



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería en Ciencias y Sistemas

## **ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTO BENEFICIO DEL USO DEL PIC, EN APLICACIONES DOMÓTICAS**

**Héctor Fernando Santos Juárez**

Asesorado por el Ing. Carlos Gustavo Alonzo

Guatemala, mayo de 2009



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTO BENEFICIO DEL USO DEL PIC, EN  
APLICACIONES DOMÓTICAS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR:

**HÉCTOR FERNANDO SANTOS JUÁREZ**

ASESORADO POR EL ING. CARLOS GUSTAVO ALONZO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE  
**INGENIERO EN CIENCIAS Y SISTEMAS**

GUATEMALA, MAYO DE 2009



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOACL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. José Milton De León Bran
VOCAL V	Br. Isaac Sultán Mejía
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Edgar Estuardo Santos Sutuj
EXAMINADOR	Ing. Edgar Roberto Pinillos Montenegro
EXAMINADORA	Inga. Virginia Victoria Tala Ayerdi
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

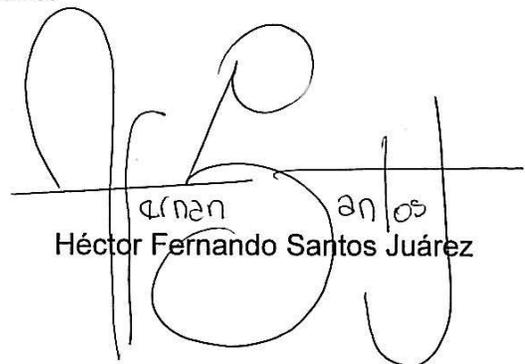


## HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTO BENEFICIO DEL USO DEL PIC, EN APLICACIONES DOMÓTICAS,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería en Ciencias y Sistemas, con fecha febrero de 2008.



Héctor Fernando Santos Juárez

Guatemala, 10 de Enero de 2009

Ingeniero  
Carlos Alfredo Azurdia  
Revisor de Trabajos de Graduación  
Escuela de Ciencias y Sistemas  
Facultad de Ingeniería, USAC.

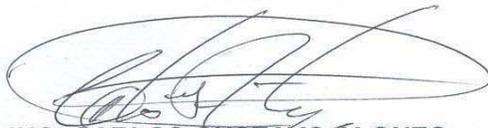
Respetable Ingeniero Azurdia.

Por medio de la presente hago de su conocimiento que como asesor del trabajo de graduación **“ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTO BENEFICIO DEL USO DEL PIC, EN APLICACIONES DOMÓTICAS”** desarrollado por el estudiante **“HÉCTOR FERNANDO SANTOS JUÁREZ”**, y luego de haberlo revisado lo estoy aprobando considerando que el mismo cumple con los objetivos planteados al inicio del trabajo.

Aprovecho para informarle que como asesor me estoy haciendo corresponsable del contenido del trabajo de graduación.

Sin otro particular,

Atentamente,



**ING. CARLOS GUSTAVO ALONZO**  
**ASESOR**  
**COLEGIADO No. 6358**



Universidad San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería en Ciencias y Sistemas

Guatemala, 18 de Marzo de 2009

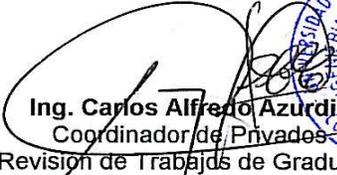
Ingeniero  
**Marlon Antonio Pérez Turk**  
Director de la Escuela de Ingeniería  
En Ciencias y Sistemas

Respetable Ingeniero Pérez:

Por este medio hago de su conocimiento que he revisado el trabajo de graduación del estudiante **HÉCTOR FERNANDO SANTOS JUÁREZ**, titulado: "**ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTO BENEFICIO DEL USO DEL PIC, EN APLICACIONES DOMÓTICAS**", y a mi criterio el mismo cumple con los objetivos propuestos para su desarrollo, según el protocolo.

Al agradecer su atención a la presente, aprovecho la oportunidad para suscribirme,

Atentamente,

  
**Ing. Carlos Alfredo Azurdia**  
Coordinador de Privados  
y Revisión de Trabajos de Graduación



E  
S  
C  
U  
L  
A  
  
D  
E  
  
C  
I  
E  
N  
C  
I  
A  
S  
  
Y  
  
S  
I  
S  
T  
E  
M  
A  
S

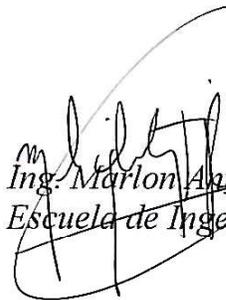
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE CIENCIAS Y SISTEMAS  
TEL: 24767644

*El Director de la Escuela de Ingeniería en Ciencias y Sistemas de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del asesor con el visto bueno del revisor y del Licenciado en Letras, de trabajo de graduación titulado "ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTO BENEFICIO DEL USO DEL PIC, EN APLICACIONES DOMÓTICAS", presentado por el estudiante HÉCTOR FERNANDO SANTOS JUÁREZ, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.*

**"ID Y ENSEÑAD A TODOS"**

  
Ing. Marlon Antonio Pérez Turk  

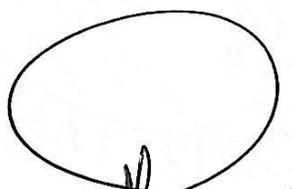

Director, Escuela de Ingeniería Ciencias y Sistemas

Guatemala, 21 de mayo 2009



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería en Ciencias y Sistemas, al trabajo de graduación titulado: **ANÁLISIS COMPARATIVO DE COSTO BENEFICIO DEL USO DEL PIC, EN APLICACIONES DOMÓTICAS**, presentado por el estudiante universitario **Héctor Fernando Santos Juárez**, procede a la autorización para la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

  
Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos  
DECANO

Guatemala, mayo de 2009



/gdech



## **ACTO QUE DEDICO A:**

Dios, por el camino recorrido...

Mi madre y padre, por su amor infinito y apoyo incondicional...

Mi esposa, Marleny, quien ha sido mi fortaleza y apoyo para mi superación profesional...

Mis hijos, para exhortarlos a seguir y mantener una visión de éxito en sus vidas, mediante el estudio permanente...



## **AGRADECIMIENTOS A:**

**Dios**, por haberme permitido llegar hasta este punto y por darme salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

**Mis padres**, por apoyarme en todo momento, por los ejemplos de perseverancia y constancia que los caracterizan y que me han infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante y su amor.

**Mi esposa**, mi ayuda idónea, por su amor, paciencia, comprensión y motivación, sin lo que hubiese sido imposible lograr terminar estos estudios.

**Mis hermanos**, por que siempre he contado con ellos para todo, gracias a la confianza que siempre nos hemos tenido; por el apoyo y amistad.

**Mis amigos**, que nos apoyamos mutuamente en nuestra formación profesional y que hasta ahora, seguimos siendo amigos.

A la **Universidad San Carlos de Guatemala** y en especial a la **Facultad de Ingeniería**, por permitirme ser parte de una generación de triunfadores y gente productiva para el país.



# ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....</b>	<b>III</b>
<b>GLOSARIO.....</b>	<b>V</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>VII</b>
<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>IX</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>XI</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN A LA INGENIERÍA DOMÓTICA .....</b>	<b>1</b>
1.1. Que es la Domótica .....	1
1.1.1. Historia y origen.....	2
1.1.2. Fundamentos .....	3
1.1.3. Evolución y tendencias.....	5
1.1.3.1. Tecnología X10 .....	6
1.1.3.2. Qué es un X10 .....	6
1.1.3.3. Características importantes del X10.....	7
<b>2. FUNDAMENTOS BÁSICOS DE LOS MICROCONTROLADORES PIC.....</b>	<b>9</b>
2.1. Diagrama de un Microcontrolador .....	9
2.1.1. Unidad de control de programa.....	10
2.1.2. Memoria de programa.....	12
2.1.3. Memoria de datos .....	13
2.1.3.1. Estructura .....	13
2.1.3.2. Almacenamiento de datos .....	14
2.1.3.2.1.Apuntador .....	14
2.1.3.2.2.Snack (Pila) .....	14

2.1.4. Entradas y salidas .....	16
2.1.4.1. Entradas .....	16
2.1.4.2. Salidas.....	16
2.1.4.3. Puertos .....	16
<b>3. COMPARACIÓN DE APLICACIONES X10 Y BASADA EN PIC .....</b>	<b>19</b>
3.1. Diseño .....	19
3.1.1. Diseño X10.....	19
3.1.2. Diseño PIC.....	22
3.2. Dimensionamiento.....	26
3.3. Factores de comparación.....	27
3.4. Descripción de la aplicación.....	28
3.5. Resultado .....	33
3.5.1. Resultado de la prueba X10.....	33
3.5.2. Resultado de la prueba con el PIC.....	35
<b>4. ANÁLISIS COMPARATIVO Y ECONÓMICO .....</b>	<b>37</b>
4.1. Análisis de factores de comparación.....	37
4.1.1. Rendimiento .....	37
4.1.2. Costo.....	38
4.1.3. Viabilidad .....	39
4.2. Comparación para toma de decisión.....	40
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>43</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>45</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>47</b>

# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

## FIGURAS

1. Diagrama a bloques de un microcontrolador .....	10
2. Diagrama de la memoria de programa .....	12
3. Almacenamiento y recuperación en pila de una dirección de 2 Bytes. ....	15
4. Diseño de colocación del dispositivo X10 .....	19
5. Dispositivo X10. ....	20
6. Conexión básica del dispositivo X10.....	21
7. Colocación del dispositivo en su caja correspondiente.....	21
8. Diagrama esquemático de emisor y receptor con la utilización del PIC.....	23
9. Diagrama esquemático de emisor .....	24
10. Diagrama esquemático del receptor de señal.....	25
11. Diagrama del cuarto a estudiar .....	26
12. Parametrización de sector .....	29
13. Numeración para identificador del dispositivo X10 .....	30
14. Conexión del sistema PIC.....	31
15. Forma de colocación de los dispositivos para el X10 .....	33
16. Costo total por día del consumo eléctrico del proyecto X10 .....	34
17. Costo total por día del consumo eléctrico del proyecto PIC.....	35

## TABLAS

I. Ventajas y desventajas de la tecnología X10 .....	40
II. Ventajas y desventajas de la tecnología con PIC .....	41



## GLOSARIO

- ALU:** Unidad aritmética Lógica (Arithmetic logic unit), se encuentra internamente en los procesadores.
- BIT:** Mínima expresión de almacenamiento, se representa por dígitos binarios(0 ó 1).
- CPU:** Se denomina CPU (siglas de Central Processing Unit) o Unidad Central de Proceso (UCP) a la unidad donde se ejecutan las instrucciones de los programas y se controla el funcionamiento de los distintos componentes del ordenador. Suele estar integrada en un chip denominado microprocesador.
- DIM:** Son las siglas de (traducidas al inglés Dual In-line Memory Module) y que podemos traducir como Módulo de Memoria lineal doble.
- DOMOTICA:** El término domótica proviene de la unión de las palabras *domus* (que significa casa en latín) y robótica (robota, esclavo en checo).
- EPROM:** Memoria de lectura eléctricamente borrable y programable (Erasable programmable read only memory).

