

Trabajo Fin de Grado
Ingeniería de las Tecnologías de Telecomunicación

Integración de tecnología domótica Z-Wave en la
plataforma FIBARO

Autor: Claudia Jiménez García

Tutor: J. Iván Maza Alcañiz

Dpto. Ingeniería de Sistemas y Automática
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla

Sevilla, 2018



Proyecto Fin de Carrera
Ingeniería de las tecnologías de Telecomunicación

Integración de tecnología domótica Z-Wave en la plataforma FIBARO

Autor:

Claudia Jiménez García

Tutor:

J. Iván Maza Alcañiz

Profesor titular

Dpto. Ingeniería de Sistemas y Automática

Escuela Técnica Superior de Ingeniería

Universidad de Sevilla

Sevilla, 2018

Trabajo Fin de Grado: Integración de tecnología domótica Z-Wave en la plataforma FIBARO

Autor: Claudia Jiménez García

Tutor: J. Iván Maza Alcañiz

El tribunal nombrado para juzgar el Proyecto arriba indicado, compuesto por los siguientes miembros:

Presidente:

Vocales:

Secretario:

Acuerdan otorgarle la calificación de:

Sevilla, 2018

El Secretario del Tribunal

A mi familia

A mis maestros

Resumen

En este proyecto se van integrar una serie de equipos domóticos con tecnología ZWave en la plataforma de Fibaro.

Para empezar, se define el concepto de domótica y las principales características de los protocolos de comunicación inalámbricos.

Se pretende dar a conocer el protocolo de comunicación de la tecnología inalámbrica Z-Wave. Esta tecnología es muy interesante ya que al ser inalámbrica no se necesita ningún nuevo cableado eléctrico y trabaja a una frecuencia de 900MHZ, evitando así las frecuencias del WiFi y el Bluetooth que están cada vez más saturadas.

Se va a analizar varios equipos domóticos con tecnología Z-Wave e integrarlos en la plataforma de Fibaro. Se detallará su inserción y exclusión en la plataforma Fibaro y la forma de utilizarlo.

Abstract

In this project, a types of home automation systems with ZWave technology will be integrated into the Fibaro platform.

First of all, the concept of home automation and the main features of wireless communication protocols are defined.

It is intended to publicize the communication protocol of Z-Wave wireless technology. This technology is very interesting because, being wireless, it does not need any new electrical wiring and works at a frequency of 900MHZ, thus avoiding the frequencies of WiFi and Bluetooth that are increasingly saturated.

It will analyze several home automation equipment with Z-Wave technology and integrate it into the Fibaro platform. It will be detailed its insertion and exclusion in the Fibaro platform and how to use it.

Resumen	9
Abstract	11
Índice	13
Índice de Tablas	16
Índice de Figuras	18
Notación	21
1. Introducción	25
1.1. Definición de domótica	25
1.1.1. Domótica inalámbrica	26
1.2. Objetivos del proyecto	26
1.3. Justificación del proyecto.	27
1.4. Estructura de la memoria.	27
2. El sistema Z-Wave	29
2.1. Definición de ZWave	29
2.2. Orígenes ZWAVE	29
2.3. Características Zwave	30
2.4. Arquitectura del protocolo de comunicación Z-Wave	31
2.4.1. Capa física	31
2.4.2. Capa de enlace	32
2.4.3. Capa de Red	32
2.4.4. Capa de Transporte	32
2.4.5. Capa de Aplicación	33
2.5. Beneficios sistema domótico Z-Wave	33
3. Dispositivos ZWave empleados en el montaje	35
3.1. Dispositivos Fibaro	35
3.2. Sensores	35
3.2.1. Motion Sensor	35
3.2.2. Flood Sensor	39
3.2.3. Door/ Window Sendor	41
3.3. Actuadores	43
3.3.1. Dimmer	45
3.3.2. Relay switch	47

3.4. Remoto	49
3.4.1. Swipe the Magic	49
3.5. Puerta de enlace	50
3.5.1. Home Center Lite	50
4. Programacion de la aplicación domótica en el entorno de Fibaro	53
4.1. Activación de dispositivos	53
4.2. Borrado de dispositivos	56
4.3. Reset dispositivos	59
4.4. Creación de escenas	59
4.4.1 Ejemplos de escenas creadas	63
5. Conclusiones y líneas de desarrollo futuras	65
6. Bibliografía	67

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Comparativas tecnologías inalámbricas	26
Tabla 2. Relación de espesor y atenuación de cada material	30
Tabla 3. Frecuencias asignadas para ZWave	31
Tabla 4. Dispositivos fibaros clasificados por categoria	33
Tabla 5. Bloques disponibles para creacion de escenas en Fibaro	46

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Servicios ofrecidos por la domótica	25
Figura 2. Motion sensor	36
Figura 3. Sensores motion sensor	36
Figura 4. Motion Sensor en la aplicación de Fibaro	36
Figura 5. Acelerómetro en la aplicación de Fibaro	37
Figura 6. Rango de distancia de sensor de movimiento	37
Figura 7. Motion sensor en el hogar	37
Figura 8. Medidas motion sensor	38
Figura 9. Agarre motion sensor	38
Figura 10. Flood sensor	39
Figura 11. Conexión de sensor de Humedad con extensión	40
Figura 12. Medidas flood sensor	40
Figura 13. Flood sensor en la aplicación de Fibaro	41
Figura 14. Door/Window Sensor	41
Figura 15. Distancia máxima para un correcto funcionamiento Door/Window Sensor	42
Figura 16. Door/Window Sensor en la aplicación de Fibaro	42
Figura 17. Medidas de Door/Window sensor	43
Figura 18. Lugares útiles del sensor de Door/Window	43
Figura 19. Maqueta con actuadores	44
Figura 20. Cableado de maqueta con actuadores	44
Figura 21. Dimmer	45
Figura 22. Utilidades Dimmer	45
Figura 23. Figura 22. Medidas Dimmer	46
Figura 24. Conexión de Dimmer	46
Figura 25. Dimmer en la aplicación de Fibaro	47
Figura 26. Relay switch	47
Figura 27. Medidas Relay switch	48
Figura 28. Conexión de Relay switch	48

Figura 29. Swipe the Magic	49
Figura 30. Movimientos Swipe the Magic	50
Figura 31. Home Center Lite	50
Figura 32. Inclusión de dispositivos. Paso 1	53
Figura 33. Inclusión de dispositivos. Paso 2	54
Figura 34. Inclusión de dispositivos. Paso 3	54
Figura 35. Inclusión de dispositivos. Paso 4	55
Figura 36. Inclusión de dispositivos. Paso 5	55
Figura 37. Nodo creado tras inclusión	56
Figura 38. Dispositivo incluido en aplicación Fibaro	56
Figura 39. Exclusión de dispositivos. Paso 1	57
Figura 40. Exclusión de dispositivos. Paso 2	57
Figura 41. Exclusión de dispositivos. Paso 3	58
Figura 42. Exclusión de dispositivos. Paso 4	58
Figura 43. Reseteo de dispositivos	59
Figura 44. Creación de escena 1	59
Figura 45. Creación de escena 2	60
Figura 46. Creación de escena 3	61
Figura 47. Creación de escena 4	63
Figura 48. Creación de escena 5	63
Figura 49. Ejemplos de escenas creadas	64

Notación

A^*	Conjugado
c.t.p.	En casi todos los puntos
c.q.d.	Como queríamos demostrar
■	Como queríamos demostrar
e.o.c.	En cualquier otro caso
e	número e
Re	Parte real
Im	Parte imaginaria
sen	Función seno
tg	Función tangente
arctg	Función arco tangente
sen	Función seno
$\sin^x y$	Función seno de x elevado a y
$\cos^x y$	Función coseno de x elevado a y
Sa	Función sampling
sgn	Función signo
rect	Función rectángulo
Sinc	Función sinc
$\partial y \partial x$	Derivada parcial de y respecto
x°	Notación de grado, x grados.
$\Pr(A)$	Probabilidad del suceso A
SNR	Signal-to-noise ratio
MSE	Minimum square error
:	Tal que
<	Menor o igual
>	Mayor o igual
\	Backslash
\Leftrightarrow	Si y sólo si

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Definición de domótica.

La domótica se define en la RAE como el conjunto de sistemas que automatizan las diferentes instalaciones de una vivienda.

Es el conjunto de tecnologías aplicadas al control y la automatización inteligente de la vivienda, que permite una gestión eficiente del uso de la energía, aporta seguridad y confort, además de comunicación entre el usuario y el sistema. Puede estar integrada por medio de redes interiores y exteriores de comunicación, cableadas o inalámbricas, y cuyo control goza de cierta ubicuidad, desde dentro y fuera del hogar.

Un sistema domótica recoge información de unos sensores o entradas, la procesa y emite órdenes a unos actuadores o salidas. El sistema puede acceder a redes exteriores de comunicación o información.

Actualmente se ofrecen más funcionalidades por menos dinero, más variedad de producto, que gracias a la evolución tecnológica, son más fáciles de usar y de instalar.

En definitiva, la domótica de hoy contribuye a aumentar la calidad de vida, hace más versátil la distribución de la casa, cambia las condiciones ambientales creando diferentes escenas predefinidas, y consigue que la vivienda sea más funcional al permitir desarrollar facetas domésticas, profesionales, y de ocio bajo un mismo techo.

Los servicios ofrecidos por la domótica a las personas se pueden dividir en 5 grupos:

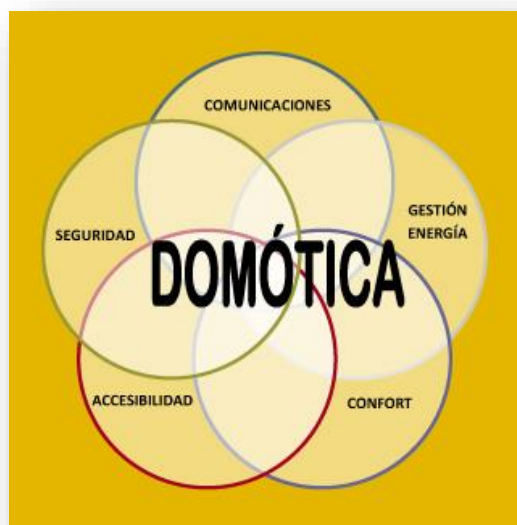


Figura 1. Servicios ofrecidos por la domótica

- Ahorro energético: Una gestión eficiente de los aparatos electrónicos reduce notablemente el consumo de energía.
- Accesibilidad: Favorecen la autonomía personal de personas con limitaciones funcionales, o discapacidad ajustándose más a sus necesidades.
- Seguridad: La vigilancia automática se encarga de proteger tanto los bienes patrimoniales por posibles robos o averías, como la seguridad personal.
- Confort: Gestionando los dispositivos y actividades domésticas mejoran la comodidad en una vivienda.
- Comunicaciones: Control y supervisión remoto de la vivienda a través de su teléfono, PC, etc.

1.1.1. Domótica inalámbrica

Unas de las grandes ventajas de los sistemas inalámbricos es que nos evitamos todo el cableado, por tanto, se convierten en tecnologías más accesibles para el usuario, principalmente si la vivienda ya está construida. Nos permite ampliar nuestra red de forma gradual. Podemos ir incorporando dispositivos y sensores a nuestro hogar, en función de las necesidades o apetencias que tengamos. Además, son sistemas portátiles. Si cambias de casa, te los puedes llevar a la nueva sin problema.

Aun así, no hay que olvidar que uno de los principales problemas ante el cual nos encontramos es el consumo, ya que la comunicación por radio frecuencia (RF) siempre requiere de un mayor gasto de energía que a través de algún tipo de medio cableado.

