



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica

**ANÁLISIS DE AHORRO ENERGÉTICO EN INSTALACIONES DOMICILIARIAS MEDIANTE
LA UTILIZACIÓN DE MICROCONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMABLES**

Gary Martín Cacao Requena

Asesorado por el Ing. Mario Alejandro de la Cruz Quim

Guatemala, septiembre de 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ANÁLISIS DE AHORRO ENERGÉTICO EN INSTALACIONES DOMICILIARIAS MEDIANTE
LA UTILIZACIÓN DE MICROCONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMABLES**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

GARY MARTÍN CACAO REQUENA

ASESORADO POR EL ING. MARIO ALEJANDRO DE LA CRUZ QUIM

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO ELECTRICISTA

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Narda Lucía Pacay Barrientos
VOCAL V	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Bayron Armando Cuyán Culajay
EXAMINADOR	Ing. José Guillermo Bedoya Ramos
EXAMINADOR	Ing. Julio Rolando Barrios Archila
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento 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 DE AHORRO ENERGÉTICO EN INSTALACIONES DOMICILIARIAS MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE MICROCONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMABLES

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, con fecha 23 de febrero de 2012.

A handwritten signature in black ink, enclosed in a large, loopy oval shape. The signature is cursive and appears to read 'Gary Martín Cacao Requena'.

Gary Martín Cacao Requena

Guatemala 30 de abril de 2014

Ingeniero:

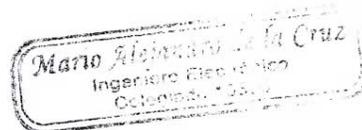
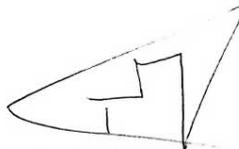
Romeo Neftalí López Orozco
Coordinador del Área de Electrotecnia
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Respetable Señor Ingeniero:

Por este medio le informo que como asesor del estudiante universitario GARY MARTÍN CACAO REQUENA quien se identifica con el carné número 2004-12842, HAGO CONSTAR que procedí a revisar el informe final, **“ANÁLISIS DE AHORRO ENERGÉTICO EN INSTALACIONES DOMICILIARIAS MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE MICROCONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMABLES”**. Después de haberle hecho las correcciones pertinentes, doy por APROBADO el siguiente trabajo ya que considero que llena los requisitos para el debido seguimiento por parte de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica; en vista de ello, se lo remito y pongo a su consideración.

Agradezco la atención a la presente y aprovecho para saludarlo respetuosamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



Ing. Mario Alejandro de la Cruz Quim
Colegiado No. 10350
ASESOR



Ref. EIME 33.2014
Guatemala, 16 de JUNIO 2014.

Señor Director
Ing. Guillermo Antonio Puente Romero
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería, USAC.

Señor Director:

Me permito dar aprobación al trabajo de Graduación titulado: ANÁLISIS DE AHORRO ENERGÉTICO EN INSTALACIONES DOMICILIARIAS MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE MICROCONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMABLES, del estudiante Gary Martín Cacao Requena, que cumple con los requisitos establecidos para tal fin.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para saludarle.

Atentamente,
ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Romeo Neftali López Orozco
Coordinador Área Electrotécnica



SRO



REF. EIME 33. 2014.

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, después de conocer el dictamen del Asesor, con el Visto Bueno del Coordinador de Área, al trabajo de Graduación del estudiante; GARY MARTÍN CACAO REQUENA titulado: ANÁLISIS DE AHORRO ENERGÉTICO EN INSTALACIONES DOMICILIARIAS MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE MICROCONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMABLES, procede a la autorización del mismo.


Ing. Guillermo Antonio Puente Romero



GUATEMALA, 8 DE AGOSTO 2014.

Universidad de San Carlos
de Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 515.2014

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 Mecánica Eléctrica, al Trabajo de Graduación titulado: **ANÁLISIS DE AHORRO ENERGÉTICO EN INSTALACIONES DOMICILIARIAS MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE MICROCONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMABLES**, presentado por el estudiante universitario **Gary Martín Cacao Requena**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano

Guatemala, 29 de septiembre de 2014

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por ser el motivo del cual siempre he tenido fe y llenarme de paciencia y sabiduría.
- Mis padres** Lizardo Federico Cacao (q.e.p.d.) y Edna Gladis Requena, infinitamente muy agradecidos con ellos por ese aprecio, apoyo, sacrificio y ánimos que me supieron brindar, haciendo este anhelo una realidad y por aquellos consejos que desde el cielo aún están presentes.
- Mis hermanos** Lizardo Arturo y Gladis Margarita por ser los remos de mi vida y que en todo momento me han ofrecido su apoyo incondicional, ánimos e inspiración.
- Mis sobrinos** Andrés Cacao, Otto Erick Chavarría, Dulce Mariángel e Ignacio Cacao, por ser la muestra de la inocencia pura.
- Mis tíos y primos** Por su sabia instrucción, generosidad, aprecio y constante comunicación.
- Mis amigos** Juan Moncada, Darwin Lucas, José Aroldo Chavarría, Carlos de León, por estar presentes en diferentes etapas de mi vida y apoyarme siempre.

AGRADECIMIENTOS A:

**Universidad de San Carlos
de Guatemala**

Por ser la magna casa de estudios donde se vivieron tantos recuerdos, alegrías, tristezas, adquisición de conocimientos y ser el medio que hizo posible mi visión.

Facultad de Ingeniería

Por darme la oportunidad de integrarme como profesional.

**Claustro de catedráticos
de la Escuela de Ingeniería
Mecánica Eléctrica**

Por ser los encargados de transmitir su sabiduría y así poder forjar el logro de hoy, en especial al Ing. Francisco González, Ing. Erwin Segura (q.e.p.d.) y el Ing. Guillermo Puente.

Mis amigos de la Facultad

Pablo Ríos, Raúl Girón, Lubín Solares, Rony Jucub, Josué del Valle (q.e.p.d.), Aldo Orozco, Julio López, Erick Orrego, Alexander Velásquez y los demás que se me escapan de la lista, por las luchas, desvelos, sacrificios.

Ing. Mario de la Cruz

Por ser un gran amigo y un compañero que siempre me supo apoyar.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	VII
GLOSARIO	IX
RESUMEN	XIII
OBJETIVOS.....	XV
INTRODUCCIÓN	XVII
1. INTRODUCCIÓN A LA DOMÓTICA	1
1.1. Vivienda domótica y vivienda inteligente	3
1.2. Conceptos básicos de domótica	4
1.2.1. Dispositivos básicos de domótica.....	4
1.2.2. Medio de transmisión.....	5
1.2.3. Topologías	6
1.2.4. Arquitectura.....	7
1.2.5. Protocolos de comunicación.....	9
1.3. Características de los sistemas domóticos	9
1.3.1. Reglamentación	10
1.3.2. Antecedentes	11
1.4. Instalaciones domóticas con autómatas programables	12
1.5. Aplicaciones para el hogar	14
2. AUTÓMATAS PROGRAMABLES	17
2.1. Arquitectura y configuración	17
2.2. Interfaces de entrada/salida	20
2.3. Programación.	22

2.4.	Texto estructurado	26
2.5.	Diagrama de contactos	26
2.6.	Organización de funciones.....	27
2.7.	Bloques de funciones.....	27
3.	MICROCONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE.....	29
3.1.	Desarrollo	31
3.2.	Presentación del microcontrolador.....	33
3.2.1.	Aplicaciones más comunes	33
3.2.2.	Componentes	34
3.2.3.	Partes del microcontrolador.....	34
3.2.4.	Lo que ofrece el microcontrolador	34
3.2.5.	Estructura del microcontrolador.....	35
3.3.	Montaje y desmontaje del microcontrolador	37
3.4.	Cableado del microcontrolador	38
3.4.1.	Conexión de la fuente de alimentación	38
3.4.2.	Conexión de las entradas del microcontrolador	39
3.4.3.	Cambio de estado de conmutación	39
3.4.4.	Conexión de las salidas de microcontrolador	40
3.4.4.1.	Microcontrolador tipo R	40
3.4.4.2.	Condiciones para salidas de relé	40
3.4.4.3.	Microcontrolador con salidas de transistor.....	41
3.5.	Bloques y números de bloque.....	42
3.6.	Esquema de circuitos del microcontrolador	43
3.7.	Programación del microcontrolador con PC	44
3.7.1.	Software del microcontrolador.....	45
3.8.	Aplicaciones del microcontrolador	45
3.8.1.	Alumbrado de escaleras o de pasillos.....	45

3.8.2.	Bomba de aguas residuales	51
3.8.3.	Temperaturas de confort	55
3.9.	Ventajas al utilizar un microcontrolador	56
3.10.	Desventajas al utilizar un microcontrolador	58
3.11.	Evaluación de Impacto Ambiental.....	58
4.	DESCRIPCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO	61
4.1.	Revisión de cargas.....	62
4.1.1.	Descripción del emplazamiento.....	63
4.2.	Descripción eléctrica convencional	64
4.3.	Dispositivos de mando y protección convencional	66
4.4.	Variables a controlar	68
4.5.	Tomas de tierra	71
4.6.	Cálculos.....	72
4.7.	Descripción del funcionamiento	73
4.7.1.	Calefacción	73
4.7.2.	Tomas de corriente.....	74
4.7.3.	Iluminación.....	74
4.7.4.	Simulación de presencia.....	74
4.7.5.	Persianas y celosías.....	75
4.7.6.	Garaje	75
4.7.7.	Seguridad.....	75
4.8.	Viabilidad económica y presupuesto	75
4.8.1.	Estudio de ahorro energético	78
4.8.2.	Presupuesto.....	80
5.	ANÁLISIS DE AHORRO ENERGÉTICO CON SISTEMAS AUTOMATIZADOS	83
5.1.	Gestión energética.....	84

5.2.	Principales porcentajes de ahorros obtenidos con elementos de gestión de ahorro energético	85
5.2.1.	La gestión de la iluminación	86
5.2.2.	El control de la climatización	89
5.2.3.	Otros sistemas de control	91
5.3.	Contribución de la domótica al ahorro y eficiencia energética	91
5.3.1.	Cómo ahorrar electricidad	92
5.3.1.1.	Iluminación	92
5.3.1.2.	Climatización	93
5.3.1.3.	Electrodomésticos	93
5.3.2.	Cómo ahorrar combustibles	93
5.3.2.1.	Climatización	93
5.3.2.2.	Fugas de gas.....	94
5.3.3.	Cómo ahorrar agua.....	94
5.3.3.1.	Fugas de agua	95
5.3.3.2.	Control de riego.....	95
5.3.3.3.	Griferías inteligentes	95
5.4.	Un caso práctico de ahorro energético en una vivienda con microcontrolador	96
5.5.	En qué tipo de vivienda se puede instalar un sistema domótico	97
5.6.	Una buena inversión	97
5.7.	Amortización del sistema.....	97
5.8.	Análisis de ahorro energético del sistema.....	99
CONCLUSIONES		101
RECOMENDACIONES		103
BIBLIOGRAFÍA		105

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Arquitectura domótica centralizada.....	7
2.	Arquitectura domótica descentralizada	8
3.	Arquitectura domótica distribuida.....	8
4.	Características de los sistemas domóticos	9
5.	Proceso de un PLC	22
6.	Diagrama de contactos	26
7.	Diagrama en bloques de los elementos básicos de un PLC	27
8.	Versión estándar de un microcontrolador (LOGO! de SIEMENS).....	35
9.	Ejemplo de ampliación del microcontrolador	36
10.	Montaje y desmontaje del microcontrolador	37
11.	Conexión del microcontrolador a la red (LOGO! 12/24, 230)	38
12.	Conexión de sensor, lámparas y detector bifilar.....	39
13.	Conexión de la carga a las variantes del microcontrolador R	41
14.	Conexión de la carga al microcontrolador con salidas de transistor	41
15.	Representación de un bloque en la pantalla del microcontrolador.....	43
16.	Ejemplo de representación de un circuito en el esquema	44
17.	Instalación de alumbrado para una escalera	46
18.	Cableado de instalación alumbrado con microcontrolador.....	47
19.	Cableado de instalación alumbrado	48
20.	Interruptor automático de escalera	48
21.	Pulsador de confort mediante microcontrolador	49
22.	Instalación prevista para el aprovechamiento de agua pluvial	51
23.	Circuito de mando de instalación de bomba de aguas residuales	52

24.	Bomba de aguas residuales por microcontrolador	53
25.	Esquema de la solución del microcontrolador	54
26.	Modelo de residencia	63
27.	Esquema de cableado de la aplicación	76
28.	Diagrama de bloques general	77
29.	Diagrama unifilar del modelo del sistema	79
30.	Consumidores energéticos en una vivienda en Guatemala	83

TABLAS

I.	Normalizaciones internacionales más importantes	11
II.	Variables a controlar: iluminación	69
III.	Variables a controlar: climatización y persianas	70
IV.	Variables a controlar, seguridad	71
V.	Fórmulas para el cálculo de la sección de conductores	72
VI.	Estudio de ahorro en sistema convencional	78
VII.	Estudio de ahorro en sistema automatizado.....	79
VIII.	Ahorro obtenido mediante sistema automatizado.....	80
IX.	Materiales	81
X.	Mano de obra	82
XI.	Presupuesto total del diseño domótico	82
XII.	Factores de demanda	87
XIII.	Ahorro con sistemas de iluminación	88
XIV.	Ahorro con sistemas de climatización.....	90
XV.	Amortización del sistema	98
XVI.	Ahorro energético del sistema	100

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
A	Amperios
e	Caída de tensión en voltios
σ	Conductividad eléctrica
E/S	Entradas/salidas
I	Intensidad en Amperios
kWh	Kilo Vatio hora
Ω	Ohmios
PID	Proporcional Integral Derivativo
Q	Quetzales
Q/kWh	Quetzal kilovatio hora
V	Tensión en voltios
W	Vatios

VAC Voltaje de Corriente Alterna

VDC Voltaje de Corriente Directa

GLOSARIO

A/A	Aire Acondicionado.
Actuador	Dispositivo capaz de transformar energía hidráulica, neumática o eléctrica en la activación de un proceso con la finalidad de genera un efecto sobre un proceso automatizado.
API	Autómata Programable Industrial.
Autómata	Dispositivo o conjunto de reglas que realizan un encadenamiento automático y continuo de operaciones capaces de procesar una información de entrada para producir otro de salida.
Bifilar	Línea de transmisión en la cual la distancia entre dos conductores paralelos es mantenida constantemente.
Bus	Medio de transmisión que transporta la información entre los distintos dispositivos por un cableado propio, por las redes de otros sistemas (red eléctrica, telefónica y de datos) o de forma inalámbrica.
Controlador	Elemento de control que gestiona toda la instalación, recibiendo las señales que proporcionan los sensores y emitiendo las señales que llegarán a los actuadores.

CPU	<i>Central Processing Unit</i> (Unidad Central de Proceso).
Dimmer	Dispositivo que regula la energía en una o varias lámparas, con el fin de variar la intensidad lumínica que emiten.
Display	Dispositivo de ciertos aparatos electrónicos que permite mostrar información al usuario de manera visual.
Hardware	Se define a los componentes tangibles de un sistema informático; sus componentes son: eléctricos, electrónicos, electromecánicos y mecánicos.
IEC	International Electrotechnical Commission (Comisión Electrotécnica Internacional).
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers (Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica).
Interruptor de nivel	Dispositivo que controla el almacenamiento de líquidos, permitiendo discriminar si la altura o nivel que el líquido almacenado alcanza o excede un nivel predeterminado.
LOGO! SoftComfort	Software desarrollado por la empresa SIEMENS para la creación y simulación de PLC LOGO!, (existen distintas versiones).

Medio de transmisión	Nivel físico de transporte de la información entre los dispositivos. En la mayoría de los sistemas se permite la combinación entre varios medios.
Memoria Flash	Dispositivo que permite la lectura y escritura de múltiples posiciones de memoria en la misma operación (mediante impulsos eléctricos).
Monomando	Tipo de llave de paso para el agua corriente con un mando único que efectúa tanto la regulación de caudal como la mezcla de agua fría y caliente.
Optoacoplador	Dispositivo de emisión y recepción que funciona como un interruptor activado mediante la luz emitida por un diodo emisor de luz que satura un componente, normalmente en forma de fototransistor.
PID	Proporcional Integral Derivativo.
PLC	<i>Programmable Logic Controller</i> (Controlador Lógico Programable).
REBT	Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.
Sensor	Dispositivo que recoge información, generalmente magnitud física así bien directamente o a través de elementos intermedios y la transforman en un cambio de magnitud eléctrica.

Software	Programa o aplicación programada para realizar tareas específicas de un sistema informático. Este se ejecuta dentro del hardware.
Unidades de entrada	Reciben la información de los elementos de campo (pulsadores termostatos, sensores), envían al controlador la información recibida, y éste, comunica a las salidas la acción que se debe realizar.
Unidades de salida	Transmiten la información a los elementos de campo, tales como: lámparas, electroválvulas, electrodomésticos, motores, etc.
VAC	Voltaje de Corriente Alterna.
VDC	Voltaje de Corriente Directa.
X10	Protocolo de comunicaciones para control remoto de dispositivos eléctricos, que utilizan la línea 120/240 VAC, que transmite señales entre equipos de automatización del hogar (domótica).

RESUMEN

En el presente trabajo de graduación se detalla el análisis de ahorro energético en instalaciones domiciliarias mediante la utilización de microcontroladores lógicos programables, como medida ineludible para la reducción del consumo energético en las residencias.

El capítulo I consiste en la introducción a la domótica mediante la implementación de autómatas programables en sistemas de control centralizado, conocidos como microcontroladores y que son orientados a las instalaciones eléctricas en residencias y pequeños edificios.

En el capítulo II se mencionan a los autómatas programables que son conocidos como maquinas industriales susceptibles de ser programadas y configuradas para manipular interfaces de entrada y salida.

En el capítulo III se da a conocer el microcontrolador lógico programable considerando su estructura, montaje y desmontaje, tipos de conexiones, programación y conocimiento de sus aplicaciones más comunes.

El capítulo IV presenta un caso práctico del funcionamiento de una residencia automatizada por microcontroladores, considerando las variables a controlar que atiendan las necesidades básicas para lograr el ahorro energético.

En el capítulo V se analiza el ahorro energético que se puede lograr, utilizando sistemas automatizados.

OBJETIVOS

General

Realizar un análisis de ahorro energético en instalaciones domiciliarias mediante la utilización de microcontroladores lógicos programables.

Específicos

1. Presentar los fundamentos de domótica en las instalaciones eléctricas domiciliarias.
2. Dar a conocer la teoría básica de los autómatas programables.
3. Presentar las características y aplicaciones más comunes del microcontrolador lógico programable.
4. Describir el funcionamiento de un sistema domótico considerando la viabilidad económica y su presupuesto.
5. Realizar un análisis de ahorro energético en las instalaciones domiciliarias.

INTRODUCCIÓN

El ahorro energético hace referencia al consumo adecuado de la energía, haciendo uso de ella se pueden realizar más actividades para mejora en la calidad de vida, manteniendo equilibrio y armonía en el ambiente.

