



Universidad de Valladolid



**ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES**

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES

Grado en Ingeniería en Electrónica Industrial y Automática

Diseño de un sistema domótico centralizado

Autor:

Rodríguez Gutiérrez, Adrián

Tutor:

**Arranz Gimón, Ángel Eugenio
Departamento Tecnología
Electrónica**

Valladolid, Agosto 2014

El esfuerzo invertido en este trabajo va dedicado para todas aquellas personas que nunca dudaron de mí, que siempre, cada uno a su manera, me apoyaron.

En especial dedicatoria para mis padres, Alberto y Rosa; mi hermana, Irene y mis abuelos Jesús y Rosa.

Tampoco me olvido de ti que me enseñaste a luchar contra todo, Eutiquio.

Gracias, cómo no, a Andrea que siempre estuvo ahí para apoyarme día tras día.

Familia, amigos, compañeros de clase y profesores, gracias a todos.

Resumen

El presente proyecto tiene como objetivo realizar un estudio conciso de los diferentes sistemas domóticos existentes en el mercado así como de las variables controladas, sensores y actuadores necesarios, y la comunicación de todos ellos con el sistema de control.

Se estudiarán los diferentes protocolos, sistemas y formas de interconectar los sistemas domóticos. Además, se realizará una instalación para una pequeña vivienda con dos sistemas diferentes disponibles en el mercado, para así ver las diferentes posibilidades que nos ofrece la domótica. La primera instalación será mediante un sistema comercial totalmente desarrollado para la domótica (Myfox), y la segunda mediante un microcontrolador de propósito general (Arduino).

Palabras clave: domótica, Arduino, automatización, robótica, control.

Índice

Introducción y objetivos del proyecto	1
Objetivo	1
Capítulo 1. Introducción a la domótica.....	3
1.1. Conceptos generales	3
1.2. ¿Qué nos puede proporcionar la domótica?	4
Eficiencia energética y control de recursos.	4
Confort.....	6
Seguridad	7
Comunicaciones.....	8
Accesibilidad	8
1.3. Clasificación de los sistemas domóticos.....	9
Clasificación según el medio de transmisión.	9
Clasificación según arquitectura.....	10
Clasificación según topología.	11
Capítulo 2. Elementos básicos de las instalaciones domóticas	13
2.1. La pasarela residencial.....	13
2.2. Sensores	13
Tipos de sensores	15
Sensores utilizados en la domótica.	16
Recomendación de la instalación de los sensores	17
2.3. Actuadores.....	18
Tipos de actuadores utilizados en la domótica	18
Recomendaciones de la instalación de los actuadores	19
2.4. Medios de transmisión	20
Medios de transmisión guiados (Cableados).....	21
Inalámbrica	32

2.5. Controladores	37
Controladores existentes en el mercado	37
Capítulo 3. Protocolos y tecnologías.....	41
3.1. Modelo de referencia OSI	41
Capa 1: Física.....	42
Capa 2: De enlace de datos.....	42
Capa 3: Red.....	43
Capa 4: Transporte.....	43
Capa 5: Sesión	43
Capa 6: Presentación	44
Capa 7: Aplicación.....	44
3.2. Protocolos domóticos	45
X-10	45
EIB (European Installation Bus)	48
BatiBUS	51
EHS.....	52
KONNEX- KNX.....	54
LONWORKS	56
CEBus	59
BACnet.....	60
SCP	62
HBS.....	63
EnOcean	63
3.3. Tecnologías de interconexión inalámbrica y cableada.....	65
Cableada.	65
Inalámbrica	75
3.4. La red multimedia.....	82
HAVi	82
UPnP.....	83
Jini	84

Capítulo 4. Situación actual del mercado de la domótica.....	87
4.1. Domoalert	87
Productos	88
4.2. Philips Hue.....	89
Bombillas.....	90
Puente.....	90
Aplicación.....	91
4.3. DROPCAM	92
4.4. Homekit de Apple.....	94
4.5. Myfox.....	94
Productos	95
4.6. Nest.....	96
Capítulo 5. Instalación domótica de una vivienda con dispositivos comerciales.....	97
5.1. Descripción de la vivienda. ¿Por qué Myfox?	97
5.2. Planos de la vivienda	98
5.3. Instalación domótica	99
Red de seguridad	99
Red de accesibilidad	100
Red de confort y ahorro energético	102
5.4. Descripción detallada de los sistemas.....	103
Seguridad	103
Accesibilidad	107
Confort y ahorro energético	109
5.4. Presupuesto de la instalación domótica	111
Capítulo 6. Instalación domótica de una vivienda con Arduino.	113
6.1. Descripción de la vivienda.....	113
6.2. Instalación domótica	113
Controlador del sistema: Arduino.....	113
Comunicación con Arduino	118

Diseño de un sistema domótico centralizado

Interconexión de sensores y actuadores con la central.	133
Red de seguridad	134
Redes de accesibilidad, confort y ahorro energético.....	135
6.3. Descripción detallada de los sistemas.....	136
Seguridad	136
Accesibilidad	142
Confort y eficiencia.....	142
6.4. Planos de la vivienda con Arduino.....	143
6.5. Presupuesto de la instalación	145
6.6. Diseño práctico. Implementación física	146
Breve descripción de la implementación física.	146
Descripción detallada de la conexión de nuestros sensores	147
Funcionamiento de nuestro sistema con Arduino MEGA	153
Conclusiones y posibles líneas de mejora.....	163
Comparativa de las instalaciones.....	163
Posibles mejoras de nuestro sistema con Arduino	163
Tendencias futuras de la domótica	164
Anexo I. Código completo de Arduino.	165
Programa_principal.ino.....	165
Codigo_mando.h	170
Pines.h.....	171
Bibliografía.....	173
Libros.....	173
Páginas Web	173
Artículos Web	174

Índice de figuras

Figura 1. Esquema prestaciones de la domótica.....	3
Figura 2. Esquema arquitectura centralizada.....	10
Figura 3. Esquema arquitectura distribuida.....	10
Figura 4. Esquema arquitectura híbrida.....	11
Figura 5. Esquema de las diferentes topologías (de izquierda a derecha y de arriba abajo): bus o línea, estrella, árbol y anillo.....	12
Figura 6. Tipos de señales.....	14
Figura 7. Espectro electromagnético para las comunicaciones.....	21
Figura 8 Constitución de par trenzado.....	22
Figura 9. Atenuación en los diferentes medios de transmisión.....	23
Figura 10. Cable coaxial.....	25
Figura 11. Estructura cable de fibra óptica.....	27
Figura 12. Estructura y ángulos de cable de fibra óptica.....	27
Figura 13. Principio de propagación de la luz en fibra óptica.....	29
Figura 14. Tipos de enlace microondas por satélite.....	34
Figura 15. Descripción de entradas y salidas del controlador Miniserver de Loxone.....	38
Figura 16. Dimensiones Miniserver de Loxone.....	38
Figura 17. Centralita Myfox.....	39
Figura 18. Modelo de referencia OSI.....	41
Figura 19. Logotipo X-10.....	45
Figura 20. Inserción de las ondas portadoras en la onda de 60 Hz.....	47
Figura 21. Trama X-10.....	47
Figura 22. Logotipo EIB.....	48
Figura 23. Logotipo BatiBUS.....	51
Figura 24. Logotipo KNX.....	54
Figura 25. Logotipo LonWorks.....	56
Figura 26. Logotipo BACnet.....	60
Figura 27. Logotipo comercial enocean.....	63
Figura 28. Funcionamiento de CSMA/CD.....	65
Figura 29. Esquema topología Ethernet 10-Base-5.....	67
Figura 30. Logotipo USB.....	70
Figura 31. Diferentes tipos de conectores USB 2.0.....	71
Figura 32. Logotipo USB 3.0.....	71
Figura 33. Conectores USB 3.0.....	72
Figura 34. Logotipo FireWire.....	72
Figura 35. Conector FireWire.....	73

Figura 36. Logotipo y conectores Thunderbolt.....	74
Figura 37. Tecnología ZigBee frente a otras tecnologías.....	78
Figura 38. Topologías de la norma IEEE 802.15.4 (ZigBee).....	79
Figura 39. Pila protocolos UPnP.....	84
Figura 40. APP Domoalert.....	88
Figura 41. Dispositivos y aplicación Phillips Hue.....	90
Figura 42. Kit Phillips Hue.....	91
Figura 43. Versiones Dropcam.....	93
Figura 44. Dropcam Tabs.....	93
Figura 45. Kit básico Myfox Security.....	95
Figura 46. Centralita Myfox.....	99
Figura 47. Llave EnOcean®.....	99
Figura 48. Llave GPRS.....	99
Figura 49. Esquema de la red de seguridad.....	101
Figura 50. Esquema red de accesibilidad.....	102
Figura 51. Red de confort y ahorro energético.....	103
Figura 52. Cámara de seguridad Myfox.....	104
Figura 53. Detector de CO.....	104
Figura 54. Detector de humos.....	105
Figura 55. Detector fallo congelador.....	105
Figura 56. Detector de inundaciones.....	106
Figura 57. Detector de movimiento.....	106
Figura 58. Tag Myfox anti-efracción.....	107
Figura 59. Accionamiento para automatización de puertas.....	108
Figura 60. Relé EnOcean.....	108
Figura 61. Módulo Myfox.....	108
Figura 62. Brazaletes de emergencia (izquierda y colgante de emergencia (derecha)).....	109
Figura 63. Actuador de persianas.....	109
Figura 64. Receptor para calefacción.....	110
Figura 65. Receptor para puertas.....	110
Figura 66. Sistemas de control iluminación: portalámparas (izquierda) y bombilla completa (derecha).....	111
Figura 67. Arduino UNO.....	114
Figura 68. Placa Arduino UNO rev3, descripción de componentes.....	115
Figura 69. Receptor de infrarrojos y mando a distancia.....	118
Figura 70. Arriba: señal emitida por el mando. Abajo: señal recibida y codificada.....	119
Figura 71. Conexión receptor de infrarrojos.....	119
Figura 72. Mando IR.....	121
Figura 73. Diagrama recepción de IR y control de LEDs.....	122
Figura 74. Módulo Bluetooth: HC-06.....	124
Figura 75. Interfaz Android para el control.....	126

Figura 76. Diagrama flujo comunicación bluetooth	126
Figura 77. Módulo Arduino Ethernet Shield	128
Figura 78. Diagrama de flujo comunicación Ethernet.....	129
Figura 79. Interfaz Web con Arduino.....	133
Figura 80. Configuración Master-Slave Arduino.....	134
Figura 81. Red de seguridad.....	135
Figura 82. Esquema red de accesibilidad, confort y ahorro energético.	136
Figura 83. Módulo detector CO.....	136
Figura 84. Sensor de gas MQ-5.....	137
Figura 85. Sensor de llama.....	137
Figura 86. Sensor de temperatura LM35.....	138
Figura 87. Sensor PIR.....	138
Figura 88. Sensor distancia HC-SR04.....	139
Figura 89. Esquema de funcionamiento del sensor de movimiento.	140
Figura 90. Sensor de lluvia-inundación.....	140
Figura 91. Sensor de lluvia-Circuito de control.	141
Figura 92. Relé Arduino.....	142
Figura 93. Fotorresistencia LDR.....	143
Figura 94. Implementación física de nuestro sistema con Arduino.....	146
Figura 95. Conexión de sensor MQ-5.....	147
Figura 96. Conexión sensor ultrasonidos.....	150
Figura 97. Conexión Arduino sensor inundación.....	151
Figura 98. Conexión de LDR para divisor de tensión.....	152
Figura 99. Conexión del divisor de tensión	152
Figura 100. Esquema funcionamiento programa	153
Figura 101. Captura de pantalla de nuestro programa Arduino.....	154
Figura 102. Funciones analógicas.....	157

Índice de tablas

Tabla 1. Características medios de transmisión.	21
Tabla 2. Comparativa de pares trenzados apantallados y sin apantallar.....	24
Tabla 3. Rango de frecuencias para varias fibras ópticas.	30
Tabla 4. Prestaciones de la transmisión por microondas.....	33
Tabla 5. Diferentes versiones de Ethernet con sus características.....	69
Tabla 6. Versiones de USB.....	71
Tabla 7. Descripción pines USB 3.0	72
Tabla 8. Resumen de protocolos Wi-Fi.	77
Tabla 9. Elementos de seguridad	100
Tabla 10. Dispositivos de accesibilidad.	101
Tabla 11. Dispositivos confort y ahorro energético.....	102
Tabla 12. Presupuesto de la instalación domótica	112
Tabla 13. Característica de Arduino UNO	115
Tabla 14. Elementos de la placa Arduino UNO rev3.	115
Tabla 15. Comandos para la configuración de nuestro Bluetooth Arduino. .	125
Tabla 16. Sensores instalados en nuestra vivienda domótica.	134
Tabla 17. Características sensor ultrasonidos.....	139
Tabla 18. Presupuesto instalación domótica con Arduino.....	145

Introducción y objetivos del proyecto

En los últimos años la tecnología ha avanzado de manera exponencial. Hoy en día estamos acostumbrados a vivir dependientes del móvil, del ordenador o de una Tablet. Pero estas comodidades tecnológicas han surgido en los últimos 10 años. Lo mismo está ocurriendo aunque de una manera menos acusada en las viviendas, edificios o incluso en las ciudades. Ya es común encontrar viviendas con vigilancia conectada a los ordenadores u otros dispositivos del hogar, tener sistemas de alarmas para el control de la vivienda desde fuera del hogar o el control de un invernadero o de un simple huerto.