En el mercado existen múltiples tecnologías inalámbricas:

- Wi-Fi: Alto consumo de energía.
- Bluetooth: Alcance y número de dispositivos limitado.
- EnOcean: Transforma otro tipo de energía que se encuentra naturalmente en el entorno del periférico para no tener que llevar ni alimentación por adaptador de corriente ni pila.
- ZigBee: Radiodifusión digital de datos buscando ahorrar lo máximo posible en energía.
- 6LoWPAN: Hace posible que dispositivos como los nodos de una red inalámbrica puedan comunicarse directamente con otros dispositivos IP. IPv6 proporciona un gran número de sensores.
- Z-WAVE: Utiliza ondas de radio de baja energía para comunicarse de un aparato a otro.

Sistema	Fiabilidad	Seguridad	Baja frec	Simple	Precio	Protec Inv.	Interoper.
Zigbee	✓	✓	✓	Aun no	✗	✗	✗
EnOcean	✗	✗	✓	✓	✗	✓	✓
Z-Wave	✓	✓	✓	✓	Aun no	✓	✓

Tabla 1. Comparativas tecnologías inalámbricas

Como podemos ver en la tabla anterior el protocolo inalámbrico más completo es Zwave, del cual se basa el desarrollo de este proyecto.

1.2. Objetivos del proyecto

El objetivo de este proyecto trata de integrar una serie de equipos domóticos con tecnología ZWave dentro de la plataforma software Fibaro de cara a desarrollar interfaces gráficas para la instalación y reglas de automatización

1.3. Justificación del proyecto.

La realización de este proyecto está enfocada a mejorar y hacer más sencilla la vida de las personas,

especialmente a aquellas con cualquier tipo de discapacidad, cualquiera de cada uno de los dispositivos utilizado en este proyecto le puede ser de gran utilidad. Ayudar a conseguir un ahorro energético y reforzar la seguridad encargada de proteger tanto los bienes patrimoniales, como la seguridad personal, previniendo posibles accidentes: incendios, fugas de agua, así como la detección de posibles hurtos o allanamientos de vivienda.

Hacer conciencia de que actualmente se dispone de dispositivos de bajo coste, que ya ha dejado de ser un servicio muy caro, gracias a multitud de dispositivos, tecnologías y estándares que existen.

1.4. Estructura de la memoria.

En principio vamos a explicar en que consiste la tecnología de ZWAVE, sus principales características y su protocolo de comunicación.

Una vez conseguido este punto integramos los múltiples dispositivos Z-Wave en la plataforma de Fibaro la cual es el fabricante de los dispositivos. Se detallará la inclusión, exclusión y reseteo de ellos, y se hará una demostración de las escenas creadas combinando los dispositivos entre ellos.

2. EL SISTEMA ZWAVE

2.1. Definición de ZWave

Z-Wave es un protocolo de comunicación inalámbrico utilizado principalmente para sistemas domóticos, que permite que todos los equipos electrónicos del hogar se comuniquen entre sí. Se trata de una red en malla que utiliza ondas de radio de baja energía para comunicarse de un aparato a otro.

2.2. Orígenes ZWAVE

Zwave se creó en el 2001 en Copenhague, fue desarrollado por la compañía Zensys. Ese año, Zensys introdujo un sistema de control de luz para el consumidor, que evolucionó a Z-Wave como un protocolo de automatización del hogar con chip (SoC) en una banda de frecuencia sin licencia en el rango de 900 MHz. En 2005, la tecnología comenzó a extenderse en América del Norte y fue entonces cuando se creó la Z-Wave Alliance por un grupo de fabricantes líderes de productos de control para el hogar, insatisfechos con la entonces naciente industria de controles domésticos, se juntaron con el único objetivo de trasladar esa industria de un futuro incierto y sin especificar a una realidad práctica y generalizada.

En 2006, unos días después de unirse Intel a Z-Wave Alliance, anunció que también estaba invirtiendo en Zensys.

En 2008, Zensys recibió inversiones de Panasonic, Cisco Systems, Palamon Capital Partners y Sunstone Capital.

Z-Wave fue adquirida por Sigma Designs a finales de 2008.

Y todo esto llevó a que en 2012 unos 600 productos usaran ya la tecnología Z-Wave disponible en los EE. UU. Hoy en día hay más de 1.700 productos interoperables certificados por Z-Wave Alliance.

2.3. Características Zwave

Z-Wave es un protocolo de comunicación inalámbrico. Se trata de un sistema fiable de comunicación basado en una red en malla que utiliza ondas de radio de baja energía para comunicarse de un aparato a otro con un alcance medio de comunicación entre dos nodos es de aproximadamente 30 metros en interiores y 100 metros en exteriores.

Cada red Z-Wave puede admitir un máximo de unos 232 dispositivos, lo que le permite la flexibilidad de agregar tantos dispositivos como desee para asegurarse de que su Smart Home esté funcionando de la manera más difícil.

Una de las principales ventajas de Z-Wave es que trabaja a una frecuencia de 900 MHz, evitando las frecuencias del Wi-Fi y Bluetooth que están cada vez más saturadas, lo que conlleva a un mayor rendimiento debido a la menor interferencia y su mayor penetración de las ondas en paredes, pisos y muebles (al tener mayor longitud de onda).

Son fáciles de instalar y no requieren de ningún nuevo cableado eléctrico sin alterar su seguridad, la tecnología zwave utiliza el mismo cifrado que la banca en línea. Además se puede comenzar con una inversión mínima y

agregar fácilmente más productos inteligentes.

2.4. Arquitectura del protocolo de comunicación Z-Wave

2.4.1. Capa física.

En esta capa hacemos referencia tanto al medio físico como a la forma en que se transmiten los datos y a la garantía de la conexión.

Por este medio por tanto viajan las ondas de radiofrecuencia, que a diferencia de otras ondas electromagnéticas, como cualquier tipo de luz no presentan problemas para propagarse a través de objetos como paredes, puertas o ventanas. Su propagación ideal es esférica, es decir en todas direcciones. Eso sí, se atenúa con la distancia, por lo que, es importante considerar la presencia de obstáculos entre interlocutores.

Dichos obstáculos pueden dar lugar a reflexiones no deseadas atenuando la señal todavía más, dependiendo de la cantidad de obstáculos, espesor, material y el ángulo de incidencia de la señal sobre los mismos la atenuación puede llegar a ser total, generando zonas de sombra donde la señal zwave es imperceptible.

A continuación se muestra una tabla donde viene relacionado el espesor y la atenuación con cada material:

Material	Espesor (cm)	Atenuación (%)
Madera	<30	10
Yeso	<10	10
Vidrio	<5	10
Piedra	<30	30
Hormigón	<30	20
Techos	<30	70
Ladrillo rojo	<30	35
Hormigón armado	<30	30-90
Paredes externas	<30	60
Paredes internas	<30	40
Rejas de metal	<0.1	90
Revestimiento de aluminio	<0.1	100

Tabla 2. Relación de espesor y atenuación de cada material

Z-Wave usa las bandas ISM (Industrial-Scientific-Medical), reservadas y abiertas internacionalmente para uso no comercial en las áreas industrial, científica y médica. La banda Europea asignada es la de 868.42 MHz, prácticamente inmune a interferencias de cualquiera de los dispositivos electrónicos que podamos encontrar hoy en día en nuestros hogares.

Las bandas ISM son de uso libre, por lo tanto, existen determinadas restricciones de tipo radioeléctrico como potencia de emisión, canales utilizables, ciclo de trabajo, compatibilidad electromagnética (emisión e inmunidad), que requieren un cumplimiento exquisito. Por ejemplo el ciclo de trabajo que se exige en nuestro continente es del 1%, lo cual significa que cualquier dispositivo Z-Wave pueden estar operando en el llamado modo ahorro de energía permaneciendo activos tan solo un 0,1% del tiempo, reduciendo drásticamente el consumo, circunstancia más que apreciable en aparatos equipados con baterías como pueden ser los sensores domóticos.

A continuación se muestran las bandas asignadas para Zwave en el resto del mundo:

Frecuencia	Región
865.2 MHz	India
868.1 MHz	Malasia
869.0 MHz	Rusia
868.4 MHz	CEPT, China, Emiratos, Singapur, Sudáfrica
908.4 MHz	Canadá, EEUU
919.8 MHz	Hong Kong
921.4 MHz	Australia, Brasil, Nueva Zelanda
951-956 MHz	Japón

Tabla 2. Frecuencias asignadas para ZWave

2.4.2. Capa de enlace.

En esta capa sí habrá un cuidado más dedicado hacia la fiabilidad de los datos que viajan a través de ella. Es donde se produce el direccionamiento físico de los datos.

Y podemos decir que comienza el envío de la información por medio de paquetes (tramas). Se realiza el manejo de tramas y la protocolización de los datos (reglas que debe seguir cualquier capa del modelo OSI)

La subcapa MAC se sitúa en la parte inferior de la capa de enlace de datos (capa 2 del Modelo de Referencia OSI), La capa MAC controla de acceso al medio. Es el conjunto de mecanismos y protocolos de comunicaciones a través de los cuales varios "interlocutores" se ponen de acuerdo para compartir un medio de transmisión común.

Utiliza la técnica conocida como CSMA (Carrier Sense Multiple Access). Al ser una versión inalámbrica usa la tecnología CA (Collision Avoidance, 'Evitación de colisión'). Una colisión se produce cuando dos terminales intentan hacer uso del medio físico simultáneamente. La tecnología CD (versión cableada) detecta que se ha producido una colisión y retransmite los datos, mientras que la tecnología CA dispone de procedimientos para evitar que se produzcan colisiones ya que en el medio radioeléctrico un terminal no puede transmitir y recibir al mismo tiempo por el mismo canal por lo que, al no poder detectar las posibles colisiones, no hay más remedio que disponer de una técnica que las evite. Cada equipo anuncia opcionalmente su intención de transmitir antes de hacerlo. El resto de equipos de la red sabrá cuando hay colisiones y en lugar de transmitir la trama en cuanto el medio está libre, se espera un tiempo aleatorio adicional corto, solamente se transmite si tras ese intervalo el medio sigue libre.

2.4.3. Capa de Red.

La capa red se encarga del encaminamiento de tramas de un nodo a otro de la red.

Existen dos tipos de nodos, los nodos controladores y los nodos esclavos.

Son los elementos de red que tienen acceso de manera completa a la tabla de reenvío, y que pueden comunicarse sin restricciones con cualquier esclavo

Los nodos controladores son los elementos de red que tienen acceso de manera completa a la tabla de reenvío. Ellos calculan, actualizan y almacenan la tabla de enrutamiento completa de la red. Pueden

comunicarse sin restricciones con cualquier esclavo. Inician y envían comandos de control a los demás nodos.

Hay dos tipos de controlador:

- **Primario:** Se trata del nodo principal, crea la red y es único. Tiene un Home ID y Nodo ID (0x01) predefinidos de fábrica no modificables. Se encarga del proceso de inclusión de nodos a la red: Asigna valores de Home ID (será el mismo al del controlador primario en todos los nodos) y Nodo ID a los nodos de la red. También se encarga del proceso de exclusión de nodos de la red: Restaura los valores de fábrica de Home ID y Nodo ID para cada nodo.

Secundarios: Puede haber más de uno en la misma red. Los añade el controlador primario, no tienen capacidad de incluir/excluir nodos pero obtienen copias de la tabla de enrutamiento del controlador primario

Los nodos esclavos responden a mensajes que han recibido previamente desde la red y ejecutan los comandos. Solamente transmiten a otro nodo si el comando lo indica. Conocen sus nodos vecinos pero existen dos tipos de esclavos dependiendo de si poseen capacidad de reenvío de mensajes o no.

