

Buses y protocolos de comunicación para instalaciones domóticas

Rafael Rojas-Rodríguez^{1,2}, Rita Marina Aceves-Pérez¹, Obed Cortés-Aburto¹, Luis Gerardo Vela-Valdés², Salvador Antonio Arroyo-Díaz¹ y Carlos García-Meneses¹

¹ Universidad Politécnica de Puebla (Méjico)

² Centro Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico (Méjico).

DOI: <http://dx.doi.org/10.6036/7009>

1. INTRODUCCIÓN

Un bus de comunicación es aquel camino físico a través del cual se envía información desde un emisor hasta un receptor; pueden ser catalogados como:

- *buses guiados*: donde la información se transmite confinándola a lo largo de un camino (medio) físico, como por ejemplo un cable
- *buses no guiados*: son aquellos en los que la información se transmite a través del aire, mar o espacio de manera inalámbrica y se utilizan señales de radio frecuencia o infrarrojas.

Por otro lado, se entiende por protocolo de comunicación el conjunto de reglas, normalizadas, destinadas a permitir el flujo de información entre equipos, de forma que su representación, señalización, autenticación y detección de errores esté claramente definida y controlada. [1]

Considerando lo anterior, el diseño y desarrollo de un sistema domótico se realiza de manera independiente de los dispositivos de control que se utilizarán; es decir se busca que la conexión entre sensores, procesadores y actuadores del sistema sea eficiente, sencilla y confiable. Para lograr lo anterior se tienen los siguientes factores de evaluación aplicables al bus y protocolo de comunicación.

- Ancho de banda: espectro de frecuencia que el medio soporta para transmitir la información.
- Longitud: distancia máxima a la que puede transmitir la información.

- Fiabilidad de transferencia: determina la calidad de la transmisión, evaluada en porcentaje de errores entre el número de bits enviados.
- Aplicación: tipo de instalación necesaria así como la distancia que puede cubrir.
- Restricciones de aplicación: condiciones en las que se ha de evitar el uso del medio de transmisión.
- Topología: diferentes tipos de conexión que es posible adoptar.
- Facilidad y costos de instalación: complejidad para realizar la instalación del bus,
- Seguridad: dificultad con la que las señales transmitidas pueden ser intervenidas. [2]

2. MEDIOS DE TRANSMISIÓN GUIADOS

Son considerados como un sistema de cableado, definido como la organización de cables dentro de un edificio, que recoge las necesidades de comunicación actuales y futuras de una empresa o como un cableado estructurado, que es una red de cables y conectores en número, calidad y flexibilidad de disposición suficientes que nos permite unir dos puntos cualesquiera dentro del edificio para cualquier tipo de red, el cual consiste en usar un único tendido para todos los servicios que se quieran prestar y centralizarlo para facilitar su administración y mantenimiento. [3]

La normativa aplicable a los sistemas de cableado estructurado son: ISO/IEC IS11801, EN50173 y ANSI/EIA/TIA568A, en donde se observa la catalogación de los diferentes tipos de cable: *Clase A*: Soporta aplicaciones hasta 100kHz y distancias de hasta 3km. *Clase B*: Soporta aplicaciones de hasta 1MHz, y distancias de 1km. *Clase C*: Soporta aplicaciones que trabajan hasta 16MHz y distancias hasta 250metros, y *Clase D*: Soporta aplicaciones de hasta 100MHz a distancias hasta 150metros.

2.1. CABLE COAXIAL

Consta de dos conductores concéntricos que comparten un eje de simetría, el central llamado “vivo”, constituido generalmente por un solo hilo de cobre, lleva la información; y el exterior, hueco, llamado malla o blindaje, sirve como referencia de tierra y retorno de la señal, hecho de cobre o de una lámina plegada o enrollada, la que aporta esfuerzo estructural al conjunto y determina la rigidez y el radio de curvatura; están separados por una capa de aislante dieléctrico que determina la calidad del cable y los tipos de señales que transmite, todo el conjunto está protegido por una cubierta aislante de distintos tipos según su uso.