- FLASH:** Memoria no volátil, bajo consumo de corriente, se puede escribir y borrar.
- LIFO:** Forma de operar un orden, último en entrar, primero en salir (*Last in first out*).
- PIC:** Son una familia de microcontroladores tipo RISC, que generalmente se utiliza como **Peripheral Interface Controller** (traducido al español Controlador de Interfaz Periférico).
- RAM:** Memoria de acceso aleatorio (Real access memory).
- ROM:** Memoria solo de lectura (Read only memory).
- WATTS:** La forma más simple de calcular la potencia que consume una carga activa o resistiva conectada a un circuito eléctrico es multiplicando el valor de la tensión en volt (**V**) aplicada por el valor de la intensidad (**I**) de la corriente que lo recorre, expresada en amper.
- X10:** X10 es un protocolo de comunicaciones para el control remoto de dispositivos eléctricos.

## RESUMEN

La domótica comprende toda aquella automatización que produce facilidad en el ámbito cotidiano, para realizar tareas consecuentes a un esfuerzo mínimo en el individuo, por la que diversos productos tecnológicos de áreas como la electricidad, la electrónica, la informática, la robótica y las telecomunicaciones convergen y se integran en un sistema con objeto de proveer aplicaciones y servicios de utilidad para los habitantes del hogar. Su finalidad es cubrir y mejorar varias de las necesidades de los usuarios.

Los microcontroladores poseen todas las características de un computador completo. Puede ser programado para que cumpla una tarea determinada a muy bajo costo.

Al ver que la domótica cubre áreas importantes para la simplicidad del usuario, vemos que el costo puede ser muy elevado debido a que uno paga una marca y control de calidad, pero si vemos la funcionalidad el microcontrolador PIC puede hacer las mismas funciones y destrezas, a un bajo costo y en donde será mas accesible, además la ventajas que tiene el PIC es la versatilidad de manejo ya que puede ser programado según requerimientos.



## OBJETIVOS

- **GENERAL:**

Establecer el impacto en el aspecto económico del PIC en relación con una aplicación utilizando domótica.

- **ESPECÍFICOS:**

1. Establecer criterios para el uso adecuado del PIC en aplicaciones domóticas.
2. Evaluar las implicaciones que tiene al momento de usar un X10 en vez de un PIC
3. Identificar las ventajas que presenta la utilización de PIC's en grandes aplicaciones domóticas.



# INTRODUCCIÓN

Hoy en día, se presenta la domótica como una nueva ciencia, su nombre deriva del acrónimo de doméstica e informática. Las llamadas casas inteligentes aplican esta ciencia en automatizar al máximo el hogar para asegurar al usuario de la vivienda un aumento del confort, seguridad, ahorro energético y facilidades de comunicación.

El uso de tecnología de punta implica cambiar o mejorar continuamente los prototipos a emplear en distintas áreas de la casa. Ésta usa varios controladores electrónicos capaces de satisfacer al usuario mediante una previa y debida programación.

El microcontrolador PIC, es un circuito integrado comúnmente llamado chip, basado en la arquitectura RISC, que cumple las funciones de cerebro de cualquier aplicación, que puede ser desde encender un led hasta telecontrol y es responsable de la buena funcionalidad del circuito que gobierna.

En el mundo de hoy, en donde todo se rige en lo económico y funcional, la domótica por ser una tecnología cara se vuelve poco accesible, pero al ver que existen otras formas de aplicar la domótica con diversas herramientas auxiliares, vemos que el microcontrolador PIC es una opción tanto económico, funcional y versátil como para poder realizar un sustituto a la tecnología X10.



# 1. INTRODUCCIÓN A LA INGENIERÍA DOMÓTICA

## 1.1. Qué es la Domótica

“Domótica es el término científico que se utiliza para denominar la parte de la tecnología (electrónica e informática), que integra el control y supervisión de los elementos existentes en un edificio de oficinas o en uno de viviendas, o simplemente en cualquier hogar”<sup>1</sup>.

“Para que un sistema pueda ser considerado inteligente ha de incorporar elementos o sistemas basados en las Nuevas Tecnologías de la Información (NTI).

El uso de las NTI en la vivienda genera nuevas aplicaciones y tendencias basadas en la capacidad de proceso de información y en la integración y comunicación entre los equipos e instalaciones. Así concebida, una vivienda inteligente puede ofrecer una amplia gama de aplicaciones en áreas tales como:

- Seguridad.
- Gestión de la energía.
- Automatización de tareas domésticas.
- Formación, cultura y entretenimiento.
- Teletrabajo y monitorización de salud.
- Operación y mantenimiento de las instalaciones, etc.

La definición de vivienda domótica o inteligente presenta múltiples versiones y matices. También aquí son diversos los términos utilizados

---

<sup>1</sup> Monografías, <http://www.monografias.com/trabajos35/domotica/domotica.shtml>. Fecha de consulta: julio de 2007. Fecha de actualización: enero de 2009.

en distintas lenguas: casa inteligente (por su traducción al inglés *smart house*), automatización de viviendas (por su traducción al inglés *home automation*), domótica (por su traducción al inglés *domotique*), sistemas domésticos (por su traducción al inglés *home systems*), etc.

De una manera general, un sistema domótico dispondrá de una red de comunicación y diálogo que permite la interconexión de una serie de equipos a fin de obtener información sobre el entorno doméstico y, basándose en ésta, realizar unas determinadas acciones sobre dicho entorno.

Los elementos de campo (detectores, sensores, captadores, etc.), transmitirán las señales a una unidad central inteligente que tratará y elaborará la información recibida. En función de dicha información y de una determinada programación, la unidad central actuará sobre determinados circuitos de potencia relacionados con las señales recogidas por los elementos de campo correspondientes”<sup>2</sup>.

### **1.1.1. Historia y origen**

“La domótica (del latín *domus* (hogar) y robótica, que a su vez deriva del checo *robot*), es el conjunto de sistemas automatizados de una vivienda que aportan servicios de gestión energética, seguridad, bienestar y comunicación, y que pueden estar integrados por medio de redes interiores y exteriores de comunicación. Se centra en los servicios de bienestar, seguridad y comunicaciones que pueden facilitarse en la vivienda a sus habitantes”<sup>3</sup>.

---

<sup>2</sup>Creación de una casa inteligente, <http://www.depeca.uah.es/wwwnueva/docencia/ING-TELECO/proyectos/trabajos/grupo5/doc.htm>. Fecha de consulta: julio de 2007. Fecha de actualización: enero de 2009.

<sup>3</sup> Domotizar, [http://www.domotizar.com/?page\\_id=2](http://www.domotizar.com/?page_id=2). Fecha de consulta: julio de 2007. Fecha de actualización: enero de 2009.

“El origen de la domótica como tal, se remonta en Europa a los años sesenta, cuando aparecen los primeros dispositivos de automatización de edificios basados en la tecnología X-10 (todavía existente debido a su eficacia, facilidad de implementación y bajo precio). A partir de ahí, comenzó su evolución y comenzaron a surgir los distintos estándares e infraestructuras que, suficientemente evolucionados y con costes cada vez más competitivos, persisten en nuestros días.

La domótica comienza a implantarse y a extenderse a principios de los años noventa, en los que tienen lugar las primeras iniciativas de promociones y el mayor conocimiento de sus beneficios”<sup>4</sup>.

### **1.1.2. Fundamentos**

“A partir del concepto de domótica, se pueden determinar rasgos generales, propios y comunes a los distintos sistemas de una vivienda inteligente, que son los que la caracterizan como tal. El uso de estos sistemas tiene implicaciones que se pueden dividir en inmediatas, en cuanto a que son las que se producen por el hecho de habitar en una vivienda inteligente, y a más largo plazo, ya que trascienden al individuo para afectar al entorno social a través de nuevos modelos de uso.

Las características generales, junto con las consecuencias inmediatas que surgen de su uso, son las siguientes:

---

<sup>4</sup> Permita que su hogar le ayude, <http://domotica.mojacarsun.com/Domotica.aspx>. Fecha de consulta: julio de 2007. Fecha de actualización: enero de 2009.

### **Control remoto desde dentro de la vivienda**

A través de un esquema de comunicación con los distintos equipos (mando a distancia, bus de comunicación, etc.). Reduce la necesidad de moverse dentro de la vivienda, este hecho puede ser particularmente importante en el caso de personas de la tercera edad o minusválidos.

### **Control remoto desde fuera de la vivienda**

Presupone un cambio en los horarios en los que se realizan las tareas domésticas (por ejemplo: la posibilidad de que el usuario pueda activar la cocina desde el exterior de su vivienda, implica que previamente ha de preparar los alimentos) y como consecuencia permite al usuario un mejor aprovechamiento de su tiempo.

### **Programabilidad**

El hecho que los sistemas de la vivienda se pueden programar ya sea para que realicen ciertas funciones con sólo tocar un botón o que las lleven a cabo en función de otras condiciones del entorno (hora, temperatura interior o exterior, etc.) produce un aumento del confort y un ahorro de tiempo.

### **Acceso a servicios externos**

Servicios de información, telecompra, telebanco, etc. Para ciertos colectivos estos servicios pueden ser de gran utilidad (por ejemplo, unidades familiares) ya que producen un ahorro de tiempo”<sup>5</sup>.

---

<sup>5</sup>Creación de una casa inteligente, <http://www.depeca.uah.es/wwwnueva/docencia/ING-TELECO/proyectos/trabajos/grupo5/doc.htm>. Fecha de consulta: julio de 2007. Fecha de actualización: enero de 2009.

