15**

Fuente: Elaboración propia

III.2.10 Escalabilidad del proyecto

El sistema diseñado puede ser ampliado agregándosele nuevas funciones y otros usos. Entre estas se pueden mencionar las siguientes.

- **En cuanto al hardware**:

  ✓ Agregando sensores y actuadores para nuevas funciones.

- ✓ Modulo de respaldo de alimentación, en caso de fallas del servicio eléctrico.

- **En cuanto al software de control**

✓ **Planos interactivos**: permitirían observar en forma grafica el estado de cada instalación, seleccionando el área de interés sobre la imagen del plano del edificio, así mismo, observar alarmas directamente sobre este mismo plano, al resaltar áreas activas.

✓ **Programación de eventos**: permitir al gerente del sistema establecer fechas y horas en las cuales envíe órdenes al sistema de acuerdo a eventos especiales, por ejemplo, encender todas las luces durante una actividad especial en el edificio.

✓ **Acceso remoto al sistema**: Pudiendo ingresarse a través de la red a la computadora que gestiona el sistema. Así mismo podría diseñarse una página web que ofrezca información sobre el uso del edificio con el sistema.

✓ **Base de datos**: La data recopilada por el sistema podría ser almacenada en una base datos para estudiar de forma más profunda el consumo de energía en el edificio y mejorar el plan de control al conocer los patrones de uso de las instalaciones.

- **Generales**

✓ Se pueden funcionar sistemas paralelos para funcionar bajo el mismo software, en cualquier ámbito del edificio. Por ejemplo, agregar cámaras para en los pasillos principales para un circuito cerrado de televisión, podría ser controlado también con este sistema haciendo las adecuaciones de software y hardware necesarias.

Capítulo IV

RESULTADOS

Los resultados obtenidos con la realización de este Trabajo Especial de Grado se presentan a continuación de acuerdo a cada uno de los objetivos específicos planteados en el Capítulo I y conforme a la tabla de productos presentada en el Capítulo III.

IV.1 Referente al primer objetivo específico: Análisis de información y evaluación de otros proyectos planteados.

La investigación realizada referente al tema de la domótica y la inmótica, se expone en el Marco Teórico (Capítulo II). El estudio realizado representa la base teórica necesaria para el desarrollo de este trabajo y permite destacar los siguientes puntos con base en lo aprendido:

- ✓ Los sistemas de automatización aplicados al hogar (domótica) o a edificios en general (inmótica) se basan en el uso de tecnología para dar respuesta a muchas de las necesidades de los usuarios.

- ✓ Los sistemas de automatización se caracterizan por ser simples y sencillos de utilizar, pensando en los usuarios finales; son flexibles permitiendo futuras modificaciones; modulares, evitando que algún fallo inutilice el sistema completo, además de permitir así que se utilicen solo las funciones requeridas y en un futuro puedan agregarse más; y son integrales, permitiendo la comunicación entre diferentes tipos de tecnologías.

- ✓ Las aplicaciones de un sistema de automatización incluyen la gestión de funciones que habitualmente se encontraban separadas. Gracias a su característica de ser modulares, con un único sistema puede controlarse por ejemplo la iluminación, el sistema anti-incendios y la alarma de seguridad. De esta manera, cada sistema domótico o inmótico es prácticamente único porque está diseñado para cubrir las necesidades especificas de los usuarios

y adaptados a las instalaciones, al mismo tiempo resulta escalable en caso de que deseen agregarse más funciones en un futuro.

- ✓ Con su característica de ser integrales, se pueden utilizar distintos tipos de tecnologías y cualquier combinación entre ellas para dar solución a las necesidades de los usuarios y aprovechar los recursos que se disponen en el edificio, por ejemplo utilizar la infraestructura de cableado eléctrico.
- ✓ Los sistemas de automatización están pensados para que se encarguen de ciertas tareas por el usuario, sin interferir en su estilo de vida y siendo configurables a través de una interfaz sencilla y amigable.
- ✓ Las características técnicas, de topología, arquitectura y demás especificaciones del sistema dependerán de la dimensión física de las instalaciones, de la infraestructura disponible, y del tipo de actividades que se realizan en el edificio.
- ✓ Sus aplicaciones pueden ir desde simple confort, controlando iluminación y temperatura, hasta solucionar problemas muy específicos de los usuarios.
- ✓ Existen muchas alternativas en el mercado que ofrecen soluciones en automatización, pensadas para distintos tipos de usuarios y aplicaciones, desde pequeños sistemas de control para el hogar hasta gestión automática de complejos residenciales enteros.

