

Integración de técnicas de inteligencia artificial en ambiente domótico

Georgina Resendíz, Enrique Mendéz, Ana Luisa Sanchez, Fernando Gudiño

UNAM, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Departamento de Ingeniería,
Ciudad de México, México

{gmontserb, enr321, ana100394, fernando.gudino}@comunidad.unam.mx

Resumen. Para la comodidad y seguridad de los usuarios dentro de su vivienda se ha desarrollado el área de la Domótica que permite implementar soluciones de automatización y control inteligente. En este proyecto se ha implementado en un prototipo a escala la integración de tres secciones principales dentro de los sistemas domóticos: en el área de confort se implementa controlador difuso de aire acondicionado y controlador de gradiente de iluminación, para el área de seguridad se implementa un control de ingreso por reconocimiento de caras; para el área de automatización de elementos ON/OFF se usa un servidor web para explotar un service web de clima. Para la interacción del sistema domótico con el usuario se ha diseñado una interfaz intuitiva que facilita la manipulación de actuadores y la monitorización del estado de los sensores y demás elementos. Adicionalmente se integra el Sistema por medio de Webservices, lo que permite adaptarse al Internet de las Cosas IoT.

Palabras clave: automatización, casa inteligente, control difuso, domótica, prototipo, Internet de las cosas.

Integration of Artificial Intelligence Techniques in a Domotic Environment

Abstract. Domotics has been developed for the comfort and security of users in their homes, aiming to implement solutions on automatic and intelligent control. In this work, we have implemented a scale prototype integrating three main sections under the domotics systems: a fuzzy controller for air conditioning and a controller for gradient light have been implemented at the comfort area, a control system based on facial recognition has been applied in the security area, and an automated ON/OFF controller for electronic devices has been done in a web server to use a web service for climate monitoring. In addition, we designed and implemented an intuitive user interface for monitoring the state of the sensors and other electronic devices, as well

as for manipulating the actuators. Additionally, the system is integrated via Webservices aiming to adapt for the Internet of Things IoT.

Keywords: automation, intelligent house, fuzzy control, domotics, prototype, Internet of things.

1. Introducción

Una casa inteligente o Smart Home es aquella que posee una inteligencia ambiental y control automático, esto permite responder al comportamiento de sus habitantes y brindar diversas aplicaciones [3, 4, 6, 7, 10-12, 14]. Es importante destacar que una casa inteligente, además de estar automatizada, requiere de una conexión a Internet para permitir comunicar la información de ésta al dispositivo móvil, Tablet o computadora a través de aplicaciones móviles.

Las casas inteligentes han sido tema de investigación desde hace algunas décadas. Uno de los primeros trabajos en esta área fueron los “Smart Rooms”, los cuales fueron implementados por el MIT Media Lab, Pentland, en el año de 1996. Posteriormente, la domótica se continuó desarrollando teniendo tres grandes ramas: la rama asiática, liderada por Japón, que cuenta con equipos especializados bajo su tecnología y formatos propios; la rama estadounidense, que abarca el Norte de América, que presenta estándares diferentes a los japoneses; y la rama europea, que presenta la mayor calidad y cantidad de desarrollo tecnológico en esta área, así como la mayor cantidad de infraestructura y empresas instaladas.

En el estado actual, existen muchos tipos de casas inteligentes que se dividen en tres categorías principales según la aplicación [10, 20]:

1. Primera categoría: Provee servicios de detección y reconocimiento de las acciones o estado de salud de los habitantes para el cuidado de adultos mayores, cuidado del estado de salud y/o cuidado de niños.

2. Segunda categoría: Provee servicios de almacenamiento y recuperación de elementos multimedia (foto o video) capturados dentro de la casa inteligente.

3. Tercera categoría: Provee servicios de vigilancia, que permiten capturar datos del ambiente que al ser procesados brindan información que puede ayudar en la activación de alarmas, para proteger la casa inteligente y a sus habitantes de robos y desastres naturales (como inundaciones, entre otros).

Además, se encuentra un tipo especial de casa inteligente la cual ayuda a sus habitantes a reducir el consumo de energía mediante el monitoreo y control de los dispositivos y la reprogramación del tiempo de operación de acuerdo a la demanda de energía y suministro.