El progreso de la tecnología, y en particular de las llamadas Tecnologías de la Información y Comunicaciones (TIC) ha hecho que hoy en día se piense en un paso más allá en el control de una vivienda, un paso más hacia los edificios inteligentes, viviendas domóticas, e incluso de ciudades inteligentes. El hogar digital cada vez suena más real y se acerca más a los que vemos en las películas, el hogar digital es una realidad, que poco a poco se va incorporando a los hogares.

Objetivo

El objetivo de este trabajo es realizar un análisis de los diferentes sistemas domóticos existentes en el mercado, tanto sensores y actuadores, como controladores, pasando por los medios de interconexión y diferentes protocolos. En este estudio habrá referencias tanto a los protocolos relacionados con la domótica como relacionados con las redes de comunicación en los que la domótica está implicada.

Este proyecto se estructura en dos partes claramente diferenciadas. La primera formada por los capítulos 1, 2, 3 y 4, hace un estudio conciso de los sistemas domóticos. En la segunda parte, capítulos 5 y 6, se realiza un ejemplo de instalación domótica para una vivienda unifamiliar.

En el primer capítulo, realizamos una introducción al mundo de la domótica, explicamos cómo surgió la domótica y que nos proporciona, y finalmente en este apartado, realizamos una clasificación general de un sistema domótico.

El segundo capítulo está dedicado a describir los elementos básicos más comunes que se implantan en una vivienda domótica, siendo estos solo la

parte fundamental, dado que el mundo de la domótica crece día a día. Además, realizaremos un análisis de los medios de transmisión de datos existentes en el mercado, tal como par trenzado, cable coaxial, ondas microondas, etc.

El tercer capítulo es donde describimos con detalle las formas de interconectar nuestros dispositivos, tanto físicas como lógicas. Es decir se explicarán cómo se propagan los datos por los diferentes medios de transmisión, así como los protocolos existentes en el mercado para comunicarse entre dispositivos y con el usuario final.

En el cuarto capítulo hemos querido realizar un análisis de diferentes empresas destinadas al mundo de los hogares inteligentes. Este apartado es especialmente interesante para ver la evolución y el impacto que están teniendo actualmente estas empresas, y la expansión que están sufriendo en los últimos años.

El quinto capítulo desarrolla una instalación domótica con dispositivos comerciales. Mientras que en el sexto y último capítulo implantamos una instalación domótica con un microcontrolador de propósito general como es Arduino.

Capítulo 1.

Introducción a la domótica

1.1. Conceptos generales

Antes de ponernos a desarrollar cualquier aspecto, debemos tener claros algunos conceptos que definimos a continuación.

Domótica: Es el término científico que se utiliza para denominar la parte de la tecnología (electrónica, informática y mecánica), que integra el control y supervisión de los elementos existentes en un edificio de oficinas o en uno de viviendas o simplemente en cualquier hogar.

Inmótica: Es el término utilizado para describir la automatización de edificios de uso terciario o industrial, con el objetivo de reducir el consumo de energía, aumentar el confort y la seguridad.

Edificio inteligente: Es un término muy similar al de la domótica, pero normalmente tiende a ser utilizado más en el ámbito de los grandes bloques de oficinas, bancos, universidades y edificios industriales.

La domótica ha surgido como una integración de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) en la vivienda, no simplemente para un mayor confort o comodidad, sino también, desde el punto de vista de la eficiencia energética, la seguridad y la accesibilidad. Vemos en la figura 1 un pequeño esquema de los sistemas que engloba la domótica.

Un sistema domótico tendrá una red de comunicación que permite la interconexión de una serie de equipos a fin de obtener información sobre el entorno doméstico y, basándose en ésta, realizar determinadas acciones sobre dicho entorno.



Figura 1. Esquema prestaciones de la domótica.

Tras esta pequeña introducción podemos definir el concepto de vivienda domótica:

“Vivienda en la que existen agrupaciones automatizadas de equipos, normalmente asociados por funciones, que disponen de la capacidad de comunicarse interactivamente entre sí.”

1.2. ¿Qué nos puede proporcionar la domótica?

Eficiencia energética y control de recursos.

La gestión eléctrica del hogar es uno de los argumentos más antiguos para la implementación de la domótica. Estas funciones son de gran importancia para la administración pública, los proveedores de servicio y el usuario final.

El ahorro energético es un concepto al que se puede llegar de muchas maneras. No siempre es necesario sustituir los aparatos o sistemas existentes en el hogar por otros que consuman menos sino gestionar de manera eficiente los aparatos de los que disponemos.

Los servicios de control y gestión de energía se encargan de racionalizar los diferentes consumos energéticos domésticos en función de diferentes criterios. Algunas de sus funciones son la gestión de la climatización, gestión de las cargas eléctricas, gestión de las tarifas o el uso de tecnologías renovables.

Gestión de la climatización

Para gestionar el uso de la climatización existen numerosas maneras de convertir nuestro hogar en uno más eficiente energéticamente, respetando nuestras necesidades.

- **Zonificación:** consiste en definir cada zona de la vivienda con unos requisitos o condiciones térmicas distintas. Estas zonas son gestionadas de forma independiente. Esta gestión por zonas puede realizarse siguiendo una misma programación para cada una de ellas, o bien ser controladas de forma independiente, incrementando con ello, las posibilidades de uso y confort para el usuario.
En instalaciones sin zonificación, algunas estancias de la vivienda pueden climatizarse en exceso, o en defecto, ya sea por su tamaño, su orientación o su uso; creando de esta manera una reducción de confort y un gasto innecesario para el usuario.
Se pueden establecer diferentes tipos de niveles de temperatura, dependiendo si el usuario se encuentra o no en el hogar. Por ejemplo podríamos tener tres niveles:

- *Nivel de temperatura de confort*: sería el habitual de funcionamiento para cuando el usuario esté en la vivienda.
 - *Nivel de temperatura de economía*: cuando el usuario abandona por un corto periodo de tiempo del hogar, o cuando no se requiera un nivel de temperatura tan elevado (calefacción) o tan bajo (aire acondicionado).
 - *Nivel de temperatura anti-helada*: para viviendas de uso esporádico, es importante mantener un nivel mínimo de temperatura con el objetivo de que no se hielen las instalaciones de agua en invierno.
- **Desconexión** cuando haya ventanas abiertas.
 - **Programación de la climatización** para no malgastar los recursos cuando no los necesitamos.

Gestión cargas eléctricas

Consiste en la racionalización de los equipos de uso no prioritario en función del consumo eléctrico en un momento dado, para evitar la interrupción del suministro por una posible sobrecarga del sistema.

Gestión de tarifas

Podemos derivar el funcionamiento de algunos aparatos a horas de tarifa reducida, para conseguir una reducción en nuestra factura, y evitar un corte de suministro por una sobrecarga del sistema en franjas con alto consumo eléctrico.

Por ejemplo podríamos utilizar calefacción por medio de acumuladores eléctricos. En la actualidad, sólo existen distintas tarifas en el suministro de energía eléctrica a través de la conocida tarifa nocturna.

Uso de energías renovables.

Se pueden implantar paneles fotovoltaicos o pequeños aerogeneradores para reducir el consumo eléctrico de la vivienda.

Las funciones anteriormente explicadas, se pueden generalizar en:

- **Regulación**: mantener unos valores definidos a priori.
- **Programación**: capacidad de modificar los valores anteriormente prefijados.
- **Optimización**: asegurar un coste mínimo al usuario.
- **Desconexión**: parar un aparato en caso de que su funcionamiento suponga un coste superior al establecido o cuando comprometa la estabilidad del sistema.

- **Seguridad:** intervención del sistema en caso de peligro de sobrecarga para evitar que se funda el tendido eléctrico u otros perjuicios.

Confort

El confort conlleva todas las actuaciones que se puedan llevar a cabo para mejorar la comodidad en una vivienda. Ya sea de forma activa o pasiva. Dependiendo de las necesidades e ideas del usuario.

Iluminación.

En cuanto a la iluminación son numerosas las formas posibles de actuación:

- **Control a distancia** o automatización de una zona de iluminación.
- **Apagado general** de todas las luces de la vivienda.
- **Programación de escenas** de simulación antirrobo, para periodos vacacionales donde el dueño no se encuentre en la vivienda.
- **Regulación** de la iluminación según el nivel de luminosidad existente.
- **Accionamiento automático** en función del nivel de iluminación, y de la presencia de personas.

Automatización de diferentes sistemas

Para que en caso de condiciones climatológicas desfavorables, robo, o cualquier otra circunstancia pre-configurada, los sistemas actúen en consecuencia:

- Control de persianas y toldos.
- Control de puertas y ventanas.
- Control de válvulas de gas, agua y otro tipo de sistema.

Centralización y supervisión de la información del estado de los sistemas instalados.

De nada nos serviría tener todo el hogar automatizado si no podemos supervisarlos desde un punto remoto. Un sistema domótico completo tiene que ser accesible desde cualquier punto, tanto dentro como fuera del hogar.

Control vía internet de todos los sistemas automatizados.

Es interesante poder conocer el estado de todos los sistemas de nuestra vivienda desde cualquier punto, a través del móvil o mediante un ordenador personal conectado a Internet.

Generación de macros y programas de forma sencilla para el usuario y automatización.

El control de la vivienda debe esquematizarse, de forma que sea sencillo de utilizar a cualquier persona no simplemente a técnicos dedicados a este campo.

Seguridad

Otra de las características que nos ofrecen las casas domóticas es el tema de la seguridad. Con la implantación de diferentes sistemas, podemos proteger nuestra vivienda, tanto los bienes patrimoniales como la seguridad personal. Algunos de los sistemas que se pueden implantar son los siguientes.

Alarmas de intrusión (Anti-intrusión)

Se utilizan para detectar o prevenir la presencia de personas extrañas en una vivienda o edificio. Se pueden clasificar en:

- **Protección perimetral:** protege de accesos a la parcela y a la misma vivienda a través de puertas y ventanas. Principalmente se utilizan barreras infrarrojas de exterior, sensores de contacto magnético de puerta/ventana y sensores de rotura de cristal.
- **Protección del interior:** protege de intrusión dentro de la misma vivienda. Se utilizan sensores de detección de movimiento con tecnología infrarroja y ultrasónica.

Cierre de persianas automatizado

En caso de intento de robo, o de incendio.

Simulación de presencia

Consiste en la activación aleatoria de algunos elementos como la iluminación y las persianas en los periodos en que la vivienda no está ocupada, creando una sensación de actividad en su interior.