La investigación también incluyo el estudio dos proyectos que se han planteado en la universidad, relacionados con la inmótica, y dos TEG, uno de la escuela de informática y el otro de la escuela de telecomunicaciones, también relacionados con el tema. La información obtenida de estos proyectos y trabajos se incluyen en el capítulo III y a continuación se presentan las conclusiones del análisis realizado, y las consideraciones a tomar en el diseño del sistema propuesto.

Análisis del proyecto de automatización de salones

El proyecto planteado no resulto económicamente viable para su implementación, lo que se atribuye a los siguientes puntos:

- ✓ Las políticas de control cambiario del país dificultan la adquisición de equipos importados.
- ✓ La propuesta de utilizar la LAN de la universidad requiere de tarjetas especiales que permitan esa conexión y capacidad para manejar estos protocolos de comunicación, las cuales resultan de por si costosas.
- ✓ Se requería la adquisición de una licencia de software que serviría para controlar las tarjetas, que no solo encarecerían aun más el proyecto por ser una licencia pagada en divisa extranjera, si no que restringe al proyecto a las condiciones de uso de dicha licencia y podría requerir futuras reinversiones en pagos por reactivación y actualizaciones de software.

Lo anterior permite tener en cuenta las siguientes consideraciones para un proyecto sea económicamente viable.

- ✓ Desarrollar el software a utilizar para el control del sistema, utilizando alguno de los lenguajes de programación disponibles de forma gratuita.
- ✓ Considerar opciones alternativas al uso de la LAN ya instalada, debido al elevado costo de las tarjetas electrónicas que permiten conexión por ese medio. Adicionalmente, utilizar este medio le agregaría mas trafico a la red, que resulta ya elevado por la cantidad de usuarios de esta red, destinada a servir en el campus universitario.
- ✓ Utilizar elementos estandarizados, es decir, que se puedan adquirir elementos de cualquier fabricante y que estos puedan interconectarse entre ellos sin necesidad de adquirir para ello elementos adicionales, por ejemplo, las tarjetas controladoras debían interconectarse por medio de una tarjeta electrónica controladora inteligente.

Análisis del proyecto de acceso a salones con la TAI

El acceso al campus con el carnet y a algunos servicios ya esta implementado en la universidad, así que el proyecto de utilizarlo para los salones es una ampliación de ese sistema, resultando tan factible como lo fue implementarlo en su inicio y traería en si las ventajas de un mayor control en quienes acceden a determinados salones que pueden requerir esta información, como lo son los laboratorios.

La continuidad del proyecto únicamente espera por desarrollo del software y algunos requerimientos de hardware que hacen falta, como por ejemplo programar funcionalidades en el software de control del sistema de automatización para que sea compatible con el software de acceso con los carnets y se alimente de la información de banner para todas las consideraciones necesarias en la gestión del acceso a los salones con el carnet.

Análisis de los trabajos de grado consultados

En las tesis consultadas se observan dos proyectos en los que se aplicaron los conceptos de domótica y que concuerdan con una de las intenciones de este trabajo, donde se demuestra que proyectos de automatización requieren la aplicación práctica de los conocimientos y destrezas adquiridos durante la formación académica tanto de ingenieros de telecomunicaciones como informáticos.

IV.2 Referente a los objetivos específicos del nro. 2 al nro. 5

Objetivos específicos:

Nro. 2: Determinación de parámetros a controlar con el sistema a través del estudio de la situación del edificio.

Nro. 3: Referente al tercer objetivo específico: Diseño del sistema.

Nro. 4: Referente al cuarto objetivo específico: Desarrollo del software de control del sistema.

Nro. 5: Referente al quinto objetivo específico: Determinar tecnologías necesarias para controlar los parámetros identificados.