- **Estándar:** son aquellos que no poseen capacidad de enrutador y no se pueden comunicar directamente con otro esclavo. Un actuador de persianas es un ejemplo de este tipo.
- **De encaminamiento:** tiene acceso parcial a ella a la tabla de enrutamiento. Pueden redirigir los comandos a varios nodos predefinidos por el controlador. Estos suelen ser dispositivos alimentados por baterías como termostatos o sensores de movimiento.

2.4.4. Capa de Transporte.

La capa de transporte controla la transferencia de mensajes entre nodos, incluyendo retransmisión, comprobaciones de integridad y acuses de recibo.

En la trama de este nivel viajan dos parámetros HomeID y NodeID, que identifican de manera unívoca a cada dispositivo o nodo del sistema Z-Wave: dos nodos que pertenezcan a una misma red no pueden tener el mismo identificador individual, ni ningún nodo puede tener dos HomeID.

- **Home ID (4 bytes):** identifica una red Z-Wave (no modificable por el usuario)
- **Nodo ID (1 byte):** identifica de forma unívoca cada nodo de la red como máximo está compuesta de 232 nodos

Existen diferentes tipos de tramas:

- **Singlecast:** para envío a un único nodo, soporta acuse de recibo (no obligatorio): si no recibe el ACK, el transmisor repite el envío 3 veces, aborta y reporta error
- **Multicast:** envío a varios nodos (no soporta asentimiento)
- **Broadcast:** envío a todos los nodos de la red (sin asentimiento)
- **ACK:** es una trama singlecast sin datos

2.4.5. Capa de Aplicación.

Esta es la capa en la que el usuario puede interactuar con el equipo. En ella se encuentran las aplicaciones que protocolizan las tareas para ponerse en contacto con los otros niveles o capas en función de lo que el usuario haya

decidido hacer con la información.

La capa de aplicación es la encargada de decodificar y ejecutar comandos en una red Z-Wave.

Esta capa se divide, por una parte, en la parte que asigna los Home ID y los Nodo ID y la replicación de controladores.

Clases de comandos:

Cada clase tiene una función distinta en los dispositivos Z-Wave.

Tipo básico: consiste en 2 comandos y una respuesta, Su característica distintiva es que cualquier dispositivo Z-Wave debe soportar la clase de comandos básicos.

- SET: establecer un valor entre 0 y 255.
- GET: pedir al dispositivo que informe sobre un valor.
- REPORT: respuesta al comando GET. Informa de un valor entre 0 y 255.

Clases de dispositivos:

Para permitir la interoperabilidad entre dispositivos Z-Wave de diferentes fabricantes, un dispositivo Z-Wave debe tener ciertas funcionalidades bien definidas que van más allá de la clase de comando básica. Una clase de dispositivo hace referencia a un tipo de dispositivo y define qué clases de comandos debe soportar.

Están organizados en una jerarquía de 3 capas:

- Básica: estipula si el dispositivo es controlador o esclavo. Por lo tanto, cualquier dispositivo pertenece a una clase básica.
- Genérica: define qué funcionalidad básica se espera del dispositivo como controlador o esclavo.
- Específica: define una funcionalidad específica

Para que un controlador pueda manejar a un dispositivo, la trama NIF debe incluir la clase de dispositivo y las clases de comandos.

La clase básica, la genérica y la específica, se informan en el proceso de inclusión del dispositivo a través de la trama de información de nodo.

2.5. Beneficios sistema domótico Z-Wave

- Al ser un sistema inalámbrico no necesita nuevas obras ni cableado.
- Se puede agregar a casi cualquier cosa de la casa que utiliza la electricidad.
- Los dispositivos Z-Wave pueden trabajar juntos creando nuestras propias “escenas” inteligentes.
- Es un sistema robusto y fiable.
- Permite una topología mallada o mesh la cual puede estar formada de hasta 232 dispositivos
- y además se puede consultar el estado de los nodos y verificar la recepción de los mensajes.
- Usa la banda de 800-900 MHz, por lo que está lejos de las frecuencias de los teléfonos inalámbricos y redes wifi.

- Todos los dispositivos tienen unos precios asequibles y resultan más baratos que en el caso de soluciones equivalentes (En-Ocean o Zigbee). Gateway desde 150 € y módulos por unos 50€.
- Se puede controlar o supervisar desde casa o desde fuera de casa .El sistema es accesible desde internet a través de PC o Mac con cualquier navegador y desde Tablets o smartphones (iOS o Android) a través de aplicaciones desarrolladas por terceros, en muchos casos gratuitas.
- El sistema es escalable, interoperable y presenta baja obsolescencia tecnológica.

3. DISPOSITIVOS ZWAVE EMPLEADOS EN EL MONTAJE

3.1. Dispositivos Fibaro.

Existen más de 800 productos Z-Wave compatibles entre sí, fabricados por las marcas líderes de la industria para aplicaciones de domótica. La lista de dispositivos está evolucionando constantemente.

Para desarrollar nuestro proyecto se ha elegido 7 dispositivos del fabricante fibaro, divididos en 4 grupos tal y como se muestra en la siguiente tabla.

Dispositivos			
Sensores	Actuadores	Remoto	Puerta de enlace
Motion sensor	Dimmer	Swipe	Home Center Lite
Flood sensor	Switch		
Door/Window sensor			

Tabla 4. Dispositivos fibaros clasificados por categoría

Para elaboración de este proyecto se ha realizado una maqueta incluyendo todos ellos y haciendo una pequeña demostración del funcionamiento.

3.2 Sensores.

Los sensores domóticos monitorizan condiciones físicas o ambientales continuamente. Son detectores que permiten conocer la temperatura, el nivel de humedad, el grado de luminosidad, el nivel de ruido y muchos otros datos de nuestra vivienda. Son también dispositivos capaces de detectar una presencia, un movimiento, un escape de agua o de gas, la presencia de humo...

Los tres dispositivos que se detallarán a continuación son totalmente inalámbricos, se alimentan de una pila.

3.2.1. Motion Sensor.



Figura 2. Motion sensor

El Motion Sensor se trata de un sensor de movimiento que también es capaz de medir la temperatura y los niveles de luz, ofreciéndole una solución de detección de movimiento más completa. Además, consta de un acelerómetro para detectar cambios en la ubicación o cualquier intento de abrir su carcasa.

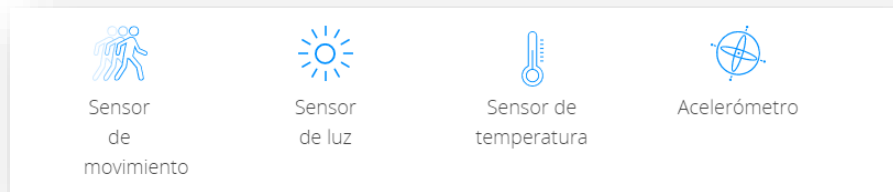


Figura 3. Sensores motion sensor

El motion sensor de Fibaro tiene un detector de movimiento incorporado, un sensor de temperatura y un sensor de intensidad de la luz, que lo convierten en un dispositivo multicanal. En la interfaz, se presentará como tres dispositivos.



Figura 4. Motion Sensor en la aplicación de Fibaro

Además, consta de un acelerómetro para detectar cambios en la ubicación o cualquier intento de abrir su carcasa.

Esto se configura marcando un 2 en el parámetro 24 se establece, El controlador de red Z-Wave recibirá información sobre la orientación del sensor en el espacio enviando un informe después de activar la alarma de manipulación.

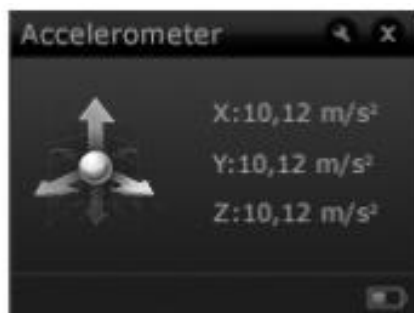


Figura 5. Acelerometro en la aplicacion de Fibaro

A continuación, Se muestra el rango de distancia del sensor de movimiento. Este se puede ver influenciado por las condiciones ambientales. Es aconsejable colocarlo en una esquina o perpendicular a la puerta.

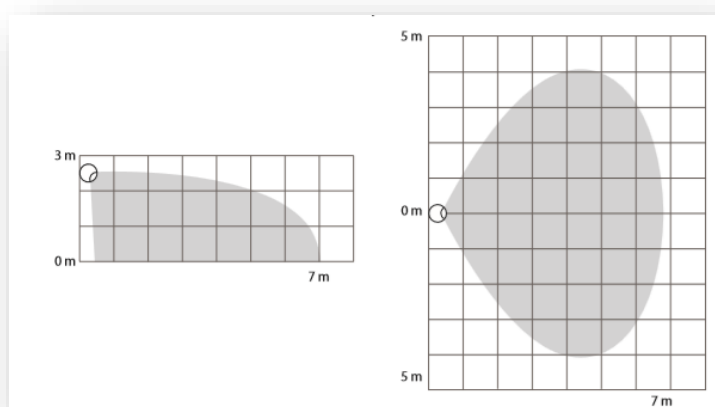


Figura 6. Rango de distancia de sensor de movimiento

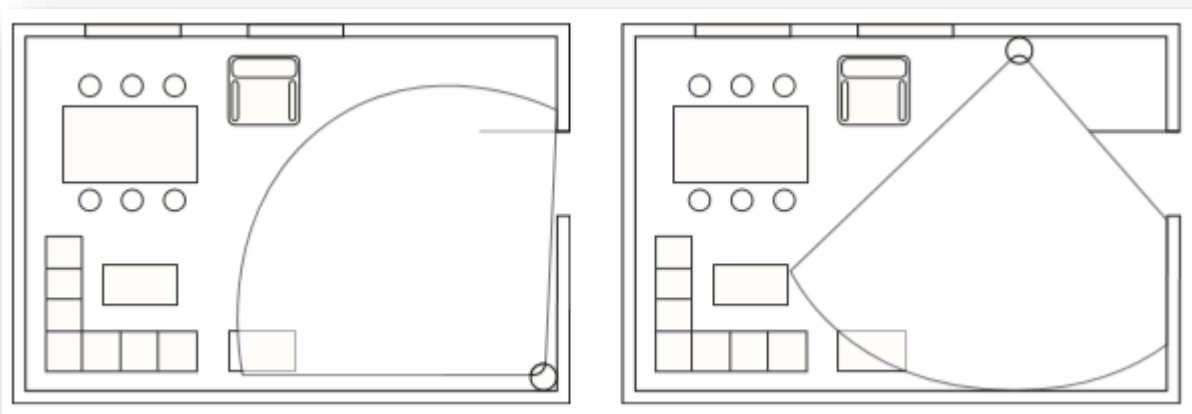


Figura 7. Motion sensor en el hogar

El dispositivo es pequeño, presenta un soporte inteligente con agarre que permite colocarlo en casi cualquier

lugar y además es completamente inalámbrico, contiene en su interior una pequeña pila.