La iniciativa de incluir autómatas programables en las residencias dispone de nuevos hábitos y estrategias que garantice el ahorro energético, adecuando los sistemas de manera que requieran las menores obras posibles.

Utilizando un microcontrolador es posible gobernar uno o varios procesos capaces de detectar señales que interactúan con los actuadores del sistema eléctrico. Se considera que las nuevas tecnologías tienen algo que ofrecer en esta materia, a pesar de su falta de implementación en el sector residencial para así poder lograr la reducción de costos, simplicidad de instalación y funcionamiento. Todo ello, sin disminuir el confort y seguridad de las instalaciones e incluso mejorando y simplificando la propia actividad del usuario para conseguirlo, mediante la automatización del hogar.

En el análisis de este trabajo de graduación se considera la comparación de costos y ahorros, estimando el tiempo de amortización del sistema y así mismo conocer los beneficios que ofrece para confirmar la viabilidad de la puesta en marcha de estas implementaciones.

1. INTRODUCCIÓN A LA DOMÓTICA

A lo largo de la historia hay una tendencia de búsqueda del confort con el mínimo esfuerzo. Es así como desde hace siglos, el hombre consigue descubrir máquinas que le simplifiquen su trabajo, hagan más fácil y cómodo su día a día, e incluso le permitan sacar un mayor rendimiento a su esfuerzo. Pues bien, de esta forma se llega a disponer de sistemas domóticos.

En primer lugar nacen los mecanismos, que a su vez dan lugar a los automatismos, elementos que hoy en día forman parte del sistema domótico pero entendidos de forma conjunta. En su origen eran elementos aislados (un elemento conecta o desconecta a otro de manera independiente), funcionando de forma autónoma y sin necesidad de comunicarse con otros dispositivos; los equipos poseían grandes prestaciones pero con funciones propias.

Resulta complicado precisar una fecha concreta para el nacimiento de la domótica, ya que no se trata de un hecho puntual, sino de todo un proceso evolutivo. La domótica está estrechamente vinculada con el desarrollo de las nuevas tecnologías, fundamentalmente en la electrotecnia.

La denominación tal como se conoce hoy en día: domótica, proviene de los años setenta, cuando en Francia nace el término *domotique*. Algunas teorías unen la raíz “domo” del latín *domus* (casa), al sufijo griego “tica” (que funciona por sí solo) o incluso al francés *automatique*, de similar significado.

La domótica puede ser definida como un concepto de vivienda, la cual permite una mejor calidad de vida a través de la tecnología, ofreciendo la reducción de tareas domésticas, un aumento de bienestar en cuanto a confort y seguridad, y una racionalización automatizada de los diferentes consumos, proporcionado así un ahorro considerable de energía.

Si se analiza la definición, cuando se dice que esta tecnología mejora la calidad de vida, es porque gracias a ella se pondrán suavizar las tareas obligatorias que a diario se realizan en toda vivienda; con esto se aumentará el bienestar (por bienestar se entiende comodidad) de los habitantes.

Si a esto le añade el factor seguridad y el ahorro energético que puede proporcionar el sistema, se puede pensar en esta tecnología, como un sistema altamente rentable donde se optimizarán todos los recursos disponibles.

Desde el punto de vista tecnológico, la domótica describe una vivienda en la cual existen agrupaciones de equipos automatizados que normalmente están asociados por funciones, que disponen de la capacidad de comunicarse interactivamente entre ellos, utilizando alguna técnica electrónica de comunicación.

Además de comunicarse entre sí, estos equipos o dispositivos, deben ser capaces de comunicarse con las personas a quien sirven, deben presentarse de una forma tal, donde no se esfuerce en aprender a controlarlos.

1.1. Vivienda domótica y vivienda inteligente

El término inteligente se ha aplicado profusamente en los últimos tiempos, sin que, en muchas ocasiones su utilización haya estado justificada o correctamente comprendida. La incorporación de microprocesadores a diferentes equipos de las viviendas ha hecho que se extienda la utilización de la expresión casa inteligente.

La domótica es una rama de la tecnología que se ocupa de proveer elementos que acerquen una vivienda a adquirir el calificativo de inteligente. Con estas descripciones, se puede ver una primera diferenciación entre la domótica y la vivienda inteligente, porque se puede deducir que una casa automatizada no tiene por qué ser inteligente.

Los microcontroladores no tienen por qué estar integrados o controlados por un sistema central; pueden actuar por sí solos, pero entonces no se habla de viviendas inteligentes sino que de viviendas domóticas. Para aclarar esta diferenciación se puede tomar el ejemplo de un sistema de riego de jardín, en una casa domótica se puede tener un sistema de riego automatizado programable, en el que se puede introducir los días de la semana y los horarios que el sistema debe regar las plantas y el césped.

En una vivienda inteligente se puede hacer exactamente lo mismo que en una convencional y algunas cosas más; por ejemplo, se puede tener un sensor de humedad colocado en el jardín, el cual avisará a un control central cada vez que llueva y este anulará la reguera y podrá reactivarlo si la lluvia se acaba. En resumen, se podría decir que las casas inteligentes ocupan una jerarquía superior respecto a las domóticas.

1.2. Conceptos básicos de domótica

Aunque el origen y evolución de la tecnología domótica es distinto en función del continente o incluso del país, los conceptos básicos de la misma son similares en todos ellos. A continuación, se realiza una simplificada descripción de los elementos y conceptos generales que conforma la domótica:

1.2.1. Dispositivos básicos de domótica

Los dispositivos más conocidos en domótica se mencionan a continuación:

- **Sensores**

Es un elemento que es capaz de captar los cambios físicos en el ambiente, y traducirlos en una señal eléctrica, dirigida al controlador. Los sensores se distribuyen estratégicamente por la vivienda de manera que reciban el máximo de información.

Existen muchos tipos de sensores clasificados en función de distintos criterios:

- Sensor de temperatura
- Sensor de humedad
- Sensor de incendios
- Sensor de intrusión
- Sensor de presencia
- Sensor de iluminación

- Actuadores

Son todos aquellos dispositivos electromecánicos que actúan sobre el medio exterior y que afectan físicamente a los habitantes de la vivienda.

Podrán actuar todo/nada (encendido/apagado), entonces serán gobernados por señales digitales, o si la actuación es variable, serán gobernados por señales analógicas (motor de persiana, contactor de circuito de iluminación, electroválvulas, relés reguladores o dimmer).

- Controladores

En un sistema centralizado se concentran en un punto, mientras que en los distribuidos, se alberga parte en cada uno de los componentes.

En muchas ocasiones, las señales que envían los sensores no son aptas para ser leídas por el controlador y en estos casos es necesario que un dispositivo entre ambos elementos que interprete las señales de entrada y las modifique de tal manera que el controlador las pueda usar. Estos dispositivos son los condicionadores de señal.

1.2.2. Medio de transmisión

Dependiendo de la forma de conducir la señal a través del medio, los medios de transmisión se pueden clasificar en:

- Transmisión con cable: par trenzado, cable coaxial, red eléctrica, fibra óptica.

- Tecnología inalámbrica (sin cable), se presentan distintos tipos: radiofrecuencia, infrarrojos, ultra-sonido. Destacan Bluetooth y las diferentes versiones del estándar IEEE 802.11 proporcionan movilidad total por la vivienda pero con un ancho de banda para transmisión de información limitado.

1.2.3. Topologías

Es una característica muy importante en sistemas cableados que representa el modo de distribución del sistema. Las topologías más empleadas son:

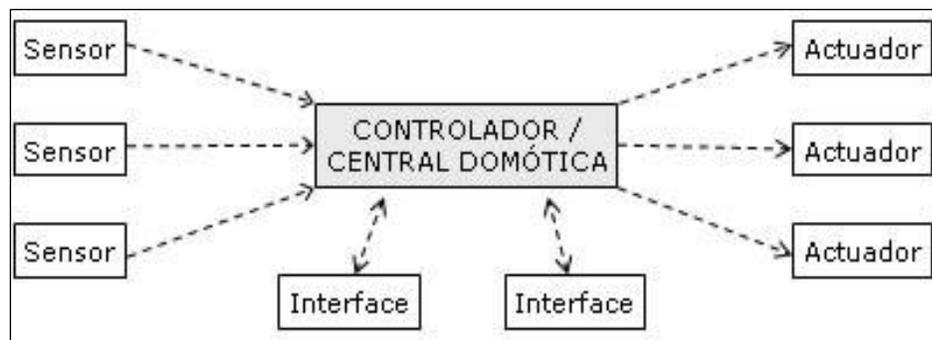
- Bus: todos los dispositivos conectados a un mismo cable por donde se traslada la información. No requiere controlador. El funcionamiento incorrecto de un elemento no afecta al resto.
- Estrella: todos los elementos se conectan directamente a un controlador central, al cual queda condicionado el correcto funcionamiento del sistema.
- Anillo: todos los componentes del sistema se interconectan formando un anillo; el fallo de uno de los componentes, condiciona el mal funcionamiento de todo el sistema.
- Mixtas: topologías híbridas combinando las anteriores, p. Ej.: en árbol: topología de bus más la de estrella.

1.2.4. Arquitectura

Se refiere a la estructura del sistema, se encuentra íntimamente relacionada con la topología del sistema y se caracteriza por la ubicación de la inteligencia del mismo:

- Arquitectura centralizada: en un sistema de domótica de arquitectura centralizada, envía la información a los actuadores e interfaces según el programa, la configuración y la información que recibe de los sensores, sistemas interconectados y usuarios.

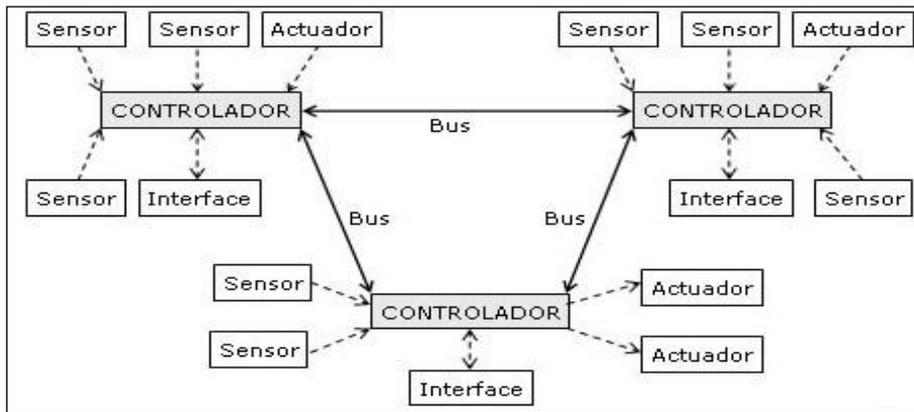
Figura 1. **Arquitectura domótica centralizada**



Fuente: <http://www.ecured.cu/index.php/Dom%C3%B3tica>. Consulta: abril de 2014.

- Arquitectura descentralizada: en este sistema hay varios controladores, interconectados por un bus, que envía información entre ellos y a los actuadores e interfaces conectados a los controladores, según el programa, la configuración y la información que recibe de los sensores, sistemas interconectados y usuarios (vea figura 2).

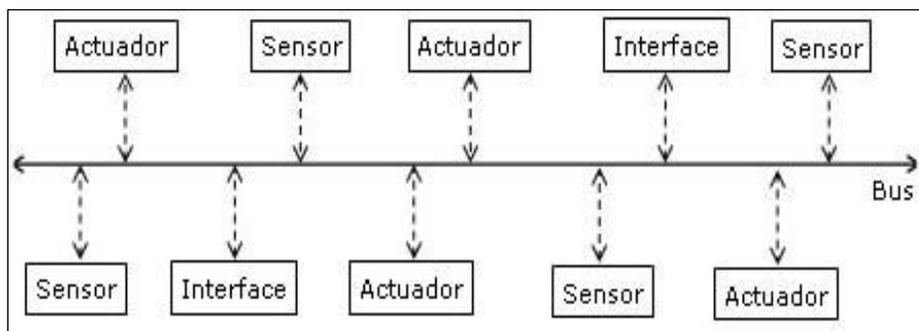
Figura 2. **Arquitectura domótica descentralizada**



Fuente: <http://www.ecured.cu/index.php/Dom%C3%B3tica>. Consulta: abril de 2014.

- **Arquitectura distribuida:** en este sistema cada sensor y actuador es también un controlador capaz de operar y enviar información al sistema según el programa, la configuración, la información que capta por sí mismo y la que recibe de los otros dispositivos del sistema.

Figura 3. **Arquitectura domótica distribuida**



Fuente: <http://www.ecured.cu/index.php/Dom%C3%B3tica>. Consulta: abril de 2014.

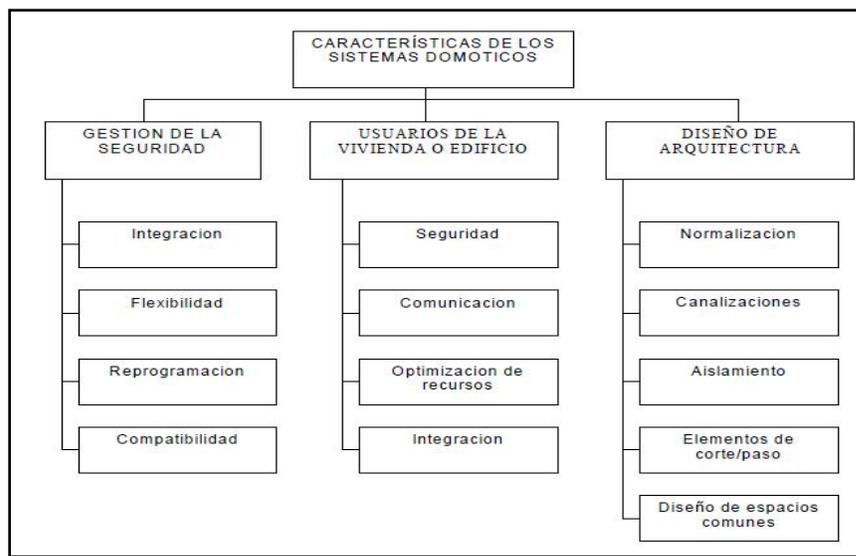
1.2.5. Protocolos de comunicación

Lenguaje o sistema de organización de los datos que deben comunicarse entre los distintos elementos y que difieren en función de la topología utilizada, la tecnología propia de los dispositivos (sensores y actuadores), e incluso del medio físico utilizado. Se trata de un valor importante a definir previamente, puesto que según el tipo de protocolo utilizado, dependerá la posible incompatibilidad del sistema.

1.3. Características de los sistemas domóticos

Para valorar el grado de inteligencia de una vivienda o edificio, se debe tener en cuenta diversas variables observables; tanto en sus sistemas automatizados como en su estructura tal como se muestra en la figura anterior.

Figura 4. Características de los sistemas domóticos



Fuente: <http://www.ecured.cu/index.php/Dom%C3%B3tica>. Consulta: abril de 2014.

Estas características pertenecen al orden social, cultural y personal. Serán todas aquellas que se orienten a lograrla:

- Mejora de calidad de vida
- Seguridad de personas y bienes
- Mejora en la realización de tareas encomendadas a los usuarios
- Optimización de los recursos energéticos
- Uso optimizado de recursos hídricos

1.3.1. Reglamentación

Hasta la fecha, no existe ninguna norma que regule las instalaciones automatizadas en cualquiera de sus versiones; no obstante como toda instalación tiene que regirse por normas.

Asimismo, puesto que una instalación de estas características no se realiza sola y exclusivamente de material domótico, si no que el material eléctrico convencional también forma parte de estas instalaciones, habrá que tener en consideración todas las normas que regulan de algún modo las instalaciones eléctricas.

La normalización es un factor que hoy en día se encuentra en proceso, puesto que la domótica es un área relativamente nueva y los órganos que dictan la normativa a seguir han ido creando leyes a medida que se hacía necesario. Se debe tomar en cuenta que la legislación varía según la zona geográfica y cambia en función de los progresos de la tecnología.

A continuación se muestra las iniciativas más importantes de normalización internacionales:

Tabla I. **Normalizaciones internacionales más importantes**

Norma	Año	Órgano
Norma Smart House	1984	NAHB (National Association of Home Builders)
Norma HBS (Home Bus System)	1987	Ministerio de industria y comercio internacional.
Norma CEBus (Consumer Electronic Bus)	1987	EIA (Electronic Industry Association)
Project Home System	1989	Comunidad Europea a través del proyecto SPRIT.

Fuente: GONZÁLEZ, Eddy. Domótica Utilizando Estándar CEBUS Sobre la Red Eléctrica Residencial. p. 7.

Dentro de las normativas más comunes de uso se mencionan:

- REBT, Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.
- NTE, Normas Tecnológicas de Edificación.
- Reglamento de Acometidas Eléctricas.
- RVE, Reglamento de Verificaciones Eléctricas.
- Decreto de Acometidas.
- Decreto de Tarifas Eléctricas.
- Todas aquellas normas que según la situación geográfica, o según empresa distribuidora sean de obligatorio cumplimiento.

1.3.2. Antecedentes

Con motivo de los avances informáticos sufridos en los últimos años, el sector eléctrico no quedándose atrás y aprovechando el uso de estos avances, con la tecnología ya existente, se plantea la idea de centralizar

órdenes y funciones del uso doméstico con el fin de evitar tareas respectivas e incómodas. El diseño de espacios comunes, es decir, aquellos que comparten los usuarios de la vivienda (pasillos, dormitorios, servicios, etc.) tienen que tener en cuenta su naturaleza en cuanto a iluminación, control de temperatura ambiental, control de accesos, seguridad.

Puesto que el ahorro energético es uno de los objetivos de la domótica, es necesaria una dedicación especial al aislamiento, reduciendo los coeficientes de pérdidas de temperatura. Mediante puertas y ventanas podemos regular la ventilación pero no conviene olvidar aquellos accesos exteriores de apertura automática, como por ejemplo la puerta principal o la del garaje.

Es importante incluir elementos de corte/paso de electricidad, agua, gas, de tal forma que el sistema de control integrado pueda conectarlos o desconectarlos cuando sea necesario. Por ejemplo, ante un riesgo de inundación, se accionaría una válvula que cortaría el paso del agua.

1.4. Instalaciones domóticas con autómatas programables

Las instalaciones domóticas realizadas con autómatas programables, disponen de un sistema de control centralizado, lo que supone que la red domótica se debe conectar en estrella.

Al inicio de la automatización de grandes edificios, los autómatas serán los únicos dispositivos con capacidad para procesar esa cantidad de señales. A medida que la demanda de este tipo de instalaciones aumentó, los fabricantes de material eléctrico han diseñado sistemas exclusivos para edificios.

Actualmente existen una gran variedad de sistemas centralizados, llamados controladores programables o microcontroladores, orientados a instalaciones de viviendas y pequeños edificios.

Las nuevas arquitecturas de los controladores programables los hacen muy sencillos a la hora de configurar instalaciones, tanto en instalaciones de nueva construcción como en la reforma de instalaciones ya estructuradas.

El sistema de control de los autómatas o controladores programables, está basado en una arquitectura centralizada. Está compuesto por una Unidad de Control (UC), que contiene un microprocesador, y que ayudado por sus memorias RAM, ROM y EEPROM, constituyen el núcleo central del sistema. La Unidad de Control se denomina controlador o centralita domótica.