Cabe señalar que cada vez son más las soluciones domóticas que integran la inteligencia artificial en la automatización de la toma de decisiones y autonomía del sistema [2, 5, 7, 8, 10-12]

Una arquitectura centralizada en sistemas domóticos permite concentrar y administrar información y recursos desde un controlador centralizado, mismo que se encarga de enviar y recibir señales de los actuadores, interfaces y sensores [11].

Las soluciones domóticas dependen de los requerimientos del usuario; ya sea que necesite sistemas estandares, o que requiera de sistemas mas especializados, por lo cual se tiene una solución ad-hoc a cada persona o personas que habiten o interactuen con el Sistema. Los sistemas domóticos pueden ser controlados desde una variedad de interfaces que incluyen pero no se limitan a; computadora (via local, o remota por wLfi, bluetooH, Ethernet, etc) o dispositivo móvil (Smartphone, tablet, etc.)[1].

Uno de los elementos que diferencian a los sistemas domóticos de los sistemas tradicionales de automatización es la capacidad de explotar otros recursos adicionales a los que la propia casa tiene, tal es el caso de los servicios web, como predicción de clima, o adquisición de productos via elementos conectados a internet de la cosas (IoT) como refrigeradores o televisores inteligentes, lo cual permite incrementar la red a otros espacios vitales de los usuarios [3].

Hoy en día con el surgimiento del Internet de las cosas y la conexión a Internet de cualquier dispositivo tecnológico, es de suma importancia tener el control de los sistemas a grandes distancias a través de una red global de comunicaciones, por tal motivo, el desarrollo de una interfaz que pueda comunicarse y controlar por medio de la red de redes a cualquier dispositivo electrónico es de gran impacto comercial y científico. Más aún, si esta interfaz presenta una forma de interacción más natural entre el humano y el sistema a controlar, las ventajas de este sistema pueden aumentar con respecto a la inclusión de sectores poblacionales con distintos tipos de discapacidades físicas.

2. Prototipo de casa domótica

Se diseñó, contruyó y probó un prototipo de casa domótica implementado con controladores Arduino Mega [4, 15, 19], con una interfaz creada en Visual Studio 2015 que de acuerdo al tipo de usuario (administrador o usuario) se permite monitorear o controlar los índices de confort de los es-pacios habitables como son temperatura, humedad, aire acondicionado, iluminación, seguridad y automatización de elementos ON/OFF.

El prototipo implemntado se basa en los reglamentos para casa habitación establecidas por El Instituto del Fondo Nacional de la Vivienda para los Trabajadores y por Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal [22, 23]. En cuyos lineamientos se consideran las siguientes dimensiones como las minimas necesarias para una calidad de vida aceptable [23]: Frente del lote: 6 m y Fondo del lote: 15 m.

El plano arquitectónico se muestra en la Figura 1 y se considera una escala de 1:20. La habitaciones numeradas con I y VI representan las recamaras, el número II es el baño, mientras que III, IV y V refieren a la estancia, el comedor y la cocina respectivamente.

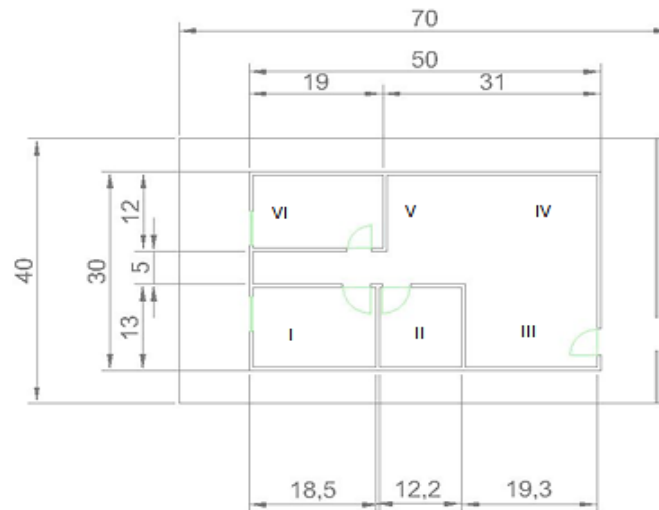


Fig. 1. Plano Arquitectónico del prototipo de Casa Domótica.

A continuación, se dará una breve descripción de las especificaciones funcionales del sistema de acuerdo a lo que se considera un usuario estandar.