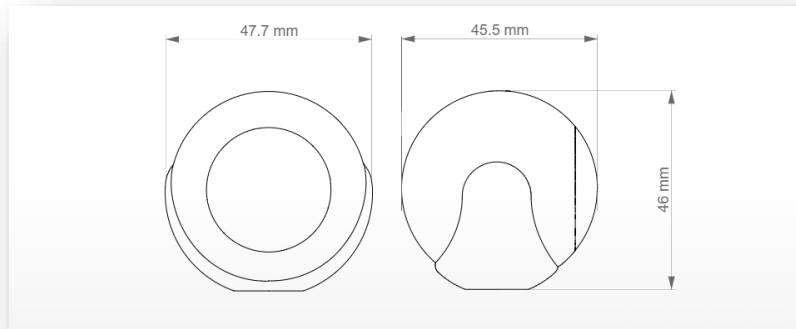


Figura 8. Medidas motion sensor



Figura 9. Agarre motion sensor

Si se desea se puede configurar el dispositivo, el cual le informará de inmediato sobre cualquier movimiento enviando una notificación a su teléfono inteligente.

Su precio en la página de zwave España es de 57,99€

3.2.2. Flood Sensor.



Figura 10. Flood sensor

El Flood sensor es un sensor de inundación, mide la temperatura y la fuga.

Es discreto se puede colocar sobre cualquier lugar donde solamente se coloca sobre la superficie y sonaría su alarma en caso de fuga de agua. Si se desea colocar el dispositivo lejos de la fuente de inundación, el sensor puede extenderse con una sonda externa. Los cables de conexión no deben ser más largos de 3 y más gruesos que 18 AWG (0.82 mm²). A continuación se muestra en la siguiente figura como se conectaría.

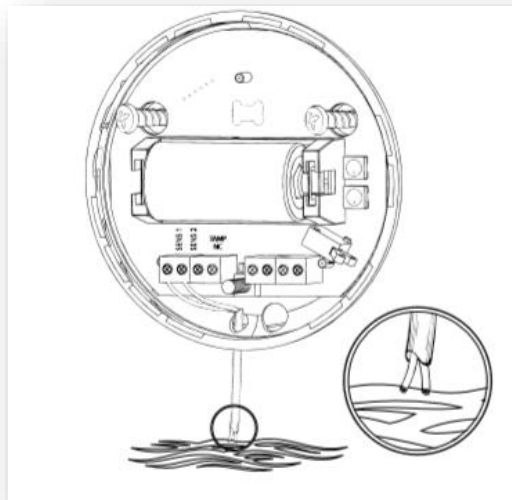


Figura 11. Conexión de sensor de Humedad con extensión

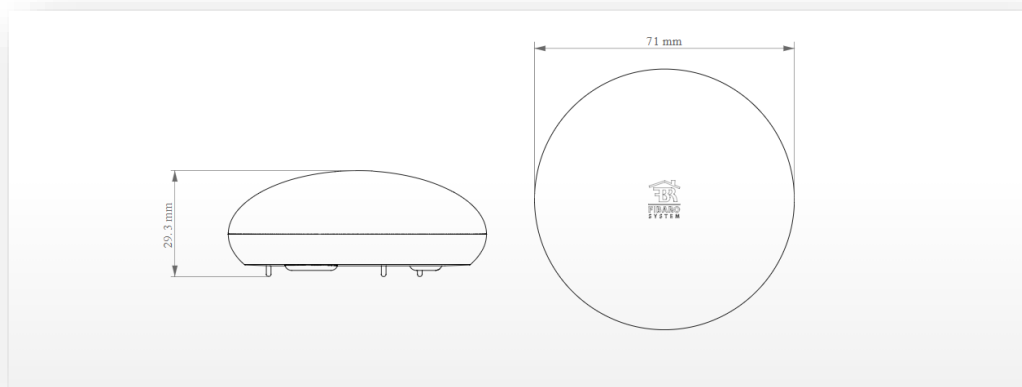


Figura 12. Medidas flood sensor

El sensor de inundación tiene dos sensores incorporados: sensores de inundación y temperatura. En el controlador Fibaro Home Center, el Sensor se mostrará como dos dispositivos. En nuestro proyecto se representa por el nodo 27.0 el sensor de humedad, cuando detecta agua se representa con una gota y en el nodo 27.2 el sensor de temperatura.



Figura 13. Flood sensor en la aplicación de Fibaro

Unidad de fuente de alimentación y / o batería.4 Su fuente de alimentación debe de ser de 12-24v DC y/o una batería CR123A de 3V.

Su precio en la página de zwave España es de 59,29€

3.2.3. Door/Window Sensor

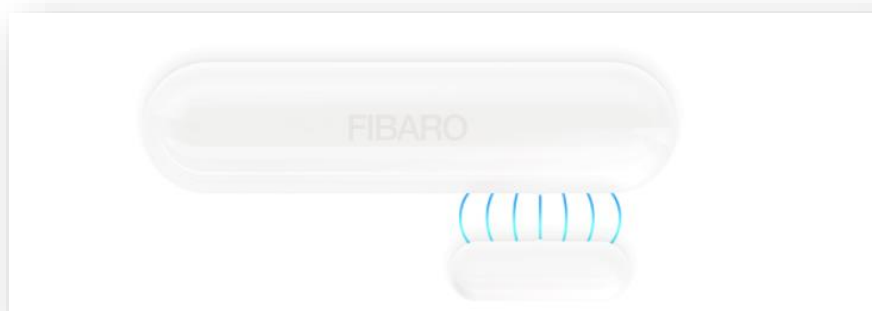


Figura 14. Door/Window Sensor

El sensor de puertas y ventanas es un sensor de contacto, detecta si está abierta o cerrada. Para su funcionamiento correcto debe mantener una distancia determinada:

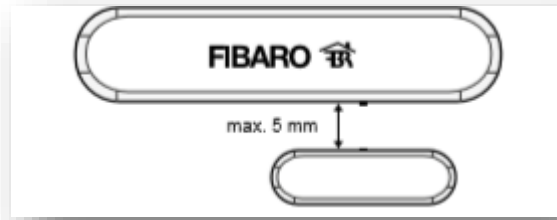


Figura 15. Distancia máxima para un correcto funcionamiento del Door/Window Sensor

Además se puede incorporar un sensor de temperatura adicional si se desea. Desde la interfaz gráfica del Home Center de Fibaro se asignan dos nodos para el dispositivo. Uno de ellos para el detector de puerta o ventana y se utilizara en el caso de añadir el sensor de temperatura.



Figura 16. Door/Window Sensor en la aplicación de Fibaro

Es de pequeño tamaño y fácil de colocar en cualquier parte.

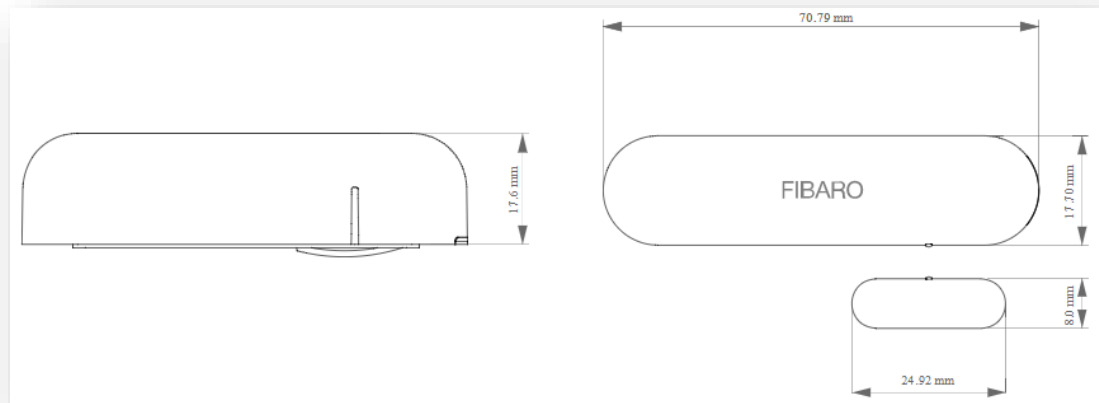


Figura 17. Medidas de Door/Window sensor

Hay muchos lugares donde el sensor sería muy útil, tanto por tema de seguridad como por ahorro energético o comodidad.

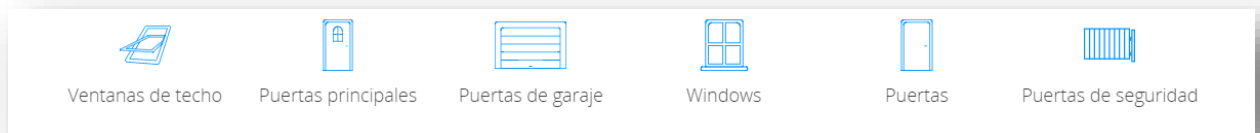


Figura 18. Lugares útiles del sensor de Door/Window

Esta alimentado por una pila de 3,6V DC.

Su precio en la página de zwave España es de 49,99

3.3. Actuadores.

Un dispositivo actuador recibe la orden de un regulador o controlador y en función a ella genera la orden para activar un elemento final de control, como por ejemplo una bombilla.

Se ha realizado una maqueta donde se ha integrado los dos actuadores proporcionados para este proyecto el Dimmer y el Relay. Estos dispositivos funcionan de forma inalámbrica pero necesitan ser alimentado por corriente eléctrica. El dimer lo hemos conectado con una bombilla, y el relay con un enchufe, en el video de demostraion se conecta un ventilador pero podemos colocar cual quien cosa.



Figura 19. Maqueta con actuadores

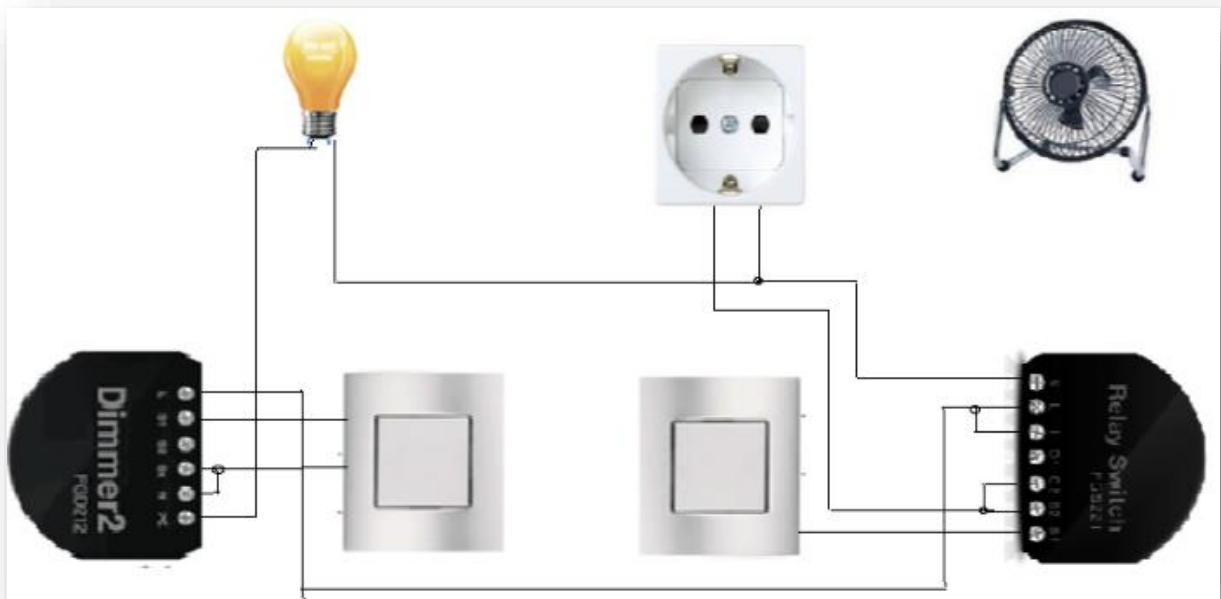
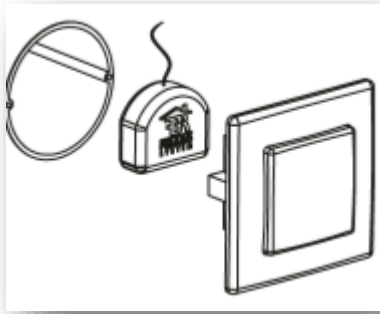


Figura 20. Cableado de maqueta con actuadores



3.3.1. Dimmer.



Figura 21. Dimmer

El Dimmer es un módulo de atenuación universal con medición de potencia incorporada. El dispositivo permite el control remoto de muchas fuentes de luz diferentes, lo que también extenderá la vida útil de las bombillas y reducirá el uso de electricidad. El Dimmer funciona como un atenuador estándar o como un interruptor dentro de un sistema eléctrico de dos o tres hilos.