Alarmas técnicas

Consiste en un conjunto de detectores: incendios, fugas de gas, escapes de agua, concentración de monóxido en garajes, etc. En caso de producirse el estado de alerta (incendio, escape de fluido...) son capaces de actuar sobre las instalaciones. Ya sea cortando el agua o gas con una electroválvula, o activando un sistema de extinción en caso de que haya un incendio.

Estos sistemas también se pueden configurar para que den un aviso en los sistemas:

- **Local:** sirenas, timbres, luces, mensajes hablados...
- **Remoto:** a las centrales o al usuario, mediante el teléfono móvil o correo electrónico.

Sistema de video vigilancia

Cualquier sistema de seguridad, esté o no homologado, puede ser instalado en una vivienda y configurado para que avise directamente al usuario o propietario de la misma. En este caso es el propio usuario final quien gestiona que hacer en caso de que se produzca un evento en la vivienda.

Diseño de un sistema domótico centralizado

En España, según la legislación vigente, el usuario podrá instalar cualquier tipo de sistema de seguridad y configurarlo para que le avise a él directamente, siempre y cuando no instale sirenas exteriores que interfieran en el desarrollo de la vida de sus vecinos y/o viandantes.

Otros sistemas

- **Alerta médica** para teleasistencia.
- **Acceso remoto a cámaras IP.**
- **Avisos de ausencia de actividad:** si se queda alguien dependiente en la vivienda (niños, ancianos...) sin realizar ninguna actividad durante un determinado intervalo de tiempo, algo que puede ser una indicación de que ha pasado algo, como una caída o un accidente.

Comunicaciones

Permiten la comunicación externa con el hogar, mediante internet, bluetooth o cualquier otro tipo de comunicación remota.

- Control desde cualquier lugar con conexión a la red.
- Tele asistencia y tele mantenimiento.
- Informes de consumo y costes.
- Alarmas en tiempo real, en cualquier lugar. Móvil, Tablet...

Accesibilidad

Este apartado, desde mi punto de vista es el más importante en cuanto a la mejora del bienestar social. Con una casa domótica adaptada a las necesidades de una persona discapacitada, podemos ayudar a que su vida sea mucho más fácil, y que sea capaz de realizar acciones cotidianas que sin esta ayuda sería impensable.

Una casa domótica accesible puede favorecer la autonomía personal de personas con limitaciones funcionales. La domótica aplicada a favorecer la accesibilidad es actualmente un reto ético y creativo pero sobre todo es la aplicación de la tecnología en el campo más necesario, para suplir limitaciones funcionales de las personas.

En este caso, el objetivo no es que las personas discapacitadas puedan acceder a estas tecnologías, sino que estas tecnologías son un medio para mejorar la accesibilidad y la vida diaria de las personas discapacitadas, así como favorecer la autonomía personal.

1.3. Clasificación de los sistemas domóticos.

Vamos a analizar de una manera general los diferentes sistemas domóticos que nos podemos encontrar en el mercado, desde puntos de vista diferentes: según su medio de transmisión, según su arquitectura y según su topología.

Clasificación según el medio de transmisión.

El medio por el que se transmite la información es el llamado bus, que transporta la información entre los distintos dispositivos. Esta transmisión puede realizarse por un cableado propio, por las redes existentes (red eléctrica, red telefónica, red de datos) o de forma inalámbrica.

Transmisión con cable.

Cableado dedicado: está muy extendido, su instalación es económica y permite crear grandes redes de equipos. El inconveniente es que para edificios ya construidos es necesaria una pequeña obra para su implantación. La transmisión puede ser mediante:

- **Cable de par trenzado**: proviene de un uso industrial, una de sus ventajas principales es su gran seguridad de transmisión.
- **Cable coaxial**: utilizado en su origen en el envío de señales de vídeo (es el cable típico de televisión), es inmune a interferencias pero su inconveniente es su rigidez a la hora de ser instalado.
- **Fibra óptica**: tiene una enorme capacidad de transmisión de datos, se utiliza para transmitir gran cantidad de información.

Red eléctrica instalada: su principal ventaja, y lo que hace más atractivo a esta topología es que no necesita una instalación adicional de cableado. Los inconvenientes son su poca seguridad y velocidad.

Transmisión por radio frecuencia.

Bluetooth: muy extendido, es un estándar. Su velocidad de transmisión es media y su alcance es corto.

IEEE 802.11b: muy extendido, también es un estándar. Su velocidad de transmisión es alta.

IEEE 802.11g: está menos extendido, sin embargo tiene una capacidad de transmisión mayor.

IEEE 802.15.4: también está poco extendido, es un estándar. Las velocidades de transmisión son bajas, está pensado para dispositivos de gestión de edificios.

Clasificación según arquitectura.

- Arquitectura centralizada: se dispone de un controlador centralizado que recibe y procesa la información de los sensores, generando posteriormente las órdenes oportunas para los actuadores. Los elementos a controlar y supervisar (sensores, luces, válvulas...) se cablean a un sistema central de control de la vivienda. El sistema de control es el corazón de la vivienda, en caso de fallar, el sistema completo se viene abajo. Esta topología no es compatible con la instalación eléctrica convencional. (Figura 2)

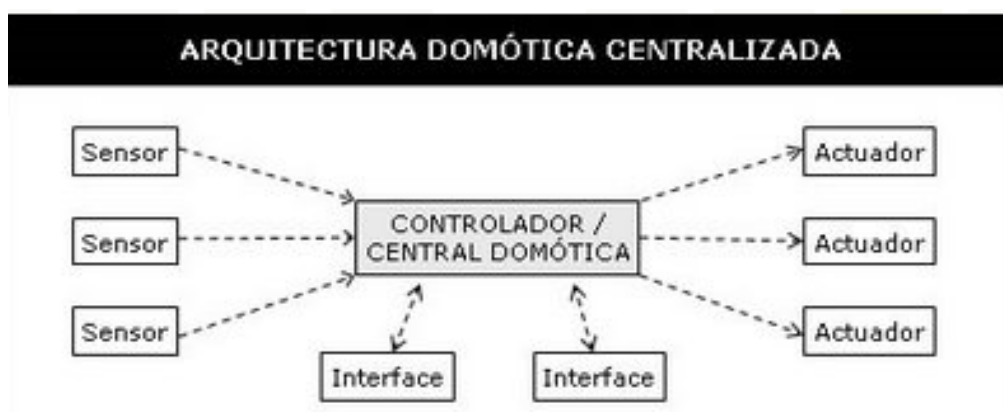


Figura 2. Esquema arquitectura centralizada.

- Arquitectura distribuida: los controladores están distribuidos por todos los módulos ya sean sensores o actuadores. Esta arquitectura es típica de los sistemas de cableado en bus o redes inalámbricas. El elemento de control se sitúa próximo al elemento a controlar. (Figura 3)

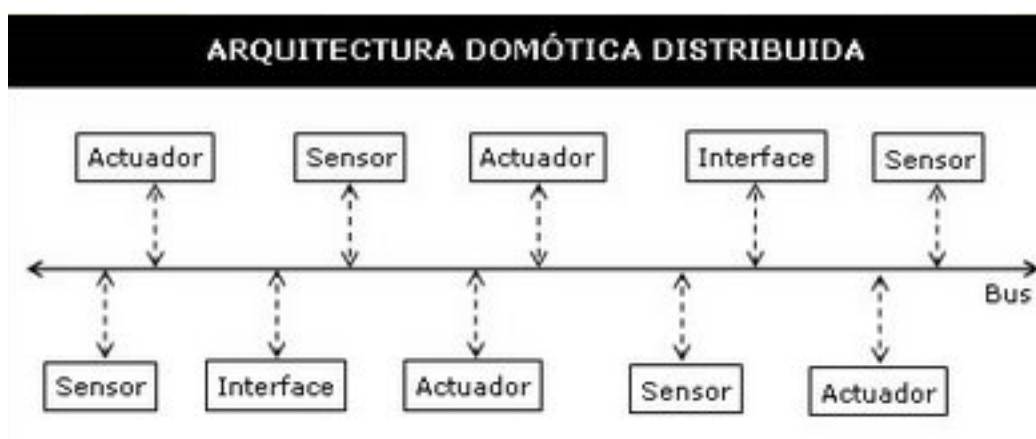


Figura 3. Esquema arquitectura distribuida.

- Arquitectura mixta: combinación de los sistemas anteriores. Pueden disponer de dispositivos pequeños capaces de adquirir y procesar la información de múltiples sensores y transmitirlos al resto de dispositivos distribuidos por la vivienda. Esta arquitectura es la que utilizan los sistemas totalmente inalámbricos. (Figura 4)

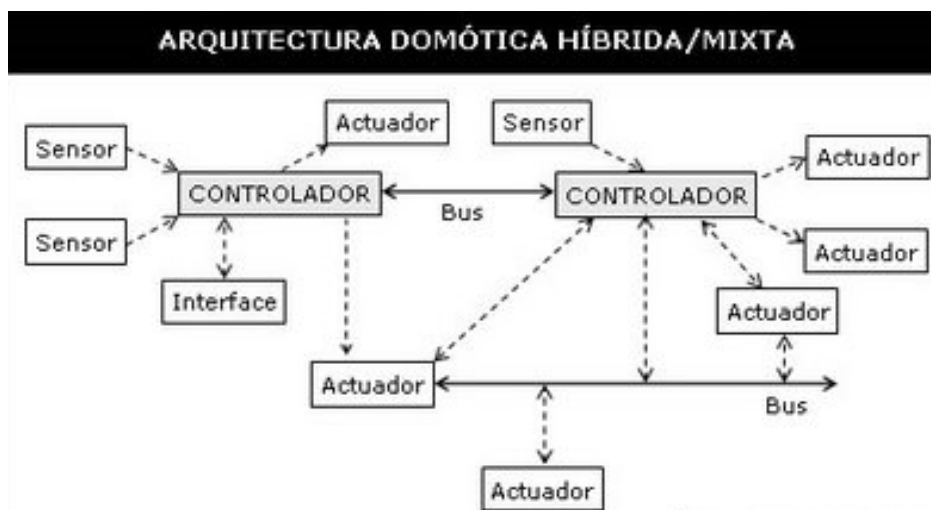


Figura 4. Esquema arquitectura híbrida.

Clasificación según topología.

Se entiende por topología de un sistema domótico como la estructura en que los diferentes elementos que forman dicho sistema, se deben conectar o unir entre sí. No se debe confundir con el concepto de arquitectura. Los sistemas convencionales se pueden clasificar en:

- Bus o línea: aquella topología que se caracteriza por tener un único canal de comunicaciones (denominado bus) al cual se conectan los diferentes dispositivos. De esta forma todos los dispositivos comparten el mismo canal para comunicarse entre sí.
- En estrella: es una red en la cual las estaciones están conectadas directamente a un punto central y todas las comunicaciones se han de hacer necesariamente a través de éste.
- En árbol: es una variación de la red en bus, la falla de un nodo no implica la interrupción en las comunicaciones. Se comparte el mismo canal de comunicaciones. Esta topología se puede ver como una combinación de varias topologías en estrella.
- En anillo o circular: cada estación tiene una única conexión de entrada y de salida. Cada nodo tiene un receptor y un transmisor que hace la función de traductor.