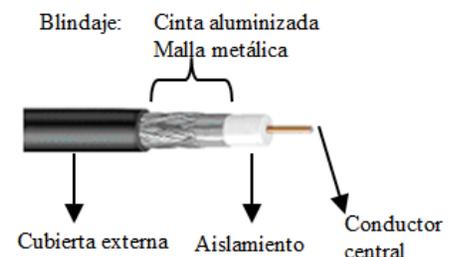


Fig. 1: Estructura interna de cable coaxial

Comercialmente existe en dos presentaciones:

- de 50 Ohmios: se utiliza en transmisión digital, se denomina cable coaxial de banda base y su velocidad de transmisión está entre los 10Mbps y 12Mbps.
- de 75 Ohmios: se utiliza en la transmisión de datos analógicos, se denomina cable coaxial de banda ancha y transporta señales analógicas de hasta 400MHz.

2.2. PAR TRENZADO

Compuesto por dos cables de cobre o de aluminio, bajo una cubierta aislante y trenzados entre sí, el grosor de los hilos varía en el orden de 1 milímetro, así como en el número de vueltas por pulgada, este trenzado se utiliza para evitar las interferencias. Un cable suele llevar varios hilos, típicamente 4 u 8. Normalmente se realiza un balanceo de pares, de forma que dos cables lleven señales paralelas y adyacentes (modo diferencial), además son combinadas

mediante sustracción en el destino, a mayores distancias los efectos del ruido se acumulan y precisan filtrados y correcciones adicionales, estos efectos aumentan con las velocidades de transmisión realizadas, apareciendo fenómenos denominados “*crosstalk*” y “*alien crosstalk*” que limitan el destrenzado en las conexiones y elementos finales, de esta forma se han alcanzado los actuales estándares disponibles en redes con velocidad de transmisión en el orden de Gbps.

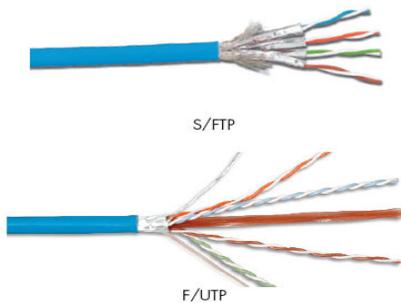


Fig. 2: Cable par trenzado apantallado y no apantallado

Comercialmente existen dos tipos de cable: *par trenzado no apantallado* que se utiliza como cableado estructurado, principalmente para redes de comunicación Ethernet hasta de Gbps, normalizado en Estados Unidos bajo la TIA/EIA-568-B e internacionalmente bajo ISO/IEC IS11801 y *par trenzado apantallado* utilizado en condiciones especiales de aislamiento en entornos con exceso de interferencias o por necesitarse señales especialmente limpias, imprescindibles en redes de alta velocidad. Es necesario utilizar cableado FTP para alcanzar distancias de 100m y velocidades de 1Gbps. [1]

2.3. CABLES DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Esta tecnología aprovecha los cables de energía eléctrica previamente instalados en las casas, por lo tanto no se requiere de una infraestructura nueva; es necesario digitalizar la información a transmitir y adaptarla al medio de transmisión, las mejoras en la codificación y modulación han permitido conseguir velocidades de decenas de Mbps convirtiendo la instalación eléctrica en una LAN a la que se pueden conectar

diferentes aparatos electrodomésticos. El principio de funcionamiento de esta tecnología se basa en la posibilidad de añadir una onda portadora, cuya frecuencia oscila entre los 20 kHz y 200kHz, en el cableado doméstico desde un transmisor, esta onda portadora es modulada por señales digitales. [4]

