

# Prototipo a Escala de Sistema Domótico de Bajo Costo

## Low-Cost Full-Scale Dome System

Juan-Carlos Travieso<sup>1</sup>, Claudia Chiappe<sup>1</sup>, Luis Morales<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Tecnologías Industriales, facultad Tecnológica,  
Universidad de Santiago,  
El Belloto 3735, Santiago, Chile,  
{juancarlos.travieso, chiape.claudia, luis, morales}@usach.cl

**Resumen.** Como parte del trabajo de grupo de Investigación de Tecnologías en Automatización de la Facultad Tecnológica de la Universidad de Santiago, se desarrolló el "Prototipo a escala de sistema domótico de bajo costo". Como requerimiento se consideró una casa de 140m<sup>2</sup>, un microcontrolador Arduino, dispositivos de comunicación inalámbrica, y mantener la parte de fuerza convencional. Se desarrolló el proyecto (estudio de antecedentes, diseño, adquisiciones, configuración y programación, pruebas) y fue obtenida una solución considerada la más barata del mercado Chileno, con un costo 88% menor que la solución identificada y a diferencia de esta última, la propuesta no requiere de alambrado adicional de control, contando con una red inalámbrica que posibilita su aplicación en casa nuevas y existentes.

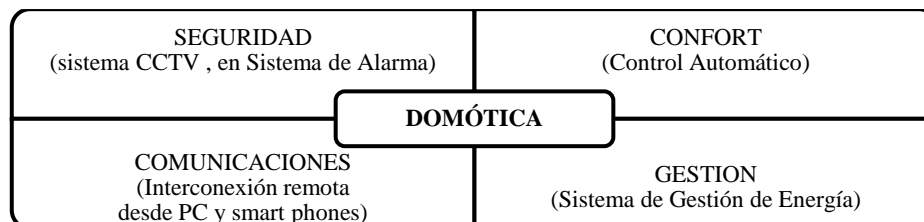
*Palabras clave: Domótica, microcontrolador, red inalámbrica.*

**Abstract.** The group of Research on Automation Technologies, from the Faculty of Technology of the University of Santiago, developed the "Scaled prototype of a low cost domotic system". As a requirement it should considered a house of 140m<sup>2</sup>, an Arduino microcontroller, wireless communication, and keeping the conventional power wiring. The project was developed (made the background study, the design, the purchasing, the configuration, programming, and testing) and the obtained solution is considered to be the cheapest on the Chilean market, costing 88% less than the identified solution and unlike this, it does not require additional control wiring, considering a wireless network that allows its application in new and existing buildings.

*Keywords: Domotic, microcontroller, wireless network.*

## 1 Introducción

Uno de los trabajos del grupo de Investigación de Tecnologías en Automatización de la Facultad Tecnológica de la Universidad de Santiago, consideró el desarrollo de un "Proyecto de Prototipo a Escala de Sistema Domótico de Bajo Costo". Partiendo de las áreas de control Domótico descritas en la Fig. 1 y la Tabla 1, se partió desarrollando sólo las áreas de CONFORT y COMUNICACIONES, considerando controlar inalámbricamente el encendido y apagado (control sólo de variables discretas) de los puntos de control en una maqueta a escala 1:25 de casa de dos plantas de 140 m<sup>2</sup>, 5 dormitorios, 3 baños, living, cocina, comedor, portón, terraza, patio, riego automático y cerradura de entrada eléctrica.



**Fig. 1.** Áreas de Control Domótico que entrega la solución existente en el mercado [1].

**Tabla 1.** Descripción de las áreas de control Domótico identificadas en la Fig. 1 y que entrega la solución existente en el mercado [1].