Los controladores programables son adecuados para realizar instalaciones domóticas de viviendas y automatizar cualquier instalación eléctrica en locales comerciales, pequeñas oficinas, escuelas, etc., en los que se pueden realizar el control, la vigilancia y la seguridad del edificio, los sistemas de ahorro energético, los sistemas de iluminación y calefacción, así como el control remoto de la instalación vía teléfono o internet.

Son diseñados para reducir el costo económico y el consumo de energía de un sistema en particular. Por eso el tamaño de la unidad central de procesamiento, la cantidad de memoria y los periféricos incluidos dependerán de la aplicación.

La automatización, símbolo de progreso durante las ocho primeras décadas del siglo XX, se iba extendiendo a todo aquello susceptible a ser automatizado en un edificio. En los años setenta un edificio moderno debía

de estar dotado como mínimo de escaleras, puertas, ascensores, climatización, sistema de detección de incendios y de intrusos; todo automático.

El hecho que permitía la tecnología a los edificios inteligentes fue la aparición, a principios de los ochenta, del microprocesador y las computadoras.

1.5. Aplicaciones para el hogar

El objeto del uso de la domótica es el aumento del confort, el ahorro energético y la mejora de la seguridad personal y patrimonial en la vivienda.

Los servicios que ofrece la domótica se pueden agrupar según cuatro aspectos principales:

- a. En el ámbito del ahorro energético:
 - Climatización: programación y zonificación.
 - Gestión energética:
 - Racionalización de cargas eléctricas: desconexión de equipos de uso no prioritario. Reduce la potencia contratada.
 - Gestión de tarifas, derivar el funcionamiento de algunos aparatos a horas de tarifa reducida.
 - Uso de energías renovables.

b. En el ámbito del nivel de confort:

- Automatización de todos los distintos sistemas, instalaciones. equipos dotándolos de control eficiente y fácil manejo.
- Iluminación:
 - Apagado general de todas las luces de la vivienda.
 - Automatización del apagado / encendido en cada punto de luz.
 - Regulación de la iluminación según el nivel de luminosidad ambiente.

c. En el ámbito de la protección patrimonial:

- Simulación de presencia.
- Detección de conatos de incendio, fugas de gas, escapes de agua.
- Cerramiento de persianas puntual y seguro.

d. En el ámbito de las comunicaciones:

- Ubicuidad en el control tanto externo como interno.
- Transmisión de alarmas.
- Intercomunicación.

2. AUTÓMATAS PROGRAMABLES

2.1. Arquitectura y configuración

Un autómata es una máquina industrial susceptible de ser programada API, se basa en un sistema de microprocesador dotado de un hardware estándar independiente del proceso a controlar. Se adapta a tal proceso mediante un software de usuario específico, escrito en algún lenguaje de programación y que contiene la secuencia de operaciones a realizar.

El programa realizado y depurado en una unidad de programación propia o ajena al autómata, se incorpora a la memoria de programa del mismo, para su ejecución por la CPU del autómata.

La secuencia de operaciones del programa se realiza sobre señales de entrada y salida del proceso, llevadas al bus interno del autómata a través de las correspondientes interfaces de entrada y salida (E/S). Los tipos de interfaces de E/S son muy variados, según las características de las señales procedentes del proceso o las que se van a aplicar al mismo, el tipo y ubicación de las interfaces lo define el usuario, adaptado así el autómata, junto con su programa, a las necesidades de su proceso.

- Ejemplos de señales de entrada son las procedentes de elementos digitales, como interruptores, finales de carrera y detectores de proximidad, o analógicos.

- Ejemplos de señales de salida son las órdenes digitales todo o nada o analógicas en tensión o corriente, que se envían a los elementos indicadores y actuadores del proceso, tales como lámparas, contactores, válvulas.

Las instrucciones de un programa de usuario almacenado en la memoria de un API son ejecutadas correlativamente generando unas órdenes o de control a partir de las señales de entrada leídas de la planta. Así cuando estos detectan cambios, el autómata reacciona de acuerdo con el programa hasta que obtiene las órdenes de salida necesaria. Esta secuencia se ejecuta continuamente a fin de conseguir el control actualizado del proceso.

Además de ejecutar las instrucciones del programa, el autómata realiza un conjunto de acciones que aseguran su funcionamiento correcto: test de CPU y memoria, comprobación del reloj de guarda. La secuencia o ciclo de operación consta básicamente de las siguientes etapas:

- Test del sistema.
- Lectura de señales desde la interface de entrada.
- Escritura de señales en la interface de salida.
- Procesado del programa a fin de obtener las señales de control.

Para reducir los tiempos de acceso a las interfaces de E/S, la lectura y escritura de las entradas y salidas involucradas se realiza a la vez, guardando las entradas leídas en una memoria temporal o imagen de entradas a la que accede la CPU mientras ejecuta el programa, en tanto que los resultados o señales de control se van guardando en otra memoria temporal o imagen de salidas a medida que se van obteniendo. Al terminar la ejecución del programa los resultados se colocan de una sola vez en la interface de salida.

Aparte de las cuatro etapas descritas anteriormente, el autómata eventualmente puede establecer comunicación con periféricos exteriores, para sacar datos por impresora, comunicación con otros autómatas u ordenadores, conexión con la unidad de programación, etc.

Las anteriores acciones, repitiéndose periódicamente, definen un ciclo de operación que requiere un cierto tiempo, dependiendo del número de E/S, y de la longitud del programa para ser ejecutado, de modo que el autómata no pueda responder en tiempo real a sucesos que ocurren en el sistema exterior.

Los retardos aportados por entradas o salidas son debidos, respectivamente, al filtrado de señal que incorporan filtros pasa bajo, y a los tiempos de respuesta del interruptor: relé, transistor, etc. o convertidor digital/analógico.

Para las entradas, los retardos típicos oscilan entre 10 y 100 milisegundos, aunque hay autómatas que permiten ajustes del tiempo de filtro menores.

Los anteriores problemas debidos a los retardos pueden reducirse de las siguientes maneras:

- Para las entradas: con elementos de entrada de proceso: rápido filtrado débil asociado a programa de ejecución rápida, entradas detectoras de flancos o entradas de contador rápido.
- Para el tiempo de proceso del programa: escribiendo subprogramas rápidos contenidos en el principal asociado a algún elemento de procesos rápidos y activados periódicamente.

- Para las salidas: utilizando elementos semiconductores en sustitución de relés electromecánicos.

En general se dice que un autómata es capaz de controlar en tiempo real un proceso, cuando sus tiempos de respuesta o retardo son muy pequeños comparados con los tiempos de reacción del mismo.

La configuración del autómata es la estructura que tiene su sistema físico (hardware), fundamentalmente la unidad de control, el sistema de E/S y la memoria, de modo que pueda adaptarse a las características particulares de la aplicación industrial en que vaya a usarse.

El sistema de un autómata es el conjunto de interfaces E/S que hacen posible la conexión de la CPU con la planta y la identificación de las señales de esta mediante una tabla de direcciones. Dada la modularidad característica de los autómatas, en casi todos ellos puede ampliarse el número de E/S mediante la conexión a la CPU de módulos de expansión con interfaces adicionales.

2.2. Interfaces de entrada/salida

Son muchos los automatismos industriales que necesitan de una cadena de realimentación para poder ejecutar un control en lazo cerrado con una regulación precisa y rápida.

La cadena de realimentación se alimenta de las magnitudes de la planta a controlar (entradas), que son captadas mediante sensores o transductores y cuyas salidas han de adaptarse en unos circuitos llamados de interface para su procesamiento por el autómata.

Por otra parte, las débiles señales de control generadas por el autómata han de actuar, generalmente previa amplificación, sobre la parte de potencia de la planta. A los elementos finales que actúan sobre la parte de potencia de la planta se les denomina accionamientos, y a los elementos intermedios que interpretan las señales de control y las amplifican se les denomina preaccionamientos.

En el control de cualquier proceso ha de existir un diálogo entre el operador y la máquina a controlar (diálogo hombre-máquina), y una comunicación entre el sistema de control y la máquina a controlar.

Traducido lo anterior a un autómata, supone que a este le lleguen un conjunto de señales, de mando y de realimentación que se denominan entradas.

Por otra parte, el operador ha de conocer ciertos datos sobre la evolución del proceso y los accionamientos han de recibir las órdenes precisas para controlarlo, a todo lo cual se denomina salidas.

A todo conjunto de E/S, es a lo que se le denomina comúnmente “medios de diálogo operador-máquina y máquina-controlador”.

Una característica ventajosa y esencial de los autómatas programables, frente a otros controladores digitales, es el disponer de un bloque de interfaces E/S muy potente que les capacita para conectarse directamente con los sensores y accionamientos del proceso. De ahí que de la adecuada elección de interfaces E/S se derive una alta fiabilidad y disponibilidad del sistema.

Finalmente, los procesadores periféricos inteligentes son tarjetas o módulos que disponen de su propio procesador, memoria y puntos auxiliares de E/S. Tales procesadores incorporan de origen un programa o intérprete de programa especializado para la ejecución de una tarea específica, al que solo se le han de fijar las consignas y los parámetros de aplicación para que, de forma autónoma y sin intervención de la CPU principal ejecute el programa de control.

Figura 5. **Proceso de un PLC**



Fuente: elaboración propia.

2.3. Programación

El autómata integra elementos de hardware que son capaces de comunicarse físicamente con un proceso para:

- Recibir desde el proceso algunas variables (analógicas o digitales) que determinan su estado y que denominan señales de entrada.

- Enviar otras variables que modifiquen tal estado en un determinado sentido, y que se denominan señales de salida.

Por su condición de programable es necesaria la intervención de un operador humano que defina cómo ha de evolucionar el proceso y que intercambie información con el autómata para:

- Establecer mediante una secuencia de instrucciones (programa), cuál ha de ser la ley general del mando. De la ejecución de tal programa se obtiene las señales de salida o de control; se le denomina programación del autómata y la secuencia de instrucciones programa de la aplicación.
- Intervenir, esporádica o continuamente sobre el proceso a efectos de informarse de su estado o de modificar su evolución; se le denomina explotación de la aplicación, mediante la cual se puede modificar ciertos parámetros, pero no modifica el programa.

Según los casos, el software de edición/depuración puede ser residente, es decir que puede estar instalado en la máquina o, ser instalable sobre una terminal, que a su vez puede ser autónoma o dependiente de la CPU.

Por tanto, el lenguaje de programación puede definirse como: el conjunto de símbolos y textos, entendibles por la unidad de programación, que utiliza el usuario para codificar sobre un autómata las leyes de control que desea. Asimismo, el lenguaje de explotación se definiría como: el conjunto de comandos y órdenes que, desde la CPU u otro terminal adecuado, pueda enviar el usuario para conocer el estado del proceso, y en su caso para modificar alguna variable.

En esencia, el usuario introduce su secuencia de instrucciones (programa) en la unidad de programación, en un lenguaje que entienden ambos. La unidad de programación compila las instrucciones del programa a unos códigos binarios, únicos que entiende el autómata y los almacena en la memoria. Finalmente el sistema operativo residente interpreta tales códigos binarios para activar los recursos físicos que requiere la ejecución del programa: procesador, interfaces E/S, etc.

- Lenguajes literales: formados por instrucciones elementales del programa, cada una de las cuales es una secuencia de textos. Las instrucciones disponibles dependen de la complejidad del lenguaje y van desde muy sencillas funciones lógicas (AND, OR, NOR) hasta las estructuras complejas de programación de alto nivel (FOR, NEXT, etc.), o instrucciones de manipulación de datos y valores numéricos.
- Lenguajes gráficos: tienen su origen en los esquemas eléctricos de relés y utilizan símbolos de contactos y bobinas para las instrucciones básicas y símbolos de bloques lógicos para las extensiones al lenguaje.

Los bloques funcionales, de mayor o menor complejidad, añaden al lenguaje básico instrucciones preprogramadas por el fabricante, de uso general en automatización (contadores, temporizadores, transferencias, registros, etc.) aumentando así la potencia de cálculo del autómata y simplificando su programación.

Tales bloques, que pueden introducirse en programas escritos en lenguajes literales, lenguajes de alto nivel y lenguajes gráficos, se clasifican en dos grupos en función de su forma de operar y su disponibilidad en el programa:

- Bloques secuenciales básicos: aquellos que son de uso generalizado en todo tipo de autómatas, incluidos los de la gama baja (contadores, biestables, temporizadores y registros de desplazamiento).
- Bloques de expansión o funcionales: son los que hacen posible el tratamiento de variables numéricas y el registro de datos, con sentencias aritméticas (comparación, transferencia, etc.), aumentando así la potencia del lenguaje.

En cualquier aplicación con autómata programable, tanto durante la fase de concepción, edición y depuración del programa como durante la fase de operación o explotación del sistema, es necesaria una comunicación o diálogo hombre-máquina:

- Primera fase: el hombre (programador) carga el programa en la memoria del autómata, verifica su funcionamiento observando la evolución de las variables (monitorización) y en su caso modifica su estado en variables lógicas o su valor en variables alfanuméricas (forzado).
- Segunda fase o fase de explotación: sigue siendo conveniente y a menudo imprescindible la comunicación entre el hombre (operador) y la planta, a fin de conocer (monitorizar) a través del autómata los valores de ciertas variables claves para el correcto desarrollo del proceso y su control, variables que en su caso pueden modificarse (forzado).

Las comunicaciones descritas entre el hombre (programador/operador/usuario) y el autómata se realizan mediante dispositivos específicos o mediante la utilización de un entorno software que

corre sobre un PC. Los dispositivos específicos, genéricamente denominados Unidades de Programación y Servicio, proporcionan la comunicación entre la planta y el usuario en la fase de observación y control (explotación).

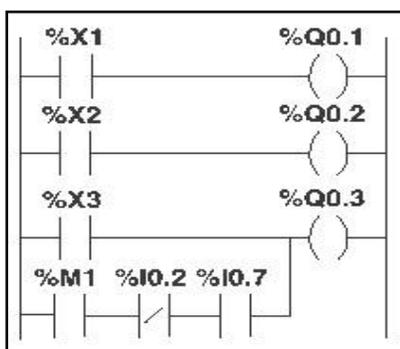
2.4. Texto estructurado

El texto estructurado es un lenguaje de alto nivel estructurado por bloques que posee una sintaxis parecida al Pascal. Puede ser empleado para realizar rápidamente sentencias complejas que manejan variables con un amplio rango de diferentes tipos de datos, incluyendo valores analógicos y digitales. También se especifica tipos de datos para el manejo de horas, fechas y temporizaciones, algo importante en procesos industriales.

2.5. Diagrama de contactos

El diagrama de contactos (diagrama de escalera) es un lenguaje que utiliza un juego estandarizado de símbolos de programación en el estándar IEC los símbolos han sido racionalizados (se ha reducido su número).

Figura 6. Diagrama de contactos



Fuente: elaboración propia, con base al programa LOGO! SoftComfort V6.0.

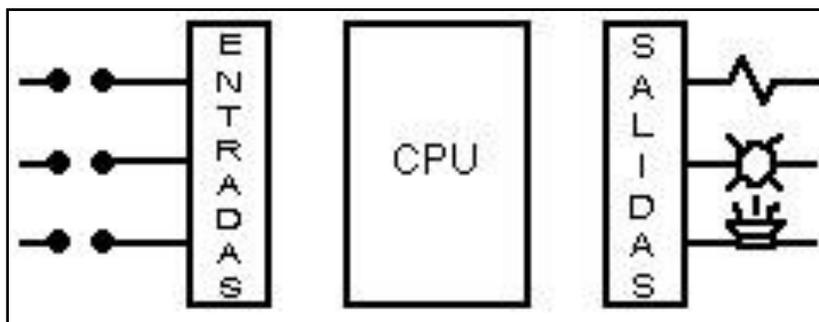
2.6. Organización de funciones

El estándar también define una nueva arquitectura para la organización e interacción de tareas con autómatas programables. Una tarea controla la ejecución de un programa ejecutándolo periódicamente o en respuesta a un específico evento. Para optimizar los recursos del controlador, una aplicación puede ser fragmentada en un número de pequeños programas concretos. Cada programa está bajo el control de una tarea que se ejecuta a la velocidad que requiera la E/S asociada.

2.7. Bloques de funciones

Son bloques estándar que ejecutan algoritmos como reguladores PID. El estándar IEC asegura que los bloques de funciones son definidos empleando una metodología estándar. Hay controles empleando parámetros externos, mientras que los algoritmos internos permanecen ocultos empleando programación orientada a objetos.

Figura 7. Diagrama en bloques de los elementos básicos de un PLC



Fuente: elaboración propia, con base al programa Photoshop CS4.

3. MICROCONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE

Recibe el nombre de controlador a un dispositivo que se emplea para el gobierno de uno o varios procesos. Por ejemplo, el controlador que regula el funcionamiento del A/A de una residencia dispone de un sensor que mide constantemente su temperatura interna y cuando traspasa los límites prefijados, genera las señales adecuadas que accionan los efectos o actuadores que intentan llevar el valor de la temperatura dentro del rango estipulado en los hogares.

Un microcontrolador lógico programable es un circuito integrado de alta escala de integración que incorpora la mayor parte de los elementos que configuran un controlador.

El PLC está diseñado para trabajar en ambientes industriales y ejecutar su programa de forma indefinida. Consta de las siguientes partes:

- a. Procesador o Unidad Central de Proceso (CPU): es el cerebro del sistema, usualmente es un microcontrolador, antiguamente se usaban microcontroladores de 8 bits, hoy en día, son más usados en aplicaciones robustas microcontroladores de 16 y 32 bits.
- b. Memoria: usualmente se incluye una memoria externa al microcontrolador que puede ser EEPROM y/o FLASH, que hace las veces de banco de datos para la lectura/escritura de datos. Se utiliza para almacenar el programa p. Ej.: funciones, variables, estados, tiempos, etc. que se encargará de controlar las E/S del autómeta.

- c. Fuente de alimentación: no podía faltar el poder, porque sin esto, no funciona nada. El PLC tiene una entrada análoga para 240 VAC y/o 120 VAC. Adicionalmente tiene salidas de 24 VAC o VDC para alimentar sensores.
- d. Reloj en tiempo real: para todo proceso automatizado, es necesario establecer la variable tiempo ya que es indispensable para poner en marcha temporizadores y contadores.
- e. Puerto de entradas: las entradas de un PLC son opto protegidas, resguarda al microcontrolador de altos voltajes y algunas marcas permiten ajustar la intensidad de la entrada. Adicionalmente, las entradas de un PLC pueden ser análogas o digitales y esto se debe en gran medida a la cantidad impresionante de instrumentos que se pueden integrar con los PLC.
- f. Puertos de salidas: como en las entradas, las salidas pueden ser análogas o digitales, y pueden ser de cualquiera de los siguientes tipos:
 - 120 VAC, 240 VAC
 - 24 VDC, 5 VDC (TTL)
 - 12 – 48 VAC
 - 12 – 48 VDC

Esto se debe a que sus circuitos internos permiten convertir niveles lógicos TTL a niveles de voltaje externos, y efectivamente, también suelen utilizarse opto acopladores para proteger el microcontrolador.