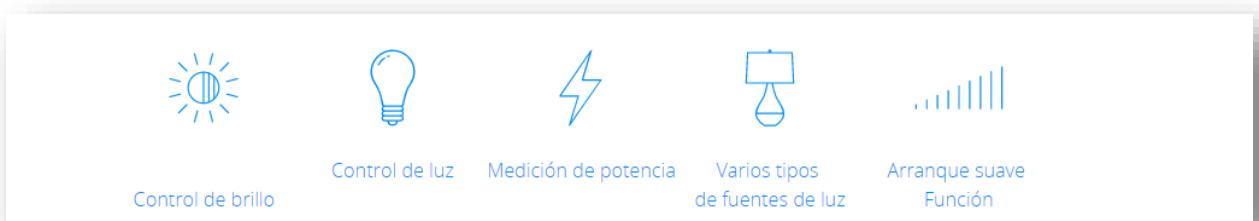


Figura 22. Utilidades Dimmer

Además, el micromódulo regulador (dimmer) le va a permitir controlar una lámpara o bombilla conservando el interruptor original ya existente.

Puede actuar para apagar o encender la lámpara conectada como carga, así como hacer variar su intensidad.

El micromódulo Dimmer de Fibaro es compatible con todo tipo de lámparas ya soporten regulación o no.

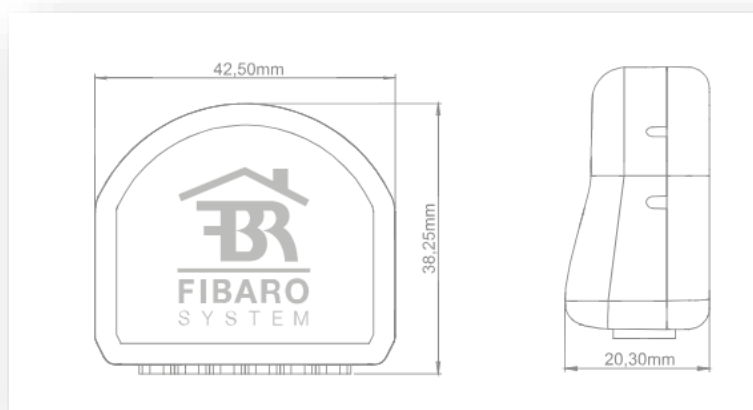


Figura 23. Medidas Dimmer

Su fuente de alimentación es de 230v, consume 1,3 W y soporta una Carga máxima: 50-250W (carga resistiva) o 0.25-1.1A (carga inductiva).

La distancia de transmisión es de 50 metros en campo abierto y 30 metros en interiores.

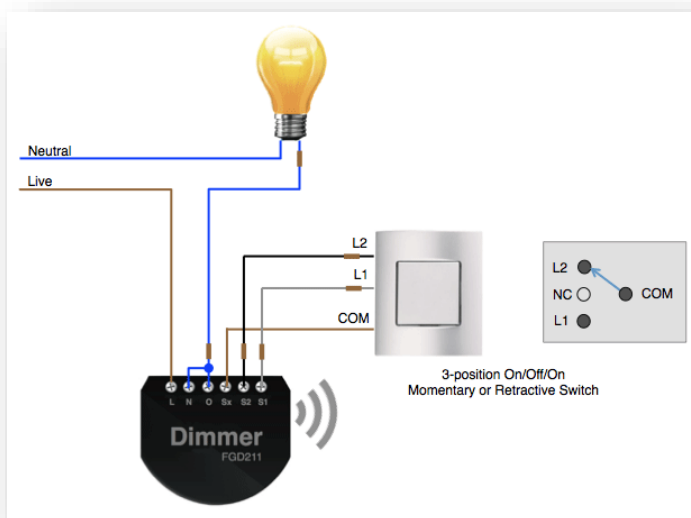


Figura 24. Conexión Dimmer

Después de agregar el Dimmer 2 a la red, se representará en el controlador FIBARO Home Center con la figura de la bombilla, en este proyecto se corresponde con el nodo 31, tiene la opción de apagado o encendido y después una barra deslizante para atenuar su intensidad.



Figura 25. Dimmer en la aplicación de Fibaro

Su precio en la página de zwave España es de 59.99€

3.3.2. Relay switch



Figura 26. Relay switch

El relay Switch se trata de un relé, un interruptor doble de 1,5kW. Se trata de uno de los módulos más vendidos, lo podemos instalar detrás de un enchufe, o en el interior de las cajas de registro de nuestra instalación eléctrica, podemos controlar dos líneas eléctricas con él. Su único requisito es que solo soporta 1500W de potencia cada línea. Para casos que se requiera mayor potencia hay otro módulo de 3kw de Fibaro.

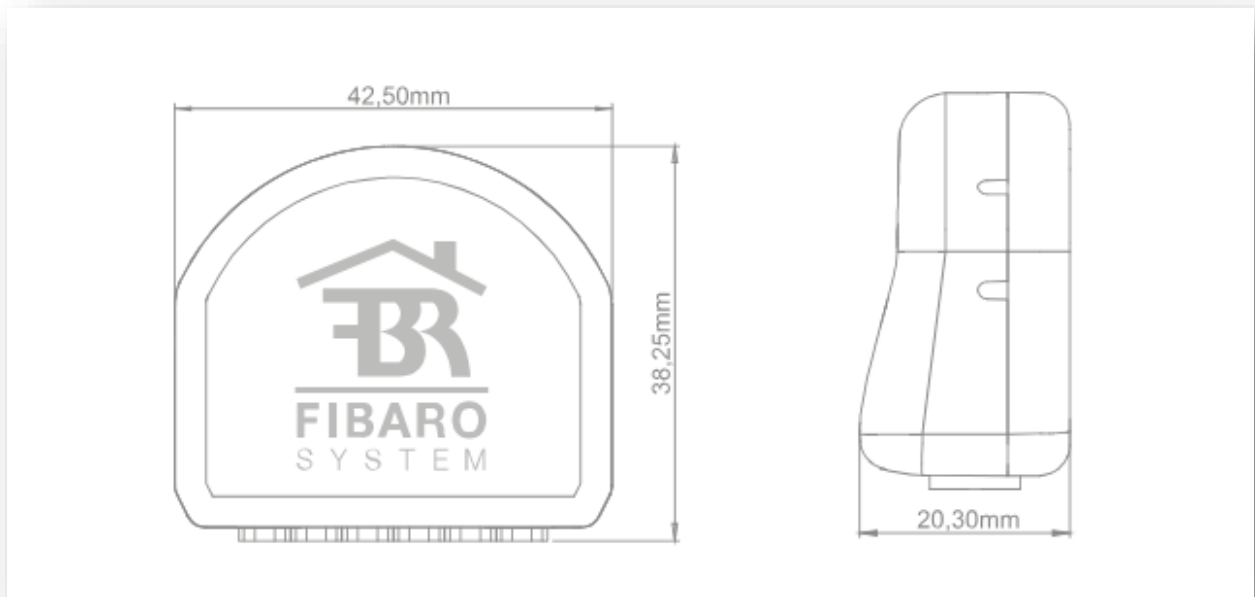


Figura 27. Medidas de Relay switch

Es un dispositivo que nos permite ahorrar al poder controlar la luz de hasta dos habitaciones con un sólo módulo. Si lo quisiésemos controlar con dos módulos diferentes, el coste de nuestra instalación se duplicaría.

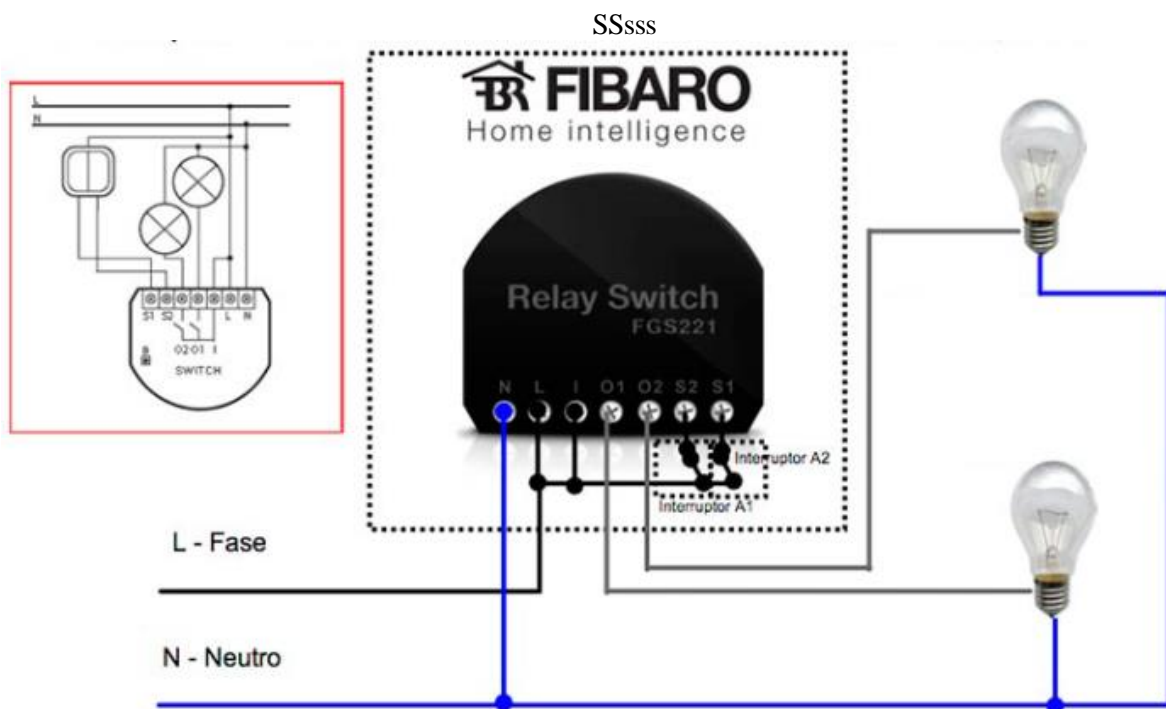


Figura 28. Conexión de Relay switch



Figura 29. Relay switch en la aplicación de Fibaro

Encender / apagar el dispositivo conectado a Fibaro Switch se realiza presionando el icono de ON/OFF. En este proyecto se ha utilizado para conectar un ventilador y este poder encenderlo tanto con el interruptor físico como desde cualquier lugar, presionando el ON desde la aplicación web.

Su precio en la página de zwave España es de 59.99€

3.4. Remoto.

Dispositivos que se utilizan a distancia, funciona con hacer un movimiento sin tocar la pantalla y es totalmente inalámbrico, esta alimentado por batería.