Diseño de un sistema domótico centralizado

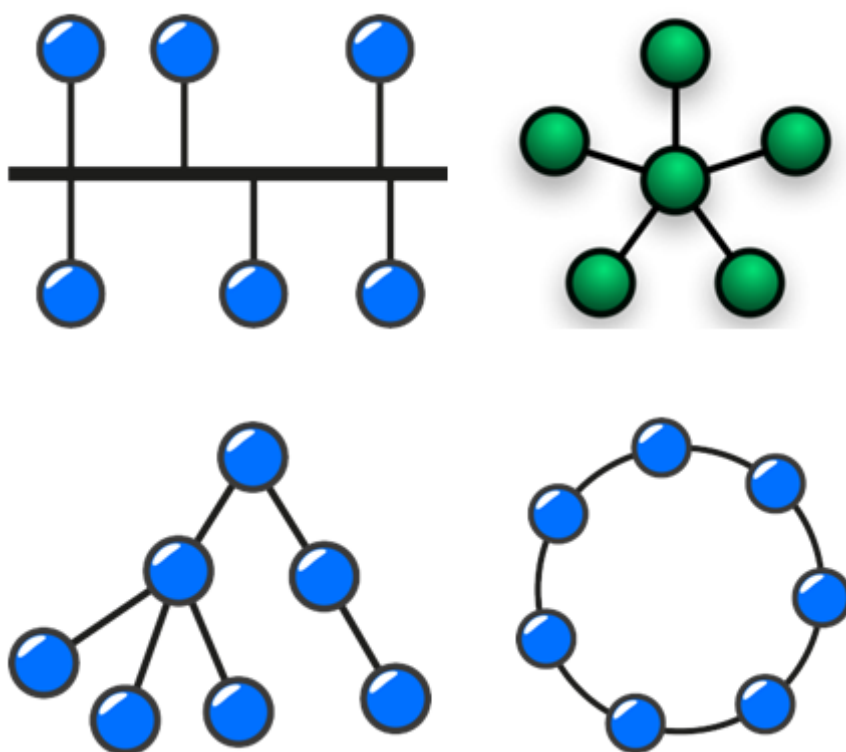


Figura 5. Esquema de las diferentes topologías (de izquierda a derecha y de arriba abajo): bus o línea, estrella, árbol y anillo.

Capítulo 2.

Elementos básicos de las instalaciones domóticas

2.1. La pasarela residencial

La pasarela residencial es el dispositivo frontera entre las distintas redes de acceso externas y las redes internas del edificio inteligente. La pasarela es una interfaz de terminación de red flexible, normalizada e inteligente, que recibe señales de las distintas redes de acceso y las transfiere a las redes internas, y viceversa.

La pasarela residencial será por norma general un dispositivo instalado por el operador de acceso de banda ancha contratado por el usuario. Esta pasarela normalmente son routers inteligentes que conectan la infraestructura del operador a la casa, estableciendo una red de dispositivos interconectados dentro del edificio.

2.2. Sensores

Los sensores son los dispositivos de entrada del sistema, son los elementos que nos proporcionan la información de cualquier magnitud. Estos dispositivos son capaces de transformar la información recibida en una señal eléctrica, para su procesamiento posterior en el dispositivo de control.

Los sensores son los transductores del sistema, se encargan de captar una magnitud (física, química, biológica...) y transformarla a una señal eléctrica. La señal eléctrica que nos proporcionan los sensores puede ser digital o analógica:

- **Señal analógica:** es una señal que puede tomar cualquier valor dentro de un rango de medida, ver figura 6. Por ejemplo: 0-0,1-0,8-1,1-1,5 (Rango de 0 a 1,5).
- **Señal digital:** es una señal que sólo puede tomar determinados valores dentro de un rango, ver figura 6. Por ejemplo: 0-1 (Rango de 0 a 1,5)

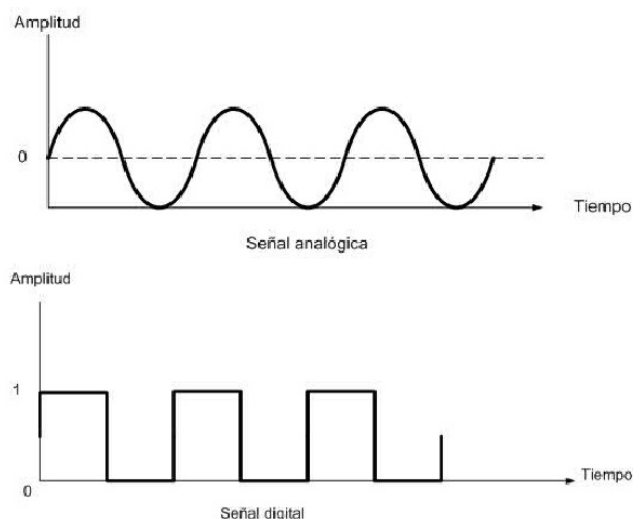


Figura 6. Tipos de señales.

Los sensores normalmente no presentan una salida proporcional a los cambios de entrada, por ello la señal debe ser tratada para que presente esta salida lineal. Con una salida lineal se consigue que la salida sea más fiel a los cambios presentados en la entrada. Este proceso se denomina acondicionamiento de señal.

Una vez el sensor ha sido acondicionado y presenta una salida con la que podemos trabajar, debemos tener en cuenta sus características proporcionadas por el fabricante. Explicamos brevemente las más importantes:

- **Rango:** es el conjunto de valores de entrada para los que el sensor es capaz de funcionar para las especificaciones dadas por el fabricante, si se exceden estos valores no se asegura su correcto funcionamiento.
- **Alcance:** es la diferencia algebraica entre el valor superior e inferior del rango.
- **Exactitud:** es la cualidad que caracteriza la capacidad de un instrumento de medida de proporcionar indicaciones que se aproximen al verdadero valor de la magnitud medida.
- **Fidelidad-precisión:** es la capacidad del sensor de proporcionar la misma salida ante el mismo estímulo de entrada en las mismas condiciones (independientemente de la exactitud).
- **Repetibilidad:** se refiere al mismo concepto anterior pero cuando las medidas se realizan en un intervalo corto de tiempo.
- **Reproductibilidad:** se refiere al grado de coincidencia entre distintas lecturas, pero con su conjunto de medidas a largo plazo o realizadas por personas distintas o con diferentes aparatos o en distintos laboratorios.

- **Sensibilidad:** relación entre el valor de cambio en la salida y el valor del cambio en la entrada que lo ha originado.
- **Linealidad:** Característica que define el grado de conformidad de la curva de calibración con una línea recta dada.
- **Resolución:** es el incremento mínimo de la entrada para el que se obtiene un cambio en la salida.

Estas características descritas hasta aquí son las características estáticas, se determinan aplicando al transductor una serie de entradas que no varían con el tiempo. Ahora describimos las dinámicas:

- **Tiempo de retardo:** tiempo requerido para que la respuesta alcance la primera vez la mitad del valor final.
- **Tiempo de crecimiento:** tiempo requerido para que la respuesta alcance el 90,95 o 100% del valor final, dependiendo del sensor se da un rango u otro.
- **Tiempo de pico:** tiempo requerido para que la respuesta alcance el primer pico del sobreimpulso.
- **Tiempo de asentamiento:** tiempo requerido por la curva de respuesta para alcanzar y mantenerse dentro de un determinado rango alrededor del valor final.

También es importante que el fabricante especifique unos valores ambientales, para definir sus temperaturas de funcionamiento, la humedad que pueden soportar, la presión, vibración, esfuerzo...

Tipos de sensores

Según su alimentación:

- **Pasivos:** deben ser alimentados eléctricamente a los niveles apropiados de tensión, corriente, etc. Son los más habituales.
- **Activos:** No necesitan alimentación eléctrica.

Por ejemplo para medir la temperatura podemos usar una sonda de temperatura, como por ejemplo PT-1000. Este sensor consiste en la variación de la resistencia con la temperatura, variando con ello la corriente que los recorre, corriente que tiene que ser aportada por un generador (sensor pasivo).

Sin embargo también podemos medir la temperatura con un termómetro de mercurio que no necesita ningún medio externo para obtener el resultado (sensor activo).

Según el tipo de señal:

- **Continuos:** cuando las señales que proporcionan son continuas o analógicas.
- **Discretos:** cuando las señales que proporcionan son discretas o digitales.

Según el ámbito de aplicación:

- **Gestión climática:** sensores de temperatura, termostatos, sondas de temperatura para inmersión, sensores de humedad y sensores de presión
- **Gestión contra incendios:** sensores iónicos, termovelocimétricos, sensores ópticos, infrarrojos, de barrera óptica y sensores de dilatación.
- **Gestión contra intrusión/antirrobo:** sensores de presencia por infrarrojos, por microondas o por ultrasonidos, sensores de apertura de puertas o ventanas, sensores de rotura de cristales, sensores microfónicos y sensores de alfombra pisada.
- **Control de presencia:** lector teclado o tarjetas y acceso biométrico.
- **Control de la iluminación:** sensor de luminosidad.
- **Otros sistemas:** sensores de lluvia, viento, CO, gas, inundación, consumo eléctrico y nivel de depósitos.

Sensores utilizados en la domótica.

Los sensores más comúnmente utilizados en la domótica son los siguientes:

- **Sensor de temperatura:** tanto para medir la temperatura exterior como interior, o incluso de dispositivos para prever un posible calentamiento excesivo.
- **Sensor de humedad:** para controlar el nivel de humedad en una estancia, o para detectar posible fugas de agua.
- **Sensor de gas:** se suelen instalar este tipo de sensores por seguridad para alertar de una posible fuga.
- **Detector de humo.**
- **Detector de fuego.**
- **Sensor de presencia.**
- **Detector de radiofrecuencia:** este dispositivo se instala para detectar avisos emitidos por un emisor portátil de radiofrecuencia.
- **Sensores de luminosidad:** suelen ser resistencias LDR que ante una variación de luminosidad varía la resistencia. Se utilizan para programar encendido u apagado de luces, o para el control de toldos y persianas.

- **Sensor de lluvia:** detecta si se están produciendo precipitaciones. Este tipo de dispositivo se utiliza para el ahorro de agua en jardines o huertas.
- **Sensor de ruptura de cristal:** se implantan en ventanas o puertas acristaladas para alertar de la presencia de intrusos.

Estos son los principales sensores que nos podemos encontrar en una instalación domótica, aunque se pueden encontrar muchos más dependiendo del tipo de instalación.

Recomendación de la instalación de los sensores

Antes de instalar un sensor es necesario analizarlo detenidamente. Pongamos el ejemplo de un sensor de gas natural, ¿habrá que colocarlo en el mismo sitio que si este sensor fuese de gas butano?, la respuesta es clara: no. La densidad de cada uno de estos gases (mejor dicho conjunto de gases), es diferente por lo tanto debemos de pensar donde colocarlo para que el sensor actúe de forma óptima. A continuación describimos unas recomendaciones sobre los sensores:

Sensor de gas:

- Se colocará lejos de ventanas y extractores.
- En posición vertical.
- Gas natural o ciudad: por encima del nivel de la posible fuga, a 30 cm del techo.
- Gas butano o propano: por debajo del nivel de la posible fuga, a 30 cm del suelo.
- Alejado de humedades, calor, corrientes, grasa, polvo...

Termostatos:

- El de ambiente se centrará en la pared frente a la fuente de calor a 1,5 m del suelo.
- Lejos de corrientes.
- Sin incidencia directa del sol.
- Lejos de electrodomésticos.

Sensores de temperatura:

- Las sondas de exterior se instalarán en la zona norte de la vivienda, sin incidencia directa del sol.
- Las sondas de suelo en el interior de tubos.
- Las sondas de contacto en tuberías, alejadas 1,5 m de la fuente de calor.

Diseño de un sistema domótico centralizado

Incendios:

- Los detectores de humo de tipo iónico u óptico no deben colocarse en la cocina.
- Deben instalarse en el techo de la estancia, centrados y a una distancia mínima de 50 cm de la pared.

Humedad/agua:

- La sonda quedará en contacto directo con el suelo, evitando falsas direcciones.
- En cuartos de baño se seguirán las recomendaciones del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

Receptor radiofrecuencia:

- Debe asegurarse el alcance en toda la vivienda.

De intrusión:

- Se colocarán en las esquinas de las estancias y en la parte superior, alejados de fuentes de calor.
- La parte imantada colocada en puertas o ventanas de los detectores perimetrales con contactos magnéticos se colocará en los marcos, en la parte contraria a las bisagras.

2.3. Actuadores

Los actuadores son las salidas del sistema, son los elementos que utiliza el sistema para modificar el estado de ciertos equipos e instalaciones. Estos actuadores pueden ser hidráulicos, neumáticos y eléctricos.

En el campo de la domótica los actuadores más usados son los eléctricos, dado a que son más silenciosos, y no requieren el uso de otro elemento como aire, agua o aceite.

Al igual que en el caso de los sensores, los actuadores se pueden clasificar en actuadores analógicos (como los LEDs RGB) y actuadores digitales o todo/nada.