Existen varios lenguajes de programación, tradicionalmente los más utilizados son: el diagrama de escalera, preferido por los electricistas, lista de instrucciones y programación por estados, aunque se han incorporado lenguajes más intuitivos que permiten implementar algoritmos complejos mediante simples diagramas de flujo más fáciles de interpretar y mantener.

Aun cuando el microcontrolador es una computadora embebida dentro de un circuito integrado, se compone de un núcleo y un conjunto de circuitos adicionales. Dentro del núcleo se encuentran el procesador y la memoria, todo ello estructurado de forma tal que conforme una arquitectura de computadora.

3.1. Desarrollo

Básicamente existen dos arquitecturas de computadoras, y por supuesto, están presentes en el mundo de los microcontroladores: Von Neumann y Harvard. Ambas se diferencian en forma de conexión de la memoria al procesador y en los buses que cada una necesita.

La arquitectura Von Neumann es la que se utiliza en las computadoras personales, para ella existe una sola memoria, donde coexisten las instrucciones de programa y los datos, accedidos con un bus de dirección, uno de datos y uno de control.

Se comprende que en una PC, cuando se carga un programa en memoria, a este se le asigna un espacio de direcciones de la memoria que se divide en segmentos, de los cuales típicamente tendremos los siguientes: código (software), datos y pila. Es por ello que se puede hablar de la

memoria como un todo, aunque existan distintos dispositivos físicos en el sistema (HDD, RAM, CD, FLASH).

En el caso de los microcontroladores, existen dos tipos de memoria bien definidas: memoria de datos y memoria de programas (ROM, PROM, EEPROM, FLASH u de otro tipo no volátil). En este caso la organización es distinta a las de las PC, porque hay circuitos distintos para cada memoria y normalmente no se utilizan los registros de segmentos, sino que la memoria está segregada y el acceso a cada tipo de memoria depende de las instrucciones del procesador.

A pesar de que en los sistemas integrados con arquitectura Von Neumann la memoria esté segregada, y existan diferencias con respecto a la definición tradicional de esta arquitectura; los buses para acceder a ambos tipos de memoria son los mismos, del procesador solamente salen el bus de datos, el de direcciones, y el de control. Como conclusión, la arquitectura no ha sido alterada, porque la forma en que se conecta la memoria al procesador sigue el mismo principio definido en la arquitectura básica.

Esta arquitectura es la variante adecuada para las PC, porque permite ahorrar una buena cantidad de líneas de E/S, que son bastante costosas, sobre todo para aquellos sistemas como las PC, donde el procesador se monta en algún tipo de *socket* alojado en una placa madre. También esta organización les ahorra a los diseñadores una buena cantidad de problemas y reduce el costo de este tipo de sistemas.

La otra variante es la arquitectura Harvard, y por excelencia la utilizada en supercomputadoras, en los microcontroladores, y sistemas integrados en general. En este caso, además de la memoria, el procesador tiene los buses

segregados, de modo que cada tipo de memoria tiene un bus de datos, uno de direcciones y uno de control.

La ventaja fundamental de esta arquitectura es que permite adecuar el tamaño de los buses a las características de cada tipo de memoria; además, el procesador puede acceder a cada una de ellas de forma simultánea, lo que se traduce en un aumento significativo de la velocidad de procesamiento, típicamente los sistemas con esta arquitectura pueden ser dos veces más rápidos que sistemas similares con arquitectura Von Neumann.

La desventaja está en que consume muchas líneas de E/S del procesador; por lo que en sistemas donde el procesador está ubicado en su propio encapsulado, solo se utiliza en supercomputadoras. Sin embargo, en los microcontroladores y otros sistemas integrados, donde usualmente la memoria de datos y programas comparten el mismo encapsulado que el procesador, este inconveniente deja de ser un problema serio y es por ello que se encuentra arquitectura Harvard en la mayoría de los microcontroladores.

3.2. Presentación del microcontrolador

Un microcontrolador es utilizado en aplicaciones domóticas; mediante un módulo de comunicación que se utiliza en la instalación de grandes edificios, asimismo para el caso del análisis para viviendas y/o pequeños edificios.

3.2.1. Aplicaciones más comunes

- Control de iluminación
- Control de climatización

- Control de seguridad
- Control de riego
- Control de puertas, persianas y toldos

3.2.2. Componentes

- Módulos de ampliaciones de E/S analógicas y digitales.
- Módulos de comunicación, AS-Interface (tiene cuatro entradas y salidas virtuales).
- Visualizador de texto que es una pantalla adicional que se conecta al microcontrolador y permite la visualización de la programación y los detalles de la aplicación.

3.2.3. Partes del microcontrolador

- Control.
- Unidad de operación y visualización.
- Fuente de alimentación.
- Interface para módulos de programa y cable de PC.
- Ciertas funciones básicas usuales en la práctica, p. ej. Para activación/desactivación retardada y relé de impulsos.
- Reloj temporizador.
- Marcas binarias.
- Determinadas entradas y salidas según el tipo del equipo.

3.2.4. Lo que ofrece el microcontrolador

Solucionan cometidos en la técnica de instalaciones en edificios, (p. ej. Alumbrado de escaleras, luz exterior, toldos, persianas, alumbrados de

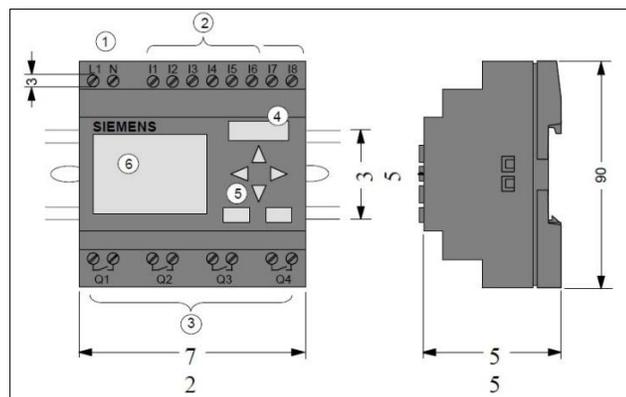
escaparates, etc.), así como en la construcción de armarios de distribución, de máquinas y de aparatos (p. ej. Controles de puertas, instalaciones de ventilación, bombas de agua residuales, etc.).

Puede utilizarse asimismo para los controles especiales de invernaderos o invernáculos, para procesar previamente señales en controles y para el control descentralizado in situ de máquinas y procesos.

3.2.5. Estructura del microcontrolador

La configuración máxima que se puede obtener por medio de los módulos de ampliación es de 24 entradas digitales, 8 entradas analógicas, 16 salidas digitales y 2 salidas analógicas. Se puede obtener de diferentes maneras, según el tipo de módulos con que se amplíen.

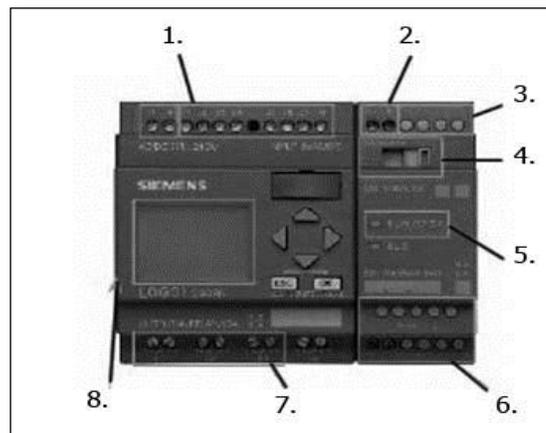
Figura 8. Versión estándar de un microcontrolador (LOGO! de SIEMENS)



Fuente: LOGO! Programa de Instalaciones Eléctricas. P. 3.

- 1) Alimentación de tensión
- 2) Entradas
- 3) Salidas
- 4) Receptáculos de módulo con revestimiento
- 5) Panel de manejo
- 6) Display

Figura 9. **Ejemplo de ampliación del microcontrolador**



Fuente: <https://www.swe.siemens.com/spain/web>. Consulta: abril de 2014.

- 1) 8 entradas
- 2) Alimentación módulos de expansión
- 3) 4 entradas
- 4) Slider para conexión eléctrica de ampliaciones
- 5) RUN/STOP
- 6) 4 salidas
- 7) 4 salidas
- 8) Conector al PC

3.3. Montaje y desmontaje del microcontrolador

Para montar el microcontrolador sobre un perfil soporte:

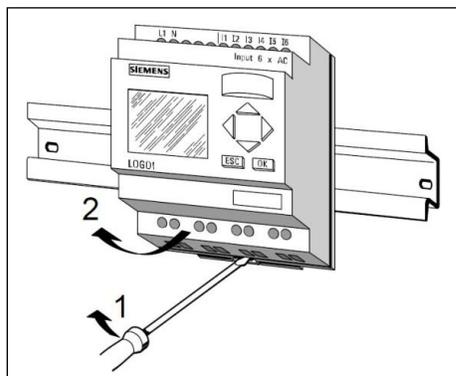
- Colocar el microcontrolador sobre el perfil soporte y
- Engancharlo sobre este. Debe encajar el pestillo dispuesto en la parte posterior de microcontrolador.

Según el tipo de perfil, el mecanismo de encaje puede estar a veces demasiado apretado. Si resulta muy difícil el enganche, es posible hacer retroceder algo el pestillo tal como se describe a continuación.

Para desmontar el microcontrolador:

- Introducir un destornillador en el orificio del extremo inferior del pestillo (vea figura 10) y tirar del pestillo hacia abajo.
- Desencaje el microcontrolador del perfil soporte.

Figura 10. **Montaje y desmontaje del microcontrolador**



Fuente: LOGO! Programa de Instalaciones Eléctricas. P. 11.

3.4. Cableado del microcontrolador

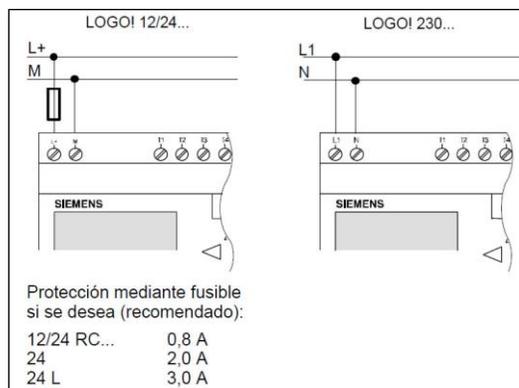
Para cablear el microcontrolador, se utiliza un destornillador con ancho de hoja de 3 mm. Para los bornes no se requieren casquillos terminales, pudiendo utilizarse conductores con secciones de hasta 1 x 2,5 mm² o 2 x 1,5 mm² por cada segundo portabornes. El microcontrolador debe montarse en una caja o un armario de distribución.

3.4.1. Conexión de la fuente de alimentación

Los medios de conexión con la fuente de alimentación del microcontrolador LOGO! se mencionan a continuación:

- En las versiones de 230 V LOGO! puede funcionar con tensiones nominales de 120 V AC/DC y 240 V AC/DC.
- En las versiones 24 V y 12 V LOGO! puede funcionar con una fuente de alimentación de 24 VDC, 24 VAC o 12 VDC.

Figura 11. **Conexión del microcontrolador a la red (LOGO! 12/24, 230)**

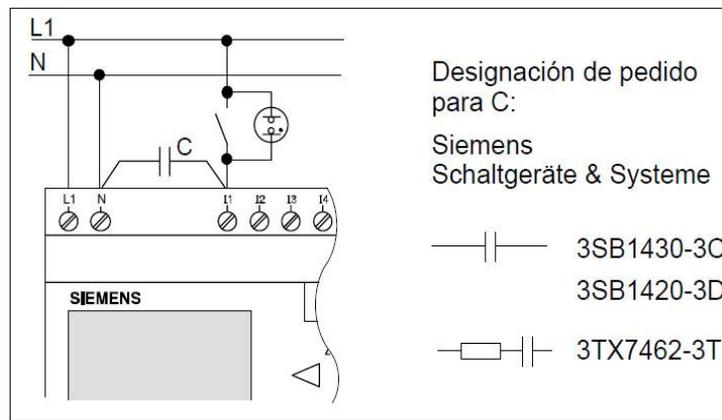


Fuente: LOGO! Programa de Instalaciones Eléctricas. p. 13.

3.4.2. Conexión de las entradas del microcontrolador

Como condiciones se tienen que conectar sensores a las entradas. Tales sensores puede ser p. Ej.: pulsadores, conmutadores, barreras fotoeléctricas, interruptores de luminosidad, etc., (vea figura 12)

Figura 12. Conexión de sensor, lámpara y detector bifilar



Fuente: LOGO! Programa de Instalaciones Eléctricas. p. 15.

3.4.3. Cambio de estado de conmutación

El usuario al hacer cambiar el estado de conmutación 0 al 1 y del estado 1 al 0, mediante la respuesta de los sensores y dispositivos conectados al sistema, debe estar aplicado por los menos durante un ciclo del programa el estado de conmutación 1 o el estado de conmutación 0, respectivamente, para que el microcontrolador reconozca el nuevo estado de conmutación. La duración del ciclo para el procesamiento del programa depende de la magnitud de este.

3.4.4. Conexión de las salidas del microcontrolador

Los contactos de las salidas del microcontrolador son controlados por relés que están aislados galvánicamente de la fuente de alimentación y las entradas pueden conectarse a diferentes cargas.

3.4.4.1. Microcontrolador tipo R

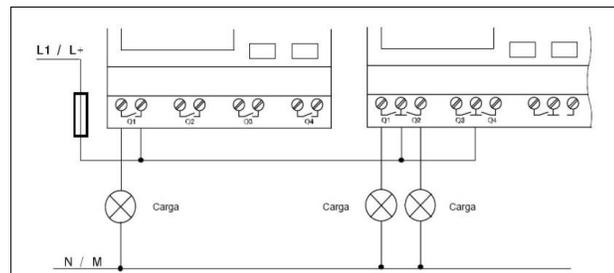
Las salidas del microcontrolador tipo R son relés. En los contactos los relés está separado el potencial de la tensión de alimentación y de las entradas.

3.4.4.2. Condiciones para salidas de relé

A las salidas pueden conectarse distintas cargas, por ejemplo: lámparas, tubos fluorescentes, motores, contactores, etc. La carga conectada al microcontrolador tipo R debe poseer las propiedades siguientes:

- En el estado conectado ($Q = 1$) puede circular como máximo una corriente de 10 amperios (8 A para 240 VAC.) en caso de carga óhmica, y como máximo 3 amperios (2 A para 12/24 VAC/VDC.) en caso de carga inductiva.
- Las salidas Q están conectadas a las cargas mediante una línea de alimentación (vea figura 13).

Figura 13. **Conexión de la carga a las variantes del microcontrolador R**

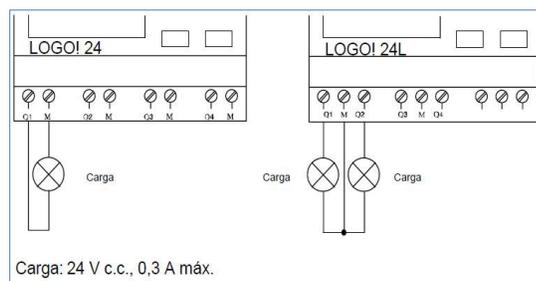


Fuente: LOGO! Programa de Instalaciones Eléctricas. p. 19.

3.4.4.3. Microcontrolador con salidas de transistor

Las variantes del microcontrolador con salidas de transistor se reconocen por faltar la letra R en su designación de tipo. Las salidas son a prueba de cortocircuitos y de sobrecargas. No es necesario aplicar por separado la tensión de carga, ya que éste asume la alimentación de la carga (vea figura 14).

Figura 14. **Conexión de la carga al microcontrolador con salidas de transistor**



Fuente: LOGO! Programa de Instalaciones Eléctricas. p. 20.

Para la carga conectada al microcontrolador la corriente máxima de conmutación es de 0,3 amperios por cada salida.

3.5. Bloques y números de bloque

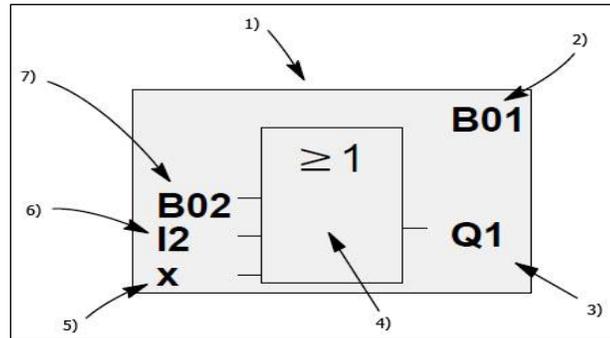
Para este apartado se pueden generar circuitos complejos mediante los elementos del microcontrolador, cómo se vinculan los bloques entre sí y con las E/S.

Un bloque es en el microcontrolador una función que convierte informaciones e entrada en informaciones de salida. Antes se tenía que cablear los distintos elementos en el armario de distribución o en la caja de conexiones.

En la programación se enlazan bornes con bloques. A tal efecto, basta con elegir la conexión deseada. Los bloques más sencillos son vinculaciones lógicas:

- AND (Y)
- OR (O)
- Relé de impulsos
- Contador
- Retardo de activación

Figura 15. **Representación de un bloque en la pantalla del microcontrolador**



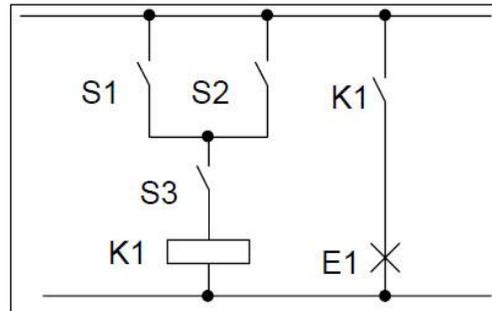
Fuente: LOGO! Programa de Instalaciones Eléctricas. p. 30.

- 1) Visualización en display del microcontrolador
- 2) Número de bloque asignado por el microcontrolador
- 3) Salida
- 4) Bloque
- 5) Terminal no requerido
- 6) Entrada
- 7) Aquí hay conectado otro bloque

3.6. Esquema de circuitos del microcontrolador

El consumidor E1 es activado y desactivado a través de los interruptores (S1 o S2) y S3 (OR=0; AND=Y). Se excita el relé K1 al cerrarse S1 o S2 y además S3. (Vea figura 16).

Figura 16. **Ejemplo de representación de un circuito en el esquema**



Fuente: LOGO! Programa de Instalaciones Eléctricas. P. 32.

3.7. Programación del microcontrolador con PC

El PLC es un sistema autónomo, sin embargo, no puede programarse por sí solo. Para ello es necesaria una interfaz con el humano, y esa provee el puerto de comunicación, un cable serial y un computador o un programa portátil.

En un proceso industrial, muchas veces es necesario utilizar más de un PLC o establecer comunicación con diferentes dispositivos inteligentes como termostatos, captadores de radiación solar, sistemas de control de fluidos (agua, gas, aire), motores, detectores de intrusión, cámaras frigoríficas, sistemas de ascensores, etc.

Para programar el microcontrolador con un PC, es necesario utilizar un programa adecuado para microcontroladores por ejemplo: LOGO! SoftComfort que dispone, entre otras, de las siguientes funciones: creación de programas con una interfaz de usuario gráfica, simulación del programa en el PC y configuración fácil de bloques, transferencia del programa en ambos

sentidos: del microcontrolador al PC y del PC al microcontrolador, visualización de cambios de estado y variables de proceso en modo RUN.