3.4.1. Swipe the Magic



Figura 29. Swipe the Magic

Fibaro Swipe es un controlador gestual que te permite controlar los dispositivos de la red Z-Wave sin tener contacto simplemente haciendo un movimiento. Su diseño se parece a un marco de fotos que puedes personalizar con tu foto favorita tienes unas dimensiones de 178 x 130 x 29 mm

Desliza la mano hacia arriba, abajo, izquierda, derecha, con movimientos circulares o usa secuencias delante de la pantalla para conseguir un completo e intuitivo control de tu hogar digital. Estos básicos

movimientos lo podemos utilizar para apagar o encender un actuador



Figura 30. Movimietos Swipe the Magic

Es alimentado por 4 baterías de 1.5v o mediante un conector micro-USB. Cuando es alimentado mediante cable las baterías son utilizadas como fuente de respaldo.

Su precio en la página de zwave España es de 149,99€

3.5. Puerta de enlace.

La pasarela (en inglés gateway) o puerta de enlace es el dispositivo que actúa de interfaz de conexión entre los dispositivos. Permite interconectar redes con protocolos y arquitecturas diferentes a todos los niveles de comunicación. Su propósito es traducir la información del protocolo utilizado en una red al protocolo usado en la red de destino.

3.5.1. Home Center Lite

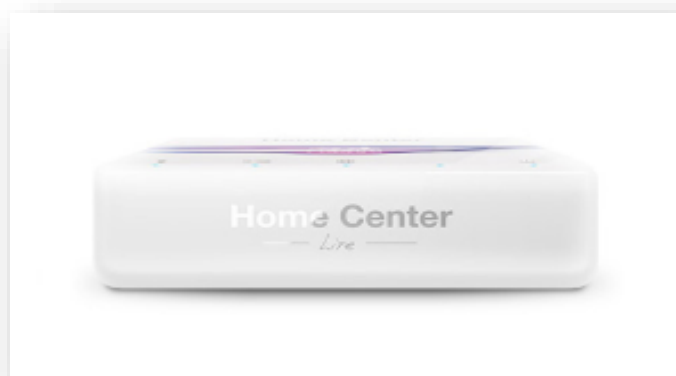


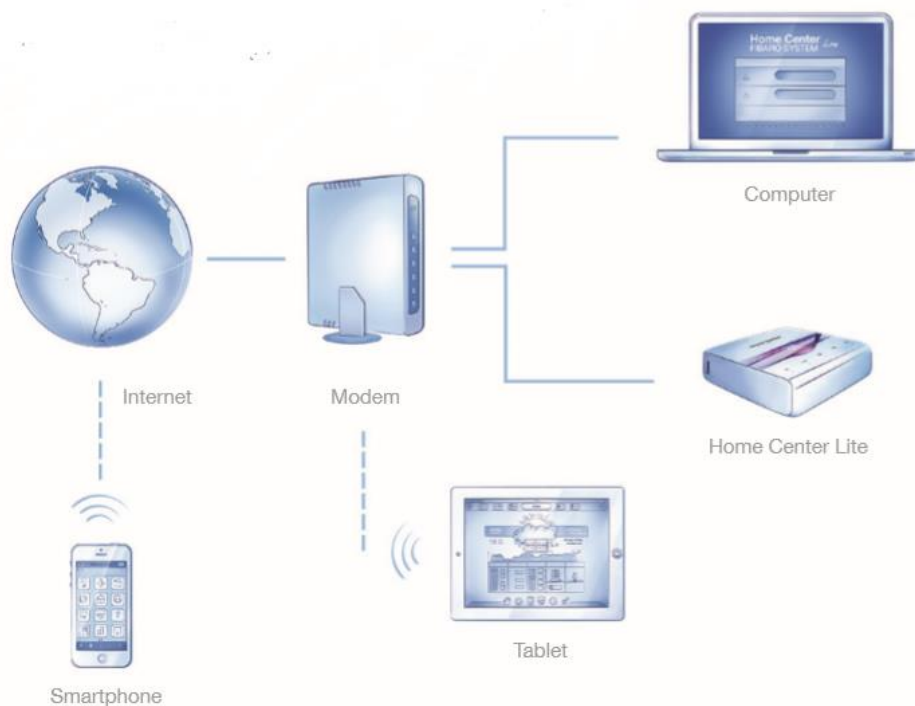
Figura 31. Home Center Lite

El Fibaro Home Center Lite es un dispositivo de electrónica de consumo utilizado como central domótica principal y/o complementaria. Este Gateway de pequeño tamaño (90x90x33 mm) se comunica y gestiona hasta 230 dispositivos domóticos de forma inalámbrica mediante la tecnología Z-Wave.

Este controlador permite además una mejor integración de dispositivos multimedia (si son compatibles con el sistema de Fibaro).

Gracias a las funciones de administración de energía del sistema, puede además controlar el consumo de energía actual y el historial del consumo de energía. Siendo posible también detectar los dispositivos que consumen más. Dispondrá de estadísticas detalladas de sus consumos que se presentan en diagramas claros, que ayudan a comparar los números para poder valorar próximas facturas y conseguir ahorros significativos.

Se conectaría el Home Center Lite con un enrutador utilizando el cable LAN incluido y se enciende el controlador. A partir de ese momento, el Home Center Lite está visible para todos los dispositivos dentro de su red de área local (LAN).



El Home Center Lite está equipado con un procesador rápido y eficiente Cortex A8 (720MHz).

Su precio en la página de zwave España es de 279,00€

4. PROGRAMACIÓN DE LA APLICACIÓN DOMÓTICA EN EL ENTORNO DE FIBARO

4.1. Activación de dispositivos.

La mayoría de los dispositivos figaro el método de inclusión es el mismo, se va a detallar como sería la activación de un motion sensor en el sistema fibaro a continuación:

Nos vamos a la pestaña dispositivos y una vez allí pinchamos en Agregar o remover dispositivo.



Figura 32. Inclusión de dispositivos. Paso 1

Os aparecerá la siguiente pestaña y pulsamos en Agregar:

4. Programación de la aplicación domótica en el entorno de Fibaro

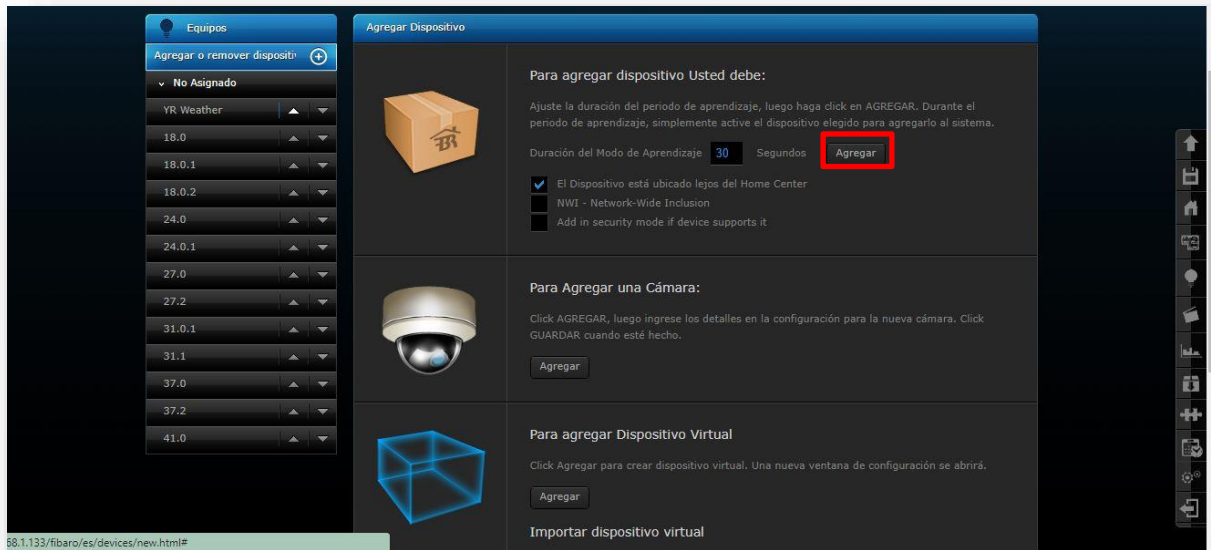


Figura 33. Inclusión de dispositivos. Paso 2

Ya tendríamos el controlador principal z-wave en modo inclusión. A continuación tendremos unos 30 segundos (esto es configurable) para añadir el dispositivo.

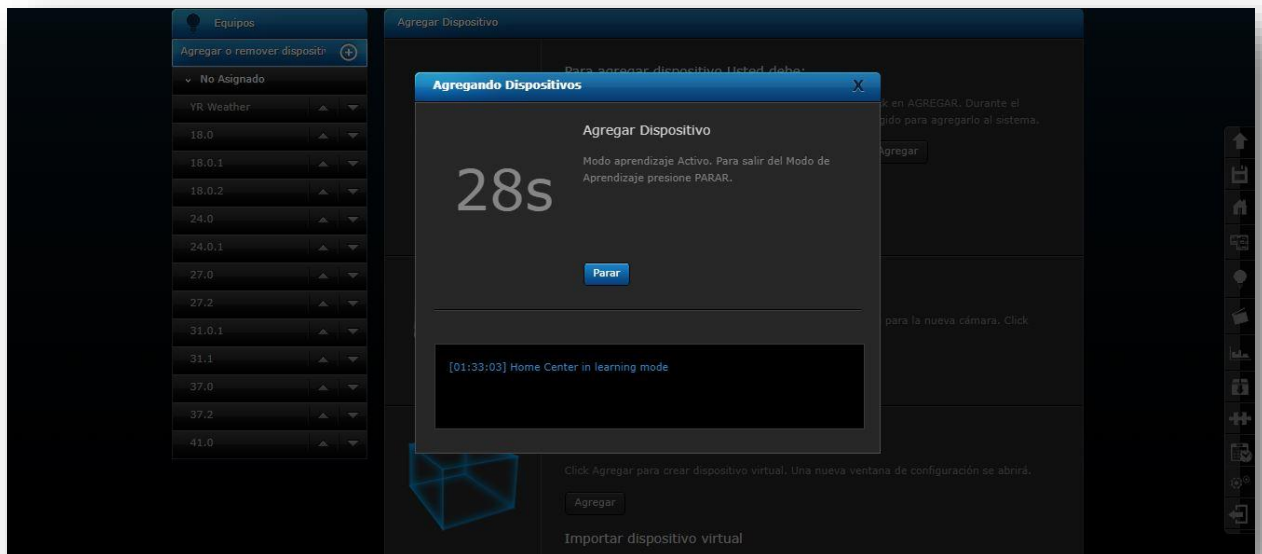


Figura 34. Inclusión de dispositivos. Paso 3

Para ello tenemos que pulsar tres veces el botón TMP ubicado dentro de la carcasa y el diodo LED brillara azul para confirmar que el dispositivo se encuentra en modo aprendizaje.



Figura 35. Inclusión de dispositivos. Paso 4

Y el dispositivo será incluido en el sistema.