2.1. Control de aire acondicionado

En el diseño del prototipo se realizó una distribución de seis habitaciones (sala, comedor, cocina, baño, habitación adultos, habitación niños) de las cuales solo a las tres que componen una habitación grande se les colocaron sensores de temperatura y se aplicó un controlador difuso tipo Sugeno [24] con dos entradas (temperatura y humedad) para determinar las salidas (nivel de velocidad y temperatura del aire acondicionado).

Las habitaciones que fueron acondicionadas son la sala, el comedor y la cocina. A dichas secciones se les colocaron tres sensores de temperatura que, usando la distribución de medias ponderadas, permiten regular el nivel de velocidad del ventilador para temperaturas altas y el ajuste de la calefacción para temperaturas bajas mediante el controlador tipo Sugeno.

Dentro del prototipo no se colocaron sensores en el pasillo por ser un espacio muy reducido y que no necesitaba de un control de temperatura. En el caso del baño no se colocó sensor por ser un lugar de humedad variable y, por lo tanto, no es recomendable colocarlo.

2.2. Control de iluminación

Para poder realizar el control de iluminación se dividió el prototipo en siete secciones. La primera sección corresponde a la sala, la segunda al comedor, la tercera a la cocina, la cuarta al baño, la quinta al pasillo entre las habitaciones, la sexta a la habitación de los adultos y la séptima a la habitación de los niños.

El desplazamiento dentro de las habitaciones debe ser de manera secuencial, esto se debe a que no se puede ir de una habitación a otra sin pasar por una intermedia, por ejemplo, si se quiere ir de la sala al baño obligatoriamente se debe de pasar por el pasillo.

El control de la iluminación se realiza por el método de gradiente por lo que al pasar de una habitación a otra se presentan cambios graduales en los niveles de iluminación, siempre y cuando la habitación destino esté ocupada previamente, esto con la finalidad de no deslumbrar a las personas que ya estaban en la habitación; de otra forma, si la habitación destino no está ocupada, el nivel de intensidad luminosa de la habitación destino se ajustará instantáneamente al nivel que tenga la habitación origen.

2.3. Control de ingreso

El sistema de ingreso se divide en dos partes, la primera es el acceso por RFID y reconocimiento facial, para mover automáticamente la cerca y la segunda es el acceso a la casa a partir de un teclado matricial con contraseñas y una cámara de reconocimiento facial.

Se colocó un módulo lector RFID RF para acceder al patio principal de la casa, cuando se le acerca un tag autorizado el controlador envía una señal al modulo de control que activa la camara de videovigilancia y toma una imagen de la cara del conductor, si tanto el tag como la imagen coincide con los datos almacenados por el Sistema se envía la señal de respuesta y se abre el acceso, al mismo tiempo que se enciende un led intermitente de advertencia.

Si el ingreso no se hace por la cerca y se hace via peatonal para poder ingresar a la vivienda se tendrá que colocar la contraseña correcta mediante el teclado matricial.

El sistema de acceso por teclado matricial permite ingresar una clave de acceso. Adicionalmente al presionar el teclado se envía una señal que active la camara de reconocimiento facial. En caso de que la contraseña sea incorrecta o el rostro no se encuentre en la base de datos, el sistema mostrará un error y encenderá un led rojo de advertencia si se continúa ingresando una contraseña incorrecta el sistema se bloqueará durante 30 segundos y pasado este tiempo se reiniciará. Si se presiona alguna tecla durante el bloqueo del sistema se activará una alarma sonora. Cuando, tanto la contraseña sea correcta y el rostro sea autorizado, se mostrará un mensaje de bienvenida para ingresar a la vivienda.

Por otra parte si el sistema detecta un intento de acceso no autorizado durante el tiempo en que los habitantes no se encuentran, se enviará un correo de advertencia con datos de la persona que intento entrar (imagen del a videocámara) y la hora del intento.

2.4. Automatización de elementos on/off

Dentro de los elementos a automatizar se tienen aparatos electricos que no tienen una interfaz electronica inteligente tal es el caso de una radio grabadora, un calentador eléctrico y diversas lámparas, los cuales se encuentran conectados a un módulo de relevadores respectivamente con su etapa de potencia, así también para las habitaciones de niños y de adultos se les implementaron cortinas controladas por servomotores. Todos estos elementos se pueden controlar desde la interfaz de usuario manipulando los botones hacia ON y OFF.