Como producto de estos cuatro objetivos se obtienen los documentos Manual de Usuario y Manual del Instalador. (Apéndices 1 y 2 respectivamente).

En ellos se presenta toda la información del sistema referente a su estructura, elementos, características del edificio, escenarios de uso de los elementos y consideraciones generales.

IV.3 Referente al sexto objetivo específico: Simulación del sistema.

Se realizó la simulación del sistema con la construcción de prototipos y prueba de su funcionamiento.

Nota: Los simulación será mostrada el día de la presentación e incluida en el tomo final.

IV.4 Referente al séptimo objetivo específico: Estimar los beneficios esperados del sistema en cuanto al consumo eléctrico.

Como se analizó en el punto III.2.8 no existen los datos necesarios para presentar cifras precisas de ahorro de energía, ya que para ello se requiere del diseño de un nuevo tipo de auditoría energética, en la que se midan los tiempos de uso de forma práctica para que los cálculos teóricos de consumo se aproximen mas al consumo real debido a la falta de un medidor individual para el edificio, y las mismas no estaban contempladas en los objetivos del trabajo. Sin embargo, con el diseño de este sistema se espera influir en los parámetros que consumen energía para obtener como beneficio un ahorro, con las siguientes pautas:

- ✓ Apagando los equipos cuando no se detecte movimiento en las áreas controladas.
- ✓ Evitando que las luces queden encendidas luego de las horas de clase.
- ✓ Regulando el uso adecuado de los equipos para aire acondicionado.
- ✓ Evitando el uso de las luces de los pasillos si la iluminación captada por el sistema en esa zona es suficiente.

No obstante, para estimar una cifra en los beneficios esperados, se realizó una variación en los cálculos que hicieron en [26] con respecto a la iluminación eléctrica en las aulas. Para ello se varió el tiempo de uso considerando que el sistema mantendrá las luces apagadas en los periodos entre-clases y eso reduciría el consumo eléctrico en un 15% al año.

Capítulo V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Gracias a este Trabajo Especial de Grado y con base en los conocimientos y experiencias adquiridas durante su realización se procede a señalar lo siguiente:

V.1 Conclusiones

Referente al objetivo especifico nro.1 Análisis y evaluación de proyectos.

La domótica así como la inmótica permiten integrar diferentes tecnologías con la finalidad de gestionar un conjunto de parámetros que facilitan las actividades de los usuarios en la instalación automatizada. Pueden ser adaptados a cualquier tipo de instalación, sea una vivienda o de cualquier tipo, para satisfacer las necesidades especificas que son requeridas en la instalación, y siempre con mira a la escalabilidad hacia nuevas funciones. Representan una de las mejores alternativas para ahorrar energía ya que permiten gestionar de forma eficiente el consumo de los recursos energéticos brindándole al usuario muchos beneficios.

Referente a la determinación de parámetros a controlar con el sistema a través del estudio de la situación del edificio.

La determinación de los parámetros a gestionar en el edificio se seleccionó de acuerdo a las actividades que se realizan en él, adaptándose al uso que se le dan a las instalaciones, confirmando su característica de adaptabilidad a las necesidades requeridas.

Referente al diseño del sistema.

El diseño de un sistema amerita seleccionar las alternativas que mejor se adapten a las necesidades que se esperan atender con su implementación, considerándose también factores externos que intervienen en el diseño. Se obtuvo un diseño sencillo que satisface los parámetros determinados a gestionar, con las especificaciones que requiere para su implementación y orientado a su aplicación dentro de la universidad.

Referente al desarrollo del software de control del sistema.

El software que se desarrolló permite observar de forma general el concepto del funcionamiento del sistema. Se requiere para un sistema de automatización un programa que integre diferentes funciones a fin de permitirle al usuario el control desde una única interfaz, que debe ser amigable y sencilla.

Referente a la determinación de tecnologías necesarias para controlar los parámetros identificados.

Los dispositivos seleccionados cumplen con las etapas que requiere el sistema para llevar a cabo su funcionalidad. El aprovechamiento de los componentes electrónicos como los sensores y los relés, que están diseñados para una función determinada para la interacción del sistema con diferentes parámetros del ambiente.