3.7.1. Software del microcontrolador

El software es indispensable tanto para programarlo, como para monitorearlo. Aquí es el punto cuando se unen la informática, las redes y los PLC. El software de un microcontrolador debe incluir al menos:

- Creación fuera de línea de programas para aplicación.
- Simulación de circuito o programa en el ordenador.
- Protección de los datos del programa en el disco duro u otro medio.
- Transferencia de programa
 - Desde el microcontrolador al PC.
 - Desde el PC al microcontrolador.

3.8. Aplicaciones del microcontrolador

El microcontrolador tiene una variedad de funciones aplicadas a la domótica, siendo estos capaces de ser programados por el usuario para cumplir con las funciones que se deseen.

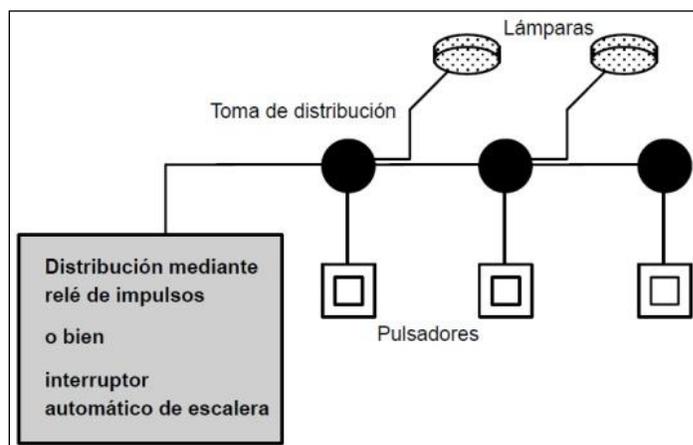
3.8.1. Alumbrado de escaleras o de pasillos

- Requisitos impuestos a un alumbrado de escalera:
 - La luz debe estar encendida mientras se halle alguien en la escalera.
 - La luz debe estar apagada cuando no haya nadie en la escalera, para ahorrar energía.

- Solución hasta ahora
 - Mediante un relé de impuestos
 - Mediante un interruptor automático de escalera

- Componentes utilizados
 - Pulsadores
 - Interruptor automático de escalera o relé de impulsos.

Figura 17. **Instalación de alumbrado para una escalera**



Fuente: LOGO! Programa de Instalaciones Eléctricas. P. 151.

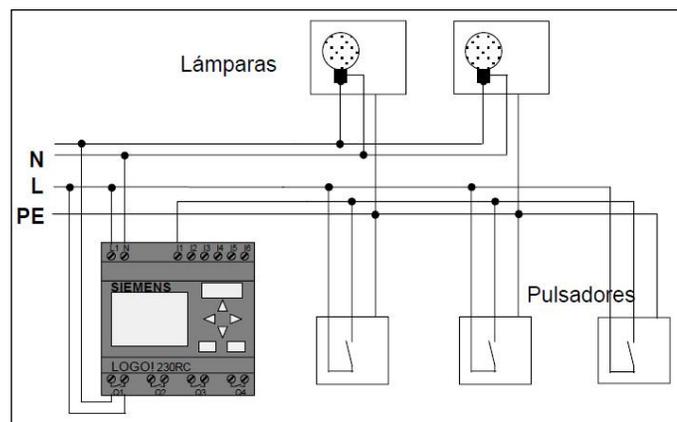
- Accionando un pulsador cualquiera, se conecta el alumbrado.
- Accionando de nuevo un pulsador cualquiera, se desconecta el alumbrado.
- Desventaja: a menudo se olvida apagar la luz.

- Instalación alumbrado mediante el microcontrolador

Mediante un microcontrolador se puede prescindir del interruptor automático de escalera o del relé de impulsos. Es posible realizar ambas funciones (desconexión temporizada y relé de impulsos) en un solo aparato. Además, pueden implementarse otras funciones sin necesidad de cambiar el cableado. He aquí algunos ejemplos:

- Relé de impulsos con microcontrolador lógico programable.
- Interruptor automático de escalera con microcontrolador.
- El microcontrolador como conmutador de confort con las funciones siguientes
 - Encender la Luz: accionar el pulsador (la luz vuelve a apagarse al cabo del tiempo ajustado).
 - Conectar alumbrado continuo: accionar el pulsador 2 veces.
 - Apagar la luz: mantener accionado el pulsador 2 segundos.

Figura 18. **Cableado de instalación alumbrado con microcontrolador**

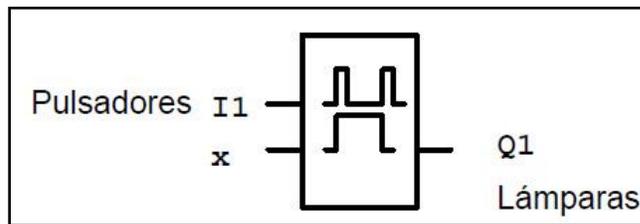


Fuente: LOGO! Programa de Instalaciones Eléctricas. P. 153.

El cableado externo de una instalación de alumbrado mediante el microcontrolador no se distingue del de alumbrado de pasillo o de escalera convencional. Solo es sustituido el interruptor automático de escalera o, en su caso, el relé de impulsos. Las funciones adicionales se introducen directamente en el microcontrolador.

Al llegar un impulso a la entrada I1, se conmuta la salida Q1 (Vea figura 19).

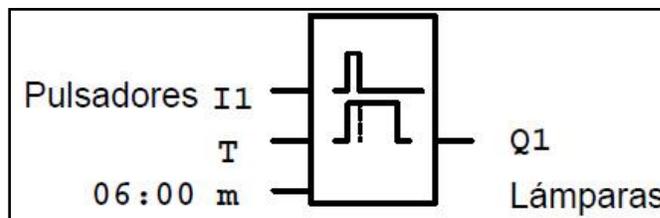
Figura 19. **Cableado de instalación alumbrado**



Fuente: LOGO! Programa de Instalaciones Eléctricas. P. 154.

Al llegar un impulso a la entrada I1, se conecta la salida Q1 y permanece activada durante 6 minutos. (Vea figura 20)

Figura 20. **Interruptor automático de escalera**



Fuente: LOGO! Programa de Instalaciones Eléctricas. P. 154.

Estos circuitos pueden introducirse repetidas veces para las demás entradas y salidas. En vez de 4 interruptores automáticos de escalera o 4 relés de impulsos se utiliza entonces un solo microcontrolador, por otro lado, las entradas y salidas aún libres también pueden preverse para funciones completamente diferentes.

- Peculiaridades y ampliaciones posibles

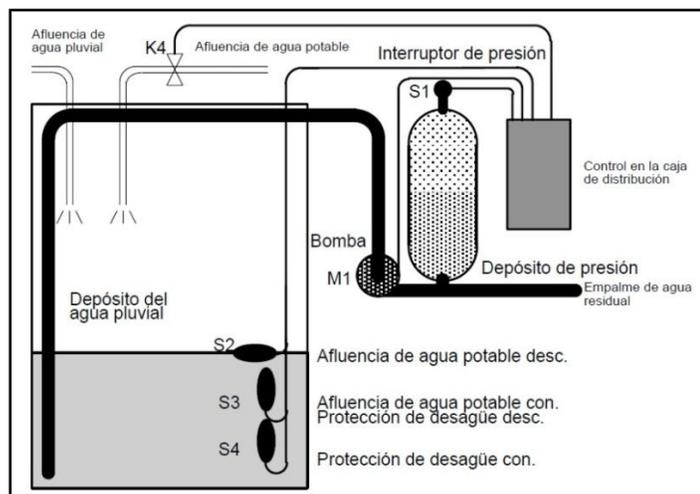
Existen aún otras posibilidades para aumentar el confort o ahorrar energía, como por ejemplo:

- Se puede prever una función de parpadeo antes de que la luz se apague automáticamente.
- Es posible integrar distintas funciones centrales:
 - Desconexión central.
 - Conexión central (pulsador de pánico).
 - Control de todas las lámparas o distintos circuitos a través de sensores de luminosidad.
 - Control a través del reloj de temporización integrado (p. ej. Alumbrado continuo solo hasta las 12 de la noche o sin liberación a determinadas horas).
 - Desconexión automática del alumbrado continuo después de transcurrir un tiempo predefinido (por ejemplo al cabo de 3 horas).

3.8.2. Bomba de aguas residuales

En los edificios residenciales se emplea con creciente frecuencia agua pluvial además del agua potable. Esto resulta más económico y más favorable para el medio ambiente. El agua pluvial se puede usar, p. ej., para: lavar ropa, regar jardines, regar flores, lavar automóviles, etc.

Figura 22. **Instalación prevista para el aprovechamiento de agua pluvial**



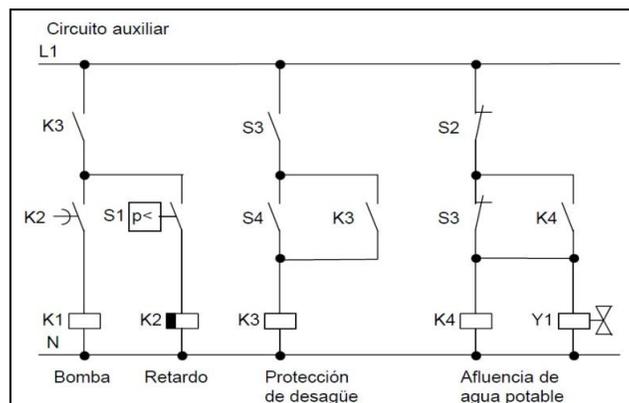
Fuente: LOGO! Programa de Instalaciones Eléctricas. P. 181.

El agua pluvial se recoge en un depósito colector. Un sistema de bombeo inyecta el agua del depósito colector en una canalización prevista con este fin. Desde esta red puede tomarse entonces el agua pluvial igual que sucede con el agua potable. Si llegará a vaciarse el depósito, es posible rellenarlo con agua potable.

- Requisitos impuestos al control de una bomba de agua residuales
 - Debe haber disponible agua en cualquier momento. En caso necesario, el control debe conmutar automáticamente al abastecimiento de agua potable.
 - Al conmutarse a agua potable, no debe penetrar agua pluvial en la canalización de agua potable.

- Solución hasta ahora

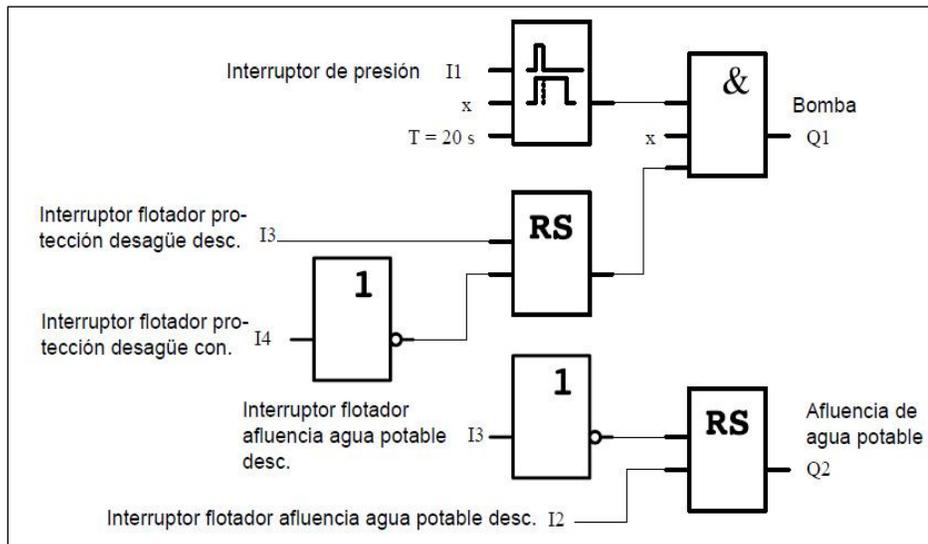
Figura 23. **Circuito de mando de instalación de bomba de aguas residuales**



Fuente: LOGO! Programa de Instalaciones Eléctricas. P. 182.

La bomba y una válvula magnética son controladas a través de un interruptor de presión y 3 interruptores de nivel, situados en el depósito de agua pluvial. La bomba debe activarse cuando no se alcance la presión mínima en la caldera. Tras reponerse la presión de trabajo, se desactiva nuevamente la bomba al cabo de un período de retardo de algunos segundos. Se prevé este retardo para impedir la activación/desactivación continua durante una toma de agua prolongada.

Figura 25. Esquema de la solución del microcontrolador



Fuente: LOGO! Programa de Instalaciones Eléctricas. P. 184.

- Peculiaridades y ampliaciones posibles

En este esquema (vea figura 25) se muestra la forma de cablear el control para la bomba y la válvula magnética. En cuanto a su estructura, equivale al esquema convencional. Sin embargo, para determinadas aplicaciones también se pueden integrar otras funciones, que con los sistemas técnicos convencionales solo serían posibles con un despliegue adicional de equipos:

- Liberación de la bomba a determinadas horas.
- Indicación de escasez de agua inminente o ya existente.
- Notificación de anomalías en el servicio.

3.8.3. Temperaturas de confort

Activar ya sea el sistema de calefacción o A/A un par de horas antes de llegar a la residencia. Así, justo cuando se llega, se tendría una temperatura de confort ideal.

Al mismo tiempo, evitar sobreconsumos habituales por tener activado toda la semana el sistema de calefacción o A/A. En este sentido hay que tener en cuenta que un mal uso de la climatización o calefacción puede suponer incrementos innecesarios de gasto para nuestro bolsillo. Mantener una temperatura de 20 °C en invierno y 25 °C en verano es una temperatura de confort para nuestro hogar. Un incremento de temperatura de 1 °C supone hasta un 8 % de consumo adicional.

Todo esto son ventajas que supone disponer de una instalación domótica en el hogar, mediante un microcontrolador lógico programable.

- Otras aplicaciones posibles:

Además de los anteriores ejemplos de aplicación, es posible una variedad de soluciones para aplicaciones prácticas en instalaciones domiciliarias.

- Irrigación de plantas en invernáculos.
- Alumbrado de escaparates.
- Alumbrado de exterior e interior de una casa.
- Control de persianas.
- Control de varios pares de bombas con operación centralizada.

3.9. Ventajas al utilizar un microcontrolador

Resulta particularmente conveniente la aplicación del microcontrolador sobre todo en los casos siguientes:

- Cuando las funciones integradas en un microcontrolador permiten prescindir de varios elementos conectores auxiliares.
- Cuando deseen evitarse los trabajos de cableado y montaje, aprovechando en vez de ello el cableado del microcontrolador.
- Cuando se desee reducir el espacio ocupado por los componentes en el armario de conexiones o la caja de distribución; a veces ya es suficiente un armario de conexiones/caja de distribución menor.
- Cuando se desee introducir o modificar funciones posteriormente sin tener que montar un equipo de conmutación adicional ni cambiar el cableado.
- Cuando se quiera ofrecer a clientes nuevas funciones adicionales para la instalación en edificios comerciales y residenciales, como por ejemplo:
 - Seguridad en los domicilios privados: mediante el microcontrolador es posible conectar regularmente una lámpara o abrir y cerrar persianas cuando se está de vacaciones.
 - Instalaciones de calefacción: mediante el microcontrolador es activada la bomba de circulación sólo cuando se requiera efectivamente agua o calor.

- Instalaciones frigoríficas: mediante un microcontrolador son descongelados los frigoríficos automáticamente a intervalos regulares, ahorrándose así gastos de energía.
- Acuarios y terrarios: es posible.
- Utilizar interruptores y pulsadores corrientes en el mercado, simplificándose así el montaje de los mismos en la instalación de un edificio.
- Reducción de gastos de mantenimiento: uso eficiente de electricidad, agua y calefacción, control de iluminación, riego y aire acondicionado de modo que solo se use cuando realmente se necesite.
- Máxima seguridad: control de accesos y vigilancia, cierre centralizado de puertas y persianas. Control de forma centralizada de todos los aspectos de seguridad de la vivienda y configurarlo para que simule actividad cuando no hay nadie dentro.
- Flexibilidad y sencillez: la instalación domótica permite configurarse de cualquier modo para ampliaciones futuras, como para añadir nuevas funciones o mejorar las que ya se tienen, sin obras y sin grandes inversiones.

3.10. Desventajas al utilizar un microcontrolador

Como es de imaginarse, en la domótica, no todo son cosas a favor. Si bien no se considera que la implementación domótica en un hogar lleve consigo alguna problemática, hay algunas debilidades en el sistema debido fundamentalmente a lo nuevo de la tecnología y, por lo tanto, la inexperiencia en la entrega de los servicios. Dentro de estas debilidades están algunos puntos que hay que considerar, siendo algunos de ellos:

- El alto precio de los aparatos domóticos (instalación, equipos), siendo Latinoamérica la zona más cara para adquirirlos, aunque se espera que con el tiempo estos valores disminuyan debido a la competencia entre empresas.
- La vulnerabilidad de acceso al sistema informativo, pudiendo desactivar el sistema de seguridad de la residencia lo cual podría provocar un gran caos.

Dotar a una vivienda o edificio de todos los servicios y de un precableado para voz y datos resulta costoso tanto para el promotor, que deberá asumir el coste sin tener certeza en algunos casos de las posibilidades de venta del inmueble, como para el usuario, temeroso de que el sistema no responda a sus expectativas.

3.11. Evaluación de Impacto Ambiental

Se llama Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) al procedimiento jurídico administrativo que se inicia con la presentación de la memoria resumen por parte del promotor, sigue con la realización de consultas previas

a personas e instituciones por parte del órgano ambiental. Se prolonga en un proceso de participación pública y se concluye con la emisión de la DIA (Declaración de Impacto Ambiental) por parte del Órgano Ambiental. Es decir, es un procedimiento administrativo para identificar, prevenir e interpretar los impactos ambientales que producirá un proyecto en un entorno en caso de ser ejecutado es:

- Los edificios domóticos consumen más o menos un tercio de la energía.
- El diseño y planeamiento, construcción, vida útil y reintegración. Y establece unos criterios que ayudan a impulsar la sostenibilidad a lo largo de las diferentes fases del ciclo de vida de un edificio.
- Las instalaciones industriales albergan procesos que generan impactos en el entorno y en la sociedad (residuos de difícil tratamiento, problemas asociados al tráfico, ruidos, etc.) y son importantes consumidores de recursos naturales.

4. DESCRIPCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO

Como fue mencionado la domótica es el conjunto de recursos de una vivienda, que instalados, interconectados y controlados liberan al usuario de las acciones rutinarias y al mismo tiempo le proporcionan el confort, la seguridad, la optimización en el consumo energético.

Los servicios para discapacidad, el ahorro de portadores energéticos, la seguridad y el confort, son solo algunos aspectos que la familia moderna valora y demanda para sus centros laborales, de ocio y para sus hogares. Como solución a estas necesidades, han surgido conceptos utilizando la automatización del hogar, domótica, inmótica, hogar digital o edificio inteligente, que cada día van ganando espacio en la conciencia de los ciudadanos de todas las latitudes del planeta.