2.4. FIBRA ÓPTICA

Su funcionamiento está basado en la transmisión de señales luminosas, la luz enviada queda confinada a la fibra y se propaga por el interior rebotando en las paredes. Existen dos tipos de fibra:

- *monomodo* en la que hay un único rayo y la fibra se comporta como un guía-ondas, la luz se propaga a través de ella sin dispersión, en este tipo se utilizan LED laser
- *multimodo* la transmisión de un pulso de luz, que equivale a un bit, genera múltiples rayos de luz puesto que se trata de luz normal no coherente y utiliza LED regulares. [4]

En la Tabla 1 se muestra una comparativa entre los buses expuestos respecto de su velocidad de transmisión,

ancho de banda y la distancia entre repetidores en caso de ser necesario.

3. MEDIOS DE TRANSMISIÓN NO GUIADOS

En estos, la información a transmitir no está confinada a un camino físico, tanto la transmisión como la recepción se llevan a cabo mediante antenas; en la transmisión la antena radia energía electromagnética en el medio (normalmente al aire), y en la recepción la antena capta las ondas electromagnéticas del medio que las rodea. La transmisión no guiada se realiza de dos formas: radiofrecuencia e infrarrojos. La configuración para las transmisiones no guiadas puede ser direccional, donde la energía electromagnética se concentra en un haz, por lo que las antenas deben estar alineadas, y omnidireccional cuando la radiación se hace de manera dispersa, emitiendo en todas direcciones pudiendo, la señal ser recibida por varias antenas. Este medio de transmisión parece, en principio, idóneo para el control de sistemas domóticos a distancia debi-

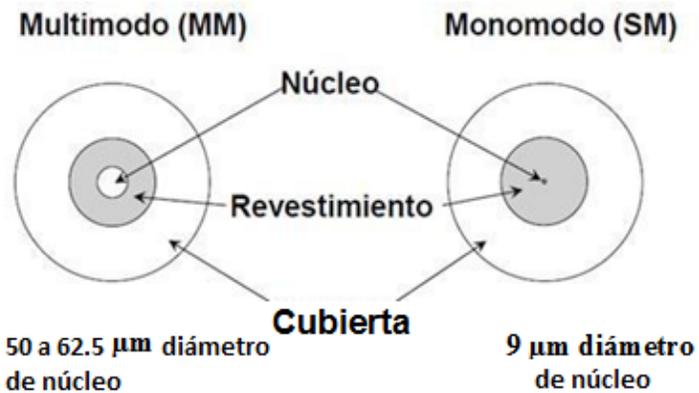


Fig. 3: Fibra óptica multimodo y monomodo

Medio de transmisión	Velocidad de transmisión	Ancho de banda	Distancia Máxima entre repetidores
Cable coaxial	500Mbps	350MHz	10km
Par trenzado	4Mbps	3MHz	10km
Cables de energía eléctrica	100Mbps	27MHz	Hasta encontrar un transformador en la línea eléctrica
Fibra Óptica	2Gbps	2GHz	100km

Tabla 1: Comparación de medios de transmisión guiados

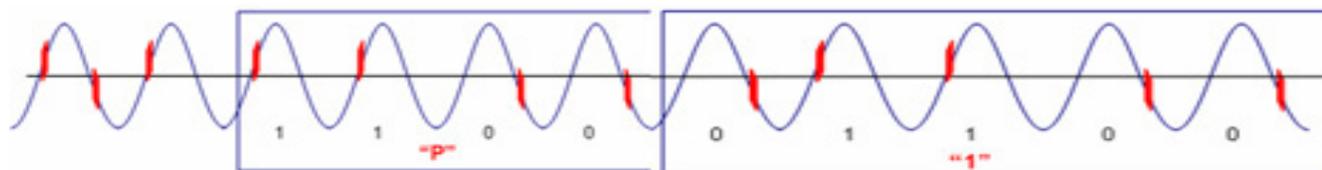


Fig. 5: Código X-10

do a la gran facilidad y flexibilidad de uso sin embargo, es altamente sensible a perturbaciones electromagnéticas producidas por los mismos medios de transmisión así como por los diferentes electrodomésticos en el interior de las viviendas. [5]

4. PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN

4.1. INSTABUS-EIB

Desarrollado por la EIBA (*European Installation Bus Association*) es un sistema descentralizado utilizado para el control de los dispositivos eléctricos y electrónicos instalados en una vivienda mediante un bus de comunicación tipo par trenzado, permite que todos los componentes eléctricos estén interconectados entre sí, de esta manera es posible que cualquier dispositivo controle a otro, independientemente de la distancia entre ellos y de su ubicación. Es un sistema destinado, fundamentalmente, a obras de nueva construcción o de reforma, porque requiere una preinstalación a nivel de canalizaciones y cajas de registro, además, es necesaria la utilización de herramientas de programación, permite la conexión de hasta 14,400 dispositivos sin controlador central. Utiliza la técnica CSMA/CA (*Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance*), lo que significa que todos los dispositivos están autorizados a iniciar la comunicación

sí el Bus se encuentra disponible; sí los dispositivos intentan acceder al mismo tiempo al Bus de comunicación, detectarían una posible colisión y el que tenga prioridad seguirá transmitiendo. Algunos de los requerimientos de este protocolo son: disponer de fuentes de alimentación, la longitud del bus no deber superar los 1,000m, la distancia entre la fuente de alimentación y un dispositivo debe ser menor a 350m, la distancia máxima entre dispositivos no puede superar los 750m. En la Fig. 4 se muestra la estructura del mensaje, llamado telegrama. [6]

4.2. X-10

Estándar de comunicación para transmitir señales de control entre equipos de automatización del hogar a través de la red eléctrica, adoptado por diferentes marcas de electrodomésticos en todo el mundo haciéndolos compatibles entre sí. Se distinguen cuatro tipos de dispositivos: transmisores, que envían una señal especialmente codificada de bajo voltaje, que es superpuesta sobre el voltaje del cableado permitiendo controlar hasta 256 dispositivos; receptores que actúan dependiendo de las instrucciones emitidas por los transmisores; bidireccionales al igual que los receptores, actúan dependiendo de las instrucciones recibidas, además de enviar información en la que indican su estado, y por último los inalámbricos, a los que es posible conectarse a través de un bus no guiado. Se trata de un protocolo que se rige bajo el principio *Plug & Play*.

Las señales enviadas por los dispositivos deben ser añadidas a la línea eléctrica lo más próximas al cruce por cero del voltaje de corriente alterna para esto, el transmisor utiliza un oscilador opto-acoplado que vigila el paso por cero de la señal sinusoidal. Un 1 binario se representa por un pulso de 120KHz durante 1 milisegundo y el 0 binario se representa por la ausencia de ese pulso, por lo tanto la velocidad de transmisión estará dada por la frecuencia de la señal de corriente alterna, para Europa 50bps y para América 60bps.

La transmisión completa de un orden X-10 necesita once ciclos de corriente alterna, esta trama se divide en tres campos de información: los dos primeros representan el código de inicio, los cuatro siguientes el código de casa y los cinco últimos un código numérico o bien el código función. En la Figura 5 se muestra la trama de información; para todo el mensaje, excepto el código de inicio, se tiene que enviar la información y su complemento, es decir cuando se envía un 1 binario, en el siguiente semiciclo se debe de enviar un 0 y viceversa. [7]