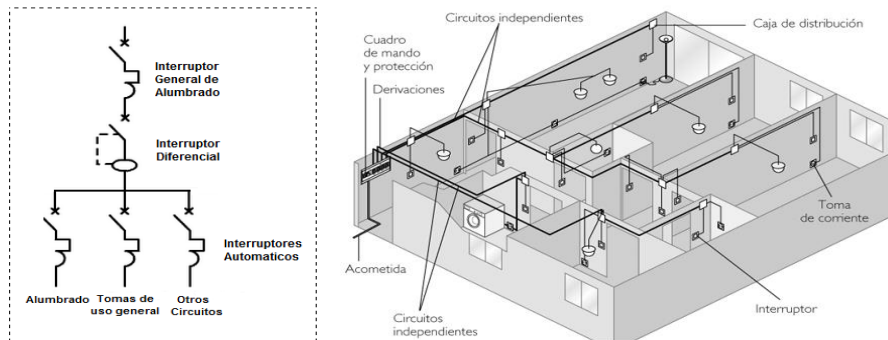
AREA DE CONTROL	DESCRIPCIÓN GENERAL	OBSERVACIONES
<b>CONFORT</b>	Supone toda la comodidad que ofrece la domótica entre el usuario y la vivienda.	Controlando el encendido y apagado de la iluminación. Pulsando un solo botón para apagar todas las luces, apagar la calefacción, y bajar todas las persianas al salir de casa. Con riego exterior automático
<b>COMUNICACIÓN</b>	Permite una mejor comunicación e interactividad entre la vivienda y el usuario.	Controlando la vivienda remotamente a través de internet.
<b>SEGURIDAD</b>	Nos permite detectar y alarmar la presencia de intrusos que se produzcan en la vivienda.	Mediante detectores de presencia, humo, gas, o escape de agua. Mediante simulación de presencia en la vivienda. Mediante avisos al teléfono celular de alarmas en la vivienda.
<b>GESTIÓN</b>	Gestiona el consumo energético de la vivienda para que exista el mínimo coste posible.	Encendiendo y apagando la climatización dependiendo de qué habitaciones están ocupadas. Regulando la intensidad de la iluminación dependiendo de la luz natural de la estancia. Utilizando las tarifas horarias de menor coste, y reducir así la factura.

Se comenzó por realizar un estudio de antecedentes, identificando la solución presente en el mercado de un sistema domótico. También se identificó otra posible solución de mercado en [1].

Luego se evaluaron los costos para la casa bajo estudio, se obtuvo que la solución del mercado de [1] tendría un costo de \$4.629.910 de pesos chilenos, agregando nuevas canalizaciones y cableado de control. En cambio, la segunda posible solución que impone el uso de ampollitas de la marca no pudo ser evaluada ya que no posibilita

control de riego y tampoco la apertura y cierre de un portón automático para autos, ascendiendo la cifra de la solución incompleta a \$731.230 pesos chilenos. Se dispuso entonces el desarrollo de una solución de menor costo y considera además los siguientes requerimientos técnicos del grupo de investigación:

- Uso de red inalámbrica [2], [3], en base de dispositivos Xbees, u otros.
- Monitoreo y comando desde diversos navegadores en un computador o teléfonos inteligentes, de acuerdo a los propuesto y probado en [4], [5].
- Uso del microcontrolador Arduino [3], posibilitando la interconexión con Matlab para futuras investigaciones de control de variables analógicas como la presentada en [6].
- Mantener la parte de fuerza convencional alamburada de acuerdo a la Norma Chilena Eléctrica 4/2003 para Instalaciones de Consumo en Baja Tensión, conforme lo identificado en la Fig. 2.



**Fig. 2.** Alambrado de fuerza convencional de la casa que no será intervenido por parte de la solución, la cual considera modificar solamente los interruptores.

El proyecto debía entonces agregar a los interruptores tradicionales un circuito de control que también posibilita el encendido-apagado de manera inalámbrica y remota.

## 2 Proyecto Desarrollado

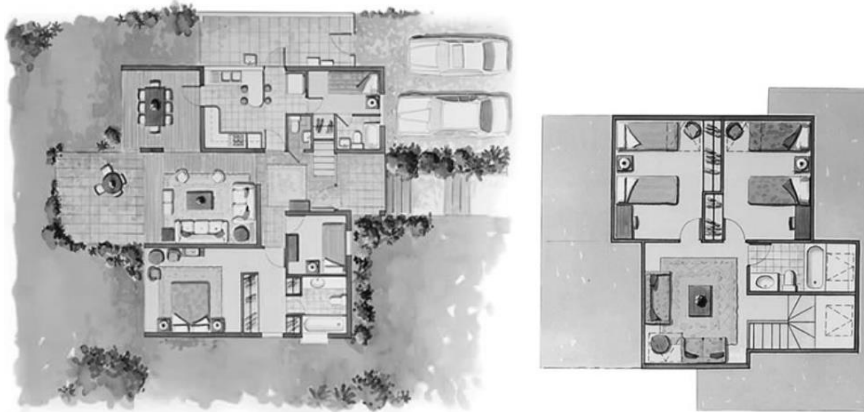
En esta Sección se describen el proyecto desarrollado en sus distintas etapas