Además del control de las cortinas y los elementos de potencia también se pueden controlar el estado de los LEDs de la parte de iluminación por lo que se podrán encender o apagar estos elementos.

2.5. Automatización de elementos con webservice

Un servicio web (en inglés, web service o web services) es una tecnología que utiliza un conjunto de protocolos y estándares que sirven para intercambiar datos entre aplicaciones [18]. Con esta posibilidad se puede automatizar los sistemas de riego considerando la humedad relativa y la temperatura máxima del día, así como la cobertura de nubes. Si las condiciones se presentan de manera adecuada se activará el Sistema de riego, de lo contrario dicho Sistema no se ejecutara.

3. Arquitectura del sistema domótico

La arquitectura que presenta el sistema domótico es centralizada. Esto es debido a que se tiene una computadora que gestiona cada modulo e interactua con un microcontrolador que controla los sensores y elementos de las secciones de aire acondicionado, iluminación, automatización y control de ingreso con topología estrella, tal como se muestra en la Figura 2.

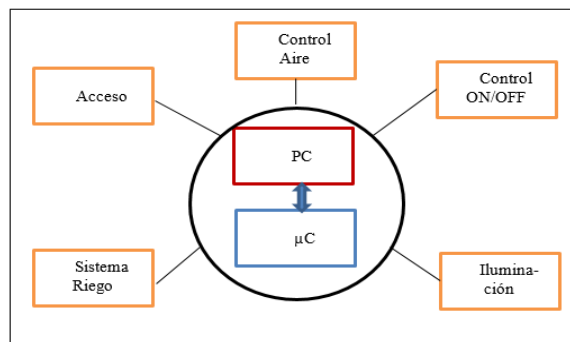


Fig. 2. Arquitectura general del Sistema Domótico.

3.1. Controlador difuso de aire acondicionado

El confort térmico es la sensación que expresa la satisfacción de los usuarios de los edificios con el ambiente térmico. Por lo tanto es subjetivo y depende de diversos factores: Temperatura del aire, Humedad relativa del aire, Movimiento de aire (flujo y velocidad), Temperatura media radiante, Factores personales (actividad laboral y cambio metabólico), Aislamiento térmico (Vestimenta de la persona) [6].

Como el cuerpo humano reacciona de maneras distintas ante el frío y el calor, se efectúan cálculos diferentes en invierno y en verano para medir la sensación térmica. Durante el invierno, se considera la influencia de la temperatura ambiente en combinación con la velocidad del viento. Por otra parte, durante el verano, el factor con mayor incidencia sobre la sensación térmica es la humedad, ya que ésta afecta directamente a la capacidad de generación de sudor de la piel. Dada las condiciones preponderantes en la república Mexicana se decidió solo considerar las condiciones de verano.

La lógica difusa surge entre los años sesenta y setenta propuesta por Lofti A. Zadeh [27]. Esta lógica permite simular los mecanismos de razonamiento humano para el control de sistemas, basados en la experiencia, proporciona un modelo matemático con el que se puede tratar la incertidumbre de los procesos cognitivos humanos y de este modo poder resolver problemas usando métodos matemáticos y computacionales.

Para el diseño de un controlador difuso de climatización se utiliza la arquitectura tipo Sugeno [24] con entradas provenientes de los diversos sensores de temperatura y humedad, las cuales primero son preprocesadas para posteriormente ingresar al Sistema difuso, como salidas se tiene la velocidad del ventilador y el tipo de aire (frío, caliente), tal como se muestra en la figura 3.

Para la variable de entrada temperatura, el universo de discurso se dividió en siete conjuntos difusos: mucho calor, bastante calor, algo de calor, neutral, algo de frío, bastante frío y mucho frío. Por otra parte la variable de entrada humedad se dividió en tres conjuntos: baja, media y alta.