### **1.1.3. Evolución y tendencias**

“Hoy en día una vivienda es algo vivo: sistemas de climatización, juegos de luces, persianas, gas, red telefónica, seguridad e incluso sistemas informáticos alejan a las viviendas actuales del viejo concepto de lugar de refugio, hoy le pedimos más. Si el control integrado de estos sistemas en una vivienda es algo necesario, megafonía, redes informáticas dan vida a las viviendas y nos obligan a desterrar el concepto estático; las tecnologías actuales, aplicadas a las viviendas, requieren un esmerado control. Hasta el momento, en un edificio todos los sistemas eran independientes, hoy la domótica ofrece soluciones que integran y relacionan entre sí dichos elementos suponiendo una clara ventaja para el usuario.

El ritmo de vida actual ha provocado un fenómeno cultural sin precedentes, nos encontramos inmersos en la sociedad de la comunicación de información, donde la domótica se convierte en una necesidad actual y vital.

La rápida evolución tecnológica de la electrónica e informática, ha inundado nuestro entorno con televisores, telefotos, equipos de fax y módem, redes y sistemas informáticos tanto en oficinas como en viviendas particulares.

Hasta los electrodomésticos están experimentando una vertiginosa evolución, hoy en día los fabricantes ofrecen frigoríficos inteligentes capaces de hacer telefónicamente pedidos o indicarnos que al regresar de la oficina hagamos determinadas compras. El número de documentales de televisión y prensa sobre domótica aumenta día a día.

Los sistemas domóticos actuales integran automatización, informática y Nuevas Tecnologías de la Información. Como es natural, la sociedad aspiramos a una mejor calidad de vida en el hogar, al proveer de mayor confort y comodidad”<sup>6</sup>.

#### **1.1.3.1. Tecnología X10**

“Entre 1976 y 1978 se desarrolló la tecnología X-10 en Glenrothes, Escocia, por ingenieros de la empresa Pico *Electronics* Ltd.; en la actualidad se distribuye X-10 en los cinco continentes, siendo su principal mercado USA. Durante los últimos 15 años se han vendido más de 150 millones de equipos X-10.

Su funcionamiento se basa en la utilización de la red eléctrica existente en cualquier tipo de edificio, ya sea casa u oficina, como medio físico para la comunicación interna de los distintos componentes del sistema domótico.

La flexibilidad del X10 y la escalabilidad, a dado confort, ahorro energético, comunicación e incluso ocio, pudiendo manejar a distancia todo tipo de aparato eléctrico y/o electrónico almacenadas en nuestro PC o conectado a un sistema X10”<sup>7</sup>.

#### **1.1.3.2. Qué es un X10**

“X10 es un protocolo de comunicación que permite controlar aparatos eléctricos a través de la instalación de red eléctrica. El estándar surgió hace 20 años como parte de los experimentos

---

<sup>6</sup> Domótica, <http://www.martini-cia.com/domotica.html>. Fecha de consulta: julio de 2007. Fecha de actualización: enero de 2009.

<sup>7</sup>Curso de Domótica a través de la red eléctrica, <http://www.domoticaviva.com/X-10/X-10.htm>. Fecha consulta: julio de 2007. Fecha de actualización: enero de 2009.

realizados por la empresa picosystem y lleva más de quince funcionando a nivel comercial.

La transmisión de una señal binaria en X10 se realiza mediante ráfagas de 120 kHz superpuestas en los cruces por cero de la señal de la red eléctrica. La ausencia de ráfaga significa un cero lógico.

En un principio, se distinguen dos tipos de dispositivos X10, los transmisores (traducido al inglés *transmitters*), los receptores (traducido al inglés *receivers*). Los transmisores envían comandos X10 codificados como una señal de baja intensidad que se superpone a la señal de la red. Se pueden enviar mensajes hasta 256 dispositivos en una misma red. Cada uno de los receptores tiene una dirección. Estos son capaces de demodular la señal y si corresponde con su dirección actuar en consecuencia. Varios receptores pueden tener la misma dirección de tal forma que se puede actuar sobre ellos a la vez. Como los receptores no responden a los transmisores no es posible saber el estado, por ejemplo no se puede preguntar si una luz está o no encendida. Para poder preguntar el estado se han introducido un tercer tipo de dispositivos que permite transmitir y recibir”<sup>8</sup>.

### **1.1.3.3. Características importantes del X10**

“Cada transmisor inyecta en la instalación eléctrica, una señal modulante de 120 KHz sincronizada con el cruce por cero de la onda sinusoidal, donde modula 11 bits correspondiente al protocolo X10. El protocolo está formado de la siguiente forma.

---

<sup>8</sup> X10, <http://odisea.ii.uam.es/esp/recursos/X10.htm>. Fecha de consulta: julio de 2007. Fecha de actualización: enero de 2009.

Dicha portadora es captada por cualquier modulo receptor conectado a la línea de alimentación eléctrica, traducéndose en un evento ON, Off, DIM”<sup>9</sup>.

“Las características especiales de este protocolo permiten reducir la instalación de los dispositivos del sistema domótico a la simple acción de enchufarlos a una toma de corriente. Otro punto a favor de la tecnología X10 es el gran número de dispositivos que existen en el mercado, que dan la posibilidad de adaptarse a casi cualquier necesidad”<sup>10</sup>.

---

<sup>9</sup> ¿Cómo funcionan? <http://controlhome.net/Quees.htm>. Fecha de consulta: julio de 2007. Fecha de actualización: enero de 2009.

<sup>10</sup> The Distributed Group, <http://tdg.lsi.us.es/~sit02/res/papers/cuevas.pdf>. Fecha de consulta: julio de 2007. Fecha de actualización: enero de 2009.

## 2. FUNDAMENTOS BÁSICOS DE LOS MICROCONTROLADORES PIC

### 2.1. Diagrama de un Microcontrolador

“Para entender la configuración básica del Microcontrolador, describiremos una solicitud del UCP de un dato localizado en Memoria: El UCP solicita información a la memoria (o un Puerto) con un llamado a la dirección correspondiente a la localidad donde se encuentre el dato solicitado. La dirección (de la información solicitada) es almacenada en el UCP como un número binario en un registro temporal. Las salidas de este registro son mandadas por muchas vías (o una vía sencilla) a la memoria del microcontrolador y periféricos. Al grupo de vías de comunicación que comparten una trayectoria común en forma paralela se le denomina BUS.

Es entonces cuando el registro de dirección almacena el dato recibido. El número de bits recibidos dependen del tipo de microcontrolador. El dato o la información buscada es mandada al UCP por el bus de datos. El bus de datos es diferente al bus de direcciones, ya que el bus de datos sirve únicamente para recibir o mandar datos a memoria o periféricos”<sup>11</sup>.

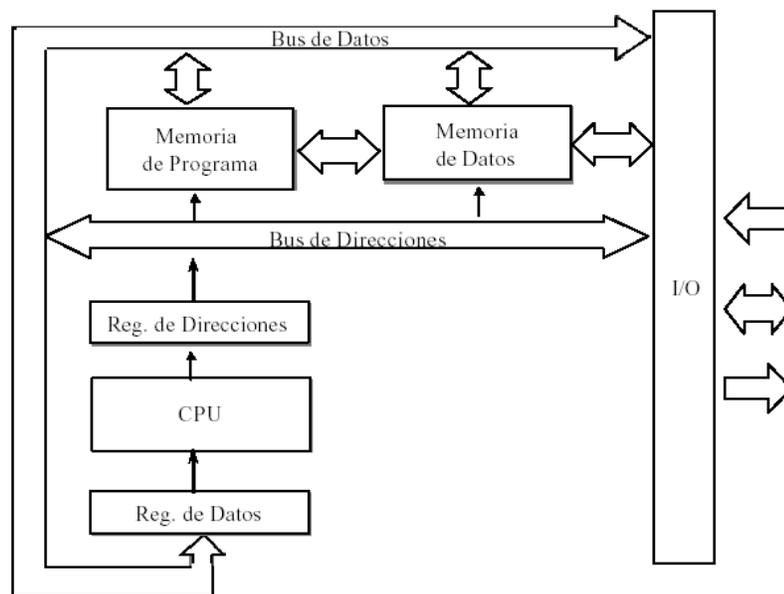
“Las señales del bus de direcciones son controladas solamente por el UCP y la información va siempre del UCP a los bloques de memoria. Por otro lado, la información en el bus de datos puede ser de entrada o salida al UCP por medio del registro de datos.

---

<sup>11</sup> National Semiconductor, <http://www.national.com/appinfo/mcu/files/ManualDeUsuario.PDF>. Fecha de consulta: julio de 2007. Fecha de actualización: enero de 2009.

En otras palabras, el bus de datos es bi-direccional y el bus de direcciones es uni-direccional. El ancho de los buses de datos y de direcciones también puede ser diferente, dependiendo del tipo de microcontrolador y del tamaño de la memoria. A continuación en la figura 1, se muestra por bloques el UCP, memorias y buses del microcontrolador<sup>12</sup>.

Figura 1. Diagrama a bloques de un microcontrolador



<http://www.national.com/appinfo/mcu/files/ManualDeUsuario.PDF>

### 2.1.1. Unidad de control de programa

“Llamado UCP, la función clave del UCP es realizar las siguientes tareas:

**Cargado:** La dirección de memoria de programa que se encuentra almacenada en el registro apuntador (PC) es utilizada para capturar la

<sup>12</sup> National Semiconductor, <http://www.national.com/appinfo/mcu/files/ManualDeUsuario.PDF>. Fecha de consulta: julio de 2007. Fecha de actualización: enero de 2009.

instrucción localizada en ésta dirección. La instrucción es copiada al registro de instrucciones (IR).

El registro PC es incrementado para apuntar a la siguiente instrucción disponible.

**Decodificación:** La instrucción localizada en el registro IR es decodificada. Es decir la representación en bits en el registro IR especifican determinada acción y es entonces cuando se generan señales de control y ajuste para preparar la ejecución de la instrucción.

**Ejecución:** Las señales de control se distribuyen por todo el Microcontrolador, causando que la acción deseada se realice.

### **ALU: Unidad Aritmética Lógica (*Arithmetic Logic Unit*)**

La Unidad Aritmética Lógica es un sumador binario. Es aquí donde se realizan todas las operaciones lógicas y aritméticas en el Microcontrolador. El resultado de todas estas operaciones es usualmente alojado en un acumulador.

### **Registros de Control/Estado**

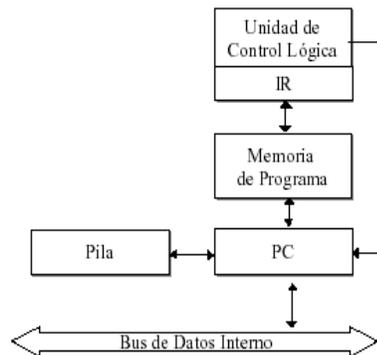
Los registros de control y status son registros de propósito especial usados para almacenar el estado actual del microcontrolador. Los bits de control son manipulados por el programa de usuario para llevar al controlador y sus periféricos a algún estado en particular. Los bits de status son monitoreados por el programa para informar al microcontrolador/usuario del estado actual. Algunos ejemplos son el bit

de acarreo, el bit habilitador de interrupciones, el bit de modo de ahorro de energía, etc”<sup>13</sup>.