4.3. BLUETOOTH-IEEE 802.15.1

Enlace de radio de corto alcance asociado a las redes de área personal inalámbricas, opera de los 2.4 a 2.48GHz, con la capacidad de transmitir en modo *full-duplex*, con un máximo de 1600 saltos por segundo. Los saltos de frecuencia se dan entre un total de 79 frecuencias con intervalos de 1MHz; esto permite dar seguridad y robustez, la velocidad de transmisión de 78kbps, y pueden ser usados: 721kbps en transferencia de datos unidireccional o simplex, 57.6kbps en la dirección de retorno o *duplex*; o bien 432.6kbps en transferencia de datos simétrica que sólo se da cuando los dispositivos que se comuniquen estén a la misma distancia de un dispositivo maestro. La distancia efectiva de operación está en 10m en línea de vista entre el emisor y el receptor, sin

Campos y bits que forman el telegrama						
Control	Dirección de origen	Dirección de destino	Contador de ruta	Longitud de la información	Información	Seguridad
8	16	17	3	4	16*8	8
Telegrama de 8 a 23 caracteres 20ms a 40ms						

Fig. 4: Telegrama de protocolo INSTABUS-EIB

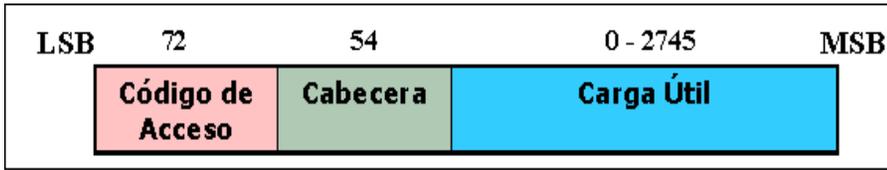


Fig. 6: Trama de bits del protocolo Bluetooth

embargo, en aplicaciones domóticas, en donde se tienen muros que imposibilitan la línea de visión, esta distancia se ve reducida significativamente. [4]

Cada paquete comienza con 72bits de código de acceso derivados de la identidad del maestro después sigue una cabecera con información de control compuesta por 54 bits y por último la información útil que puede ser desde 0 hasta 2756 bits. La Figura 6 muestra dicha situación.

4.4. WI-FI-IEEE 802.11

La familia de estándares IEEE 802.11 (802.11a, 802.11b y 802.11g), conocida como WiFi, tiene asignadas las bandas ISM (Industrial, Scientific and Medical) 902-928MHz, 2.400-2.4835GHz, 5.725-5.850GHz para uso

en redes inalámbricas. La gran velocidad de transmisión, de 1 y 11Mbps para 802.11b y hasta 54Mbps para 802.11a/g con un costo reducido lo hace una de las mejores opciones para la transmisión de datos y redes de telefonía empleando VoIP. Las ventajas de este protocolo son: bus no guiado; una vez configurada una red, es posible acceder a ella sin tener gastos en la infraestructura. Las desventajas son, al igual que la mayoría de las tecnologías inalámbricas, la menor velocidad de transmisión comparada con un bus guiado, así como las relacionadas al campo de la seguridad y la incompatibilidad con otros protocolos. La distancia máxima para la transmisión en aplicaciones domóticas ronda los 25 m. En la Figura 7 se muestra la trama del protocolo. [4]

Trama del protocolo WI-FI-IEEE 802.11									
Control de trama	Duración	Dirección	Dirección 1	Dirección 2	Dirección 3	Sec.	Dirección 4	Datos	CRC
2 Bytes	2 Bytes	6 Bytes	6 Bytes	6 Bytes	6 Bytes	2 Bytes	6 Bytes	0-2312 Bytes	4 Bytes

Fig. 7: Trama de protocolo WI-FI

4.5. ZIG BEE

Protocolo basado en el IEEE 802.15.4 para redes inalámbricas de área personal, permite la comunicación entre dispositivos de diferentes fabricantes. Está diseñado para satisfacer la demanda de comunicación entre varios dispositivos de baja potencia en una red inalámbrica, tiene dos tipos de recursos, FFD (*Full Function Device*) encargado del control de la red y enrutamiento de paquetes y RFD (*Reduce Function Device*) encargado de los nodos esclavos. El objetivo de esta tecnología es obtener sensores que tengan un muy bajo consumo energético, una velocidad de transmisión entre 20Kbps y 50Kbps, con un rango de operación de 20 a 30m y que opere en las bandas libres de 2.4GHz a nivel global, 858MHz para Europa y 915MHz para América. Una red Zig Bee puede tener hasta 254 nodos, según la agrupación se pueden crear hasta 255 conjuntos o *clusters*, con lo que sería posible tener hasta 64,770 nodos conectados en las diferentes topologías de red. [8]