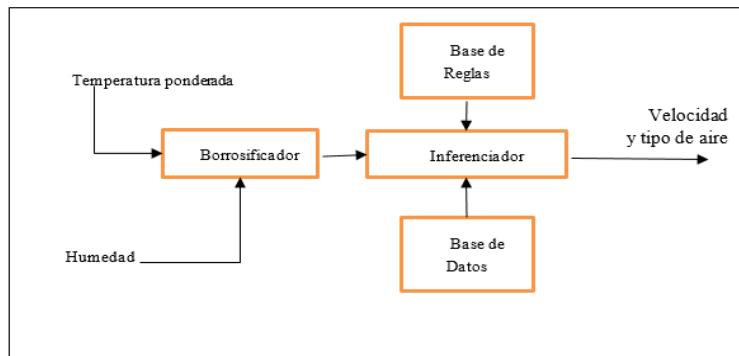


Fig. 3. Diseño del controlador difuso de aire acondicionado.

Por su parte la salida tipo de aire se divide en dos tipos: caliente y fría; mientras que control de velocidad esa dado por el controlador Sugeno

Se puede observar en la Figura 2 que el sistema no toma las entradas de temperatura directa, sino que esta es ponderada, para ello se utilizó la siguiente fórmula

$$T = w_i * t_i \quad (1)$$

En la cual w_i es el peso asignado por la distancia lineal de la sistema de aire acondicionado al sensor en particular. La justificación se base en el hecho de que la accionar el aire acondicionado, las diversas superficies se enfriaran o calentaran más rápido en función de la cercanía a la Fuente de aire.

3.2. Control de iluminación

La iluminación adecuada es primordial para el desempeño correcto de las actividades humanas, sin embargo, de los factores medibles: flujo luminoso, intensidad luminosa, luminancia e iluminancia, es esta última la que de manera recurrente podemos utilizar como parámetro de control.

Para poder implementar un Sistema de control de iluminación se decidió realizar un ajuste por medio de gradient, de acuerdo a la siguiente expresión.

$$L_i = L_{i-1} \pm \Delta L \quad (2)$$

En la cual ΔL se gradúa en cinco por ciento cada 5 segundos, con el fin de evitar el deslumbramiento de las personas que transitan entre las habitaciones de la casa, así como evitar que se pierda el nivel adecuado de iluminación actual.

3.3. Control de acceso por reconocimiento de caras

La visión artificial, es una disciplina que consiste en adquirir, procesar y modelar matemáticamente los procesos de percepción visual en los seres vivos, captando imágenes provenientes del mundo real, con la finalidad de generar datos numéricos o simbólicos que puedan ser cuantificados o codificados con la finalidad de utilizarlos en algoritmos y programas computacionales. Los datos recabados podrán ser utilizados en la toma de decisiones necesarias para llevar a cabo un proceso determinado. Un sistema con visión artificial puede, entre otras cosas, reconocer figuras y patrones. La combinación de estas características con un Sistema adicional de control provee un método robusto de control de ingreso.

Para el Sistema de reconocimiento de caras se optó por el método de Eigenfaces [9, 13, 25, 26], por ser un Sistema conocido y desarrollado por la mayoría de los lenguajes de programación mediante librerías, tal es el caso de OpenCV [16, 17, 24]. El desarrollo del Sistema se verifica en la Figura 4.