### 2.1.2. Memoria de programa

“La memoria de programa contiene el programa del microcontrolador. Es decir es aquí donde se almacenan los comandos a ejecutar por el UCP para realizar una tarea de control determinados por el usuario dependiendo de los requerimientos de la aplicación. Existen muchos tipos de memoria de programa ROM, EPROM, OTP, EEPROM, FLASH. En la figura 2, se muestra un tipo de memoria de programa.

Figura 2. Diagrama de la memoria de programa



<http://www.national.com/appinfo/mcu/files/ManualDeUsuario.PDF>

Existe un registro que se identifica como PC (*Program Counter*, contador de programa). El PC es requerido por el UCP para apuntar a la localidad de memoria que contiene las instrucciones del programa.

<sup>13</sup> National Semiconductor, <http://www.national.com/appinfo/mcu/files/ManualDeUsuario.PDF>. Fecha de consulta: julio de 2007. Fecha de actualización: enero de 2009.

Cada vez que un Opcode (Representación binaria de una instrucción) es leído de la memoria, el registro PC es incrementado en uno para apuntar a la siguiente instrucción a ser ejecutada. Cada vez que el UCP realiza una operación de decodificación de instrucción el registro PC es incrementado en uno, por lo tanto, el registro PC siempre apunta a la siguiente instrucción por ser ejecutada. La longitud del registro PC es determinante en el tamaño de la Memoria de Programa. Ya que no se podría apuntar con el registro PC de 8 bits una Memoria de Programa de 1 Kilobyte<sup>14</sup>.

### **2.1.3. Memoria de datos**

“La memoria de datos es utilizada para guardar y otorgar información. Típicamente, hay dos tipos de memoria de datos que pueden ser empleadas: RAM y EEPROM (Memoria eléctricamente borrable)”.

#### **2.1.3.1. Estructura**

1. Tamaño: la memoria de datos varía en tamaño dependiendo del microcontrolador y/o la familia. (4-bit/8-bit/16-bit por 16, 32, 64, 128 bytes, etc.).
2. Arquitectura Von Neumann: con la arquitectura Von Neumann la memoria de programa y de datos comparten el mismo espacio de memoria. Si el código es colocado en un espacio de memoria separado (0000 a la 03FF), entonces los datos deberán residir más allá de las localidades 03FF Hex.
3. Arquitectura Harvard: con la arquitectura Harvard la memoria de programa y de datos se encuentran en espacios separados. El código puede ser colocado en las localidades 0000 a la 03FF Hex

---

<sup>14</sup> National Semiconductor, <http://www.national.com/appinfo/mcu/files/ManualDeUsuario.PDF>. Fecha de consulta: julio de 2007. Fecha de actualización: enero de 2009.

y los datos pueden ser también localizados en las localidades 000 a la 03F Hex”<sup>15</sup>.

## **2.1.3.2. Almacenamiento de datos**

### **2.1.3.2.1. Apuntador**

“Un apuntador es un registro que contiene una dirección en la cual se especifica una localidad de memoria. Es decir, un apuntador apunta a la localidad de algún dato. El registro apuntador de datos (PTR) es cargado con la dirección donde se encuentre la información de interés. Para acceder un byte de datos, el registro apuntador puede ser usado en lugar de usar la dirección propia.

Esto es particularmente útil, cuando se encuentran localidades consecutivas y todas ellas van a ser accesadas. El apuntador puede ser incrementado o decrementado automáticamente después de un acceso a RAM en lugar de hacer referencia en cada momento a las direcciones de RAM”<sup>16</sup>.

### **2.1.3.2.2. Pila**

“La sección de pila es simplemente memoria de datos dedicada a almacenar datos y direcciones en forma de pila (consecutivamente). La pila opera de forma LIFO (último en entrar, primero en salir).

Es necesario contar con un apuntador a esta sección de memoria llamado registro apuntador a pila, dado que es este registro el

---

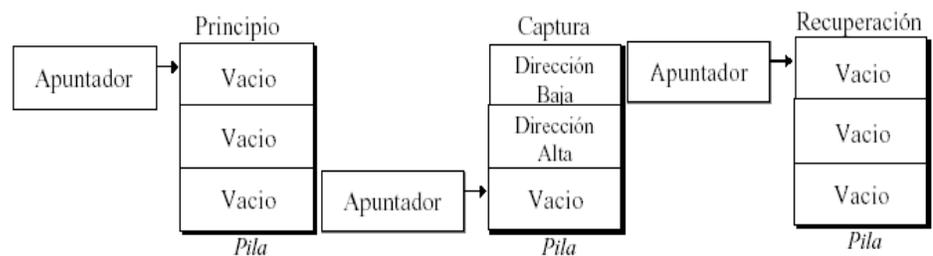
<sup>15</sup> National Semiconductor, <http://www.national.com/appinfo/mcu/files/ManualDeUsuario.PDF>. Fecha de consulta: julio de 2007. Fecha de actualización: enero de 2009.

<sup>16</sup> National Semiconductor, <http://www.national.com/appinfo/mcu/files/ManualDeUsuario.PDF>. Fecha de consulta: julio de 2007. Fecha de actualización: enero de 2009.

utilizado para mantener la dirección de la última entidad (dato o dirección) almacenada. Usualmente el puntero a pila es inicializado apuntando a una localidad de memoria.

De acuerdo a como se requiera guardar o sacar los datos de la pila, el registro apuntador de pila también se mueve hacia arriba o hacia abajo. El microcontrolador utiliza la pila para almacenar o recuperar una dirección durante un llamado a una subrutina o una interrupción. En la figura 3, representa el movimiento del apuntador en la pila.

Figura 3. Almacenamiento y recuperación en pila de una dirección de 2 Bytes.



<http://www.national.com/appinfo/mcu/files/ManualDeUsuario.PDF>

Algunos microcontroladores también almacenan información de estado del controlador en la pila antes de responder a alguna interrupción. El programa puede utilizar la pila para guardar datos temporalmente, especialmente cuando se desea almacenar datos entre subrutinas. No todas las pilas de los microcontroladores son accesibles al usuario”<sup>17</sup>.

<sup>17</sup> National Semiconductor, <http://www.national.com/appinfo/mcu/files/ManualDeUsuario.PDF>. Fecha de consulta: julio de 2007. Fecha de actualización: enero de 2009.

## **2.1.4. Entradas y Salidas**

“Las entradas y salidas permiten que el microcontrolador se comunique con los dispositivos externos al microcontrolador.

### **2.1.4.1. Entradas**

Un dispositivo externo otorga al microcontrolador una señal en estado alto o bajo. El nivel lógico es leído por el microcontrolador como un bit sencillo de información de entrada.

### **2.1.4.2. Salidas**

El microcontrolador fuerza uno de sus pines a un estado alto o bajo. El voltaje de salida en el pin corresponde a un bit sencillo de información.

### **2.1.4.3. Puertos**

Un puerto es un grupo de pines utilizado para mandar o recibir información. Un puerto puede tener únicamente salidas, entradas o incluso una combinación de pines de entradas y salidas. Actualmente la mayoría de los puertos son bi-direccionales, es decir pueden ser configurados como pines de entrada o salida dependiendo de los requerimientos del usuario.

Usualmente cada puerto (grupo de pines) tiene asignada una dirección como si fuera un registro en memoria. La escritura a una dirección asignada a un puerto ocasiona que los pines asociados con la dirección del puerto sean forzados a un estado alto o bajo de acuerdo al valor escrito. Si los puertos no son mapeados en memoria,

se tendrán instrucciones especiales de entrada/salida para accederlos”<sup>18</sup>.

---

<sup>18</sup> National Semiconductor, <http://www.national.com/appinfo/mcu/files/ManualDeUsuario.PDF>. Fecha de consulta: julio de 2007. Fecha de actualización: enero de 2009.



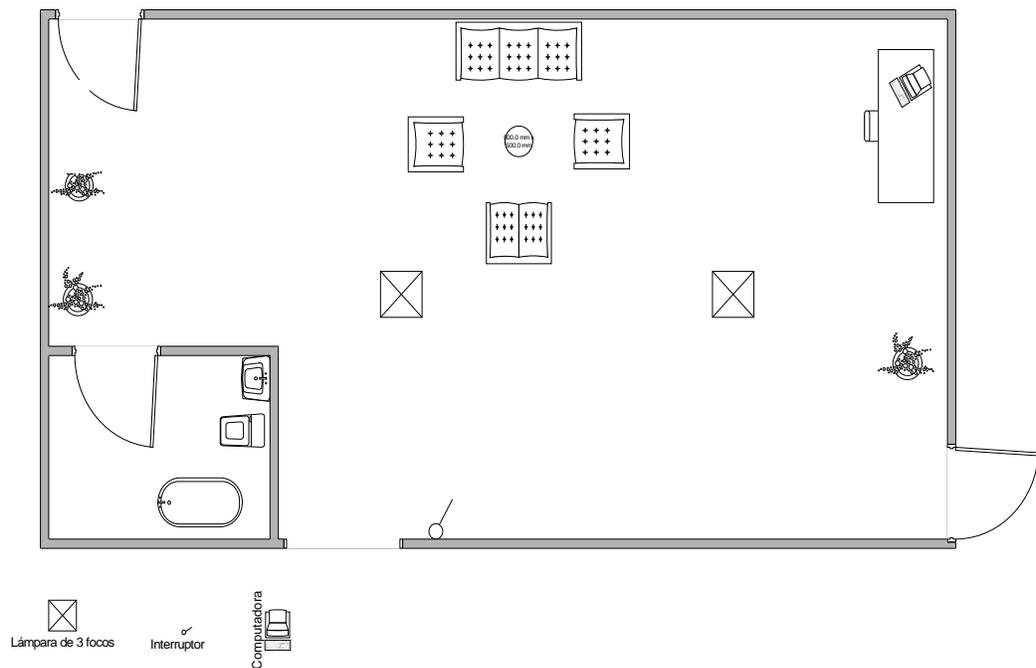
### 3. COMPARACIÓN DE APLICACIONES X10 Y BASADA EN PIC

#### 3.1. Diseño

##### 3.1.1. Diseño X10

El diseño que se implementará para el X10 será, dispositivos que se acoplará en una pared que cuente con una salida de energía 110v para que funcione por medio de frecuencia y programado por una computadora, para su encendido y apagado automático. En la figura 4 se muestra el diseño de colocación del dispositivo X10.