Tipos de actuadores utilizados en la domótica

- **Relés:** es un dispositivo electromecánico que funciona como un interruptor controlado por un circuito eléctrico. Se utilizan para encender y apagar los distintos dispositivos.

- **Contactores:** son relés de potencia. Una bobina se excita con la tensión de alimentación y cierra unas pletinas de cobre, cuya anchura y disposición permiten el paso de más o menos corriente.
- **Reguladores:** son dispositivos basados en semiconductores, como los diacs o triacs, que permiten regular la potencia que llega a una carga. En instalaciones domóticas se suelen utilizar para regular la intensidad de bombillas y luminarias.
- **Motores:** convierten la energía eléctrica en mecánica para generar movimiento. Son utilizados para accionar diferentes mecanismos, como subir o bajar persianas, abrir o cerrar ventana y ventiladores entre otros.
- **Electroválvulas:** son válvulas cuya apertura es controlada mediante una señal eléctrica externa. Se utilizan para regular el suministro de gas o agua, para el control del riego, corte por seguridad del gas...
- **Sirenas:** son utilizadas para advertir del mal funcionamiento o de algún peligro.
- **Zumbadores:** utilizados de la misma manera que las sirenas.
- **Lámparas de iluminación.**
- **Electrodomésticos** o cualquier otro aparato de la red domótica.

Recomendaciones de la instalación de los actuadores

Al igual que en los sensores, los actuadores hay que colocarlos en la vivienda de tal manera que cumplan con su función de una manera óptima. A continuación detallamos unas recomendaciones generales para su instalación:

Electroválvulas:

- Se utilizarán del tipo normalmente abiertas.
- Se colocarán en el interior de la vivienda, después de la llave de paso y accesible al usuario.
- Dispondrá de un bypass.
- Deben soportar la tensión máxima de red.
- Las electroválvulas de gas se colocarán en un lugar ventilado, sin humedad, con la dirección de flujo adecuada.

Flitros:

- Se instalarán aguas arriba de la vivienda.

Relés de maniobra:

- Asegurar que no produzcan picos de corriente.
- Elegir su potencia durante la instalación.

2.4. Medios de transmisión

Los medios de transmisión se pueden clasificar como guiados y no guiados. Los medios guiados proporcionan un camino físico a través del cual se propaga la señal; en este grupo están el par trenzado, el cable coaxial y la fibra óptica. Los medios no guiados utilizan una antena para transmitir a través del aire, el vacío o el agua.

El par trenzado ha sido el medio de transmisión por excelencia, utilizado en cualquier tipo de comunicaciones. Sin embargo, con el cable coaxial se pueden obtener mayores velocidades de transmisión para distancias más grandes. Por esta razón el cable coaxial se ha utilizado en redes de área local de alta velocidad y en aplicaciones de enlaces troncales de alta capacidad. No obstante, la fibra óptica se está introduciendo con mucha fuerza en el mercado, debido a su tremenda capacidad de transmisión de datos.

La emisión por radio, las microondas terrestres y los satélites son las técnicas que se utilizan en la transmisión no guiada. La transmisión por infrarrojos se utiliza para redes de corto alcance. En la figura 7 vemos el espectro electromagnético de la comunicación.

Antes de introducir los medios de transmisión nos deben quedar claros algunos conceptos básicos que influyen directamente sobre la velocidad y la distancia de la transmisión:

- **Ancho de banda:** si los demás factores los mantenemos constantes, al aumentar el ancho de banda de la señal, la velocidad de transmisión se puede incrementar.
- **Dificultades de la transmisión:** factores como la atenuación, limitan la distancia. En los medios guiados, el par trenzado sufre de mayores adversidades que el cable coaxial, que, a su vez, es más vulnerable que la fibra óptica.
- **Interferencias:** las interferencias resultantes de la presencia de señales en bandas de frecuencia próximas pueden distorsionar o modificar la señal. Las interferencias son especialmente relevantes en los medios no guiados. Un apantallamiento adecuado puede minimizar este problema tanto en los medios de transmisión guiados como en los medios de transmisión no guiados.
- **Número de receptores:** un medio guiado se puede usar tanto para un enlace punto a punto como para un enlace compartido, mediante el uso de múltiples conectores. En este último caso, cada uno de los conectores utilizados puede atenuar y distorsionar la señal, por lo que la distancia y/o la velocidad de transmisión disminuirán.

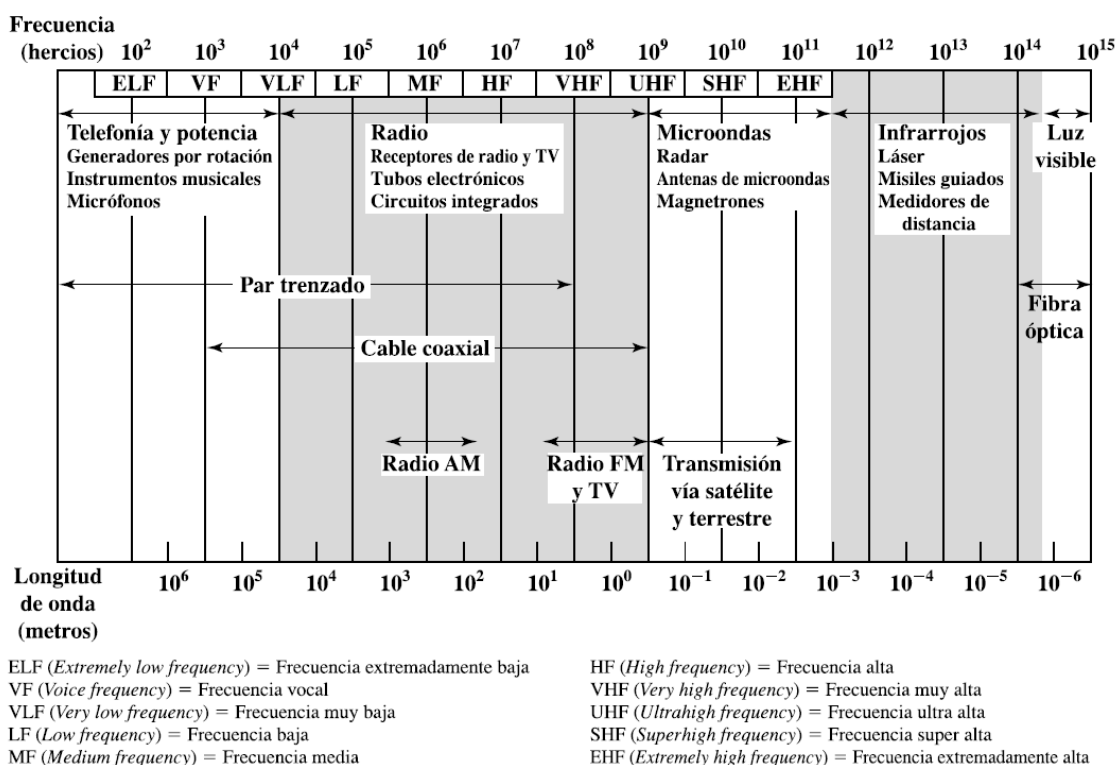


Figura 7. Espectro electromagnético para las comunicaciones.

Medios de transmisión guiados (Cableados)

En los medios de transmisión guiados, la capacidad de transmisión, en términos de velocidad de transmisión o ancho de banda, depende drásticamente de la distancia y de si el medio es punto a punto o multipunto.

Los medios de transmisión cableada más utilizados son el par trenzado, el cable coaxial y la fibra óptica. En la tabla 1 se indican las características típicas de los medios guiados más comunes para aplicaciones punto a punto de larga distancia.

Tabla 1. Características medios de transmisión.

	Rango de frecuencias	Atenuación típica	Retardo típico	Separación entre repetidores
Par trenzado (con carga)	0 para 3,5 kHz	0,2 dB/km	50 μ s/km	2 km
Pares trenzados (cables multipares)	0 para 1 MHz	3 dB/km	5 μ s/km	2 km
Cable coaxial	0 para 500 MHz	7 dB/km	4 μ s/km	1 a 9 km
Fibra óptica	180 para 370 THz	0,2 a 0,5 dB/km	5 μ s/km	40 km

Par trenzado

El par trenzado es el medio guiado más económico y por ello el más utilizado en la actualidad. Consiste en dos cables de cobre embutidos en un aislante, entrecruzados en forma de bucle espiral, véase figura 8. Cada par de cables constituye un enlace de comunicación.

Normalmente, varios pares se encapsulan conjuntamente mediante una envoltura protectora. En el caso de largas distancias, la envoltura puede contener cientos de pares. El uso del trenzado tiende a reducir las interferencias electromagnéticas (diafonía) entre los pares adyacentes dentro de una misma envoltura.



Figura 8 Constitución de par trenzado.

Para este fin, los pares adyacentes dentro de una misma envoltura se trenzan con pasos de torsión diferentes. En enlaces de larga distancia, la longitud del trenzado varía entre 5 cm y 15 cm. Los conductores que forman el par tienen un grosor que varía entre 0,4 mm y 0,9 mm.

Aplicaciones

El par trenzado es con diferencia el medio de transmisión más usado. Destaca en los siguientes campos:

- **Telefonía:** en estas instalaciones se diseñaron para transmitir señal de voz mediante señalización analógica. Sin embargo, con el uso del módem, se puede transportar tráfico digital a velocidades de transmisión reducidas.
- **Señalización digital:** utilizados para las conexiones al conmutador digital a velocidades de 64 Kbit/s.
- **Medio de transmisión para redes de área local:** con velocidades en torno a 10 Mbit/s.
- **Instalaciones de larga distancia:** velocidades de hasta 4 Mbit/s.

Características de la transmisión

El par trenzado se puede usar para transmitir tanto señales analógicas como señales digitales. Al transmitir señales analógicas exige amplificadores cada 5 km o 6 km. Para transmisión digital (usando tanto señales analógicas como digitales), el par requiere repetidores cada 2 km o 3 km.

Comparado con otros medios guiados (como el cable coaxial o la fibra óptica), el par trenzado permite distancias menores, menor ancho de banda y menor velocidad de transmisión, como podemos ver en la figura 9.

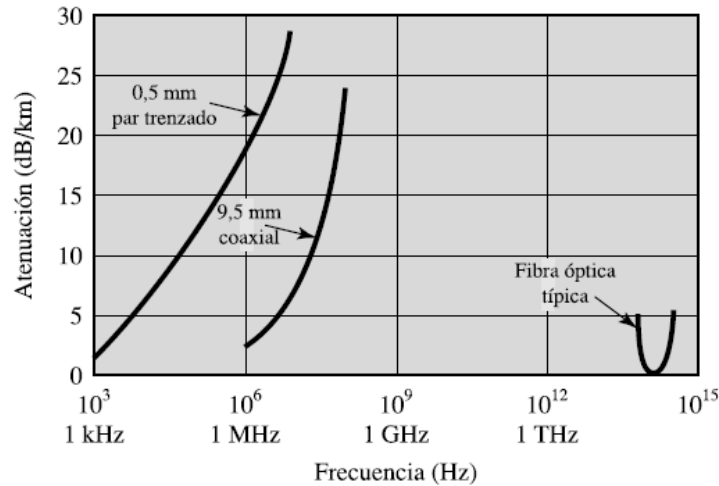


Figura 9. Atenuación en los diferentes medios de transmisión.

El par es también muy vulnerable a otras dificultades de la transmisión. Este medio se caracteriza por su gran susceptibilidad a las interferencias y al ruido, debido a su fácil acoplamiento con campos electromagnéticos externos. Así, por ejemplo, un cable conductor situado en paralelo con una línea de potencia que conduzca corriente alterna captará energía con una frecuencia de 60 Hz. El ruido impulsivo también afecta a los pares trenzados.

Para reducir estos efectos negativos es posible tomar algunas medidas. Por ejemplo, el apantallamiento del cable con una malla metálica reduce las interferencias externas. El trenzado en los cables reduce las interferencias de baja frecuencia y el uso de distintos pasos de torsión entre los pares adyacentes reduce la diafonía.