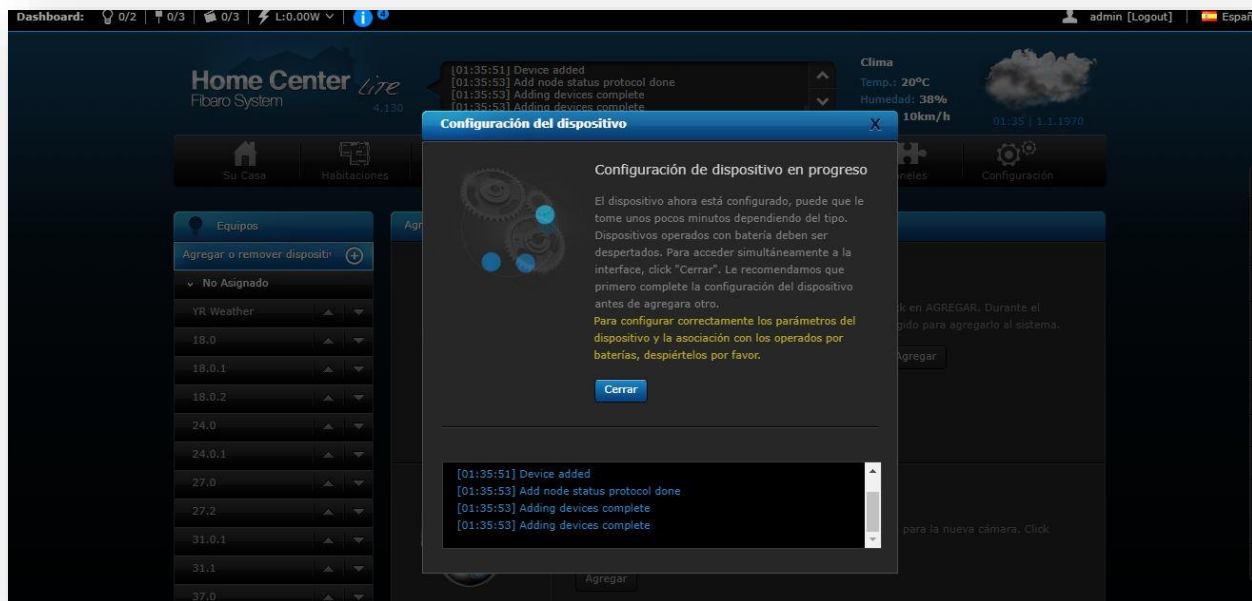


Figura 36. Inclusión de dispositivos. Paso 5

Como esperábamos se ha agregado el nuevo nodo 44.

4. Programación de la aplicación domótica en el entorno de Fibaro

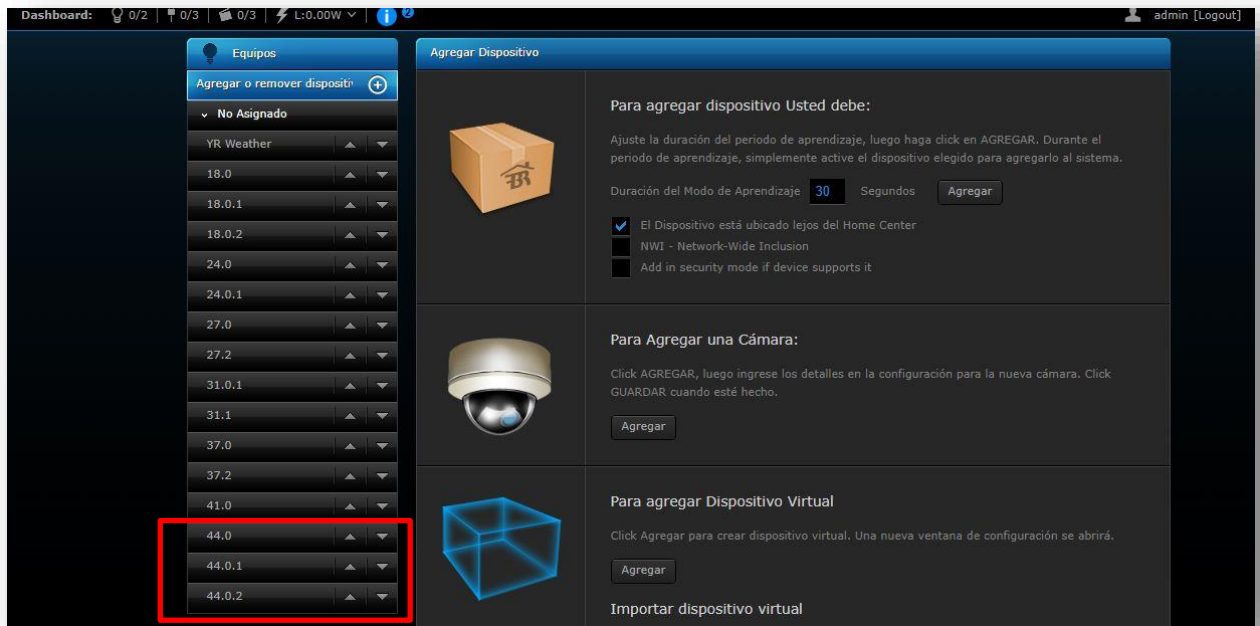


Figura 37. Nodo creado tras inclusión

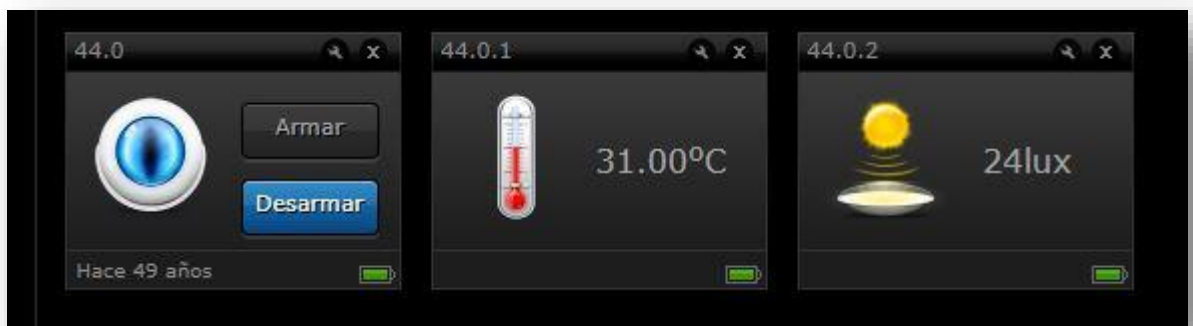


Figura 38. Dispositivo incluido en aplicación Fibaro

En el caso de encontrarnos problema a la hora de agregar, se realiza primero el borrado y después se agrega correctamente.

4.2. Borrado de dispositivos.

En este apartado se explica el borrado de un dispositivo, en este ejemplo borraremos el nodo 44 incluido en el apartado anterior.

Nos vamos a la pestaña Dispositivos y una vez allí pinchamos en Agregar o remover dispositivo.



Figura 39. Exclusión de dispositivos. Paso 1

En la parte baja de la siguiente pestaña aparecerá Borrar dispositivo y pulsamos en Borrar:

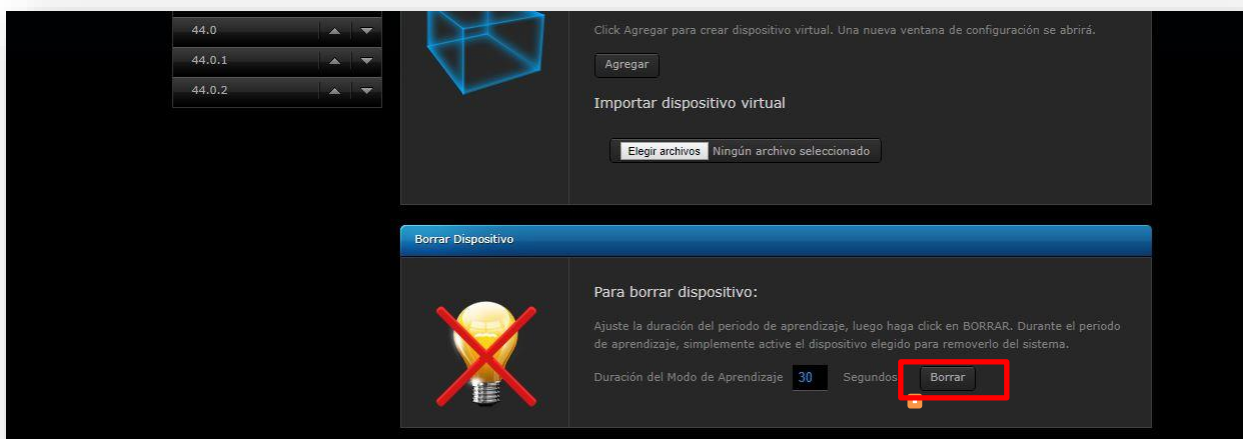


Figura 40. Exclusión de dispositivos. Paso 2

Ya tendríamos el controlador principal z-wave en modo exclusión. A continuación tendremos unos 30 segundos (esto es configurable) para borrar el dispositivo.

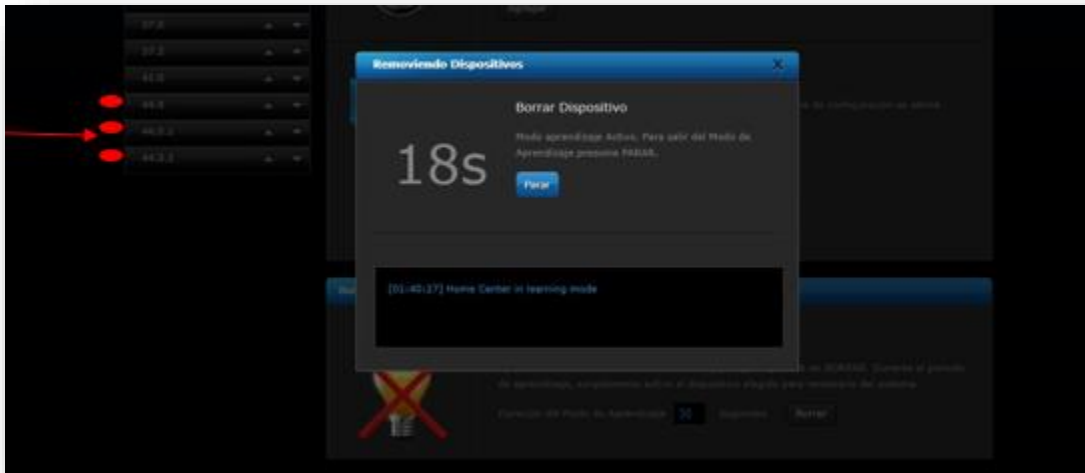


Figura 41. Exclusión de dispositivos. Paso 3

Para ello tenemos que pulsar tres veces el botón TMP ubicado dentro de la carcasa y el diodo LED brillara azul para confirmar que el dispositivo se encuentra en modo aprendizaje.



Figura 42. Exclusión de dispositivos. Paso 4

Y el dispositivo será borrado en el sistema correctamente. Como se comprueba por línea de comando.

```
[01:46:08] ID 44: Deleting devices succesful  
[01:46:10] ID 44: Controller was deleted succesfully  
[01:46:10] Removing devices finished  
[01:46:10] Removing devices finished
```

4.3. Reset dispositivos.

A continuación se muestra el reseteo de los dispositivos Fibaro. La mayoría de ellos tienen un menú que nos permiten realizar acciones que vamos eligiendo seleccionando el botón MTP y jugando con los colores o sonidos.

En el caso del Motion Sensor sería así:

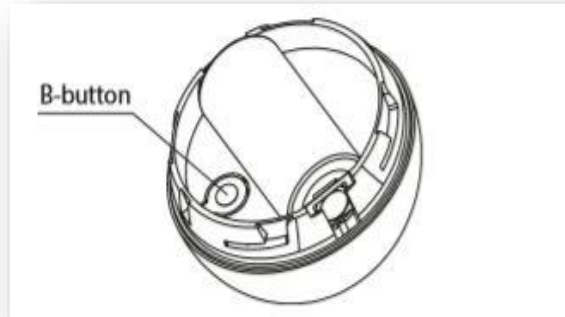


Figura 43. Reseteo de dispositivos

Dejamos presionado el botón hasta que el diodo LED brilla de color violeta y posteriormente amarillo.