### 2.1 Diseño y Selección de Componentes

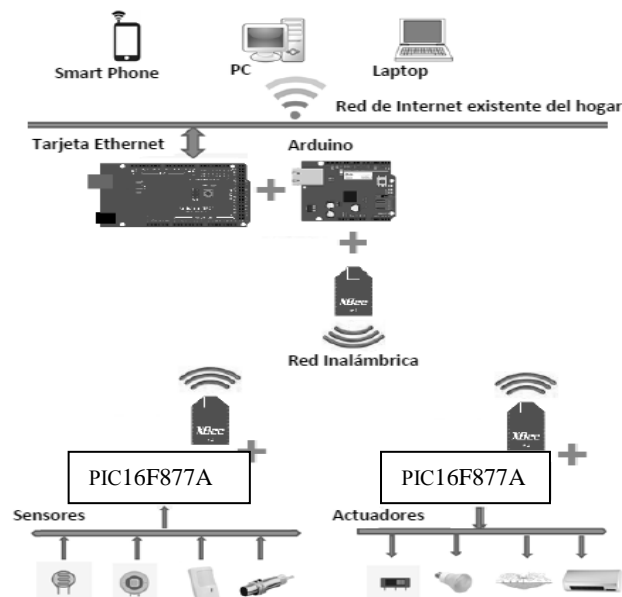
Primero se desarrollaron los planos de la maqueta electrónica descritos en la Fig.1 que posibilitaron construir la maqueta [1] e identificar sus 19 puntos de control: 15 luces para las diversas áreas, 2 electroválvulas de riego, 1 chapa eléctrica para la puerta de acceso al jardín y 1 portón automático para la entrada y salida de automóviles.

Luego se diseñó la arquitectura de control de la Fig. 3 que fue desarrollada según se detalla en [1] siguiendo algunas sugerencias de [2], posibilitando seleccionar las diversas componentes e interconectarlas entre sí. La misma está compuesta por con

comando central, una red de control inalámbrica y por los puntos de control de cada carga particular.



**Fig. 3.** Planos de la Casa de 140 m<sup>2</sup> diseñada y en base a los cuales se fabricó la maqueta electrónica para montar el nuevo sistema domótico.



**Fig. 4.** Arquitectura de control diseñada y en base a la cual se fabricó el nuevo sistema domótico.

### 2.1.1 Microcontrolador Arduino Seleccionado

En base a la cantidad de salidas requeridas de 24 (un 30% por encima de las 19 a emplear, según prácticas estándares de ingeniería), junto con el requerimiento de conexión a Internet, se seleccionó la placa Arduino Mega 2560 R3 [2]. Esta placa

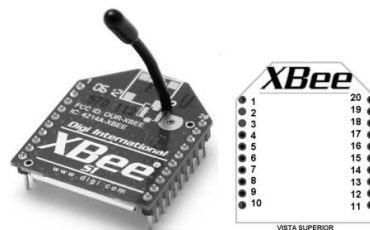
posibilita agregar la tarjeta de red Arduino Ethernet Shield para posibilita monitorear y controlar remotamente vía internet, similar a lo sugerido en [3].

**Tabla 2.** Tabla donde se identifican los distintos microcontroladores Arduino, sus características y que se empleó para seleccionar al Arduino Mega 2560R3.

Arduino	Uno	Leonardo	Mega 2560 R3	Nano	Pro Mini
Microcontrolador	ATmega 328	ATmega 32u4	ATmega 2560	ATmega 168	ATmega 328
Voltaje de Operación	5v	5v	5v	5v	3.3v o 5v
Pines Digitales I/O	14/14	20/20	54/54	14/14	14/14
Pines analógicos I/O	6/0	12/0	16/0	8/0	6/0
Pines PWM	2	7	15	2	2
Conexión Serial/UART	1	1	4	1	1
Memoria RAM	2KB	2.5KB	8KB	2KB	2KB
Memoria EEPROM	1KB	1KB	4KB	1KB	1KB
Memoria FLASH	32KB	32KB	256KB	32KB	32KB

### 2.1.2 Red Inalámbrica Seleccionada

En el desarrollo del kit domótico, se utilizaron dispositivos inalámbricos de radio frecuencia, denominados Xbee Serie 1 [1], los que poseen un alcance de 30 metros en interiores y 100 metros en exteriores, y una banda de radio libre sin requerir licencia.