Figura 4. Diseño de colocación del dispositivo X10



Se muestra una fotografía del X10 utilizado para tener mayor amplitud y conocimiento del dispositivo X10 que se estará utilizando durante la prueba.

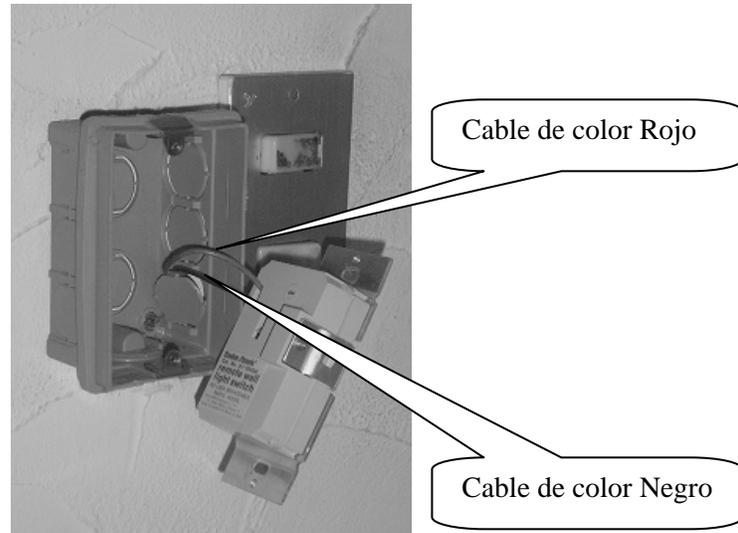
El módulo gestiona el encendido y apagado de aparatos que trabajan con un mínimo voltaje por medio de un regulador que permite una carga máxima de 5A a 110V. Funciona de forma continua, transitoria o manualmente. Se puede adaptar a cualquier familia X10 que este en sus proximidades para enviar la señal de mandado a dicho módulo, ver figura 5.

Figura 5. Dispositivo X10.



Se muestran 2 cables de diferente color, rojo y negro. El de color rojo se conecta a la corriente viva, luego el negro se conecta a la neutral y por último el de color verde se conecta a la tierra física instalada en la residencia, como podemos ver en la figura 6.

Figura 6. Conexión básica del dispositivo X10



Luego de terminar la conexión se tendrá que colocar en la caja respectiva que se encuentra en la pared para asegurarla, ver figura 7

Figura 7. Colocación del dispositivo en su caja correspondiente.



Este diseño consiste en la utilización de un Kit de la industria X-10 *Active Home* para poder ejecutar el proyecto, el sistema estará controlado por un software

que se instalará en la computadora, y maneja los dispositivos X10, se empleará un emisor modelo RR501, un dispositivo que se conectará en la computadora modelo CM11A, y módulo receptor LM465.

El emisor que está conectado a la computadora emitirá una señal de radio frecuencia para un módulo receptor y que se activará para realizar la función que esta especificada y que cumpla con las especificaciones de sectorización y modularidad, esto se debe a que si uno pone varios aparatos con las mismas configuraciones bastará que se emita una señal para que todos los dispositivos funcionen al mismo tiempo.

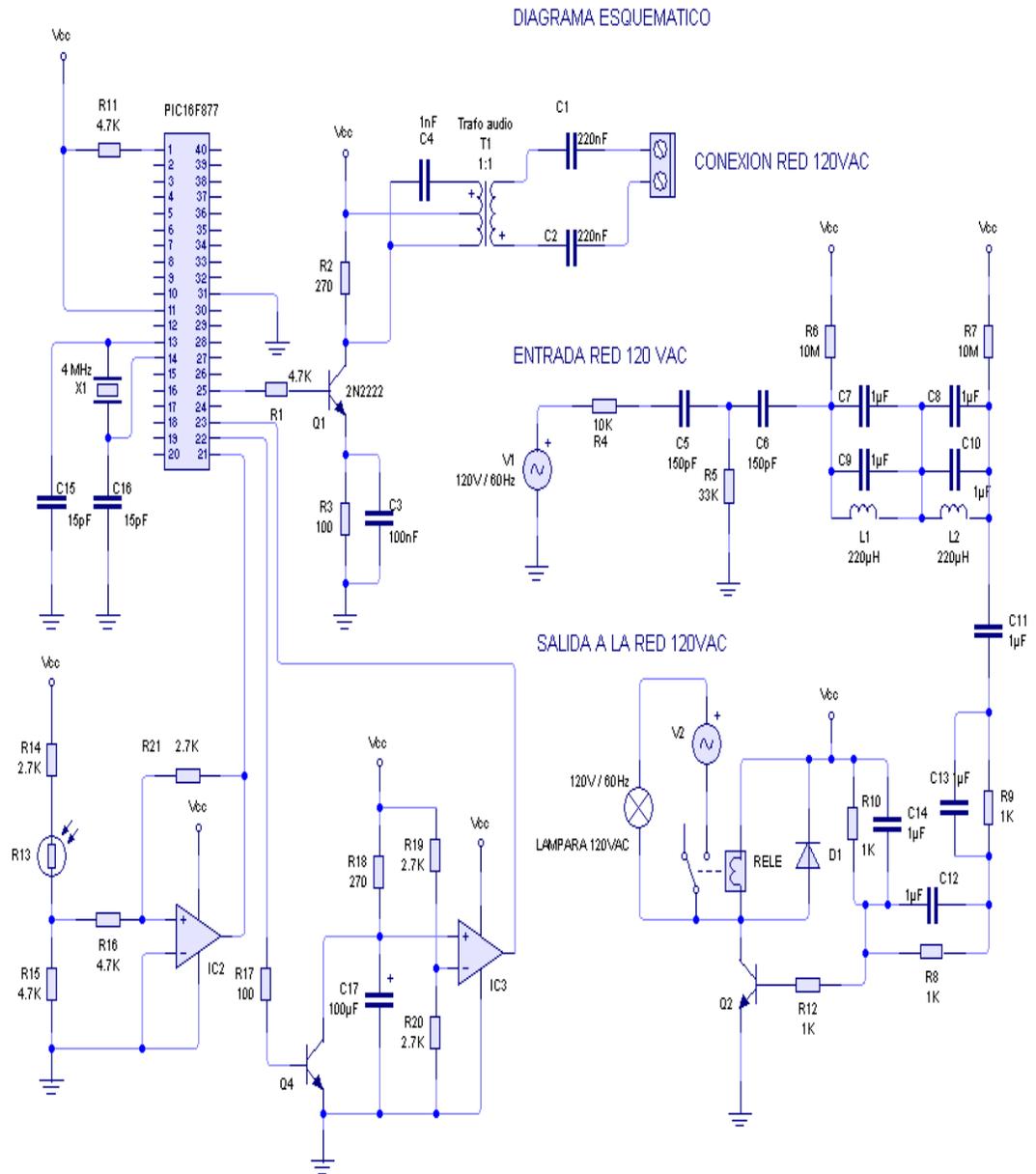
### **3.1.2. Diseño PIC**

El diseño que se implementara para el PIC será, dispositivos que serán creados, y que se acoplará en una pared que cuente con una salida de energía 110v para que funcione por medio de la red de electricidad, ver figura 8.

El módulo del PIC es un sistema que se maneja de una forma distinta al del sistema X10 esto se debe que el sistema PIC funciona en la red ya instalada para la luz eléctrica.

Se utilizará el PIC 16F877 por ser más sencillo de manejar y cumple con los requisitos para que el sistema funcione bien. Se utilizará una fotorresistencia, ya que nos servirá para accionar el sistema para que funcione durante una hora. Este sistema funciona solo para un receptor, pero si se quisiera tener N receptores en el receptor iría otro PIC 16F877 que interpretará los pulsos mandados y así accionarse, pero para su practicidad y facilidad se trabajará con uno solo.

Figura 8. Diagrama esquemático de emisor y receptor con la utilización del PIC

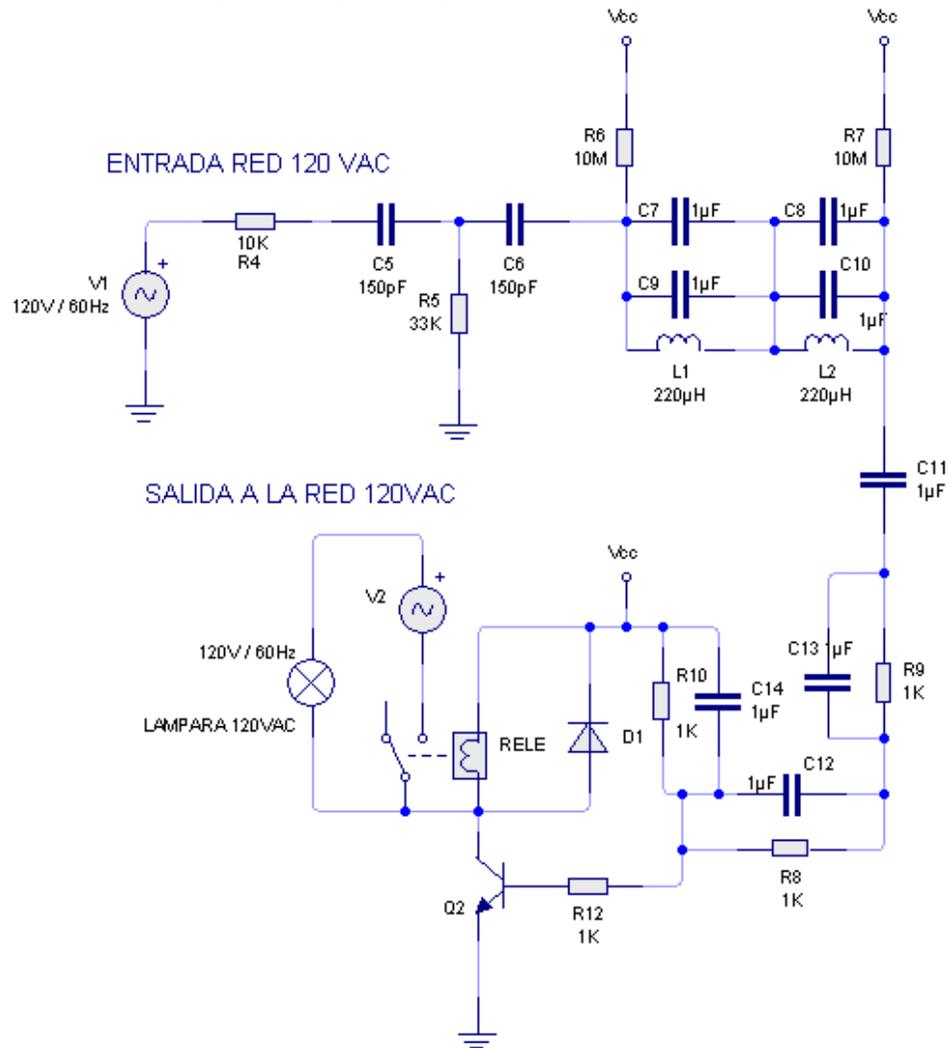




Seguidamente se procede a realizar la conexión del receptor en la conexión de las dos lámparas para que reciba la transmisión, ver figura 10.