El color amarillo es para el restablecimiento del dispositivo, para seleccionar esta acción soltamos el botón y volvemos a pulsarlo para confirmar la selección y entonces se pondrá en rojo el dispositivo.

4.4. Creación de escenas.

Para combinar varios dispositivos de los analizados en el punto anterior se utilizan las escenas, con ellas podemos multiplicar la utilidad de nuestros dispositivos aprovechando así el máximo de ellos e integrándolos a la perfección en nuestro hogar.

Fibaro dispone de una interfaz gráfica que utiliza la estructura lógica IF/Then (Si condicional/Entonces). Toda escena comienza con una condición (IF) que debe cumplirse para que se ejecute una acción (Then).

Las Escenas pueden ser creadas o modificadas desde el apartado **Scenes** de la aplicación Fibaro Home Center.



Figura 44. Creación de escena 1

Tenemos dos opciones a la hora de crear una escena:

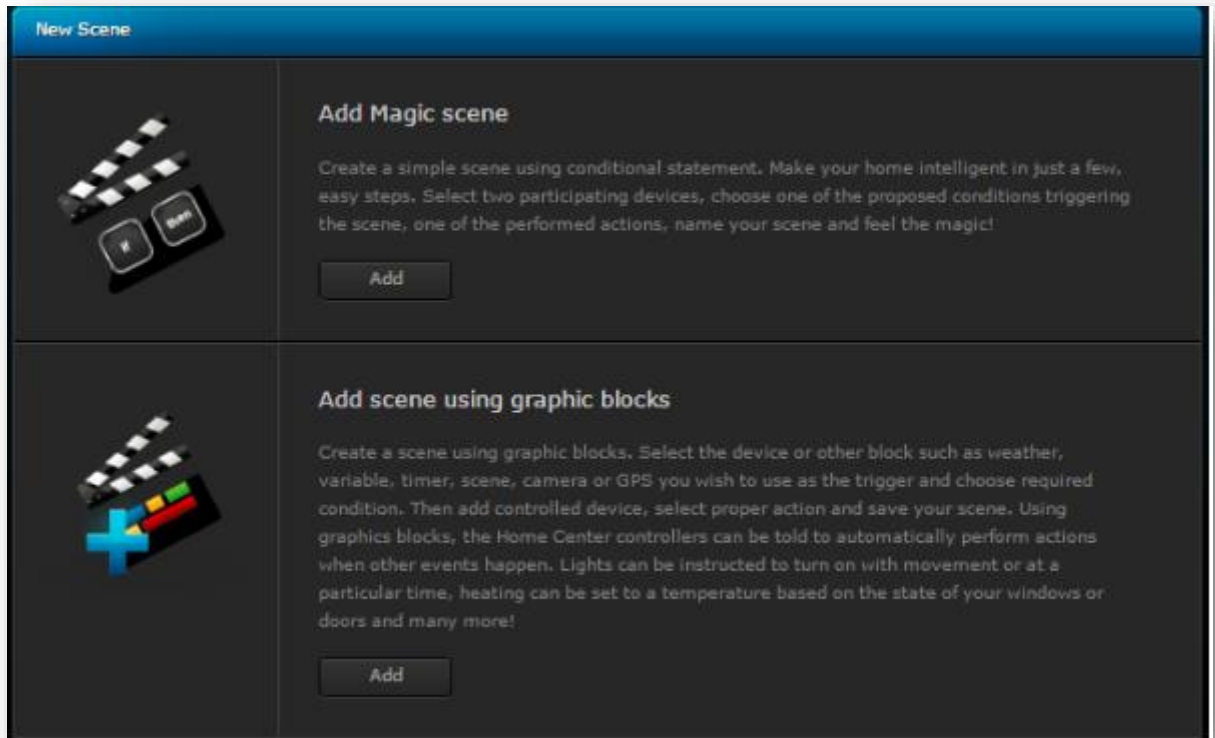


Figura 45. Creación de escena 2

- Add Magic scene: Esta opción es más visual y fácil. Se elige el primer dispositivo con su condición y en el siguiente paso la acción a realizar.

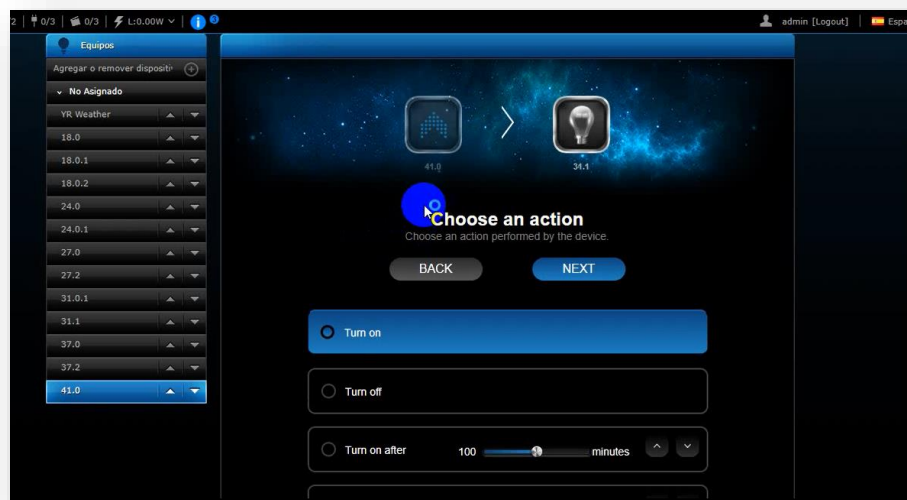


Figura 46. Creación de escena 3

- Add scene using graphic blocks: En este caso se crearan las escenas utilizando bloques gráficos.

Identificamos los bloques disponibles y el funcionamiento de cada uno de ellos:

	<p>Bloque Azul – Dispositivo Es el dispositivo utilizado como disparador de la escena (Trigger) o como el dispositivo controlado.</p>
	<p>Bloque Amarillo – Condición lógica o comparador Evalúa el estado de un dispositivo (==, <, > etc) o ejecuta una condición lógica (Then, And, Or)</p>
	<p>Bloque Verde – Estado Corresponde al estado de un dispositivo, usualmente, el dispositivo que actúa como disparador de la escena (trigger).</p>
	<p>Bloque Verde – Acción Ejecuta una acción. Coloca a un determinado dispositivo en un valor o estado específico.</p>
	<p>Bloque Rojo – Demora Agrega una demora antes de que la acción se ejecute o que el resto de la escena se procese. El valor es en segundos.</p>

Tabla 5. Bloques disponibles para creación de escenas en Fibaro

Vamos eligiendo cada bloque para conseguir la escena haciendo clic en el botón ‘+’ y seleccionando el deseado.

En este caso, queremos que la luz de la habitación se apague cuando no haya movimiento por 5 minutos seguidos.

Por lo tanto, la condición inicial de la regla (IF) es que el sensor de movimiento asignado a la habitación en cuestión permanezca sin detectar movimiento en unos 300 segundos, estos 5 minutos de demora lo indica con en el bloque rojo.



Figura 47. Creación de escena 4

Una vez tengamos la precondicion, se añade el bloque THEN y la acción a realizar que en este caso sería apagar la luz.



Figura 48. Creación de escena 5

4.4.1. Ejemplos de escenas creadas.

En la escena de la izquierda se combina el sensor de movimiento con el dimmer en nuestra maqueta. La cual se traduce: si hay movimiento se enciende la luz. Esta escena es útil a la hora de colocarla en un portal de un bloque de viviendas, en las farolas de la calle, en la entrada de una casa, se ahorraría mucha energía.

La escena de la derecha combina el sensor de lux con el dimmer en nuestra maqueta. De forma que si aumentan los lux, disminuye la intensidad de la bombilla y viceversa. Esta escena sería útil en una biblioteca, empresa o en cualquier vivienda. Aquel lugar que se quiere tener siempre controlado con la luminosidad adecuada.



Figura 49. Ejemplos de escenas creadas

5. CONCLUSIONES Y LÍNEAS DE DESARROLLO FUTURAS

La tecnología investigada, Zwave, ha resultado ser muy interesante, no es de alto coste y tienes unas prestaciones muy buenas. La comunicación inalámbrica la veo una opción de futuro y la comunicación a baja frecuencia para no interferir con el wifi y bluethoon todo un acierto.

Hemos analizado cada uno de los dispositivos de fibaro y se ha realizado un montaje completo de un sistema domótico formado por 7 dispositivos, los cuales hemos controlado y gestionado a través de la aplicación de Fibaro, tanto desde un ordenador como de un teléfono móvil.

Desde de la lectura de este trabajo se conocería el método de inclusión, exclusión y creación de escenas en la plataforma de Fibaro de los distintos dispositivos.

Al desarrollar este proyecto nos hemos encontrado con varios inconvenientes, uno de los principales problemas de los dispositivos es debido a las baterías, cuando la batería es mínima los dispositivos empiezas a comportarse de manera errónea. Además, para algunas de ellas su duración ha sido menor de lo esperado.

También, sería interesante mejorar la calidad del software de la aplicación de Fibaro, tanto en la web como en la app móvil, a lo largo de la realización del proyecto se ha encontrado varias incidencias, la aplicación no se comportaba correctamente.

Una de las futuras mejoras sería utilizar el montaje de la maqueta realizada para este mismo proyecto y programarlo en el entorno de OpenHab. Lo particular de esta plataforma es que se trata de un medio empleado para gestionar el control de las diferentes tecnologías domóticas. Se comprobaría la integración de los dispositivos Zwave en Openhab y de ser así, sería una gran ventaja ya que con esta plataforma podríamos hacer que interaccione dispositivos ZWave con otros de distinta tecnología.

Ha sido un mundo nuevo que me ha fascinado descubrir, siempre me he visto atraída por este ámbito, la domótica engloba la mayoría de las ramas de especialización del Grado de Ingeniería en Tecnologías de las Telecomunicaciones que he cursado y una vez que he empezado a investigar me he dado cuenta que es un mundo bastante amplio y aunque avanza a pasos gigantescos, todavía queda mucho por conocer y desarrollar.

6. BIBLIOGRAFÍA

FIBARO . Disponible en internet en: <http://manuals.fibaro.com/>

HABMIN. Disponible en internet en: <http://www.cd-jackson.com/index.php/openhab/habmin>.

OPENHAB. Disponible en internet en: <http://docs.openhab.org/developers/contributing/contributing>

Asociación Española de Domótica e Inmótica–CEDOM. Disponible en internet en: <http://www.cedom.es/sobre-domotica/normativa-y-certificacion>

DOMOTALIA. <https://www.domotalia.es/es/dimmers-z-wave/423-fibaro-dimmer-2-regulador-universal-250w-z-wave-plus-5902020528524.html>

Asociación Española de Domótica e Inmótica – CEDOM. Disponible en internet en: <http://www.cedom.es/sobre-domotica/que-es-domotica>.

MAESTRE TORREBLANCA, JM. Domótica para ingenieros. 1ª ed. Sevilla: Paraninfo, 2015, p. 211.

DARD, Philippe. «La Domotique: Mise en oeuvre et finalités sociales». CSTB Magazine nº 33, p. 30-34, París, 1990.

Zwave .Disponible en Interne en: <http://www.z-wave.com>

Domotica Disponible en Interne <http://www.domoticadomestica.com/tag/fibaro/>

Material de la Asignatura domótica 4º GITT proporcionado por Dpto. Ingeniería de Sistemas y Automática Escuela Superior de Ingenieros Universidad de Sevilla.