Por otro lado, muchos de los sistemas eléctricos y/o electrónicos convencionales instalados, se caracterizan por su elevado gasto innecesario y excesivo de energía que incide en la economía y en el medio ambiente. Esta falta de control y gestión genera también problema de otra índole, como incomodidad o incapacidad para atender situaciones de emergencia.

Comparado los niveles de información que poseen en Asia, Europa y Norteamérica sobre la domótica, en Guatemala la bibliografía es escasa, no existiendo una profundización de ese conocimiento a pesar del nivel alcanzado en la aplicación de las tecnologías electrónicas e informáticas.

La industria turística en Guatemala ha ido en ascenso en los últimos años y uno de los mayores costos lo representa el consumo energético que genera su propia actividad. La electricidad es el portador de mayor incidencia en los gastos y toda acción encaminada a la reducción de su consumo, incrementaría indudablemente las utilidades de sus instalaciones.

Por supuesto que este no es el único sector donde se requiere el desarrollo de sistemas de ahorro energético que garanticen al mismo tiempo el confort; oficinas, salas hospitalarias, hogares para personas minusválidas, laboratorios docentes y de investigación, casa de visitas, albergues, hogares de ancianos, etc. También requieren de estrategias similares debido a su incidencia, nada despreciable, en el gasto de portadores energéticos a nivel nacional.

Por otro lado, las sofisticadas tecnologías que cada vez con mayor fuerza se orientan hacia el campo en la domótica, junto al desconocimiento de los beneficios reales que ésta reporta a la sociedad, hacen parecer muy complejas y costosas sus aplicaciones. Teniendo en cuenta estos antecedentes se realizó el diseño de un sistema de control inteligente para una residencia genérica utilizando la tecnología de los microcontroladores lógicos programables debido a su popularidad, potencialidad y bajo costo.

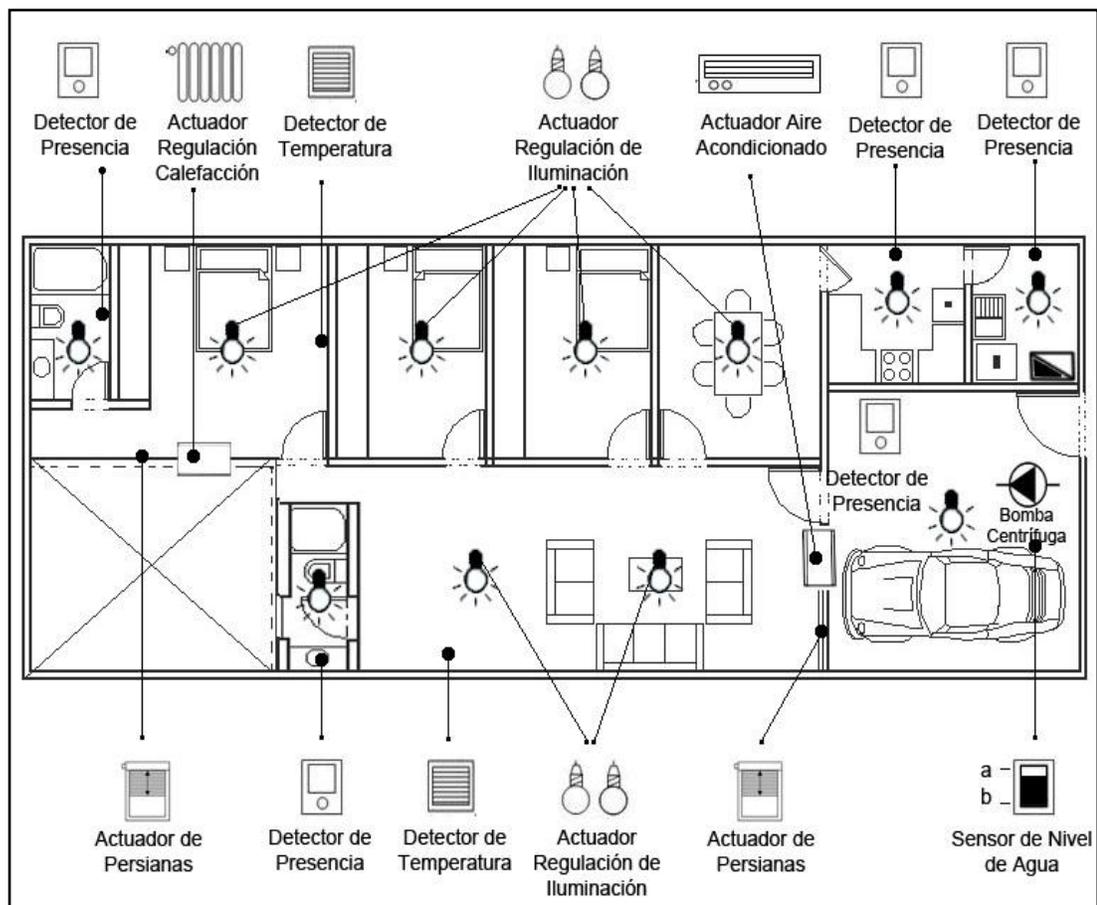
4.1. Revisión de cargas

La realización eléctrica y automatizada de una vivienda, al atender sus necesidades básicas y seguridad, utilizaría un grado de electrificación alto, que en principio se considera de grado elevado; 8 000 W. Distribuida de distintos modos, según se use un sistema u otro.

4.1.1. Descripción del emplazamiento

Se plantea una residencia ficticia la cual estaría compuesta por un nivel, sistema de calefacción eléctrico, sistema de seguridad por toda la planta, aire acondicionado y podría estar conectada al exterior vía telefónica. Con una superficie total de 260 m². Descripción del emplazamiento, la vivienda constaría de:

Figura 26. Modelo de residencia



Fuente: elaboración propia, con base al programa Photoshop CS4.

Área dimensionada de la residencia:

- Cocina, 12 m².
- Lavandería, 10 m².
- Comedor, 16 m².
- Sala, 24 m².
- Jardín, 16 m².
- Baños 6 m².
- Garaje, 26 m².
- Dormitorio Principal, 28 m².
- Dormitorio 2, 20 m².
- Dormitorio 1, 20 m².

Aunque existe gran variedad en cuanto al diseño de las residencias en el sector guatemalteco, ya sea en oriente u occidente de la República, para el cual denota la variación entre el uso de aire acondicionado y sistemas de calefacción respectivamente. La seleccionada como prototipo se encuentra ampliamente diseminada por todo el país.

4.2. Descripción eléctrica convencional

Conceptos más comunes a todos los sistemas:

- Acometida: parte de la instalación comprendida entre la red de distribución de la empresa suministradora y la caja general de protección. Su instalación sería aérea, subterránea o mixta. Los conductores aislados y de una sección y características según la normativa vigente por la empresa distribuidora. No obstante el

aislamiento no debe ser inferior a 1 000 V, y las secciones mínimas suelen ser de 35 mm².

- Caja general de protección: caja situada en el exterior de la vivienda, donde irían alojados cortacircuitos fusibles y borne de conexión al neutro y de donde saldrán los conductores hacia el contador o centralizador o centralización de contadores del inmueble.

El valor de los fusibles en amperios estará determinado por la potencia a contratar y por las normas específicas de la empresa distribuidora. La caja debería contener las siguientes especificaciones:

- Tipo
 - Fabricación
 - Intensidad nominal
 - Tensión nominal
 - Intensidad
 - Tensión nominal de los cartuchos
 - Poder de corte de cortocircuito
 - Tipo de cartuchos de los fusibles
 - Valor ensayo dieléctrico
 - Material de construcción
- Contador: situado en el exterior del local y próximo a la entrada del mismo, formado por un módulo normalizado por la compañía suministradora, apto para contener dos contadores, uno de energía activa tarifa normal, y otro de energía activa para tarifa nocturna, en previsión de este similar, a una tensión de 240 V.

- Derivación individual: la derivación individual, enlaza el contador de energía con los dispositivos privados de mando y protección, no permitiéndose el empleo de conductor neutro común para varios abonados. El tipo de montaje es bajo tubo empotrado con conductores de aislamiento 750 V tipo (2 x 10 mm²) según cálculos justificativos.

4.3. Dispositivos de mando y protección convencional

Partiendo del contador o centralización de contadores se accede hasta el cuadro de distribución; sí se considera que la vivienda tiene grado de electrificación elevado y el sistema de calefacción es eléctrico utilizando tarifa nocturna, probablemente se evita con un interruptor de control de potencia o I.C.P. (según empresa distribuidora). A continuación la línea se ve protegida por el interruptor diferencial, elemento mecánico protector contra contactos directos e indirectos con valor de 45 A y 300 mA de sensibilidad al corte.

A continuación los interruptores magnetotérmicos encargados de proteger los distintos circuitos de las sobretensiones y cortocircuitos.

- Circuitos de alumbrado: la instalación de los circuitos de alumbrado son como todos los demás del inmueble, empotrados y con tubos de PVC corrugado no propagado de llama; con una sección mínima de 13 mm².
 - Los conductores de cobre, en colores marrón y negro para los de fase y azul claro para el neutro, gris para los conductores retorno; de tensión nominal de 600 V; el calibre mínimo será de #14 AWG THHN
 - El valor de los interruptores magnetotérmicos de 20 A.

- Circuitos de otros usos; sección mínima de los conductores según REBT es de $2,5 \text{ mm}^2$ y tensión nominal de 750 V, pero como normalmente estos circuitos son los utilizados para las líneas de calefacción, y estas tienen un consumo elevado de intensidad, se suelen elevar los valores de sección y de los tubos alojadores de 16 mm a 23 mm^2 .
 - Las secciones dependen de la intensidad que recorrerán el circuito pero siempre oscilarán sobre 6 mm^2 para los tres conductores: Fase, Neutro y Tierra. En sistemas de A/A el aislamiento es parecido al sistema de calefacción.
 - El valor de protección de los interruptores termomagnéticos oscila entre 15 a 30 A.

Los cálculos para la sección de los conductores (excepto conductor Bus) se realizan utilizando las mismas fórmulas que para una instalación convencional; considerando que no se superen los máximos, se toman las secciones comerciales mínimas que exige para circuitos de electrificaciones de residencias.

Se considera una serie de tomas de corriente convencionales como independientes de la instalación automatizada; este hecho es un punto de vista determinado según las necesidades, ya que en caso (hipotético) de una guardería las tomas de corriente son los elementos de control permanente.

Las consideraciones técnicas de los aparatos elegidos para la instalación (salidas 240 V, 400 V, etc.) se dictan independientemente de

cálculos y prescripciones reglamentarias los límites en potencias e intensidades a utilizar.

Así pues, parece evidente que, si se quiere reducir el consumo energético en un edificio o vivienda, sería interesante una implantación que permita gestionar adecuadamente la calefacción, el aire acondicionado, y la iluminación.

4.4. Variables a controlar

El sistema de control se desarrolló basado en los conceptos fundamentales de la domótica mediante la utilización de un microcontrolador lógico programable y con las exigencias de confort y gestión energética del sector urbano residencial guatemalteco, por lo cual el circuito y la programación diseñada, proporciona las siguientes prestaciones:

- El control de la climatización y de la calefacción se realiza mediante la programación individual de los aparatos situados en diversas zonas de la vivienda, teniendo en cuenta el tamaño del recinto, su localización cardinal y la frecuencia de uso por parte de la familia. Puede ajustarse también en función de la alteración de la temperatura externa por la hora del día, orientación de la habitación, etc.
- La iluminación puede ser controlada mediante sensores de movimiento en zonas de tránsito, sensores de luz natural para regular la intensidad de la iluminación artificial según va atardeciendo o para desconectar automáticamente zonas no prioritarias. También puede abrir o cerrar persianas, cortinas y toldos para ajustar el nivel de luminosidad incidente y aprovechar al máximo la luz del sol.

- Control de la bomba de agua: mediante el microcontrolador, un interruptor de presión y los interruptores del flotador se utiliza un motor de corriente trifásica el cual debe preverse un contactor principal para conectar y desconectar la bomba.

Si se tiene en cuenta que el precio de una residencia no responde directamente al consumo variable de energía eléctrica y que según las estadísticas, la mayoría de los residentes están fuera el 60 % del tiempo lo cual deja mucho tiempo para el mal gasto, se puede inferir que la implementación del sistema de control representa un importante aporte al ahorro energético sin comprometer el confort requerido.

Tabla II. **Variables a controlar: iluminación**

AMBIENTE	ELEMENTO DE CONTROL	FUNCIÓN
Toda la casa	Microcontrolador	<ul style="list-style-type: none"> • Encendido automático de la luz de cortesía en pasillos, baños y escaleras por tramos en función de detección de presencia y del umbral de luz exterior fijado. • Control de los circuitos de iluminación desde el sistema de control.
Habitaciones	Actuador de regulación de iluminación	<ul style="list-style-type: none"> • Encendido / apagado automático de la iluminación por detección de presencia. • Regulación de iluminación (dimmer)
Baños	Detector de presencia	<ul style="list-style-type: none"> • Encendido / apagado automático de la iluminación por detección de presencia.
Cocina, Comedor y Lavandería	Detector de presencia.	<ul style="list-style-type: none"> • Encendido y apagado automático de la iluminación por detección de presencia.

Continuación de la tabla II.

Sala	Microcontrolador, Detector de presencia, Actuador regulación de iluminación.	<ul style="list-style-type: none"> • Encendido y apagado automático de la iluminación por programación horaria y en función de detección de presencia después del horario programado. • Regulación de iluminación mediante dimmer. • Programación horaria de encendido automático de la iluminación de 17:00 a 20:00 horas.
Garaje	Microcontrolador, Detector de presencia.	<ul style="list-style-type: none"> • Encendido / apagado automático de la iluminación por detección de presencia. • Control y supervisión de circuitos desde sistema de control.
Exterior	Microcontrolador, detector de presencia.	<ul style="list-style-type: none"> • Encendido automático de luz exterior de la residencia por programación horaria y en función del umbral de luz exterior.

Fuente: elaboración propia.

Tabla III. **Variables a controlar: climatización y persianas**

AMBIENTE	ELEMENTO DE CONTROL	FUNCIÓN
Habitación principal y sala	Detector de temperatura, actuador de persianas, regulación de calefacción	<ul style="list-style-type: none"> • Encendido y apagado del sistema de climatización por programación horaria. • Encendido y apagado de actuadores de persianas por programación horaria y detector de temperatura.

Fuente: elaboración propia.

Tabla IV. **Variables a controlar, seguridad**

AMBIENTE	ELEMENTO DE CONTROL	FUNCIÓN
Cocina y Garaje	Sonda de CO2, Sonda de Gas	<ul style="list-style-type: none"> • Detección de gases, procederá automáticamente a conectar turbinas de ventilación y apertura de persianas.
Toda la casa	Microcontrolador	<ul style="list-style-type: none"> • Simulación de presencia en diferentes ambientes de la residencia por medio de iluminación programada.
Lavandería	Microcontrolador Sonda de agua	<ul style="list-style-type: none"> • Control de niveles de agua en el depósito de agua para el óptimo funcionamiento de la bomba de agua, sin exceder su esfuerzo para un consumo energético bajo, mediante programación de llenado por horario.

Fuente: elaboración propia.

4.5. Tomas de tierra

Se considerará como toma de tierra la unión de las placas de malla realizadas en la construcción de la vivienda, intentando formar un anillo metálico. Unido a este y con soldadura autógena se dispondrán los elementos conocidos para la función de toma de tierra, como pueden ser picas, placas de hierro galvanizado, conductores enterrados.

La resistencia a tierra está condicionada por la sensibilidad de los interruptores diferenciales instalados. Para un valor generalizado, se acudirá a la fórmula para calcular la resistencia:

$$R = 24 / I_s$$

Dónde:

R = resistencia en Ohmios

I_s = sensibilidad del interruptor diferencial (normalmente 300 mA)

24 = tensión considerada de seguridad en voltios

4.6. Cálculos

Considerando la potencia a controlar y suponiendo que no se exceda en intensidades, ni longitudes, etc.; se puede respetar las secciones comerciales de los conductores según el reglamento lo indica. Pero al introducir posibles modificaciones para causa de las elevadas potencias de los radiadores eléctricos o máquinas de aire acondicionado, se exponen a continuación las fórmulas para el cálculo:

Tabla V. **Fórmulas para el cálculo de la sección de conductores**

FORMULAS PARA EL CÁLCULO DE LA SECCIÓN		
DATO	MONOFÁSICA	TRIFÁSICA
POTENCIA	$S = 2 \cdot L \cdot P / \sigma \cdot e \cdot VAC$	$S = L \cdot P / \sigma \cdot e \cdot VAC$
INTENSIDAD	$S = 2 \cdot L \cdot I \cdot \cos\phi / \sigma \cdot e$	$S = 1.73 \cdot L \cdot I \cdot \cos\phi / \sigma \cdot e$

Fuente: <http://www.portalelectrozona.com/formularios>. Consulta: septiembre de 2014.

Dónde:

S = sección en mm².

L = longitud en metros.

P = potencia en vatios.

El cálculo de la mayoría de las líneas se realizará en función de la caída de tensión máxima, y según potencias. Algunos datos serán según compañía suministradora. Se realizarán cálculos desde:

- Acometida
- Líneas alumbrado
- Líneas circuito cocina
- Líneas tomas de corriente otros usos (calefacción, aire, etc.)
- Línea bomba de agua, calentador eléctrico

4.7. Descripción del funcionamiento

El comportamiento del sistema domótico presenta recursos y servicios que cumplan con las necesidades requeridas para el ahorro energético y así mismo confort al usuario.

4.7.1. Calefacción

Utilizando las salidas de relé de 240 V o 400 V hacia tomas de corrientes convencionales, se puede conectar radiadores eléctricos; el modo de programación se puede realizar de dos formas; la primera es utilizar una función de programación propia de calefacción que ofrece el software de programación (LOGO! SoftComfort). La segunda forma y quizá la más práctica es utilizar la función de temporizadores en general, es decir utilizando temporizaciones se puede conectar distintas zonas y actuar sobre distintos horarios.

Al mismo tiempo la calefacción podrá conectarse mediante sensores que harán que esta se ponga operativa. Estos sensores pueden ser termostatos

exteriores, interiores, sensores de viento, etc. Y probablemente la forma más innovadora es la de utilizar un módem telefónico para poder conectar y desconectar la calefacción vía teléfono desde cualquier parte del mundo.

4.7.2. Tomas de corriente

Prácticamente todas las tomas de corriente serán salidas de relé de 120/240 VAC y el uso será de dos formas; la primera será utilizar tomas directamente sin control automático y la segunda pudiendo controlar en tiempo y lugar la activación de estas tomas. Como ejemplos: conectar electrodomésticos en horas de menor coste energético, evitar la corriente en tomas de peligro como garajes o donde existan niños etc. La conexión de estas tomas se realizará con una simple pulsación, mediante sensores o con temporizaciones.

4.7.3. Iluminación

Los sensores de iluminación serán principalmente pulsadores y sensores de luminosidad o crepusculares así como sensores de movimiento incluso de calor. Los actuadores serán salidas de 240 VAC o 24 VAC y en el caso de regulación de luminosidad se colocarán módulos de dimmer que se manejarán desde pulsadores de 24 VAC.