Aquí se utilizará filtros para separar la señal mandada por la red y así no confundirse por señales no deseadas, para así accionar el relay que hará el encender la luz residencial.

Figura10. Diagrama esquemático del receptor de señal.

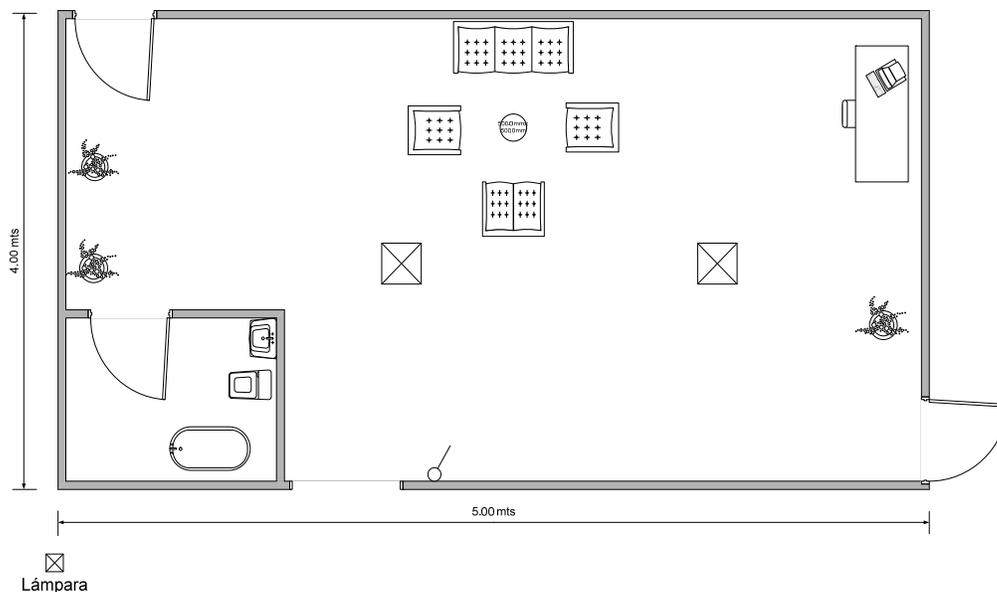


### 3.2. Dimensionamiento

El proyecto se estará ejecutando en una dimensión de 4X5 m., donde se cuenta con dos lámparas de 3 focos incandescentes cada una, como se puede ver en la figura 11. El ambiente que se estará ejecutando dicho proyecto es un ambiente ideal en donde ambos sistemas funcionaran adecuadamente, ya que no se tiene efectos externos que alteren el ambiente de estudio.

Los sistemas tienen que tener la capacidad de poder iluminar el espacio que se está habitando, de forma automática y sin ayuda del ser humano para realizar el prendido o el apagado de las lámparas.

Figura 11. Diagrama del cuarto a estudiar



El dimensionamiento del proyecto será la base y límite de medida para la aplicación realizada. De esta forma, se convierte en soporte clave ya que el trabajo se realizará en dimensiones pequeñas.

En este escenario, la planeación, ejecución y evaluación del proyecto es la forma idónea para realizar el estudio y así poder tomar las analogías pertinentes para poder utilizarlo en dimensionamientos más grandes tales como edificios, campos, casas completas, etc. Este sistema se basa en una dimensión pequeña, pero da la certeza que servirá para contextos mayores y de mayor amplitud, siempre y cuando el sistema lo permita.

### **3.3. Factores de comparación**

Tanto para los dispositivos X10 y el PIC, tienen un gran potencial ya que se acoplan muy bien a las automatizaciones que hoy en día se están exigiendo. Hay que tener en cuenta que los sistemas tienen que tener la aprobación de los usuarios, una vez ya se tenga esta aprobación podemos decir que el sistema tendrá éxito. Algunas de las cualidades de aceptación dependerán de ciertas funciones pero la mayoría dependerán de:

1. La interface de usuario
2. Costo
3. Consumo de energía
4. Desempeño
5. Flexibilidad.

De este modo, que la interface de usuario es una característica importante para seleccionar un producto.

El costo, como es cierto es un factor muy importante para determinar si se compra o no, pero no determina si el producto que se esta comprando es bueno o malo, como ya es cierto el comprar un producto, bajo el factor precio, este no indica la calidad.

El consumo de corriente es un factor importante para los dispositivos que controlan la corriente eléctrica, ya que este puede regularlo, pero lo que no se saben o no se tomo en cuenta, es la cantidad de energía que este consume y uno cree que está ahorrando energía pero puede resultar equivocado.

El desempeño de un dispositivo es un factor primordial, debido a que el funcionamiento tiene que ser confiable, duradero y escalable para que el dispositivo pueda cumplir con las exigencias del usuario. Todo desempeño de un dispositivo tiene que ser principalmente regulado por una entidad y certificada para poder cumplir con los estándares de calidad.

La flexibilidad es parte importante en un dispositivo ya que tiene que poder ser potable, fácil de instalar y flexible a los cambios.

### **3.4. Descripción de la aplicación**

El proyecto consiste en tomar dos tecnologías tales como el X10 y el PIC y comparar su funcionamiento, para así poder explicar ventajas y desventajas para poder tomar conclusiones cuando es mejor aplicar una tecnología X10 o cuando fabricar un dispositivo con PIC y que desarrolle el mismo trabajo que el X10. Además ver cuándo es mejor aplicar la tecnología demótica si para un hogar completo o para determinadas áreas.

Se armará la una aplicación de tecnología X10 para realizar pruebas pertinentes, la aplicación consistirá en tener un KIT de X10 que consiste en:

- 1 CD con el software que controlará los dispositivos X10.
- 1 Interfase para la computadora, este servirá para mandar la señal a todos los dispositivos X10 que estén conectados.
- 1 modulo de interruptor de corriente X10.
- 1 dispositivo transmisor de radio frecuencia.
- 1 computadora con las siguientes especificaciones mínimas:
  - Procesador Pentium III
  - 256 MB de memoria RAM
  - 20 GB de disco duro
  - CD-ROM 52x

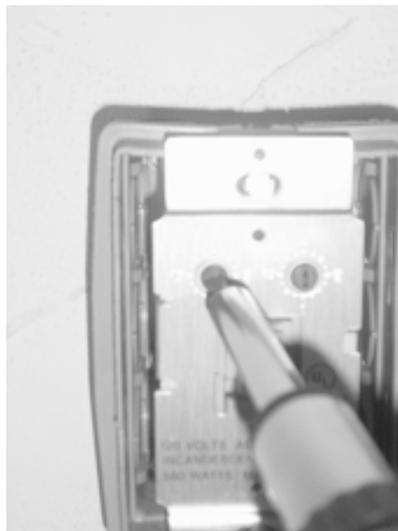
Primero se conectó el módulo de interruptor de corriente a una caja que controla las luces residenciales, luego se parametriza el sector (con las letras) ver figura 12.

Figura 12. Parametrización de sector



y el número de dispositivo que se trabajan, ver figura 13.

Figura 13. Numeración para identificador del dispositivo X10



Este paso es importante para poder aplicar bien el funcionamiento del dispositivo X10 y que el sistema no se confunda a que X10 estamos trabajando.

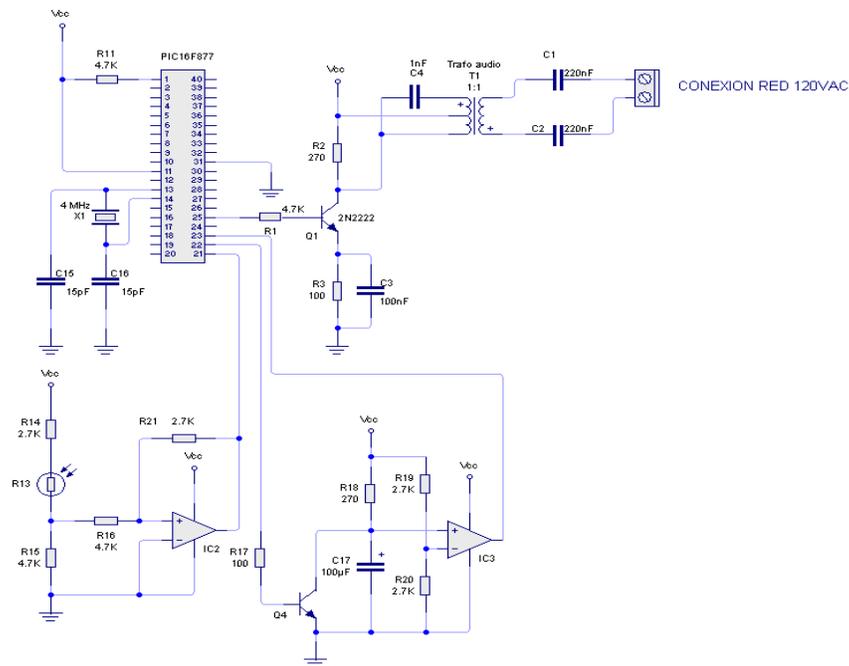
Al terminar se tendrá que instalar el software en la computadora que controla todos los dispositivos X10, además se instalará el emisor de radio frecuencia al puerto RS32 o puerto COM. Luego ingresamos al software para ingresar todos los parámetros necesarios para que realice la transmisión

Esta prueba estará funcionando por un mes para ver el consumo de la luz eléctrica en la habitación, se encenderán las luces a las 7:00 PM y se tendrá que apagar a las 8:00 de la noche, o sea que estarán prendidas una (1) hora

diariamente durante un mes, la computadora estará prendida durante un (1) mes todos los días sin apagarla.