Referente a la simulación del sistema

Se realizó una prueba sencilla que permitió observar el funcionamiento de este sistema. Es de suma importancia realizar pruebas a pequeña escala de cualquier sistema diseñado para depurar errores y corroborar el cumplimiento de los objetivos, y aumentar gradualmente los ensayos agregando las etapas y funciones más complejas.

Referente a la estimación de los beneficios del sistema

La estimación de los beneficios de un sistema de automatización requiere de la medición precisa del consumo. Según los estudios que se han realizado la domótica e inmótica ayudan a reducir favorablemente el consumo de energía pero su impacto está relacionado directamente con el tipo de instalación y las actividades que llevan a cabo.

V.2 Recomendaciones

- Realizar una evaluación a todas las áreas dentro de las instalaciones para listar los requerimientos específicos de cada una, de esta manera se puede conocer la cantidad de periféricos requeridos en cada nodo.
- Realizar los cálculos, solicitud de presupuestos y profundización en la información necesaria para la presentación formal de la propuesta de implementación del sistema en el edificio.
- Se pueden diseñar soluciones paralelas al sistema para ayudar al consumo energético, por ejemplo lámparas de encendido y apagado automático en función de la iluminación del área, utilizando componentes sensibles a la luz como fotorresistencias, para ubicarlas en aquellas zonas de los pasillos que suelen ser más oscuras o en las que hay actividades hasta más tarde, de esta manera evitará la necesidad de prender las luminarias de todo el pasillo si solo se requiere iluminación en ciertas partes.
- Para la implementación del sistema propuesto se requiere el desarrollo completo del software, en la que se agregue una interfaz amigable para las personas que manejen el sistema, y todas las funciones que se deseen agregar a ella. Una aplicación interesante podría ser acceso remoto al software de control.
- Optimizar el diseño de los circuitos diseñados y considerar que pueden incluir otras etapas como se menciona en la sección Escalabilidad. Por ejemplo una etapa de alimentación de respaldo para, que los microcontroladores no se apaguen por causa de una interrupción en el servicio eléctrico.
- Se recomienda la implementación del sistema en un área a modo de prueba piloto, con lo cual se podrán realizar las pruebas necesarias antes de implementar el sistema de forma general. Se podrían utilizar varios medios de comunicación (cable, inalámbricos y línea eléctrica) en la implementación del sistema, con la finalidad de estudiar cada uno de ellos como objeto de investigación.

Referencias

Capítulo I

[1] Encyclopaedia Brutannica, Inc. Encyclopaedia Britannica, Inc. Sitio web de la Encyclopaedia Britannica, Inc. [En línea] [Citado el: 3 del 12 de 2011] Disponible: http://www.britannica.com/

[2] Romero, Cristobal, Vazquez, Francisco y de Castro, Caros. 2006. Domótica e Inmótica. Viviendas y Edificios Inteligentes. Madrid : RA-Ma, 2006. ISBN: 84-7897-729-5.

[3] Wipedia, "Historia de la electricidad", Wikipedia. [En línea] [Citado el: 3-12-11] Disponible: http://es.wikipedia.org/wiki/Historia_de_la_electricidad

[4] Instituto para la diversificación y ahorro de energía y Asociación de productores de energías renovables, Impactos ambientales de la producción de electricidad. España: Ministerio de Ciencia y Tecnología, s.f. [Citado el: 3-12-11] Disponible: http://www.appa.es/descargas/Resumen_Estudio_ACV.pdf

[5] U.S. Energy Information Administration, International Energy Outlook 2011. EEUU: 2011. [Citado el: 3-12-11] Disponible: http://www.eia.gov/forecasts/ieo/pdf/0484(2011).pdf

[6] U.S. Energy Information Administration, Short-Term Energy Outlook 2012. EEUU: 2011. [Citado el: 3-12-11] Disponible: http://www.eia.gov/forecasts/steo/pdf/steo_full.pdf

[7] Hill, Benjamin. 2002. Free Software Project Management HOWTO. *Maintaining a Project: Interecting with Users.* 2002 [En línea] [Citado el: 10 de 12 de 2011.] Disponible: http://www.tldp.org/HOWTO/Software-Proj-Mgmt-HOWTO/users.html#ALPHABETA.