En sistemas con señalización analógica punto a punto, un par trenzado puede ofrecer hasta 1 MHz de ancho de banda, lo que permite transportar un buen número canales de voz. En el caso de señalización digital punto a punto de larga distancia, se pueden conseguir del orden de unos pocos Mbps; para distancias cortas, ya hay disponibles productos comerciales que proporcionan 1 Gbps.

Tipos de pares trenzados

En la actualidad hay dos variantes de pares trenzados: apantallados y sin apantallar. En telefonía, el par trenzado no apantallado (UTP, *Unshielded Twisted Pair*) es el cable más habitual. En la práctica, es común la preinstalación de par trenzado no apantallado en edificios, aunque

Diseño de un sistema domótico centralizado

normalmente se dimensiona muy por encima de lo que verdaderamente se necesita para el servicio de telefonía. Esto es así porque el par sin apantallar es el más barato de todos los medios de transmisión que se usan en las redes de área local, además de ser fácil de instalar y manipular.

En el estándar EIA-568-A se consideran tres cables o categorías de cables UTP:

- **Tipo 3:** cables y hardware asociado, diseñados para frecuencias de hasta 16 MHz.
- **Tipo 4:** cables y hardware asociado, diseñados para frecuencias de hasta 20 MHz.
- **Tipo 5:** cables y hardware asociado, diseñados para frecuencias de hasta 100 MHz.

Los UTP 3 y 5, son los más utilizados en las redes de área local. El tipo 3 coincide con los cables de calidad telefónica que existen en la mayoría de edificaciones. La diferencia entre los cables tipo 3 y tipo 5 está en el número de trenzas por unidad de longitud. El cable tipo 5 es más trenzado, siendo su paso de trenzado del orden de 0,6 cm a 0,85 cm, mientras que el tipo 3 tiene una trenza cada 7,5 cm o 10 cm.

El par trenzado apantallado (STP, *Shielded Twister Pair*) proporciona mejores prestaciones a velocidades de transmisión superiores, pero es más costoso y difícil de manipular que el anterior.

Existe un cable de par trenzado con papel de plata (FTP, *Foil Twisted Pair*), estos pares están cubiertos por una malla de papel de plata, y de una funda exterior. También existe la variante SFTP (*Shielded Foil Twisted Pair*), que es igual que el FTP pero se encuentra apantallado. El coste de estos dos tipos de cable es mucho mayor que el UTP.

En la tabla 2 mostramos la comparativa de la atenuación dependiendo del tipo de cable utilizado.

Tabla 2. Comparativa de pares trenzados apantallados y sin apantallar.

Frecuencia (MHz)	Atenuación (dB por 100 m)			Diafonía cercana al extremo (dB)		
	UTP 3	UTP 5	STP 150 Ω	UTP 3	UTP 5	STP 150 Ω
1	2,6	2,0	1,1	41	62	58
4	5,6	4,1	2,2	32	53	58
16	13,1	8,2	4,4	23	44	50,4
25	-	10,4	6,2	-	41	47,5
100	-	22,0	12,3	-	32	38,5
300	-	-	21,4	-	-	31,3

Cable coaxial

El cable coaxial, al igual que el par trenzado, tiene dos conductores, pero está construido de forma diferente para que pueda operar sobre un rango de frecuencias mayor. Consiste en un conductor cilíndrico externo que rodea a un cable conductor interior (véase figura 10).

El conductor interior se mantiene a lo largo del eje axial mediante una serie de anillos aislantes regularmente espaciados, o bien mediante un material sólido dieléctrico. El conductor exterior se protege con una cubierta o funda.

El cable coaxial tiene un diámetro aproximado entre 1 cm y 2,5 cm. Comparado con el par trenzado, el cable coaxial se puede usar para cubrir mayores distancias (entre 185 m y 1500 m) así como para conectar un número mayor de estaciones en líneas compartidas.

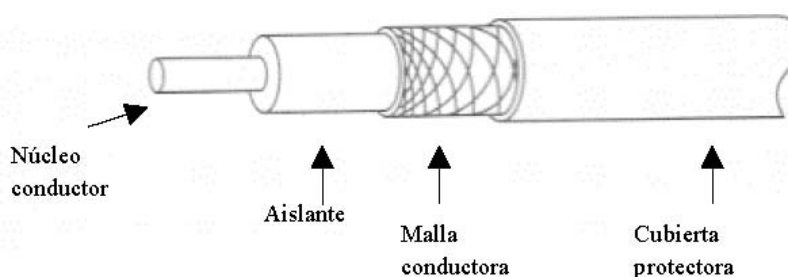


Figura 10. Cable coaxial.

Tipos de cable coaxial

Existen distintos tipos de cable coaxial, según las redes o las necesidades de mayor protección o distancia:

- **Cable *Thick* o cable grueso:** es más voluminoso, caro y difícil de instalar, pero permite conectar un mayor número de nodos y alcanzar mayores distancias.
- **Cable *Thin* o cable fino:** en el mercado también se conoce por el nombre de *cheapernet* dado que es más económico y fácil de instalar. Sólo se utiliza para redes con un número reducido de nodos.

Los dos tipos de cable pueden ser utilizados indistintamente en la misma red. La velocidad de transmisión por ambos es de 10 Mb.

Aplicaciones

El cable coaxial es quizá el medio de transmisión más versátil, por lo que se está utilizando cada vez más en una gran variedad de aplicaciones. Las más importantes son:

Diseño de un sistema domótico centralizado

- La distribución de televisión.
- La telefonía a larga distancia.
- Los enlaces en computadores a corta distancia.
- Las redes de área local.

El cable coaxial se emplea para la **distribución de las señales de TV** por cable hasta el domicilio de los usuarios. El sistema de TV por cable puede transportar docenas, e incluso cientos de canales, a distancias de hasta varias decenas de kilómetros.

Tradicionalmente, el coaxial ha sido un elemento fundamental en la red de **telefonía a larga distancia**. En la actualidad tiene una fuerte competencia con la fibra óptica, las microondas terrestres y las comunicaciones vía satélite. Usando multiplexación por división en frecuencia (FDM, Frequency Division Multiplexing), el cable coaxial puede transportar simultáneamente más de 10.000 canales de voz.

El cable coaxial también se usa frecuentemente para **conexiones entre periféricos** o dispositivos a distancias cortas. Usando señalización digital, el coaxial se puede utilizar como medio de transmisión en canales de entrada/salida (E/S) de alta velocidad en computadores.

Características de transmisión

El cable coaxial se usa para transmitir tanto señales analógicas como digitales. El cable coaxial tiene una respuesta en frecuencias mejor que la del par trenzado proporcionando mayores frecuencias y velocidades de transmisión. Debido al apantallamiento, por construcción, el cable coaxial es mucho menos susceptible que el par trenzado tanto a interferencias como a diafonía. Sus principales limitaciones son la atenuación, el ruido térmico y el ruido de intermodulación.

En la transmisión de señales analógicas a larga distancia se necesitan amplificadores separados entre sí a distancias del orden de pocos kilómetros, siendo esta separación tanto menor cuanto mayor sea la frecuencia de trabajo. El espectro de la señalización analógica se extiende hasta aproximadamente 500 MHz. En la señalización digital, en cambio, se necesita un repetidor cada kilómetro aproximadamente, e incluso menos cuanto mayor sea la velocidad de transmisión.

Fibra óptica

La fibra óptica es un medio flexible y delgado (de 2 a 125 μm) capaz de confinar un haz de naturaleza óptica. Para construir la fibra se pueden usar diversos tipos de cristales y plásticos. Las pérdidas menores se han conseguido con la utilización de fibras de silicio ultrapuro fundido. Las fibras

ultrapuras son muy difíciles de fabricar; las fibras de cristal multicomponente son más económicas y, aunque sufren mayores pérdidas, proporcionan unas prestaciones suficientes. La fibra de plástico tiene todavía un coste menor, pudiendo ser utilizada en enlaces de distancias más cortas, en los que sean aceptables pérdidas moderadamente altas.

Un cable de fibra óptica tiene forma cilíndrica y está formado por tres secciones concéntricas: el núcleo, el revestimiento y la cubierta (véase figuras 11 y 12). El núcleo es la sección más interna; está constituido por una o varias fibras de cristal o plástico, con un diámetro entre 8 y 100 μm . Cada fibra está rodeada por su propio revestimiento, que no es sino otro cristal o plástico con propiedades ópticas distintas a las del núcleo. La separación entre el núcleo y el revestimiento actúa como un reflector, confinando así el haz de luz, ya que de otra manera escaparía del núcleo. La capa más exterior que envuelve a uno o varios revestimientos es la cubierta. La cubierta está hecha de plástico y otros materiales dispuestos en capas para proporcionar protección contra la humedad, la abrasión, posibles aplastamientos y otros peligros.

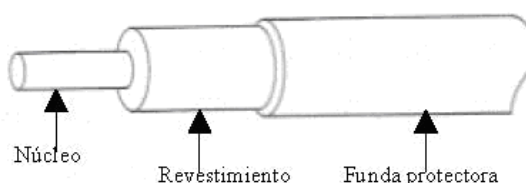


Figura 11. Estructura cable de fibra óptica.

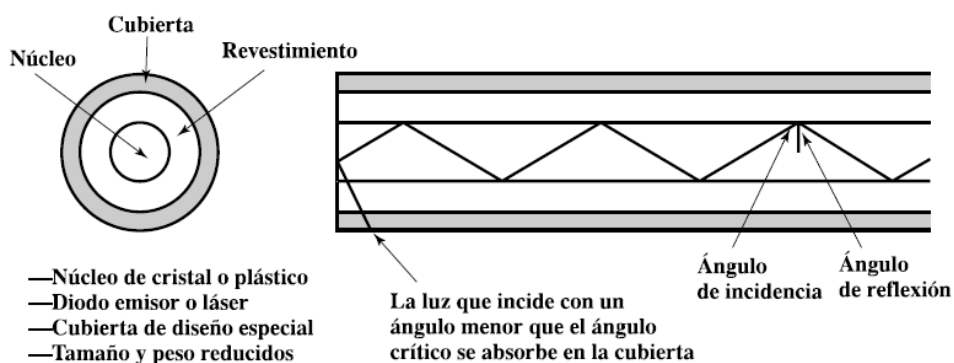


Figura 12. Estructura y ángulos de cable de fibra óptica.

Aplicaciones

La fibra disfruta de una gran aceptación para las telecomunicaciones a larga distancia y, cada vez, está siendo más utilizada en aplicaciones militares. Las mejoras constantes en las prestaciones a precios cada vez inferiores, junto

con sus ventajas inherentes, han contribuido decisivamente para que la fibra sea un medio atractivo en los entornos de red de área local.

Las cinco aplicaciones básicas en las que la fibra óptica es importante son:

- **Transmisiones a larga distancia:** cada vez en más común en las redes de telefonía. En estas redes, las distancias medias son aproximadamente 1500 km. Se caracterizan además por tener una gran capacidad (20.000 a 60.000 canales de voz). Estos sistemas son competitivos en coste con los enlaces microondas; estando su precio por debajo del coaxial.
- **Transmisiones metropolitanas:** los circuitos en áreas metropolitanas tienen una longitud media de 12 km, pudiendo albergar hasta 100.000 canales de voz por cada grupo troncal. La mayoría de los servicios se están desplegando usando conducciones subterráneas sin repetidores, utilizadas para enlazar centrales telefónicas dentro del área metropolitana.
- **Acceso a áreas rurales:** para enlazar pueblos con ciudades, tienen generalmente longitudes entre 40 y 160 km.
- **Bucles de abonado:** son fibras que van directamente desde las centrales al abonado. El uso de la fibra en estos servicios está empezando a desplazar a los enlaces de par trenzado o coaxial, dado que, cada vez más, las redes de telefonía están evolucionando hacia redes integradas capaces de gestionar no sólo voz y datos, sino también imágenes y vídeo. El uso de la fibra en este contexto está encabezado fundamentalmente por grandes clientes (empresas), no obstante, la fibra como medio de acceso desde los domicilios particulares aparecerá en un futuro a corto plazo.
- **Redes de área local:** recientemente, se han desarrollado estándares y productos para redes de fibra óptica con capacidades que van desde 100 Mbps hasta 10 Gbps, las cuales a su vez permiten cientos, incluso miles de estaciones, en grandes edificios de oficinas.