4.6. LON WORKS-LON TALK

Se aprobó como estándar americano con código ANSI/CEA-709.1-B en 1999 y en 2005 en Europa con denominación EN-14908. Es un sistema con arquitectura descentralizada en el que el microcontrolador gestiona las comunicaciones y el control

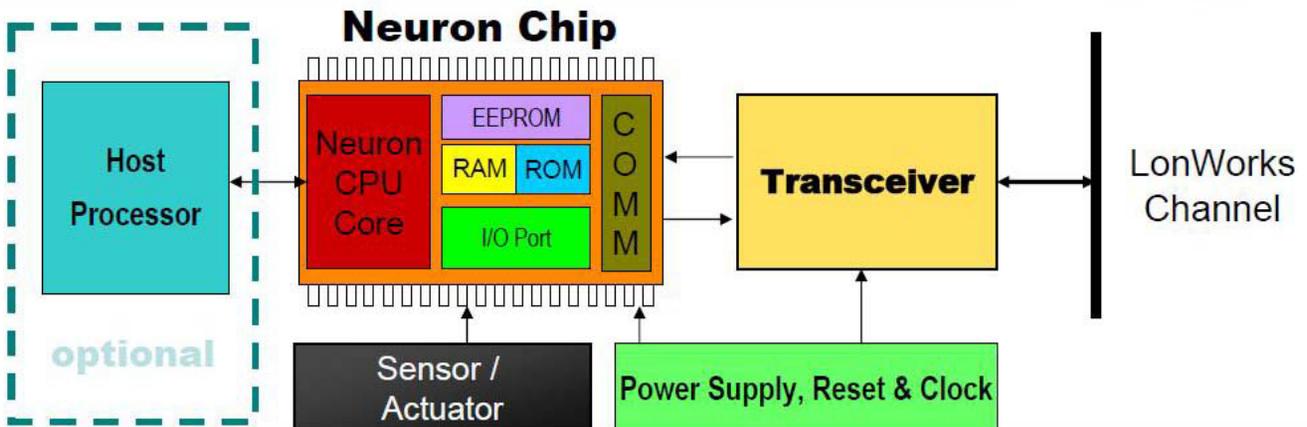


Fig. 8: Arquitectura de Lon Works-Lon Talk

AMFE Diseño										
Protocolo	Modos de fallos potenciales			Efecto de fallos potenciales	(S)	Causas de fallos potenciales	(O)	Medidas de control para detección	(D)	NPR
	Distancia	Bus	Etapas de Potencia							
Instabus EIB	Menor a 350 m.	Guiado, cableado dedicado, par trenzado	No incluida	Necesidad de instalar cableado dedicado. Programación complicada para agregar nuevos dispositivos	4	Instalación de cableado en viviendas existentes Necesidad de expertos para crecer la instalación	4	Intervención mayor en viviendas existentes Contratación de expertos programadores	4	64
X-10	Hasta encontrar un transformador en la red.	Guiado por corrientes portadoras. Instalación eléctrica existente	Incluida	Sensibilidad a ruidos en la red eléctrica	2	Cargas inductivas muy grandes en la instalación residencial	3	Instalación de filtros para eliminar señales a frecuencias diferentes a 60 Hz	2	12
Bluetooth	10 m. con línea de visión	No guiado. Radio frecuencia	No incluida	Programación complicada para agregar nuevos dispositivos Distancia efectiva reducida Sensibilidad a ruidos electromagnéticos	5	Necesidad de expertos para crecer la instalación Necesidad de repetidores para aumentar la distancia efectiva	5	Contratación de expertos programadores Instalación de repetidores para aumentar la distancia efectiva	3	75
Wi-Fi	Máximo 24 m.	No guiado. Radio frecuencia	No incluida	Programación complicada para agregar nuevos dispositivos Fácilmente penetrable en cuestión de seguridad Sensibilidad a ruidos electromagnéticos	6	Necesidad de expertos para crecer la instalación Vulnerabilidad del protocolo	6	Contratación de expertos programadores Generadores de ruido o jaulas de Faraday para contener la señal	6	216
Zig Bee	30 m. con línea de visión	No guiado. Radio frecuencia	No incluida	Programación complicada para agregar nuevos dispositivos Sensibilidad a ruidos electromagnéticos	4	Necesidad de expertos para crecer la instalación	3	Contratación de expertos programadores	3	36
Lon Works-Lon Talk	Máximo 30 m.	Guiado. Cableado dedicado e instalación eléctrica existente	No incluida	Necesidad de instalar cableado dedicado. Programación complicada para agregar nuevos dispositivos	4	Instalación de cableado en viviendas existentes Necesidad de expertos para crecer la instalación	5	Intervención mayor en viviendas existentes Contratación de expertos programadores	5	100
Batibus	Máximo 100 m.	Guiado. Par trenzado	No incluida	Necesidad de instalar cableado dedicado. Programación complicada para agregar nuevos dispositivos	4	Instalación de cableado en viviendas existentes Necesidad de expertos para crecer la instalación	5	Intervención mayor en viviendas existentes Contratación de expertos programadores	5	100