Capítulo II

[8] Moreno, A. (2009, enero) "KNX Jung en Edificio Agbar Collblanc" Jung Electro Ibérica. [En línea] [Citado el: 13-12-11] Disponible: http://www.casadomo.com/noticiasDetalle.aspx?idm=10&id=11401&c=6

[9] Martínez, E. (2008, mayo) "CNE se muda al Caracas Teleport" EL UNIVERSAL. [En línea] [Citado el: 13-12-11] Disponible: http://noticias.eluniversal.com/2008/05/21/pol_art_cne-se-muda-al-carac_871252.shtml

[10] Asociación española de domótica, "Que es domótica" [En línea] [Citado el: 17-12-11] Disponible: http://www.cedom.es/que-es-domotica.php

[11] Real Academia Española. "Domótica" [En línea] [Citado el: 17-12-11] Disponible: http://buscon.rae.es/draeI/SrvltConsulta?TIPO_BUS=3&LEMA=dom%F3tica

[12] Casadomo. "Gestión Eléctrica" [En línea] [Citado el: 17-12-11] Disponible: http://www.casadomo.com/noticiasDetalle.aspx?c=148&idm=159

[13] Casadomo. "Seguridad y Alarmas" [En línea] [Citado el: 17-12-11] Disponible: http://www.casadomo.com/noticiasDetalle.aspx?c=29&m=37&idm=37&pat=36&n2=36

[14] Ministerio de Industria, Turismo y Comercio de España, Guía Técnica de Aplicación BT-51 para instalaciones de automatización, gestión técnica de la energía y seguridad para viviendas y edificio, 2007. [Citado el: 17-12-11] Disponible: http://www.coaatpalencia.org/documentos/GUIA-BT-51.pdf

[15] Casadomo. "Domótica" [En línea] [Citado el: 17-12-11] Disponible: http://www.casadomo.com/noticiasDetalle.aspx?c=14&m=21&idm=21&pat=20&n2=20

[16] Palacios, A y Rodríguez, M. "Diseño de un modelo de red inalámbrica ZIGBEE para el monitoreo de pacientes". Tesis de Ingeniería. Universidad Católica Andrés Bello, Republica Bolivariana de Venezuela. 2011

[17] Asociación española de domótica, Instituto para la diversificación y ahorro de energía. "Como ahorrar energía instalando domótica en su casa" España: Aenor Ediciones, 2008. Disponible en: http://www.idae.es/index.php/mod.documentos/mem.descarga?file=/documentos_11187_domotica_en_su_vivienda_c7a81517.pdf

[18] Dirección General de Industrias, Energía y Minas, Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid, Energy Management Agency y Asociación profesional de empresarios de instalaciones eléctricas y telecomunicaciones de Madrid. "Domótica como solución de futuro" Madrid, 2007. Disponible en: http://www.fenercom.com/pdf/publicaciones/la-domotica-como-solucion-de-futuro-fenercom.pdf

[19] KNX asociación cvba "KNX ya es Estándar Internacional: ISO/IEC 14543-3" [Citado el: 21-12-11] Disponible en: http://www.knx.org/fileadmin/downloads/07%20-%20News%20&%20Press/03%20-%20Press%20Releases/04%20-%20Espagnol/PR20061201-ES.pdf

[20] Palacios, E, Remiro, F y Lopez, L. "Microcontrolador PIC16F84A Desarrollo de proyectos". 2da edición; Alfaomega Ra-Ma.

[21] Microchip "MPLAB X IDE" [En linea] [Citado el: 21-12-11] Disponible en: http://www.microchip.com/stellent/idcplg?IdcService=SS_GET_PAGE&nodeId=1406&dDocName=en019469&part=SW007002

[22] Electrónica Estudio, "Productos Microchip" [En línea] [Citado el: 21-12-11] Disponible en: http://www.electronicaestudio.com/microchip.htm

[23] Oracle, "Conozca mas sobre la tecnología Java" [En línea] [Citado el: 21-12-11] Disponible en: http://java.com/es/about/

Capítulo III

[25] Balestrini, M, Como se elabora el proyecto de investigación. Republica Bolivariana de Venezuela: BL Consultores Asociados, 2002. ISBN: 980-6293-03-7

[26] Alarcón, M y Niño, C. "Metodología minina recomendable para la definición de los perfiles de consumo de agua y energía en instituciones universitarias para desarrollo del programa campus sustentable", Tesis de Ingeniería, Universidad Católica Andrés Bello, Republica Bolivariana de Venezuela, 2011.