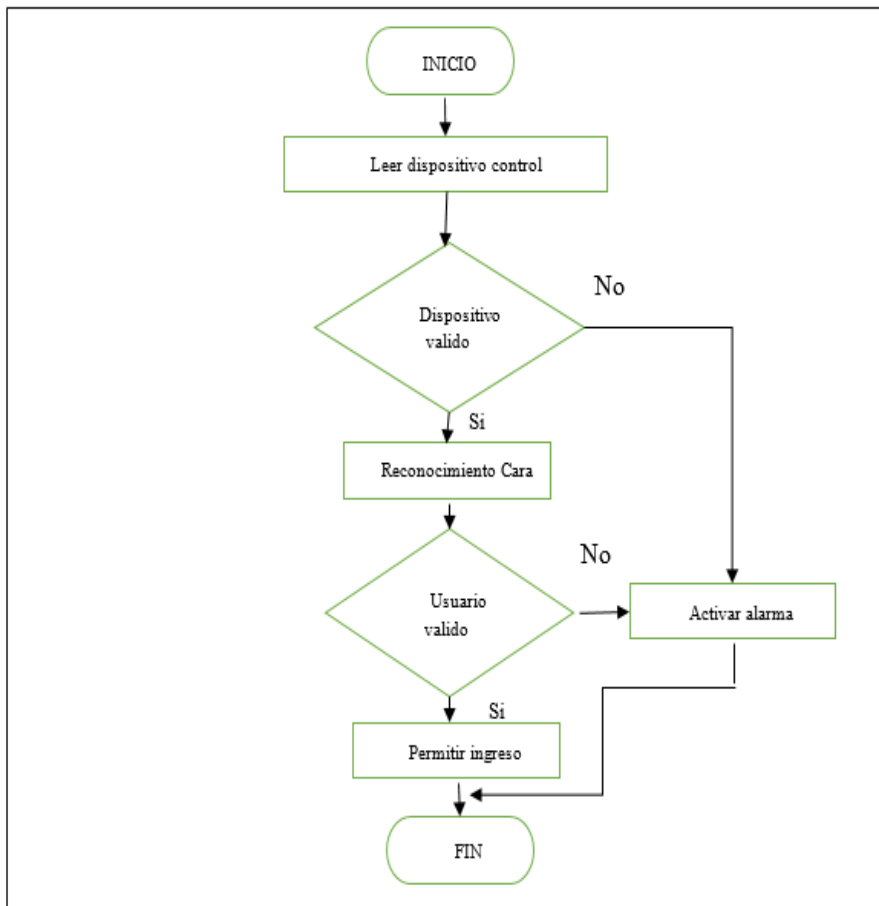


Fig. 4. Sistema de control de acceso por reconocimiento de rostros.

3.4. Automatización de sistema de riego

Para la explotación del servicio Web del Sistema meteorológico [21], se utiliza XMPP [18], protocolo abierto basado en XML (*eXtensible Markup Language*), diseñado para dar soluciones de comunicaciones en tiempo real.

Usando la tecnología de transmisión XML se intercambian elementos conocidos como *stanzas* entre dos entidades de una red. Una stanza se puede entender como una unidad básica de información. Un ejemplo del servicio web se muestra en la Figura 5.

Se observan diversos elementos, pero los de interés se relacionan con la probabilidad de precipitación, la humedad relativa y la temperatura máxima.

```
{
  "CityId": "MXAS0002",
  "Name": "Aguascalientes",
  "StateAbbr": "Ags.",
  "DayNumber": "0",
  "ValidDateUtc": "20170222T000000Z",
  "LocalValidDate": "20170222T070000Z",
  "HiTempF": "80",
  "LowTempF": "43",
  "HiTempC": "27",
  "LowTempC": "6",
  "PhraseDay": "Cielo mayormente despejado. Máxima de 26 C. Vientos del ESE y variable.",
  "PhraseNight": "Cielo mayormente despejado. Mínima de 6 C. Vientos del ENE y variable.",
  "SkyText": "Mayormente soleado",
  "ProbabilityOfPrecip": "0",
  "RelativeHumidity": "4",
  "WindSpeedMph": "1",
  "WindSpeedKm": "2",
  "WindDirection": "147",
  "WindDirectionCardinal": "SSE",
  "CloudCoverage": "23",
  "UvIndex": "6",
  "UvDescription": "Alto",
  "IconCode": "65",
  "IconCodeNight": "97",
  "SkyTextNight": "Despejado",
  "Latitude": "21.88",
  "Longitude": "-102.3"
}
```

Fig. 5. Servicio web explotado para el control de riego.

4. Implementación de prototipo y resultados

Finalizado el trabajo de diseño, construcción y prueba del prototipo se comprobó que el sistema domótico funcionó adecuadamente. Se obtuvieron fotografías de la vista frontal, superior y trasera del prototipo de casa domótica que se muestran en las Figuras 6,7 y 8.



Fig. 6. Prototipo de casa domótica (vista frontal).

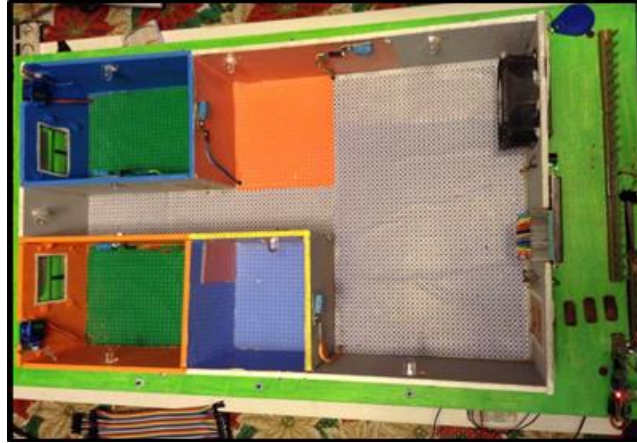


Fig. 7. Prototipo de casa domótica (vista superior).