4.7.4. Simulación de presencia

Opción de este sistema que ofrece la posibilidad de entre-mezclar las distintas funciones de forma esporádica como iluminación, subida o bajada de ventanas y celosías, riego de jardines, etc., de tal forma que parece habitada la vivienda cuando esta no lo está.

4.7.5. Persianas y celosías

El sistema acoge un modo de programación para persianas y celosías, que se podrán gobernar mediante pulsadores múltiples o sensores exteriores e interiores. Se podrá realizar programas diarios o semanales, etc. De subidas y bajadas según distintas temporizaciones.

4.7.6. Garaje

En el caso del garaje y posiblemente la cocina se colocarán sensores de detección de gases, y una vez detectados, automáticamente se conectarán turbinas o elementos de ventilación. La puerta del garaje también se puede abrir y cerrar mediante sensores.

4.7.7. Seguridad

Se situarán sensores en ventanas y puertas contra intrusión, también detectores de humedad, gas, CO₂, niveles de agua en tanque y sensores que se consideren determinantes para la seguridad del hogar. Los actuadores de estos sensores serán diversos, pasando desde alarmas técnicas, luces de señalización, avisadores telefónicos, fugas de gas, fugas de agua, etc.

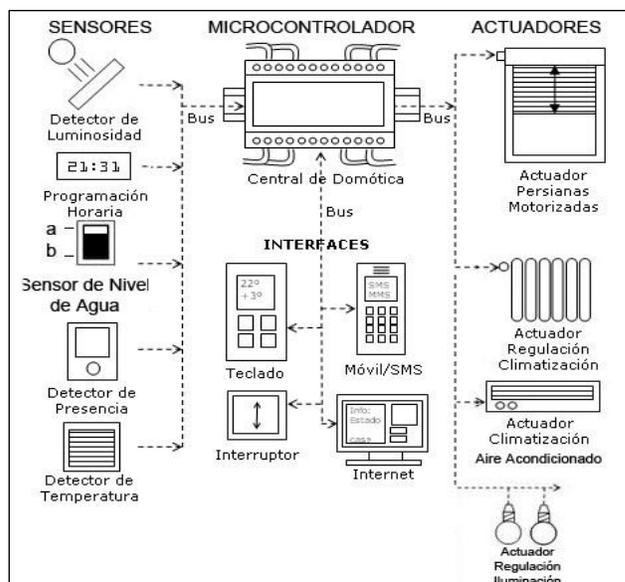
4.8. Viabilidad económica y presupuesto

Para valorar económicamente la implantación del sistema domótico diseñado, se realiza presupuesto incluyendo materiales, instalación, programación y puesta en marcha.

Se incluye además las ayudas o trabajos que serán necesarios realizar por personal auxiliar. En esta partida del presupuesto se considera:

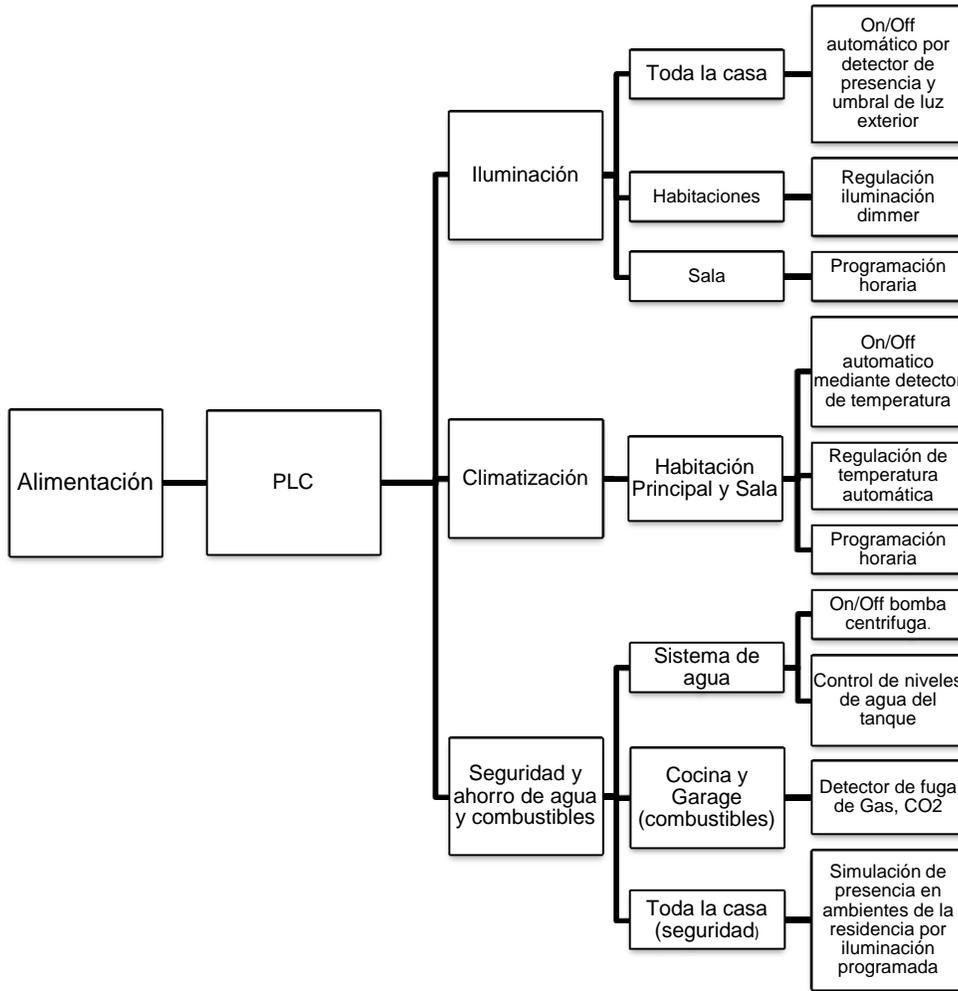
- Albañilería y pintura: modificaciones para empotrar elementos domóticos auxiliares, rozas de comunicación entre algunos dispositivos, repasos de pintura en zonas de actuación.
- Gas: colocación de electroválvula de corte de fluido en instalación de gas, conexiones necesarias entre instalación domótica y caldera.
- Fontanería: colocación de electroválvula de corte de fluido en instalación de agua.
- Climatización: colocación de válvulas termostáticas de radiadores.

Figura 27. **Esquema de cableado de la aplicación**



Fuente: <http://www.ecured.cu/index.php/Dom%C3%B3tica>. Consulta: abril de 2014.

Figura 28. Diagrama de bloques general



Fuente: elaboración propia

4.8.1. Estudio de ahorro energético

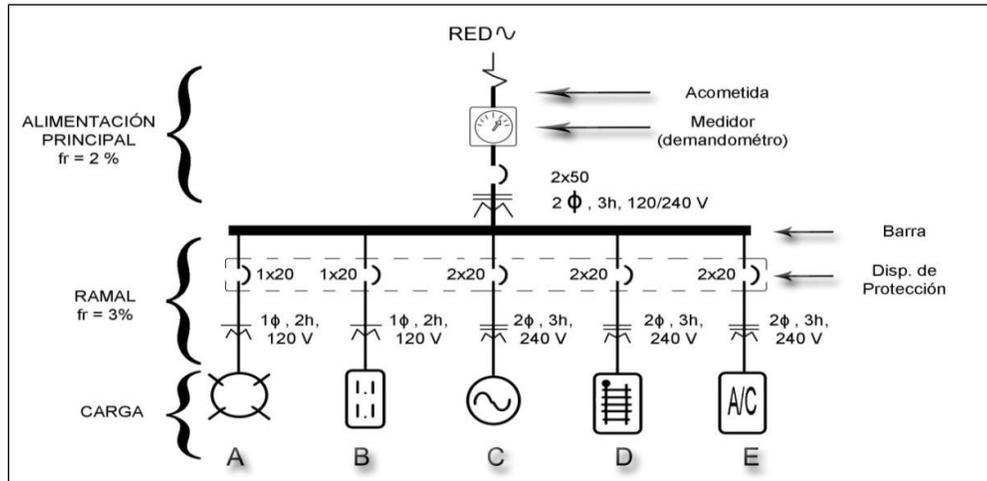
El estudio de ahorro energético tiene como objeto mostrar las posibles soluciones que se pueden plantear en una instalación residencial, comparando una instalación convencional con una instalación con sistema automatizado.

Tabla VI. Estudio de ahorro en sistema convencional

Unidades	Dispositivo	Potencia (W)	Factor de demanda	Demanda (W)	Uso diario (hrs.)	Consumo mensual (kWh)
4	Lámparas (bombillas de filamento 100 W)	400	1	400	5	60
10	Lámparas (fluorescentes 40 W)	400	0,74	296	5	44,4
10	Toma corrientes de uso general (180 VA)	1 800	0,60	1 080	4	129,6
1	Bomba centrífuga (1 HP, genérica)	746	0,69	515	2	31,93
1	Calefactor (genérico)	1 300	0,69	897	3	80,73
1	Aire acondicionado (genérico 25 00 frigorías, 10 000 BTU)	1 800	0,54	972	3	87,48
TOTALES		Potencia instalada 6 446 W		Demanda Instalada 4 160 W		Consumo total 434,14 kWh

Fuente: elaboración propia.

Figura 29. Diagrama unifilar del modelo del sistema



Fuente: elaboración propia, con base al programa Photoshop CS4.

Tabla VII. Estudio de ahorro en sistema automatizado

Circuito	Unidades	Dispositivo	Potencia (W)	Factor de demanda	Demanda (W)	Uso diario (horas)	Consumo mensual (kWh)
A	14	Lámparas (fluorescentes 40 W)	560	0,42	235,20	4	36,43
B	10	Toma corrientes de uso general	1 800	0,60	1 080	4	133,92
C	1	Bomba centrífuga (1 HP, genérica)	746	0,50	373	1	11,56
D	1	Calefactor (genérico)	1 300	0,50	650	2	40,30
E	1	A/A (genérico 2 500 frigorías, 10 000 BTU)	1 800	0,50	900	2	55,80
	TOTALES		Potencia Instalada 6 206 W		Demanda Instalada 3 238,2 W		Consumo Total 278,01 kWh

Fuente: elaboración propia.

Tabla VIII. **Ahorro obtenido mediante sistema automatizado**

	CONSUMO TOTAL MENSUAL (kWh)	COSTO DE LA ENERGÍA (Q/kWh)	COSTO CONSUMO MENSUAL
Análisis en sistema convencional	434	1,91	Q 830,00
Análisis con sistema automatizado	278	1,91	Q 530,00
Ahorro			Q 300,00

Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar en el sistema convencional y el sistema automatizado se logra encontrar el precio del costo mensual, dando como resultado 830 Q/mes y 530 Q/mes de los sistemas respectivamente. Notándose una reducción en dicho costo de consumo mensual utilizando el sistema que incluye el microcontrolador lógico programable y todos sus medios necesarios, por lo tanto se concreta un ahorro mensual de alrededor de 300 Q/mes aproximadamente.

4.8.2. Presupuesto

El presupuesto total de una instalación domotizada dependerá de las necesidades o requerimientos del usuario para poder conseguir un ahorro energético.

Tabla IX. **Materiales**

DENOMINACIÓN	UNIDADES	PRECIO (Q)	TOTAL (Q)
Kit Módulo básico LOGO! 0BA6	1	1 400,00	1 400,00
Módulo de ampliación digital	1	600,00	600,00
Módulo de ampliación analógico	1	600,00	600,00
Marco de montaje en panel	1	150,00	150,00
Sensor de nivel de agua	2	75,00	150,00
Sensores de movimiento	5	70,00	350,00
Detector de temperatura	2	40,00	80,00
Pulsador de 1 canal	2	30,00	60,00
Pulsador de 2 canales	6	30,00	180,00
Sensor de detector de gases	2	40,00	80,00
Sensor de humedad	1	35,00	35,00
Interruptor persiana	2	40,00	80,00
Actuador de persiana	2	300,00	600,00
Conductor #14 AWG THHN negro	100	2,00	200,00
Conductor #14 AWG THHN azul claro	100	2,00	200,00
Interruptores termomagnéticos 10 A	1	40,00	40,00
Interruptor diferencial 50 A y 300 mA	1	130,00	130,00
Interruptores termomagnéticos 20 A	5	30,00	150,00
Picas tierra	1	200,00	200,00
Modem telefónico	1	400,00	400,00
Módulos de dimmer	5	60,00	300,00
TOTAL MATERIAL			Q 5 985,00

Fuente: Tiendas: SIEMENS Guatemala, CELASA Guatemala, DGI Delta Group International Guatemala. Consulta: agosto de 2014.

Tabla X. **Mano de obra**

Instalación de dispositivos domóticos, incluso conexiones eléctricas y material auxiliar de enlace o anclaje, realizada por personal cualificado. Totalmente terminada.	1	1 200,00	1 200,00
Programación y puesta en marcha de instalación del microcontrolador, incluso pruebas de servicio, comprobando el correcto funcionamiento del sistema, entrega de documentación y formación al usuario	1	1 200,00	1 200,00
Trabajos auxiliares de albañilería, cerrajería, fontanería, gas y climatización.	1	1 800,00	1 800,00
TOTAL MANO DE OBRA			Q 4 200,00

Fuente: elaboración propia.

Tabla XI. **Presupuesto total del diseño domótico**

TOTAL IMPLANTACIÓN DEL SISTEMA (PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL)	Q 10 185,00
TARIFA DEL IMPUESTO AL VALOR AGREGADO IVA 12 %	Q 1 222,20
PRESUPUESTO TOTAL DISEÑO DOMÓTICO	Q 11 407,20

Fuente: elaboración propia.

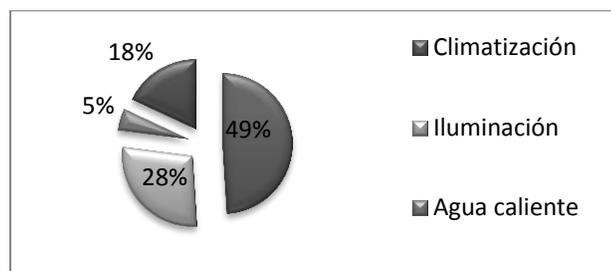
En el presupuesto anterior se incluye instalación completa de seguridad, la cual colabora indirectamente en la optimización de mejora del ahorro energético de las instalaciones domiciliarias.

5. ANÁLISIS DE AHORRO ENERGÉTICO CON SISTEMAS AUTOMATIZADOS

La edificación en general es uno de los grandes consumidores energéticos de la sociedad, junto con los transportes o la industria. Este hecho, unido a que a una edificación se le supone a largo período de vida, hace que sea muy interesante el invertir en ahorro energético cuando se construye o reforma cualquier vivienda. El periodo de amortización siempre será corto en relación a la vida del edificio.

En primer lugar, identificar cuáles son los principales consumidores energéticos en una vivienda, suponiendo que todos los equipos sean eléctricos: la climatización se lleva aproximadamente un 49 % del consumo, la iluminación 28 %, el agua caliente consume el 5 % (habiendo apoyo de placas solares) y el 18 % restante se reparte para otro tipo de consumos (bombas de agua y electrodomésticos). Estos porcentajes cambiarán en casos como el uso de gas para cocinar o para la calefacción y agua caliente.

Figura 30. **Consumidores energéticos en una vivienda en Guatemala**



Fuente: <http://www.mem.gob.gt/wp-content/uploads/201>. Consulta: octubre de 2013.

Así pues, parece evidente que, si se quiere reducir el consumo energético en un edificio o vivienda, será interesante una implantación que nos permita gestionar adecuadamente la calefacción, el aire acondicionado, y la iluminación.

El creciente consumo de energía y la limitación de los recursos energéticos, generan efectos negativos en el medio ambiente que se reflejan en dos aspectos:

- Económico: los precios de la energía y de otros recursos (agua y gas) tienden a subir, por lo que un control del consumo energético incrementa significativamente el ahorro para el usuario.
- Ecológico: el usuario puede disminuir el impacto negativo sobre su entorno si disminuye su consumo de energía.

Ahorrar electricidad con un sistema automatizado, es algo que está muy estudiado y cada día se perfecciona más. Lo ideal sería que el sistema fuese cerrado y que no dependiese de su conexión con redes eléctricas externas, esto es, que produjese mediante paneles solares su propia electricidad y generación de agua caliente sanitaria, de manera que el sistema lo administrase eficazmente. Aunque todavía se está muy lejos de suministrar una vivienda con la energía producida por paneles solares, poco a poco se va ganando terreno en este sentido.

5.1. Gestión energética

- Control de presencia en habitaciones.
- Regulación de iluminación en función del aporte exterior de luz natural.

- Aprovechamiento de la tarifa económica en el suministro eléctrico.
- Programa de gestión y control de suministro.
- Centralización en el control de aire acondicionado y calefacción.

5.2. Principales porcentajes de ahorros obtenidos con elementos de gestión de ahorro energético

- Iluminación
 - Con regulación constante de LUX 50 %
 - Con regulación (I/O) por presencia 15 %

- Climatización
 - Calefacción
 - Con regulación por tiempo o presencia 25 %
 - Con regulación apertura de ventanas 15 %

 - Aire acondicionado
 - Con regulación por tiempo o presencia 15 %
 - Con regulación de persianas 10 %

- Bomba de agua
 - Con regulación por tiempo de uso 15 %
 - Con regulación del uso de agua pluvial 10 %
 - Con regulación de niveles de agua 10 %

- Calentador de agua
 - Con regulación de niveles de temperatura de agua 30 %

- Energía solar
 - Foto Voltaica (rendimiento) 10 %
 - Generalmente las instalaciones de captación de la energía solar fotovoltaica están destinadas a la venta de la misma a una compañía suministradora, a un precio superior al de compra establecido.
 - Térmica
 - Cobertura en ACS (agua caliente sanitaria) 70 – 80 %
 - Calefacción por suelo radiante 25 – 30 %

5.2.1. La gestión de la iluminación

La reducción del consumo en iluminación debe abordarse, en primer lugar, con la instalación de luminarias más eficientes y, en segundo lugar, evitando que las luces estén encendidas si no es estrictamente necesario.

Ciertas condiciones para salida mínima de alumbrado requieren que al menos una salida para iluminación controlada por un interruptor se deberá colocar en cada salón habitable, controlar mediante un sensor de movimiento o programando el microcontrolador para que active cierta cantidad de luminarias para la gestión de seguridad, sala de vestíbulo, escaleras, garaje y acceso a exteriores.

Para la carga de iluminación y tomas comunes de 20 A o menos no será menor de 32 VA por metro cuadrado y el área a considerar no incluye espacios de acceso cubierto, garajes, ni espacios sin uso presente o futuro.

En el cálculo de la carga de iluminación: el factor de demanda listado a continuación será aplicado a la carga general de alumbrado y tomas de servicio general, calculado de los circuitos ramales, pero no se aplicarán para calcular la cantidad de circuitos ramales.

Tabla XII. **Factores de demanda**

Parte de la demanda (W)	Factor de demanda
Los primeros 3 kW o menos	100 %
Los siguientes hasta 120 kW	35 %
Exceso de 120 kW	25 %

Fuente: Comisión Nacional de Energía Eléctrica, <http://www.cnee.gob.gt/>. Consulta: agosto 2014.