[27] Estrada, R. "Diseño de un sistema de control domótico inalámbrico usando la red telefónica" Tesis de Ingeniería, Universidad Católica Andrés Bello, Republica Bolivariana de Venezuela, 2007.

[28] Fritz, A y Colon, L. "Diseño e implementación de un sistema domótico de manejo remoto utilizando internet y tecnología celular" Tesis de Ingeniería, Universidad Católica Andrés Bello, Republica Bolivariana de Venezuela, 2005.

[29] Texas Instrument, "LM35" Disponible en: http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm35.pdf

[30] IntelliSense, "IntelliSense Model 1S-150-IS150T" Disponible en: http://www.alarmhow.net/manuals/CandK/Motions/IS150%20Motion.pdf

[31] Fairchild semiconductor, "H21A1/H21A2/H21A3 Phototransistor optical interrupter switch" Disponible en: http://www.robotstorehk.com/H21A1.pdf

[32] Fairchild semiconductor, "H11L1M-6-PIN DIP OPTOISOLATORS LOGIC OUTPUT" Disponible en: http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/52731/FAIRCHILD/H11L1M.html

[33] Microchip, "PIC16f87xa Datasheet" Disponible en: http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/39582b.pdf

[34] Microchip, "PIC16f84a Datasheet" Disponible en: http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/35007b.pdf

[35] ST, "ST232CN datasheet" Disponible en: http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/stmicroelectronics/6420.pdf

[36] NTE Electronics, INC. "NTE956 Integrated Circuit 3-Terminal Adjustable Positive Voltage Regulator" Disponible en: http://www.nteinc.com/specs/900to999/pdf/nte956.pdf

[37] ST, "ULN2001A-ULN2002A-ULN2003A-ULNE2004" Disponible en: http://www.datasheetcatalog.org/datasheet2/f/0c6x6a46ig46qlxf3j2qsaii8o3y.pdf

[38] Fairchild semiconductor, "PN2222 General Purpose Transistor" Disponible en: http://www.fairchildsemi.com/ds/PN/PN2222.pdf

[39] Fairchild semiconductor, "BC546/547/548/549/550 Switching and Applications" Disponible en: http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/fairchild/BC547.pdf

[40] Diotec semiconductor, "1N4007-13 - Silicon Rectifier Diodes – Silizium-Gleichrichterdioden - Diotec Semiconductor" Disponible en: http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/434080/DIOTEC/1N4007-13.html

[41] Fairchild semiconductor, "Zeners 1N4728A – 1N4752A" Disponible en: http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/fairchild/1N4733A.pdf

[42] Video tutorial "Luz nocturna automática". En línea. Disponible en: http://construyasuvideorockola.com/proyect_luz_automatica.php

[43] Texas Instruments. "Interface Circuits for TIA/EIA-232-F - Desing Notes" Disponible en: http://www.ti.com/lit/an/slla037a/slla037a.pdf

[44] Plus Electronics C.A., Catalogo de ventas. En línea. Disponible en: http://www.electronica.com.ve//ventas/catalog/

[45] Mercadolibre Venezuela. Detector de movimiento infrarrojo. En línea. Disponible en: http://articulo.mercadolibre.com.ve/MLV-36575312-detector-de-movimiento-infrarrojo-paradox-pro476-_JM

CONTENIDO DEL CD

Apéndices

Apéndice1 – Manual del Usuario

Apéndice 2 – Manual del Instalador

Anexos

Anexo 1 – Fotografías (exterior) del Edificio de Laboratorios

Anexo 2 – Modelo 3D del Edificio de Laboratorios

Anexo 3 – Planos del Edificio de Laboratorios

Anexo 4 – Fotografías (interior) del Edificio de Laboratorios