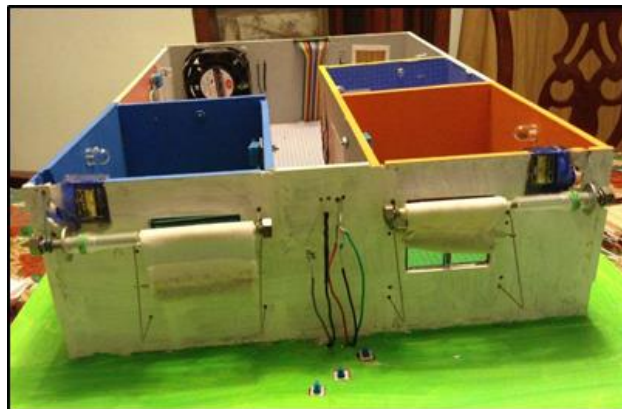


Fig. 8. Prototipo de casa domótica (vista trasera).

Se probó la interacción del usuario a través de la interfaz de Visual Studio 2015 para el monitoreo o control de los elementos del sistema domótico, obteniendo resultados satisfactorios tanto para la interfaz de usuario como la de administrador.

Se realizó un análisis de los costos directos e indirectos del Proyecto. De acuerdo a los valores de costos totales. La Tabla 1 muestra un comparativo de los precios comerciales de un Sistema similar y el propuesto¹.

¹ Los precios están en moneda nacional

Tabla 1. Comparativo de precios de un Sistema comercial y el implementado en el prototipo.

Área	Precio Sistema comercial	Precio propuesto
Seguridad	7000	3000
Iluminación ²	2200	1200
Temperatura ²	2000	1000
Potencia ³	1000	500

Se observa que el proyecto es viable si se va a comercializar debido a que el precio de venta es inferior a soluciones comerciales que duplican o triplican sus costos. Adicionalmente el mantenimiento del sistema es reducido y la escalabilidad es mayor.

5. Conclusiones

Se cumplieron los objetivos planteados en el desarrollo del prototipo de casa domótica, logrando integrar satisfactoriamente todos los elementos de un sistema domótico en una sistema funcional. Así mismo se lograron instrumentar diferentes tipos de sensores, adquiriendo nuevos conocimientos acerca de su funcionamiento.

Este proyecto nos permitió determinar las condiciones de un entorno favorable (temperatura, humedad, iluminación) que permitan tener un ambiente confortable para el usuario, con base a esto se lograron automatizar las funciones de aire acondicionado mediante un controlador difuso, iluminación de acuerdo al método de gradiente, automatización de elementos on/off explotando servicios Web y control de ingreso por reconocimiento facial, desarrollando una interfaz amigable para facilitar el monitoreo y control de los mismos.

Así también, se concluyó que un proyecto domótico involucra una gran inversión de tiempo y recursos, tanto de capital humano como de material y herramientas, por lo cual los precios a la venta de este tipo de proyectos suelen ser elevados. Esto nos ha motivado a continuar dentro de esta área para el futuro desarrollo de una empresa de soluciones domóticas.

Adicionalmente el sistema propuesto, permite una fácil y rápida interacción con Internet de las cosas, ya que puede comunicar hardware-hardware de forma autónoma y manual. Este sistema también presenta una alternativa para personas con capacidades diferentes, ya que presenta una flexibilidad de reconfiguración personal.

² Precio por habitación.

³ Precio por elemento a instrumentar.