Tabla 2: Análisis Modal de Fallos y Efectos

en sí mismo, este debe ser un Neuron Chip. La arquitectura de funcionamiento de este protocolo permite un bus guiado o no guiado (Figura 8); su velocidad de transmisión es de 75 Kbps para cableado dedicado y de 3.6Kbps a 5.4Kbps usando línea de transmisión de energía. [1]

4.7. BATIBUS

Protocolo centralizado, totalmente abierto desarrollado por la empresa *Merlin*. Permite a todos los dispositivos escuchar los mensajes que se están enviando, sin embargo, sólo los que estén programados para atender la instrucción actuarán de acuerdo a la información recibida, situación que también sucede con el protocolo X-10. Su bus de comunicación es un par trenzado y su velocidad de transmisión es de 4.8Kbps, permite el control de hasta 500 dispositivos mediante diferentes topologías de red, pero no se pueden asignar direcciones idénticas a dos o más dispositivos en la misma red. [9]

5. ANÁLISIS MODAL DE FALLOS Y EFECTOS (AMFE)

Es una técnica industrial utilizada, principalmente en automoción, que permite identificar las fallas potenciales de un producto o proceso y, a partir de un análisis de su probabilidad de ocurrencia (O), formas de detección (D) y la severidad del efecto que provocan (S); se jerarquizan, y para aquellas que vulneran más la confiabilidad de un producto o proceso será necesario generar acciones para eliminarlas o reducir el riesgo asociado a las mismas. Esta metodología, estaba orientada a la detección de fallas durante el diseño o rediseño de productos así como fallas en los procesos de producción, sin embargo, el campo de aplicación se ha ampliado a aspectos como: las fallas y obstáculos que impiden que la instalación de equipos sea fácil y rápida, los modos de falla potenciales que obstaculizan el mantenimiento y servicio de un equipo, la facilidad de utilización de un equipo y la seguridad y riesgos ambientales. [10]

Para este caso se da una mayor puntuación al criterio severidad (S) a aquellos protocolos que requieran de instalación de cableado adicional en las viviendas así como a aquellos que presen-

ten menor seguridad y su programación sea compleja, otro aspecto a considerar en este apartado será la sensibilidad del protocolo a ruidos electromagnéticos. Con referencia a la ocurrencia (O) se dará mayor ponderación a aquellos protocolos que requieran de una instalación de cableado en viviendas existentes así como, a los que por su nivel de seguridad, sean altamente vulnerables y por último a los que necesiten de personal experto para su instalación. En relación al apartado de detección (D) la menor valoración será para aquel protocolo que permita su óptimo desempeño haciendo ajustes a la instalación lo menos complejos para el usuario.