**Fig. 5.** Foto del dispositivo Xbee S1 seleccionado y que se empleó para desarrollar la red inalámbrica de la solución domótica propuesta.

## 2.2 Listado y Adquisición de Materiales

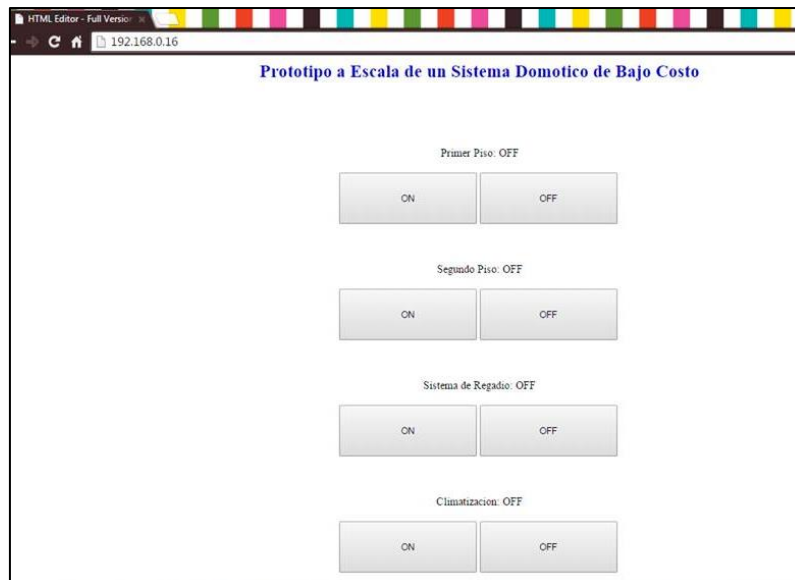
Una vez identificados los 19 puntos de control, la arquitectura de control y seleccionada la placa Arduino, se procedió a listar los materiales, cotizar y adquirir los mismos conforme lo descrito en la Tabla 3 [1].

**Tabla 3.** Lista de Materiales empleada para comprar los y distintos materiales y después para la construcción del prototipo.

Lista de Materiales (Cantidad)	Cantidad
<b>Comando Central</b>	
- Tarjeta de Arduino Mega 2560 (1)	1
- Tarjeta Arduino Ethernet Shield (1)	1
<b>Red Inalámbrica</b>	
- Módulo Xbee S1 Maestro (1)	1
- Módulo Xbee S1 Esclavo (14)	14
<b>Puntos de Control (19)</b>	
- Chip PIC 16F877A (19)	19
- Optoacopladores 4N36 (19)	19
- Sensor de Corriente (15)	15

## 2.3 Ensamblado, Programación y Pruebas

El comando central, compuesto el Arduino Mega 2560 y el Arduino Ethernet Shield, se configuró mediante el software Arduino. Luego en una laptop se asignó una dirección IP a la página de monitoreo y comandos, tal y como se muestra en la Fig. 7.



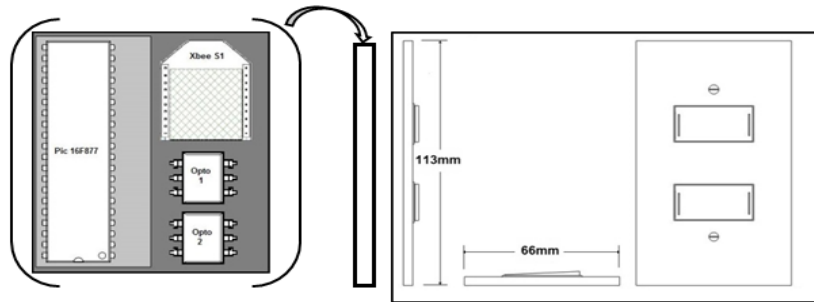
**Fig. 7.** Página Web diseñada para el monitoreo y comando, con IP asignada de 192.168.0.16

Luego se configuró la red inalámbrica, como punto a multipunto, para operar de acuerdo a la ubicación asignada en la Fig. 8, de manera similar a lo propuesto en [7].