Referencias

1. Acampora, G., Cook, D. J., Rashidi, P., Vasilakos, A. V.: A survey on ambient intelligence in healthcare. In: Proceedings of the IEEE, Vol. 101, No. 12, pp. 2470–2494 (2013)
2. Alfano, G., Cannistraro, G., D'Ambrosio, F. R., Rizzo, G.: Notes on the use of the tables of standard ISO 7730 for the evaluation of the PMV index. *Indoor Built Environment* (1996)
3. Atzori, L., Iera, A., Morabito, G.: The internet of things: A survey. *Computer networks*, Vol. 54, No. 15, pp. 2787–2805 (2010)
4. Baraka, K., Ghobril, M., Malek, S., Kanj, S., Kayssi, A.: Low cost arduino/android-based energy-efficient home automation system with smart task scheduling. *Computational Intelligence, Communication Systems and Networks (CICSyN), Fifth International Conference on, IEEE*, pp. 296–301 (2013)
5. Brush, A. J., Lee, B., Mahajan, R., Agarwal, S., Saroiu, S., Dixon, C.: *Home Automation in the Wild: Challenges and Opportunities*. Microsoft Research (2011)
6. Ciriza, P.: Evaluación del Bienestar térmico en locales de trabajo cerrado INSHT. Spain (2013)
7. Cook, D. J.: An agent-based smarthome. In: *Pervasive Computing and Communications, Proceedings of the First IEEE International Conference on, IEEE*, pp. 521–524 (2003)
8. Cook, D. J.: Ambient intelligence: technologies, applications and opportunities. *Pervasive and Mobile Computing*, Vol. 5, pp. 277–298 (2009)
9. Cubero, S., Aleixos, N., Moltó, E., Gómez-Sanchis, J., Blasco, J.: Advances in machine vision applications for automatic inspection and quality evaluation of fruits and vegetables. *Food and Bioprocess Technology*, Vol. 4, No. 4, pp. 487–504 (2011)
10. De Silva, L.C.: State of the art of smart homes. *Eng. Appl. Artif. Intel.* (2012)
11. Dobelle, W. H.: Artificial vision for the blind by connecting a television camera to the visual cortex. *ASAIO journal*, Vol. 46, No. 1, pp. 3–9 (2000)
12. Henríquez, M., Palma, P.: Control automático de condiciones ambientales en domótica usando redes neuronales artificiales. *Información tecnológica*, Vol. 22, No. 3, pp. 125–139 (2011)
13. Hjelmås, E., Low, B. K.: Face detection: A survey. *Computer vision and image understanding*, Vol. 83, No. 3, pp. 236–274 (2001)
14. Li, R. Y. M., Li, H. C. Y., Mak, C. K., Tang, T. B.: Sustainable Smart Home and Home Automation: Big Data Analytics Approach. *International Journal of Smart Home*, Vol. 10, No. 8, pp. 177–198 (2016)
15. Monk, S.: *30 Arduino Projects for the evil genius*. United States of America: McGraw-Hill, pp. 61–67 (2010)
16. Pulli, K., Baksheev, A., Korniyakov, K., Eruhimov, V.: Real-time computer vision with OpenCV. *Communications of the ACM*, Vol. 5, No. 6, pp. 61–69 (2012)
17. Uke, N., Thool, R.: Moving vehicle detection for measuring traffic count using opencv. *Journal of Automation and Control Engineering*, Vol. 1, No. 4 (2013)
18. Saint-Andre, P.: *Extensible messaging and presence protocol (XMPP): Core* (2011)
19. Fitzgerald, S.: *Arduino Libro de Proyectos*. Torino, Italia: Arduino LLC, pp. 137–143 (2013)
20. *Home Automation & Wiring*. New York: McGraw-Hill/TAB Electronics (1999)
21. Pronostico Por Ciudades GZ. Sistema Meteorológico Nacional. Mexico, <http://smn.cna.gob.mx/es/web-service-api> (2017)

22. Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal. Diario Oficial dela Federación, 3 de julio de 1987 (1987)
23. Dimensiones minimas de vivienda de acuerdo a disposiciones y reglamentos oficiales. INFONAVIT (2006)
24. Sugeno, M.: Theory of fuzzy integrals and its applications. Ph.D. thesis, Tokyo Institute of Technology, Tokyo, Japan (1974)
25. Turk, M., Pentland, A.: Face recognition using eigenfaces. In: Proc. IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pp. 586–591 (1991)
26. Youssif, A. A., Asker, W. A.: Automatic facial expression recognition system based on geometric and appearance features. Computer and Information Science, Vol. 4, No. 2, pp. 115 (2011)
27. Zadeh, L. A.: Fuzzy sets. Information and control, Vol. 8, No. 3, pp. 338–353 (1965)