Características de la fibra óptica

La fibra óptica propaga internamente el haz de luz que transporta la señal codificada de acuerdo con el principio de reflexión total. Este fenómeno se da en cualquier medio transparente que tenga un índice de refracción mayor que el medio que lo contenga. En efecto, la fibra óptica funciona como una guía de ondas para el rango de frecuencias que va desde 10^{14} hasta 10^{15} Hz, cubriendo parte del espectro visible e infrarrojo.

En la figura 13 se muestra el principio que rige la propagación del haz de luz en la fibra óptica. La luz proveniente de la fuente penetra en el núcleo

cilíndrico de cristal o plástico. Los rayos que inciden con ángulos superficiales se reflejan y se propagan dentro del núcleo de la fibra, mientras que para otros ángulos de incidencia, los rayos son absorbidos por el material que forma el revestimiento. Este tipo de propagación se llama multimodal de índice discreto, aludiendo al hecho de que hay multitud de ángulos para los que se da la reflexión total.

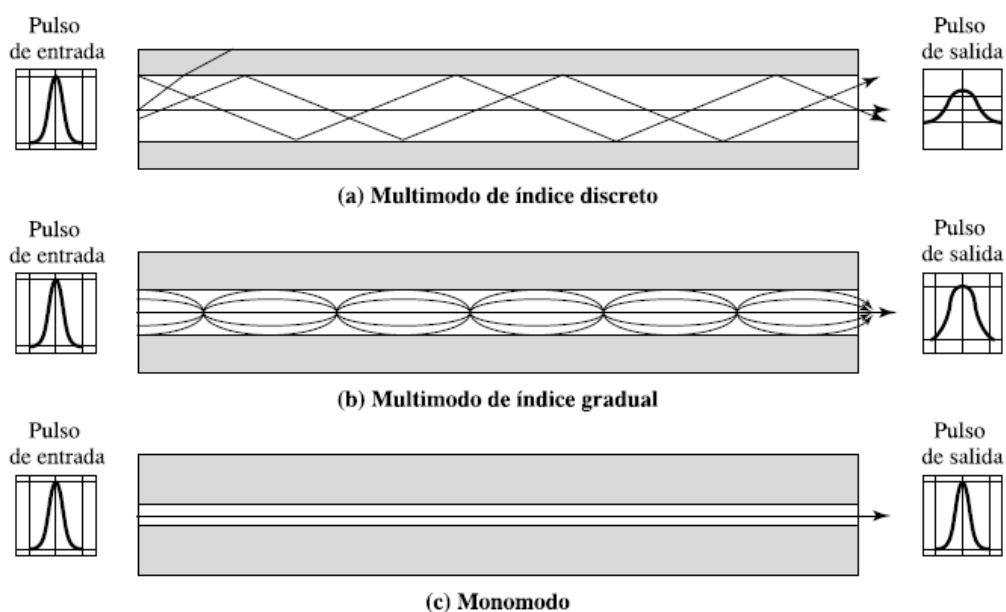


Figura 13. Principio de propagación de la luz en fibra óptica.

En la transmisión multinodo, existen múltiples caminos que verifican la reflexión total, cada uno con diferente longitud y, por tanto, con diferente tiempo de propagación. Esto hace que los elementos de señalización que se transmitan (los pulsos de luz) se dispersen en el tiempo, limitando así la velocidad a la que los datos puedan ser correctamente recibidos. Dicho de otra forma, la necesidad de separar los pulsos de luz limita la velocidad de transmisión de los datos. Este tipo de fibra es más adecuada para la transmisión a distancias cortas.

Cuando el radio del núcleo se reduce, la reflexión total se dará en un número menor de ángulos. Al reducir el radio del núcleo a dimensiones del orden de magnitud de la longitud de onda un solo ángulo, o modo, podrá pasar el rayo axial. Este tipo de propagación, denominada monomodo, proporciona prestaciones superiores debido a la existencia de un único camino posible, impidiéndose así la distorsión multimodal. Las fibras monomodo se utilizan generalmente en aplicaciones de larga distancia, por ejemplo en telefonía y televisión por cable.

Finalmente, se puede conseguir un tercer modo de transmisión variando gradualmente el índice de refracción del núcleo, este modo se denomina multimodo de índice gradual. Las características de este último modo están entre las de los otros dos modos comentados. Estas fibras, al disponer de un índice de refracción superior en la parte central, hacen que los rayos de luz avancen más rápidamente conforme se alejan del eje axial de la fibra. En lugar de describir un zig-zag, la luz en el núcleo describe curvas helicoidales debido a la variación gradual del índice de refracción, reduciendo así la longitud recorrida. El efecto de tener una mayor velocidad de propagación y una longitud inferior posibilita que la luz periférica llegue al receptor al mismo tiempo que los rayos axiales del núcleo. Las fibras de índice gradual se utilizan frecuentemente en las redes de área local.

En los sistemas de fibra óptica se usan dos tipos diferentes de **fuentes de luz**: los **diodos LED** (Light Emitting Diodes) y los **diodos ILD** (Injection Laser Diode). Ambos son dispositivos semiconductores que emiten un haz de luz cuando se les aplica una tensión. El LED es menos costoso, opera en un rango mayor de temperaturas y tiene un tiempo de vida media superior. El ILD, cuyo funcionamiento está basado en el mismo principio que el láser, es más eficaz y puede proporcionar velocidades de transmisión superiores.

Existe una relación entre la longitud de onda utilizada, el tipo de transmisión y la velocidad de transmisión que se puede conseguir. Tanto en monomodo como en multimodo se pueden admitir diferentes longitudes de onda, pudiéndose utilizar como fuentes tanto láser como diodos LED. En las fibras ópticas, debido a las características de la atenuación del medio y por las propiedades de las fuentes y receptores, la luz se propaga en cuatro regiones o «ventanas» mostradas en la tabla 3.

Nótese el tremendo ancho de banda disponible. Para las cuatro ventanas, los anchos de banda son 33 THz, 12 THz, 4 THz y 7 THz, lo que corresponde a varios órdenes de magnitud más que el ancho de banda disponible en el espectro de radio-frecuencia.

Tabla 3. Rango de frecuencias para varias fibras ópticas.

Rango de longitudes de onda (nm)	Rango de frecuencias (THz)	Tipo de fibra	Aplicación
820 a 900	366 a 33	Multimodo	LAN
1280 a 1350	234 a 222	Monomodo	Varias
1528 a 1561	196 a 192	Monomodo	WDM
1561 a 1620	192 a 182	Monomodo	WDM

*WDM: Multiplexación por división en frecuencia

Diferencias con cables de par trenzado y coaxial.

Las características diferenciales de la fibra óptica frente al coaxial y al par trenzado son:

- **Mayor capacidad:** el ancho de banda potencial y, por tanto, la velocidad de transmisión, en las fibras es enorme. Experimentalmente se ha demostrado que se pueden conseguir velocidades de transmisión de cientos de Gbps para decenas de kilómetros de distancia.
Compárese con el máximo que se puede conseguir en el cable coaxial de cientos de Mbps sobre aproximadamente 1 km, o con los escasos Mbps que se pueden obtener para la misma distancia. O podemos comparar con los 100 Mbps o incluso 1 Gbps para pocas decenas de metros que se consiguen en los pares trenzados.
- **Menor tamaño y peso:** las fibras ópticas son apreciablemente más finas que el cable coaxial o que los pares trenzados embutidos, por lo menos en un orden de magnitud para capacidades de transmisión comparables. En las conducciones o tubos de vacío previstos para el cableado en las edificaciones, así como en las conducciones públicas subterráneas, la utilización de tamaños pequeños tiene unas ventajas evidentes. La reducción en tamaño lleva a su vez aparejada una reducción en peso que disminuye, a su vez, la infraestructura necesaria.
- **Atenuación menor:** la atenuación es significativamente menor en las fibras ópticas que en los cables coaxiales y pares trenzados, además, es constante a lo largo de un gran intervalo. Aislamiento electromagnético: los sistemas de fibra óptica no se ven afectados por los efectos de campos electromagnéticos exteriores. Estos sistemas no son vulnerables a interferencias, ruido impulsivo o diafonía. Por la misma razón, las fibras no radian energía, produciendo interferencias despreciables con otros equipos que proporcionan, a la vez, un alto grado de privacidad; además, relacionado con esto, la fibra es por construcción difícil de «pinchar».
- **Mayor separación entre repetidores:** cuantos menos repetidores haya el coste será menor, además de haber menos fuentes de error. Desde este punto de vista, las prestaciones de los sistemas de fibra óptica han sido mejoradas de manera constante y progresiva. Para la fibra es práctica habitual necesitar repetidores separados entre sí del orden de decenas de kilómetros e, incluso, se han demostrado experimentalmente sistemas con separación de cientos de kilómetros. Por el contrario, los sistemas basados en coaxial y en pares trenzados requieren repetidores cada pocos kilómetros.

Inalámbrica

Para analizar el espectro inalámbrico vamos a considerar tres intervalos de frecuencias. El primer intervalo las frecuencias **microondas** definido desde 1 GHz hasta 40 GHz. En estas frecuencias se pueden conseguir haces altamente direccionales, por lo que las microondas son adecuadas para enlaces punto a punto.

El segundo intervalo abarca las frecuencias que van desde 30 MHz a 1 GHz, intervalo denominado **ondas de radio**.

El otro intervalo, es la **zona infrarroja** del espectro, para aplicaciones de cobertura local, con un rango de frecuencias comprendido entre $3 \cdot 10^{11}$ Hz y $2 \cdot 10^{14}$ Hz. Los infrarrojos se utilizan para conexiones locales punto a punto, así como para aplicaciones multipunto dentro de áreas confinadas.

Microondas terrestres.

Los sistemas de microondas terrestres se usan principalmente en servicios de telecomunicación de larga distancia, como alternativa al cable coaxial o a las fibras ópticas. Para una distancia dada, las microondas requieren menor número de repetidores o amplificadores que el cable coaxial pero, por el contrario, exigen que las antenas estén perfectamente alineadas. El uso de las microondas es frecuente en la transmisión de televisión y de voz.

Otro uso cada vez más frecuente es en enlaces punto a punto a cortas distancias entre edificios. En este último caso, aplicaciones típicas son circuitos cerrados de TV o interconexiones entre redes locales. Además, las microondas a corta distancia también se utilizan en las aplicaciones denominadas bypass. Al usar la técnica bypass una determinada compañía puede establecer un enlace privado hasta el centro proveedor de transmisiones a larga distancia, evitando así tener que contratar el servicio a la compañía telefónica local.

Las microondas también se utilizan frecuentemente en los sistemas celulares.

Características de la transmisión

El rango de operación de las microondas cubre una parte sustancial del espectro electromagnético. Su banda de frecuencias está comprendida entre 1 y 40 GHz. Cuanto mayor sea la frecuencia utilizada, mayor es el ancho de banda potencial y, por tanto, mayor es la posible velocidad de transmisión.

En la tabla 4 se indican diversos valores de anchos de banda y velocidades de transmisión de datos para algunos sistemas típicos.

Tabla 4. Prestaciones de la transmisión por microondas.

Banda (GHz)	Ancho de banda (MHz)	Velocidad de transmisión (Mbps)
2	7	12
6	30	90
11	40	135
18	220	274

Al igual que ocurría en la transmisión por cable, el principal problema de la pérdida de señal es la atenuación. Esta pérdida por atenuación varía con el cuadrado de la distancia, a diferencia del cable coaxial y el par trenzado, en los que las pérdidas tienen una dependencia exponencial con la distancia. Por tanto en los sistemas microondas, los amplificadores o repetidores pueden estar más separados entre sí (de 10 km a 100 km generalmente). La atenuación aumenta con la lluvia, siendo este efecto especialmente significativo para frecuencias por encima de 10 GHz.