**Fig. 8.** Plano de asignación de la ubicación de los interruptores donde se encontrarán los diversos puntos de red.

Finalmente, siguiéndola se agregaron los elementos de la Fig. 8 a los interruptores para monitorear y controlar, ocupando la puerta D del microcontrolador PIC 16F877.



**Fig. 8.** Diseño de circuitería a ser agregada dentro de cada interruptor para el encendido y apagado ya sea desde el interruptor como remotamente por parte del nuevo sistema.

### 3 Costos

En esta Sección se describen los costos comparativos de la solución, ver Tabla 4.

**Tabla 4.** Tabla de costos comparativa

Descripción de Partes (Cantidad)	Proyecto	Solución del mercado
Comando Central (1)	\$16.692	\$1.106.500
Red Inalámbrica (1)	\$358.370	\$711.980
Puntos de Control (19)	\$99.214	\$2.811.430
Otros (Ensamblado, Gastos Operacionales, Materiales Menores, Utilidad)	\$142.283	(distribuido en los costos)
<b>TOTAL</b>	<b>\$616.559 (12%)</b>	<b>\$4.629.910</b>

## 4 Conclusiones

Se desarrolló un “Prototipo a Escala de Sistema Domótico de Bajo Costo” el que fue probado en una maqueta a escala 1:25 de casa de dos plantas de 140 m<sup>2</sup>. Como resultado se controló inalámbricamente el encendido y apagado de las luces de 5 dormitorios, 3 baños, living, cocina, comedor, terraza, patio; así como también el control de un riego automático, y la apertura y cierre de una cerradura de entrada eléctrica y un portón para entrada y salida de autos. Todo esto controlado mediante dispositivos con acceso a internet, ya sea un computador personal o un teléfono inteligente. El prototipo domótico propuesto consideró el uso de un microcontrolador Arduino Mega 2560R3 con una tarjeta de red Arduino Ethernet Shield para la interconexión a la internet del hogar. También empleó una red de control inalámbrica para el interior de la casa, basada en el uso de dispositivos Xbee S1 y de un Chip PIC 16F877A.

La solución propuesta es 88% más barata que la solución identificada del mercado. Es de destacar también que esta podría implementarse en hogares nuevos y existentes sin modificar el alambrado de fuerza o canalizaciones convencionales, solamente agregando unas piezas en los interruptores existentes (el Xbee S1 y el PIC 16F877A).

El diseño fue realizado en base al microcontrolador Arduino, siendo una plataforma abierta que permite la interconexión con Matlab. Esto posibilitará como trabajo futuro la investigación y desarrollo de control de variables analógicas (GESTIÓN), tales como intensidad de la iluminación, temperatura y humedad.

## Referencias

1. Chiappe, C. y Morales, L.: Proyecto de Prototipo a Escala de Sistema Domótico de Bajo Costo, Trabajo de Titulación para optar al Título Profesional de Tecnólogo en Automatización Industrial. Universidad de Santiago, Chile, (2015).
2. Bonino, D. and Corno, F.: Modeling, simulation and emulation of Intelligent Domotic Environments, *Automation in Construction*, Volume 20, Issue 7, Nov. (2011), 967–981.
3. Bader M. O, Iman I. M, Mahdi H. M, Sami H. A., and Mohamed S.: Design and Implementation of a Reliable Wireless Real-Time Home Automation System Based on Arduino Uno Single-Board Microcontroller, *International Journal Of Control, Automation And Systems*, ISSN 2165-8277 (Print), Vol.3 No.3 July (2014), 11 – 15.
4. Pardo, M. Strack, G. and Martínez, D.: A Domotic System with Remote Access based on Web Services, *Journal of Computer Science and Tech.*, Vol. 8, No. 2, (2008), 91 – 96.
5. Thomas-Alvarez, N. and Mahdjoubib, L.: Testing the effectiveness of a web-based portal system for the building control sector, *Automation in Construction*, Vol. 29, Jan (2013), 196–204.
6. Bonino, D., Corno, F.: Rule-based intelligence for domotic environments, *Automation in Construction*, Vol. 19, Issue 2, March (2010), 183–196.
7. Wanga, S., Xua, Z., Lib, H., Hongb, J., and Shic, W.: Investigation on intelligent building standard communication protocols and application of IT technologies, *Automation in Construction*, Vol. 13, Issue 5, September (2004), 607–619