Después de haber pasado un mes probando el sistema, se realizará la conexión con el sistema PIC para ver su funcionamiento de igual forma que con el X10 durante un (1) mes para su observación y funcionamiento. Primeramente realizamos la conexión a la corriente de la residencia para que el dispositivo funcione correctamente como se puede ver en la figura 14.

Figura 14. Conexión del sistema PIC



Luego lo colocamos en una caja segura para su protección durante el período de estudio para evitar accidentes.

El sistema del PIC funciona de la siguiente manera:

El PIC genera una señal (tren de pulsos) que es amplificada por el transistor Q1 2N2222 que la introduce al circuito tanque formado por C4 de 1nF y el transformador de audio con una relación de 1 a 1 que generan la señal portadora cuando ingresa el pulso dado por el PIC para luego transmitirla a la red 120 VAC.

Los capacitores C1 y C2 logran desacoplar de la red 120VAC para introducir la señal enviada, evitando así que el voltaje dañe el transformador de audio.

La recuperación se hace en cualquier punto de alimentación 120VAC.

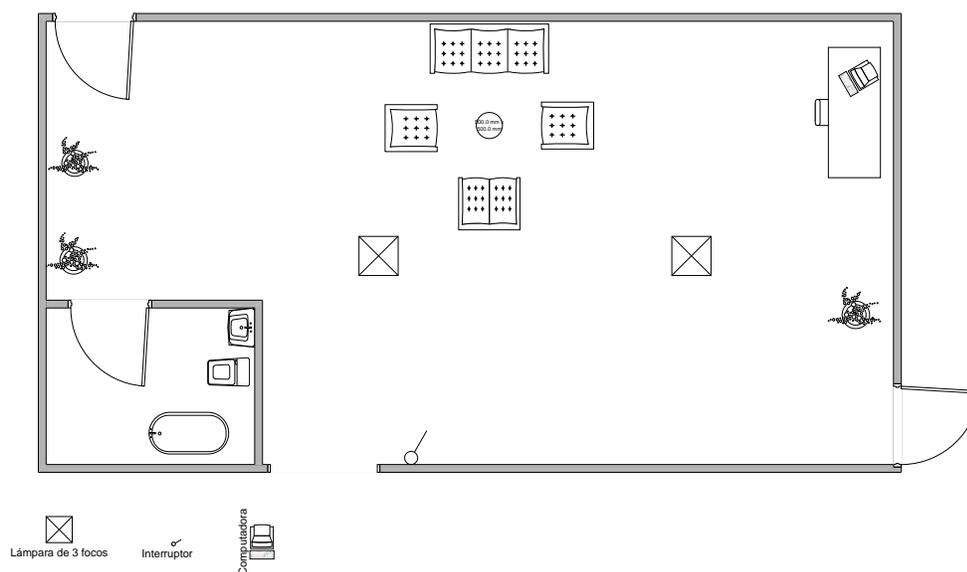
La señal introducida a un circuito que en términos generales recuperará la señal principal, lleva la información a un circuito formado por un filtro pasa altos formado por C5, C6 y R5 este circuito está formado por un filtro que permite pasar solo señales arriba de 60 HZ que es la frecuencia de la red 120VAC, por lo tanto las frecuencia bajas las elimina.

El filtro que recorta las señales bajas es un pasa altos cuando la señal es introducida y luego de pasar por el filtro continua a una red que se encarga de eliminar la señal de la portadora de aproximadamente 120 KHZ para luego dejar pasar el tren de pulsos enviados a la red por el PIC, para luego accionar el elemento seleccionado como una lámpara exterior o algún otro aparato eléctrico de la red 120VAC.

En la aplicación del X10 estará diseñada de la siguiente forma, se programara el computadora con el software que trae el kit para que se active a las 7:00 PM y se tendrá que apagar a las 8:00 de la noche, el funcionamiento de los dispositivos será de la siguiente manera, cuando se active el sistema que está en la computadora, este manda una señal en el

puerto COM para que active al emisor y este mande la señal al receptor, así el receptor que se acople con las especificaciones de mando ejecutara el encendido del alumbrado. Ver figura 15.

Figura 15. Forma de colocación de los dispositivos para el X10



### 3.5. Resultado

#### 3.5.1. Resultado de la prueba X10

Se realizaron los cálculos pertinentes al consumo eléctrico de la siguiente manera:

Equipo de cómputo se calculó que se consume 86 Watts.

Dispositivos de X10 en total 20 Watts.

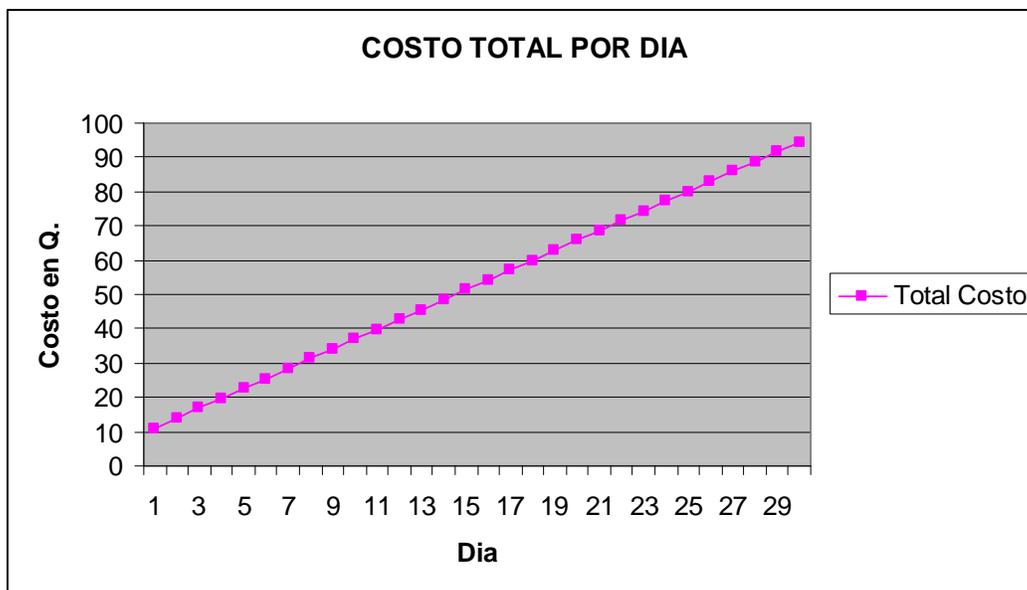
Bombillas incandescentes, se utilizaron 6 de 40 Watts que consumen 240 Watts

Para el cálculo del costo en el consumo eléctrico se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{Costo} = \text{KWatts consumidos} * \text{horas utilizado} * \text{Días utilizado} * \text{costo por KWh}$$

Utilizando la fórmula antes mencionada para calcular cuánto consumió el proyecto X10 por día utilizado vemos la figura 16.

Figura 16. Costo total por día del consumo eléctrico del proyecto X10



La gráfica muestra el costo que se incurre al tener la tecnología X10 durante un mes en funcionamiento, teniendo en cuenta que la computadora está encendida las 24 horas por treinta (30) días y el alumbrado 1 hora diaria, recordemos que el consumo del dispositivo X10 es constante y equivalente a 0.106 KWatt y del alumbrado es de 0.24 KWatts.

El total del costo consumido con la utilización del X10 durante un mes asciende a Q 94.55

### 3.5.2. Resultado de la prueba con el PIC

Se realizaron los cálculos pertinentes al consumo eléctrico de la siguiente manera:

Fuente de poder de 350 Watts, lo que solo se utiliza 1 W

Dispositivos de PIC 1/2 de Watts.

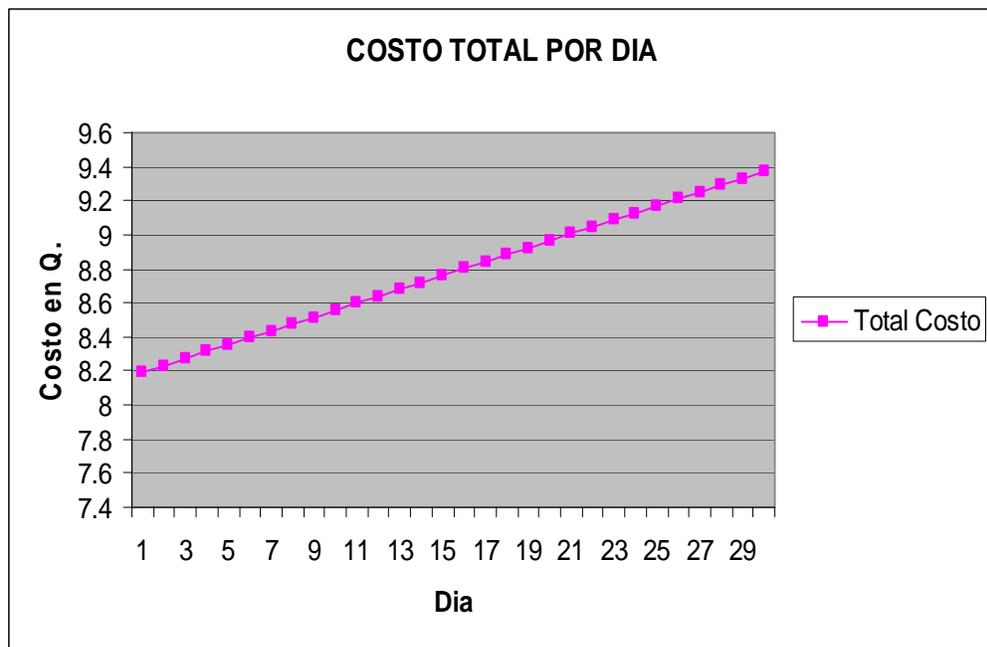
Bombillas incandescentes, se utilizaron 6 de 40 Watts que consumen 240 Watts

Para el cálculo del costo en el consumo eléctrico se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{Costo} = \text{KWatts consumidos} * \text{horas utilizado} * \text{Días utilizado} * \text{costo por KWh}$$

Utilizando la fórmula antes mencionada para calcular cuánto consumió el proyecto del PIC por día utilizado vemos la figura 17.

Figura 17. Costo total por día del consumo eléctrico del proyecto PIC



La gráfica muestra el costo gradual por día que se incurre al tener la tecnología PIC durante un mes en funcionamiento, recordemos que el consumo del dispositivo PIC es constante y equivalente a 0.0015 KWatt y del alumbrado es de 0.24 KWatts. El total del costo consumido por el PIC durante un mes asciende a Q 9.37.