El número de prioridad de riesgo (NPR) se calcula mediante el producto de la ocurrencia, la detección y la severidad, correspondiendo a un NPR alto una mayor probabilidad de ocurrencia, menor posibilidad de detección y un mayor impacto en caso de ocurrir algún fallo. Por esta razón se selecciona el protocolo que presente el menor NPR

En la Tabla 2 es mostrado el AMFE de diseño para la selección del bus de comunicación que se instalará en espacios habitacionales previamente construidos.

CONCLUSIONES

Se han presentado los diferentes buses y protocolos de comunicación utilizados en domótica, poniendo especial énfasis en la velocidad de transmisión, la distancia efectiva de operación, la facilidad de instalación y la seguridad de los mismos. A partir del análisis modal de fallos y efectos es posible seleccionar al protocolo X-10 como el que mejor se adapta a las necesidades de automatización en viviendas previamente construidas, debido a que su instalación no requiere de obra civil enfocada en la colocación de nuevo cableado, su distancia efectiva de operación es adecuada con las dimensiones promedio de viviendas de clase media, su seguridad es suficiente para trabajar en las viviendas bajo condiciones regulares, el número de dispositivos que se pueden controlar corresponden y rebasan a los que existen en las viviendas objetivo, la programación del sistema es bastante amigable así como su escalamiento, situación que puede ser

desarrollada por los mismos habitantes de las viviendas.

PARA SABER MÁS

- [1] S. Sociedad Andaluza para el Desarrollo de las Telecomunicaciones, «Estado del arte de las TIC aplicadas a la edificación inteligente,» Consejería de Economía, Innovación y Ciencia, Sevilla, 2011.
- [2] Fernández-Barcell, «Medios de transmisión,» Universidad de Cádiz Departamento de Lenguajes y Sistemas Informáticos, Cádiz, 2009.
- [3] Orona A. «Tutorial de redes,» 2011. [En línea]. Available: <http://www.angelfire.com/cantina/oronaweb/cabestruct.htm>. [Último acceso: 21 11 2012].
- [4] C. M, Comunicaciones Industriales "Principios Básicos", Madrid: UNED, 2007.
- [5] Arquero-Arquero JF, Libro Blanco del Hogar Digital y las Infraestructuras Comunes de Telecomunicaciones, Madrid: Telefónica, 2003.
- [6] Huidobro-Moya J y Millán-Tejedor RJ, Domótica Edificios Inteligentes, España: Ediciones COPYRIGHT, 2004.
- [7] Bertuzzi, Guarda y Salazar. «Automatización del hogar utilizando protocolo X-10,» de *XI Congreso Internacional de Telecomunicaciones y Muestra de Tecnologías SENACITEL 2004*, Valdivia, 2004.
- [8] Martín-Moreno y Ruiz-Fernández D. «Informe Técnico: Protocolo ZigBee (IEEE802.15.4),» Joanie Wexler de Network World, Generalitat Valenciana, 2007.
- [9] Mundomótica, «Mundomótica sistemas inteligentes,» Mundomótica, febrero 2010. [En línea]. Available: www.mundomotica.ed. [Último acceso: 12 septiembre 2013].
- [10] Gutierrez-Pulido H y de la Vara-Salazar R. Control estadístico de la calidad y seis sigma, México: Mc Graw Hill, 2013.