Las soluciones que aporta el microcontrolador para gestionar la iluminación son:

- Control automático de encendido y apagado de todas las luces de la vivienda evita el dejar las luces encendidas al salir de casa.
- Sistemas de iluminación eficientes: adaptan el nivel de iluminación en función de la variación de la luz solar, la presencia de personas. Por ejemplo, detectan la presencia de personas en zonas de paso, como los pasillos de la vivienda y las iluminan solo cuando sean necesario.
- Control automático inteligente de toldos, persianas y cortinas de la vivienda: permite que se aproveche al máximo la luz solar.

Si a una instalación automatizada le sumamos una iluminación eficiente con bombillas de bajo consumo y bombillas LED, se puede conseguir un ahorro energético en la iluminación de hasta un 70 %.

Tabla XIII. **Ahorro con sistemas de iluminación**

15 %	Ahorro por DETECCIÓN DE PRESENCIA	AHORRO POTENCIAL
43 %	Ahorro por REGULACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE LUZ SOLAR	
42 %	CONSUMO REAL	42 %

Fuente: Inove hogares inteligentes, www.inovedomotica.com. Consulta: abril de 2014.

Como se puede observar (vea tabla XIII), la regulación lumínica con el fin de no tener un nivel de luz por encima de lo necesario puede suponer un ahorro del 42 % de energía. La detección de presencia proporciona un ahorro de un 15 % en concepto tanto de ausencias cortas, como prolongadas, e incluso por posibles descuidos que implican toda una noche de gasto innecesario.

El ahorro potencial es considerable, situado por encima del 55 %, gracias a este tipo de instalaciones. Apoyadas por otro tipo de elementos, como puede ser el uso de reactancias electrónicas, en lugar de magnéticas, y el uso de bombillas LED.

- Ahorro con iluminación y apagado de luces por presencia: 15 %.
- Ahorro con regulación de luz y aprovechamiento de luz natural: 43 %.
- Ahorro con luminarias y bombillas eficientes: 12 %.
- Ahorro total: 70 %

5.2.2. El control de la climatización

La calefacción y el aire acondicionado son, sin duda, los grandes depredadores de energía en los edificios. Pero es de extrema importancia tener unas condiciones de humedad y temperaturas correctas dentro de una vivienda, ya que las variaciones bruscas de temperatura tienden a provocar resfriados y otros achaques de corta duración. Así pues, es necesario establecer una temperatura de confort adecuada, y disponer de un sistema capaz de mantenerla ajustada con el menor gasto posible.

Las soluciones que aporta el microcontrolador para gestionar la climatización son:

- Sistemas de regulación de calefacción, adaptan la temperatura de la vivienda en función de la variación de la temperatura del exterior, la hora del día, o la presencia de personas.
- Control automático inteligente en persianas de la vivienda: gestiona la captación de la energía solar, permitiendo aprovechar al máximo en invierno, y evitándolo en la medida de lo posible en verano.
- Detección de la apertura y cierre de puertas y ventanas, y si procede, reduce el consumo o incluso apaga los sistemas de climatización.

Tabla XIV. **Ahorro con sistemas de climatización**

20 %	Ahorro por DETECCIÓN DE PRESENCIA	AHORRO POTENCIAL 50 %
30 %	Ahorro por CONTROL DE CERRAMIENTOS	
50 %	CONSUMO REAL	50 %

Fuente: Inove hogares inteligentes, www.inovedomotica.com. Consulta: abril de 2014.

Se observa que se puede obtener un importante ahorro energético en climatización teniendo en cuenta únicamente dos factores. Al rebajar o aumentar la temperatura de consigna de forma automática cuando en una estancia no se detecte presencia, se estará ahorrando aproximadamente un 7 % de energía solar por cada °C que se aleje la temperatura de la de confort. Con este mecanismo también se consigue evitar que el cambio de temperatura con el exterior sea excesivamente fuerte, aclimatando a la persona una vez esté en el interior y de forma gradual.

El segundo factor es una utilización inteligente y automática de los cerramientos. En invierno si hace sol y la temperatura exterior es suficiente, las persianas suben, facilitando que la radiación solar caliente el interior del edificio. En verano, el comportamiento es opuesto: si toca el sol en una fachada, la protección solar minimizará la demanda energética en aire acondicionado.

- Ahorro con el control presencial de la climatización: 20 %
- Ahorro con el control de cerramientos: 30 %
- Ahorro total: 50 %

5.2.3. Otros sistemas de control

- Bombas de agua y electrodomésticos: control o secuenciado de la puesta en marcha: programando su funcionamiento en horarios en el que los precios de la energía es menor.
- Control de riego: a través de un sensor de humedad o de lluvia, detecta la humedad del suelo y de forma autónoma riega solo cuando es necesario.
- Control de cargas: solamente apagando todos los electrodomésticos al salir de casa, se consigue un ahorro importante al cabo del año.

5.3. Contribución de la domótica al ahorro y eficiencia energética

El creciente consumo de energía y la limitación de los recursos energéticos generan efectos negativos en el medio ambiente que se reflejan en dos aspectos:

- Económico: los precios de la energía tienen a subir, por lo que un control del consumo energético incrementa significativamente el ahorro para el usuario.
- Ecológico: el usuario puede disminuir el impacto negativo sobre su entorno si disminuye su consumo de energía.

La domótica gestiona elementos de control que contribuyen al ahorro de agua, electricidad y combustibles, notándose sus efectos tanto en el aspecto económico (menos coste) como en el ecológico (menos consumo de energía).

5.3.1. Cómo ahorrar electricidad

Existen diversas maneras de cómo se puede ahorrar electricidad en una residencia, correspondiendo al tema de iluminación, climatización y conexiones especiales de los electrodomésticos.

5.3.1.1. Iluminación

- Sistemas de iluminación eficientes: adaptan el nivel de iluminación en función de la variación de la luz solar, la zona de la casa o la presencia de personas, ajustándola a las necesidades de cada momento. Por ejemplo: detectan la presencia de personas en zonas de paso, como los pasillos de la vivienda o de las zonas comunes de un edificio y la iluminan solo cuando es necesario.
- Control automático inteligente de toldos, persianas y cortinas de la vivienda: permite que se aproveche al máximo la luz solar.
- Control automático del encendido y apagado de todas las luces de la vivienda: permite evitar el dejarse luces encendidas al salir de casa.
- Control de forma automática del encendido y apagado de las luces exteriores en función de la luz solar.

5.3.1.2. Climatización

- Sistemas de regulación de la calefacción: adaptan a la temperatura de la vivienda en función de la variación de la temperatura exterior, la hora del día, la zona de la casa o la presencia de personas.
- Control automático inteligente de toldos, persianas y cortinas de la vivienda: permite que se aproveche al máximo la energía solar.

5.3.1.3. Electrodomésticos

- Control o secuenciado de la puesta en marcha de electrodomésticos: programando su funcionamiento en horarios en los que el precio de la energía es menor.
- Detección de la desconexión de circuitos eléctricos no prioritarios por ejemplo: A/A, antes de alcanzar la potencia contratada.

5.3.2. Cómo ahorrar combustibles

Una manera de ahorro energético también presenta la situación del tema de los combustibles utilizados en una residencia, mediante la instalación de dispositivos que controle el paso y evite fugas gas en la cocina por ejemplo.

5.3.2.1. Climatización

- Sistemas de regulación de la calefacción: adaptan la temperatura de la vivienda en función de la variación de la temperatura exterior, la hora del día, la zona de la casa o la presencia de personas.

- Detección de la apertura y cierre de ventanas: avisan al usuario de si hay ventanas abiertas cuando está activada la climatización.

5.3.2.2. Fugas de gas

- Implantación de sistemas de control y regulación centralizados: permiten detectar y avisar en caso de averías por ejemplo: una fuga de gas, provocando un corte del suministro que evite los peligros que pudieran ocasionarse. Además la domótica facilita una buena gestión del mantenimiento de las instalaciones, con el consecuente ahorro económico que esto supone.

La instalación de un sistema automatizado que permita gestionar de forma inteligente la iluminación y la temperatura de una habitación de 20 m² ubicada en una residencia en Quetzaltenango, genera un ahorro energético del 28 %.

Un aparato de A/A que esté funcionando a una temperatura de tan solo un grado menos de lo necesario, aumenta entre un 8 % y un 10 %.

5.3.3. Cómo ahorrar agua

El agua es vital para el uso de todos, pero se plantea una manera de ahorro mediante el control de fugas de agua, control de riego de jardines o el ensamble de grifos inteligentes en las fuentes potables.

5.3.3.1. Fugas de agua

- Sistemas de control y regulación centralizados: detectan si se produce una inundación, dan señal de aviso, y provocan un corte del suministro. Estos sistemas además aportan información sobre comportamientos anómalos.

5.3.3.2. Control de riego

- Control inteligente de riego: a través de un sensor de humedad o de lluvia, detecta la humedad del suelo y de forma autónoma riega solo cuando es necesario.

5.3.3.3. Griferías inteligentes

- Grifos inteligentes: gestionan el caudal y la temperatura del agua.

Un grifo inteligente que regula y elimina el agua transitoria, permite ahorrar hasta un 25 % más de agua que si utiliza un grifo monomando.

El consumo de agua por habitante al día se estima en 170 litros. El simple goteo de un grifo del lavado supone una pérdida de 100 L/mes de agua.

Además, cualquier tipo de ahorro de agua aunque no se trate de agua caliente, conlleva un ahorro energético, ya que el agua es impulsada hacia las residencias mediante bombas eléctricas que consumen energía.

5.4. Un caso práctico de ahorro energético en una vivienda con microcontrolador

Se supone como ejemplo una vivienda de dos plantas de 130 m², situada en la provincia de Quetzaltenango, habitada por una familia compuesta por cuatro miembros, con una potencia contratada de 5,7 kW, un consumo anual de 4 500 kWh, y un coste energético anual de Q 5 175,00 cuya distribución energética es de un 39 % en calefacción, 27 % de agua caliente, 12 % en electrodomésticos, 11 % en la cocina, 9 % en la iluminación, y un 2 % en A/A.

Se compara con una vivienda de iguales características en la que se ha realizado una instalación con microcontroladores que permite la gestión eficiente de la energía, incorporando un control de la calefacción y/o aire acondicionado de forma zonificada, teniendo en cuenta la ocupación de la vivienda, y manteniendo unos niveles óptimos de confort y bajo consumo.

El sistema controla las luces de forma inteligente, tiene en cuenta la luz exterior y la ocupación, y hace uso de la monitorización de persianas como un elemento de gestión energética y lumínica. Además, detecta y elimina consumos latentes, gastos eléctricos provocados por olvidos, fallos y averías por sobrecargas en la instalación eléctrica.

Tras un año de mediciones, considerando los climas de las estaciones, se produce el ahorro eléctrico.

5.5. En qué tipo de vivienda se puede instalar un sistema domótico

Actualmente, existen en el mercado diversos sistemas domóticos fácilmente instalables en cualquier tipo de vivienda: protección oficial, libre, ya construida, de nueva construcción, unifamiliares aisladas, adosadas o en el bosque.

La domótica pone la tecnología a su servicio. En función de los requerimientos de cada proyecto, se aplicará una solución a medida que satisfaga las necesidades del hogar y se adapte al modo de vida del usuario.

5.6. Una buena inversión

Instalar un sistema domótico en una vivienda está al alcance de cualquier bolsillo. Con una pequeña, pero inteligente inversión, permitirá no solo recuperar su inversión, sino también respetar el medio ambiente.

El coste dependerá del nivel de domotización que se desee instalar, el cual se asigna al resultado de la ponderación de los dispositivos existentes en la misma y las aplicaciones domóticas cubiertas.

5.7. Amortización del sistema

Como análisis fundamental de la aplicación del sistema diseñado en viviendas construidas, se deberá establecer el tiempo de amortización de su inversión.

Partiendo del coste a asumir Q 11 407,20 (vea tabla XV) y la vida útil de las instalaciones y dispositivos que se supone mayor a 25 años, se establece tres períodos para analizar la amortización:

Tabla XV. **Amortización del sistema**

COSTE Q 11,407.20	AHORRO ANUAL	AHORRO MENSUAL
AMORTIZACIÓN CINCO AÑOS	Q 2 390.15	Q 199.20
AMORTIZACIÓN DIEZ AÑOS	Q 1 195.22	Q 99.60
AMORTIZACIÓN VEINTE AÑOS	Q 597.61	Q 49.80

Fuente: elaboración propia.

La tabla representa de manera simplificada, la amortización del coste del sistema diseñado, a cinco, diez y veinte años. Teniendo en cuenta el consumo medio mensual de una vivienda plurifamiliar de condiciones similares a la estudiada, se puede considerar que el sistema presenta un tiempo de retorno o amortización lento.

No obstante, a efectos de analizar la viabilidad económica del sistema, se debería tener en cuenta el valor añadido a las instalaciones de la vivienda. Al analizar el presupuesto se puede comprobar que aunque no fuera el objetivo, se ha incorporado a la vivienda un sistema de seguridad de intrusión (compuesto por centralita, detectores de presencia e incluso de aperturas no controladas de ventanas o puertas exteriores).

El sistema incorpora además mecanismos automáticos que simplifican las labores cotidianas como subida y bajada de persianas y toldos o apertura automática de ventanas a efectos de ventilación natural controlada. En definitiva, servicios de seguridad y confort, difícilmente valorables económicamente (valoración de la seguridad, patrimonio y comodidad).

5.8. Análisis de ahorro energético del sistema

Tal como se ha expresado anteriormente, el fin para el que se ha diseñado el sistema domótico definido en este trabajo, es la mejora de la eficiencia energética de las instalaciones domiciliarias. Por lo tanto, el análisis de la eficiencia energética o ahorro energético obtenido mediante la aplicación del sistema, será condicionante principal para valorar la viabilidad del sistema.

Actualmente no se dispone de medios necesarios para conocer el ahorro energético real a obtener mediante el sistema domótico diseñado, considerando necesario para ello la instalación del mismo en vivienda modelo, y realizar toma de datos del consumo energético producido, a lo largo al menos de un ciclo anual completo: invierno/verano, para posteriormente comparar los datos obtenidos con los acumulados previo a la instalación del sistema, o con viviendas de similares condiciones (posible futura línea de investigación).

En el proceso de investigación realizado en el desarrollo del trabajo, se han localizado software de simulación que permiten conocer el ahorro energético ofrecido por las instalaciones domóticas en viviendas (como el programa informático LOGO! SoftComfort). No obstante ninguno ofrece garantías y validación de sus resultados, además de no incluir la tecnología

X10 ni la mayor parte de dispositivos y funciones que el sistema diseñado contempla.

Aplicando los datos de ahorro correspondientes a las instalaciones afectadas por el sistema: calefacción, aire acondicionado e iluminación, sobre los consumos medios anuales se obtienen los siguientes resultados:

Tabla XVI. **Ahorro energético del sistema**

	CONSUMO MEDIO POR INSTALACIÓN	AHORRO CON SISITEMA DOMÓTICO	AHORRO SOBRE EL CONSUMO
CALEFACCIÓN	47 %	17 %	7,99 %
ILUMINACIÓN	1 %	25 %	0,25 %
AIREACONDICIONADO	4 %	80 %	3,20 %
AHORRO TOTAL DE CONSUMO DE ENERGÍA DEL SISTEMA			11,44 %

Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

1. Mediante la implementación de microcontroladores lógicos programables en instalaciones domiciliarias se logra obtener un ahorro energético.
2. Se logró comprender los fundamentos básicos de la domótica.
3. Se conoce la teoría de un autómata programable como una maquina industrial susceptible de ser programada.
4. Los microcontroladores lógicos programables se implementan considerando las características y aplicaciones necesarias que cumplan con los requerimientos del usuario.
5. Se conoce el funcionamiento de un sistema domótico, que considera costos de equipo y normativos internacionales para permitir un resultado técnicamente valido al momento de la implementación.
6. En el análisis de ahorro energético se obtienen resultados positivos utilizando dispositivos tecnológicos que a su vez permiten conocer el consumo real de las instalaciones domiciliarias sin afectar el medio ambiente.

RECOMENDACIONES

1. Considerar la diversidad de sistemas domóticos al momento de utilizar un autómata programable que dependa del costo de equipo y sus respectivas instalaciones.
2. Los fundamentos de la domótica deben mantenerse actualizados mediante las normas utilizadas para realizar este tipo de instalaciones.
3. El usuario final debe saber conocer los lenguajes técnicos de los autómatas programables para poder familiarizarse con los sistemas domóticos.
4. Antes de diseñar un sistema domótico se debe tomar en cuenta los requerimientos por el usuario final, para determinar el grado de ahorro energético a desear.
5. Utilizar el microcontrolador no solo para medidas de ahorro energético sino también para control de seguridad, confort y calidad de vida.

BIBLIOGRAFÍA

1. ARJONA CANO, Rafael. *Proyecto de automatización de una vivienda mediante diferentes sistemas domóticos*, Director: Urbano Espinosa. Universidad de la Rioja España, Centro de Investigación Aplicada en Informática, Estadística y Matemáticas (CIAEM), 1999, 39 p.
2. *Estudio de ahorro de costos sobre la eficiencia energética mediante la incorporación de elementos de control de gestión de la energía y control domótico o inmótico en edificios y viviendas*. Traducción por Thomas Vogel, Universidad de Biberach: Unidad de Ciencias Aplicadas, Alemania, 2008, 29 p.
3. GONZÁLEZ GALINDO, Eddy Esaú. *Domótica utilizando estándar CEBus sobre la red eléctrica residencial*. Director: Mario Escobedo. Trabajo de graduación de Ing. Electrónico, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2005, 112 p.
4. GONZÁLEZ, José María. *Sistemas de control para viviendas: Domótica*. España: Paraninfo, 1999, 109 p.
5. HERNÁNDEZ CASTRO, Rodrigo. *Diseño e implementación de un sistema de control remoto para luces residenciales*. Director: Henning Jensen Pennington. Universidad de Costa Rica, Centro de Informática, 2013, 50 p.

6. JIMÉNEZ MACÍAS, Emilio. *Técnicas de automatización avanzadas en procesos industriales*. Director: Urbano Espinosa. Universidad de la Rioja España, Centro de Investigación Aplicada en Informática, Estadística y Matemáticas (CIAEM), 2004. 114 p.
7. _____.Manual LOGO!, SIEMENS Global Website. [en línea], A5E03556176-01, 374 p.
8. MORENO CABRERA, José Gamaliel. *Microcontroladores y PLC en las industrias*. México: Universidad del Valle, 2010, 11 p.
9. PECCIS RUBIO, Natalia. *Rehabilitación de viviendas eficientes e inteligentes: sistemas domóticos aplicados sobre las instalaciones térmicas de las viviendas construidas*, Director: Javier Uceda Antolín. Universidad Politécnica de Madrid, ETSI Industriales, 2011, 103 p.
10. Sensores y Actuadores Industriales. [en línea]. Actuadores Industriales [ref. de 20 de abril de 2014]. Disponible en Web: http://tv.uvigo.es/uploads/material/video/1709/ISAID_tema7_2.pdf.
11. VÁSQUEZ, Rosa. *La domótica, casas inteligentes como solución del futuro y ahorro energético*. Panamá: Universidad de Panamá, 2013, 36 p.