## **4. ANÁLISIS COMPARATIVO Y ECONÓMICO**

### **4.1. Análisis de factores de comparación**

#### **4.1.1. Rendimiento**

El sistema X10 ha reducido satisfactorio, el consumo eléctrico hasta un 70%, ya que la automatización de realizar el encendido y el apagado del mismo, y ayuda a controlar el consumo. Se debe de tomar en cuenta que para poder manejar los sistemas del X10 de forma controlada por una PC, si se requiere de conocimiento sobre este sistema y de computación, debido a que para poder configurar el software que controla los dispositivos X10 uno tiene que saber que dispositivo esta controlando.

El sistema X10 si llega a satisfacer las necesidades de la automatización, ya que este tiene mayor flexibilidad y durabilidad. Dentro de la temática de calidad se contemplará también la implantación de sellos y/o certificaciones de calidad.

Ahora con el sistema PIC también ha sido satisfactorio, ya que el rendimiento del dispositivo es lo suficientemente versátil y llega también a reducir el consumo a un 70% de energía, el rendimiento del PIC es mucho más estratégico debido a que no tiene ningún dispositivo más que controla su funcionamiento, esto en su rendimiento es más confiable, ya que no tiene a terceros que puedan desconfigurar al sistema.

Tengamos en cuenta que el rendimiento del PIC esta baso en la mayor parte en la programación, o sea que una buena programación bien administrada y estructurada el PIC puede llegar a tener buenos resultado y principalmente en el rendimiento.

#### **4.1.2. Costo**

“Los costos en que se incurre al realizar una actividad o un proyecto se le nombra costos pertinentes, que son los costos directos de una elección, y son de dos tipos: los costos fijos que están disociados de la producción, esto es, se presentan independientemente de la escala productiva, produzca o no, tales como la renta o pagos de los servicios básicos. Los costos que varían en proporción directa a la escala de producción se les llaman costos variables”<sup>19</sup>.

Una de las principales decisiones que hay que tener en cuenta, es ver el tiempo en que se recupera el costo de la inversión al realizar un proyecto, esto conlleva a ver antes si la inversión que se estará realizando se recupera en corto plazo o en largo plazo.

El costo promedio del sistema X10 que se utilizo en este proyecto es de alrededor de \$110.00, que incluye:

- Control remoto
- Software para controlar los dispositivos X10
- Interfase para la computadora
- Control remoto de llavero
- Caja transmisora
- Interruptor

---

<sup>19</sup> Economía de la empresa: ideas clave, <http://eumed.net/libros/2006a/jirr-emp/2d.htm>.

Además el costo adicional de un interruptor X10 esta en promedio a unos \$ 30.00 o sea que el sistema X10 esta en un costo de \$ 140.00

El costo en promedio del sistema PIC que se utilizó esta en \$ 90.00 lo que incluye es:

- Módulo de interruptor con PIC.

Recordemos que por cada sistema PIC que se quiere adicional será el mismo precio, ya que es un sistema que no esta hecho en serie por una fabrica especializada.

#### **4.1.3. Viabilidad**

El propósito de evaluar la viabilidad de un proyecto es el de poder tomar decisiones sobre la conveniencia de continuar adelante con el proyecto para ver si es aplicable en el hábitat en que uno se desempeña, ya que es importante saber factores como calidad, confiabilidad y soporte.

El objetivo de la viabilidad es que la inversión que se está inyectando en el proyecto sea rentable y de ganancias, en resumidas cuentas tenemos que realizar proyectos que nos den valor adquisitivo y disminución en el costo. Dado que el presupuesto es siempre limitado, se trata de encontrar un sistema que permita comparar entre sí, de la manera más objetiva posible, la viabilidad de invertir en los proyectos, para así facilitar la toma de decisiones a los responsables correspondientes.

El sistema X10 es un dispositivo que esta creado para todo lo que es el hogar y otros tipos de cuartos y áreas, la viabilidad de que se puede adquirir este tipo de tecnología es muy cara y se puede encontrar en muchas partes. Ahora bien el sistema PIC la viabilidad es muy escasa

ya que este tipo de dispositivo no es comercial y se tiene que contar con un tercero que conozca de electrónica para poder desarrollar este dispositivo.

## 4.2. Comparación para toma de decisión

Al ver que los dos dispositivos funcionan correctamente y que cumplen con los requisitos propuestos de ahorro del consumo de energía eléctrica, tenemos ahora que ver cual es nuestra mejor opción para utilizarlo en un lugar específico, y para poder lograrlo tendremos que ver las ventajas y desventajas de ambos dispositivos que se sometieron a la prueba.

Tabla I. Ventajas y desventajas de la tecnología X10

Ventajas	Desventajas
Simula presencia cuando no esta.	Los Kit de dispositivos son caros, y la adquisición de otro dispositivo es muy cara.
Se encienden todas las luces con solo un botón.	Sensible al ruido u otras frecuencias.
Una casa con un sistema domótico se cotiza más alto en el mercado inmobiliario.	Limitado en cantidad de dispositivos a utilizar.
Ahorro de energía.	Tener conocimiento, para la configuración de los dispositivos.
El sistema X10 es totalmente universal y por lo tanto transportable.	Sensible a las altas y bajas de corriente eléctrica.
Fácil instalación y pueden ser reconfiguradas.	Si se requiere mayor control, por medio de un computador incrementa costos.
Las instalaciones pueden ser ampliadas	Mantenimiento constante.

Tabla II. Ventajas y desventajas de la tecnología con PIC

<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
Supera a las técnicas anteriores por su bajo consumo.	Dependiente de una buena programación.
Alta inmunidad al ruido.	Sensible a las altas y bajas de voltaje
Sistema mucho más pequeño y poco peso.	Depender de una configuración extra por terceras personas.
Se empiezan a utilizar en industrias tales como juegos, automóviles, electrodomésticos, telefonía, etc.	No es ampliamente conocido.
Respuesta en tiempo real.	No esta en el mercado en general.
Su costo es mucho menor.	Un mantenimiento constante.
Ahorro de energía.	

Al realizar una automatización en el hogar utilizando el sistema X10 se debe tomar en cuenta el ambiente que nos rodea debido a que las altas ondas de frecuencia de radiodifusoras o tendidos eléctricos de alto amperaje generan una gran cantidad de ruido, llegando a trastornar y hasta colapsar el sistema X10. En caso que así sucediera se recomienda utilizar el sistema con PIC debido a que este es tolerante al ruido.

El gasto en el que se incide al momento de una automatización es muy importante, por que esto proporciona información para el desarrollo y mantenimiento de la tecnología utilizada. La tecnología de X10 es elevada

en costos y si esto se realiza en ambientes grandes se incrementa el gasto, es por ello que se aconseja hacerlo en espacios pequeños y que sean de suma importancia.

Por otra parte la tecnología con PIC es más económica y consume menos corriente eléctrica como se demostró en las gráficas anteriores.

## CONCLUSIONES

1. El sistema creado con PIC resulta ser dominante con respecto a las configuraciones, debido a que al realizar la programación en el momento de ensamble disminuye el riesgo de manipular erróneamente el dispositivo y dañarlo.
2. La implementación del sistema con PIC requiere de la computadora solamente para la programación del chip y no permanente, esto reduce el consumo de energía eléctrica considerablemente.
3. El sistema X10 es versátil en su utilización, pero conlleva a un gasto sumamente grande en su implementación y compra.
4. El empleo de la domótica, no solo realiza el óptimo uso de los recursos sino también se enfoca en tener una mayor comodidad, teniendo en cuenta como punto prioritario integrar la seguridad.
5. Hoy en día, la automatización puede ser desconocida para muchos y muy cara para su implementación, pero quizá, en un futuro, en todas las casas, edificios y oficinas, hagan uso de él, teniendo en cuenta el ambiente que nos rodea para elegir la tecnología que mejor se adapte.
6. Los costos del sistema con PIC son más bajos debido a que los dispositivos utilizados se encuentran en el mercado con facilidad, y el ensamblaje se realiza de forma rápida y fácil sin mecanismos sofisticados.



## RECOMENDACIONES

1. Antes de realizar una construcción para automatizar cualquier área, previo haga un estudio de factores ambientales que puedan realizar conflictos con sistemas inalámbricos o que utilicen radio frecuencias.
2. Al utilizar dispositivos X10 o PIC, debe realizar un estudio de ubicación física para la instalación de los puntos de conexión, así evitará gastos de remodelación que no están incluidos en la inversión.
3. Si utiliza el sistema de radio frecuencia tal como X10 asegúrese que estén abaladas por las leyes del país y que estén autorizadas por las entidades que regulan dichos dispositivos.



## BIBLIOGRAFÍA

1. Angulo Usategui José M<sup>a</sup>., Romero Yesa Susana y Angulo Martínez Ignacio. Microcontroladores PIC, diseño práctico de aplicaciones, segunda parte: PIC 16F87X. España: Editorial MacGraw-Hill/Interamericana de España. 2000.
2. El rincón: <http://www.elrinconcito.com/delphi/> julio 2006.
3. Creación de una casa inteligente:  
*<http://www.depeca.uah.es/wwwnueva/docencia/ING-TELECO/proyectos/trabajos/grupo5/doc.htm>* julio 2007.
4. Microcontrolador COP8:  
<http://www.national.com/appinfo/mcu/files/ManualDeUsuario.PDF> julio 2007.
5. PICmaniaco:<http://www.geocities.com/picmaniaco/paginas/pagina0.html> marzo 2006.
6. Domótica: <http://www.martini-cia.com/domotica.html> julio 2007.
7. X10: <http://sodinsa.virtualave.net/auto/protocol.htm> julio 2006.
8. X10: <http://www.x10.com/techtosab2.htm> marzo 2006.
9. Permita que su hogar le ayude:  
<http://domotica.mojacarsun.com/Domotica.aspx> julio 2007.

10. Propic2: <http://www.propic2.com> marzo 2006.
11. Domótica: <http://www.acae.es/acae1/f/fag3/fag3.html> marzo 2006.
12. Domótica: <http://tecnologias.gio.etsit.upm.es/domotica/introduccion-a-la-domotica-49.asp> marzo 2006.
13. Economía de la empresa: ideas clave, <http://eumed.net/libros/2006a/jirr-emp/2d.htm> julio 2007.
14. X10: <http://www.engr.edayton.edu/faculty/jloomis/ece445/topics/x-10/x10.html>
15. Opciones reales y su aplicación a la viabilidad de proyecto:  
[http://www.pmi-bcm.org/articulos/CD\\_Opciones%20Reales.pdf](http://www.pmi-bcm.org/articulos/CD_Opciones%20Reales.pdf)
16. Calculadora de Watts Requeridos por un PC Calculo:  
<http://tqm.com.uy/soporte/calculadora-watts.htm>