Otra dificultad adicional son las interferencias, debido a la popularidad creciente e las microondas, las áreas de cobertura se pueden solapar, haciendo que las interferencias sean siempre un peligro potencial. Así pues, la asignación de bandas tiene que realizarse siguiendo una regulación estricta.

Las bandas más usuales en la transmisión a larga distancia se sitúan entre 4 GHz y 6 GHz. Debido a la creciente congestión que están sufriendo estas bandas, últimamente se está utilizando igualmente la banda de 11 GHz. La banda de 12 GHz se usa para la distribución de TV por cable. Las microondas a altas frecuencias se están utilizando en enlaces punto a punto entre edificios cercanos. Para tal fin, se usa generalmente la banda de 22 GHz. Las bandas de frecuencias superiores son menos útiles para distancias más largas, debido a que cada vez la atenuación es mayor; ahora bien, son bastante adecuadas para distancias más cortas. Y lo que es más, a frecuencias superiores, las antenas son más pequeñas y más baratas.

Microondas por satélite

Un satélite de comunicaciones es esencialmente una estación que retransmite microondas. Se usa como enlace entre dos o más receptores/transmisores terrestres, denominados estaciones base. El satélite recibe la señal en una banda de frecuencia (canal ascendente), la amplifica o repite y, posteriormente, la retransmite en otra banda de frecuencia (canal descendente). Cada uno de los satélites geoestacionarios operará en una serie de bandas de frecuencias llamadas canales transpondedores, o simplemente transpondedores (transponders).

El satélite se puede configurar de dos formas como vemos en la figura 14:

- **Enlace punto a punto:** el satélite se utiliza para proporcionar un enlace punto a punto entre dos antenas terrestres alejadas entre sí.
- **Enlace de difusión:** el satélite se usa para conectar una estación base transmisora con un conjunto de receptores terrestres.

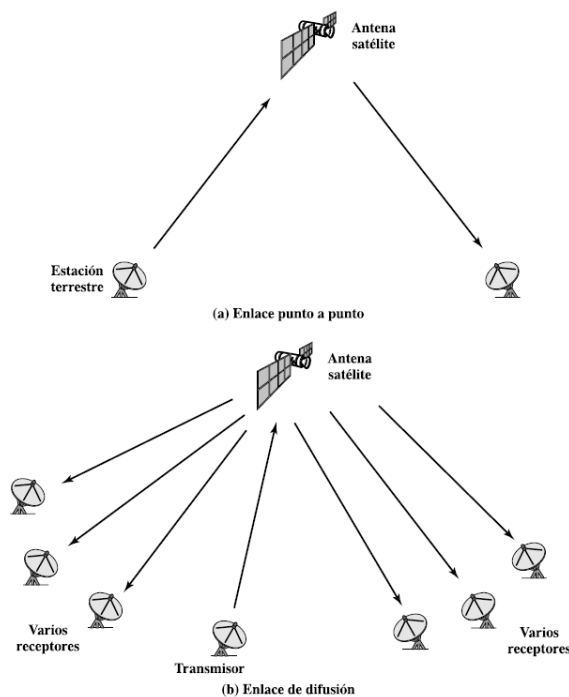


Figura 14. Tipos de enlace microondas por satélite.

Para que un satélite de comunicaciones funcione con eficacia, generalmente se exige que se mantenga en una órbita geoestacionaria, es decir, que mantenga su posición respecto de la tierra. Si no fuera así, no estaría constantemente alineado con las estaciones base. El satélite, para mantenerse geoestacionario, debe tener un periodo de rotación igual al de la tierra y esto sólo ocurre a una distancia aproximada de 35.863 km sobre el Ecuador.

Si dos satélites utilizaran la misma banda de frecuencias y estuvieran suficientemente próximos podrían interferirse mutuamente. Para evitar esto, los estándares actuales exigen una separación mínima de 4 grados (desplazamiento angular medido desde la superficie terrestre) en la banda 4/6 GHz, o una separación de al menos 3 grados en la banda de 12/14 GHz. Por tanto, el número máximo de posibles satélites está bastante limitado.

Aplicaciones

Al igual que la fibra óptica, las comunicaciones con satélites han sido una importante revolución tecnológica.

Las aplicaciones más importantes son las siguientes:

- **La difusión de televisión:** debido a que los satélites son de multidifusión por naturaleza, su utilización es muy adecuada para la distribución de la TV, por lo que están siendo ampliamente utilizados.
- **La transmisión telefónica a larga distancia:** es el medio óptimo para fomentar la transmisión vía satélite entre enlaces punto a punto entre las centrales.
- **Las redes privadas:** algunas compañías, con fines comerciales, han implantado satélites para su comunicación privada. Debido al alto coste, está muy limitado a las grandes multinacionales.

Características de la transmisión

El rango de frecuencias óptimo para la transmisión vía satélite está en el intervalo comprendido entre 1 y 10 GHz. Por debajo de 1 GHz, el ruido producido por causas naturales es apreciable, incluyendo el ruido galáctico, el solar, el atmosférico y el producido por interferencias con otros dispositivos electrónicos. Por encima de los 10 GHz, la señal se ve severamente afectada por la absorción atmosférica y por las precipitaciones.

La mayoría de los satélites que proporcionan servicio de enlace punto a punto operan en el intervalo entre 5,925 GHz y 6,425 GHz para la transmisión desde las estaciones terrestres hacia el satélite (canal ascendente) y entre 3,7 GHz y 4,2 GHz para la transmisión desde el satélite hasta la Tierra (canal descendente). Este intervalo de frecuencias se conoce como la banda 4/6 GHz. Nótese que las frecuencias ascendentes son diferentes de las descendentes. En una transmisión continua y sin interferencias, el satélite no puede transmitir y recibir en el mismo rango de frecuencias. Así pues, las señales que se reciben desde las estaciones terrestres en una frecuencia dada se deberán devolver en otra distinta.

La banda 4/6 GHz está dentro de la zona óptima de frecuencias pero su utilización exhaustiva la ha llevado a la saturación. Este hecho ha motivado que se hayan asignado otras bandas alternativas como la 12/14 GHz (el canal ascendente está situado entre 14 GHz y 14,5 GHz y el descendente está entre 11,7 a 12,2 GHz). En esta banda aparecen problemas de atenuación que se deben solventar.

Es interesante comentar algunas de las propiedades peculiares de las comunicaciones vía satélite. En primer lugar, debido a las grandes distancias involucradas, el retardo de propagación es aproximadamente del orden de un cuarto de segundo para una transmisión que vaya desde una estación terrestre hasta otra y que pase por el satélite. Este retardo es apreciable si se trata de una conversación telefónica ordinaria. Además, estos retrasos

introducen problemas adicionales a la hora de controlar los errores y el flujo en la transmisión. En segundo lugar, los satélites con microondas son intrínsecamente un medio idóneo para las aplicaciones multidestino, es decir, aplicaciones en las que varias estaciones necesiten transmitir hacia el satélite e, igualmente, varias estaciones necesiten recibir la señal transmitida por el satélite.

Ondas de radio

Las ondas de radio a diferencia de las microondas son omnidireccionales, mientras que las microondas tienen un diagrama de radiación mucho más direccional. Este hecho hace que las ondas de radio no necesiten antenas parabólicas ni necesitan que dichas antenas estén instaladas sobre una plataforma rígida para estar alineadas.

Características de la transmisión

El rango de frecuencias para las ondas de radio está comprendido entre 3 kHz y 300 GHz, ahora bien el rango entre 30 MHz y 1 GHz es el más adecuado para la difusión simultánea a varios destinos. A diferencia de las ondas electromagnéticas con frecuencias menores, la ionosfera es transparente para las ondas con frecuencias superiores a 30 MHz. En esta banda no se van a producir interferencias entre los transmisores debidas a las reflexiones en la atmósfera. A diferencia de la región de las microondas, las ondas de radio son menos sensibles a la atenuación por la lluvia.

Debido a la menor longitud de onda, las ondas de radio, sufren una atenuación menor. Sin embargo en este tipo de transmisión, pueden aparecer interferencias multitrayectoria.

Infrarrojos

Las comunicaciones mediante infrarrojos se llevan a cabo mediante transmisores/receptores (transceptores, transceivers) que modulan luz infrarroja no coherente. Los transceptores deben estar alineados directamente, o bien deben estar accesibles a través de la reflexión en una superficie, como por ejemplo el techo de la habitación.

Una diferencia significativa entre los rayos infrarrojos y las microondas es que los primeros no pueden atravesar las paredes. Por tanto, los problemas de seguridad y de interferencias que aparecen en las microondas no se presentan en este medio de transmisión. Es más, no hay problemas de asignación de frecuencias ya que para operar en esta banda no se necesitan permisos

2.5. Controladores

La parte fundamental de todo sistema domótico es el controlador, es el encargado de realizar el control del sistema, es del que depende la regulación del sistema, por decirlo de una manera coloquial sería el “cerebro del sistema”.

El controlador (o controladores) del sistema, recibe la información de los sensores, procesa esta información y envía las órdenes a los actuadores. Las principales funciones del controlador son las siguientes:

- **Mantener las variables dentro de los niveles especificados.**
- **Minimizar el consumo de energía** mediante un control óptimo de todos los dispositivos.
- **Alertar** al usuario si algo no funciona correctamente, y tomar las decisiones oportunas para solucionarlo.
- **Aprendizaje de costumbres del usuario.** Algunos de los controladores existentes en el mercado, son lo que se denomina inteligentes, dado que tienen algoritmos de control que son capaces de aprender de los gustos y preferencias del usuario.

Controladores existentes en el mercado

Miniserver de Loxone¹

Este dispositivo funciona como eje central de una instalación domótica. Permite realizar un control total de una vivienda automatizada, permite realizar el control desde una simple instalación automatizada de persianas a una zonificación de clima inteligente optimizando energéticamente nuestros recursos.

Este controlador está conectado a los sensores y actuadores de manera cableada, aunque existen accesorios para realizar conexiones vía radio (EnOcean Extension o Air Base Extension). Este dispositivo de control dispone de su propio software gratuito para realizar el control de la vivienda de una manera relativamente sencilla.

A continuación mostramos las características del controlador:

- 8 entradas digitales a 24 VDC.
- 4 entradas analógicas 0-10 VDC con una resolución de 10 Bits.
- 8 salidas digitales (relés) 250 VAC y 5 A.
- 4 salidas analógicas 0-10 VDC con una resolución de 12 Bits.

¹ <http://www.loxone.com/eses/productos/miniserver/miniserver.html>

Diseño de un sistema domótico centralizado

- Diseño compacto para montaje en carril DIN.
- Dimensiones 155x85x49 mm (9 módulos DIN).
- Software de Configuración e Interfaz web fácil de usar y gratuito.
- Sistema operativo Loxone OS diseñado específicamente para este propósito.
- Puerto LAN.
- Ranura para tarjeta Micro-SD (hasta 16 GB)
- Integración con KNX®/EIB.
- Alimentación de 24 V DC a través de conector.

En la figura 15 podemos ver al disposición de todas estas entradas y salidas del controlador comercial Miniserver de Loxone, y en la figura 16 vemos sus dimensiones.

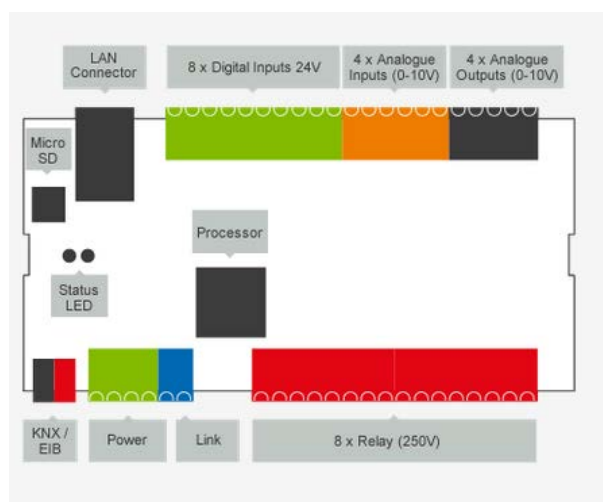


Figura 15. Descripción de entradas y salidas del controlador Miniserver de Loxone.

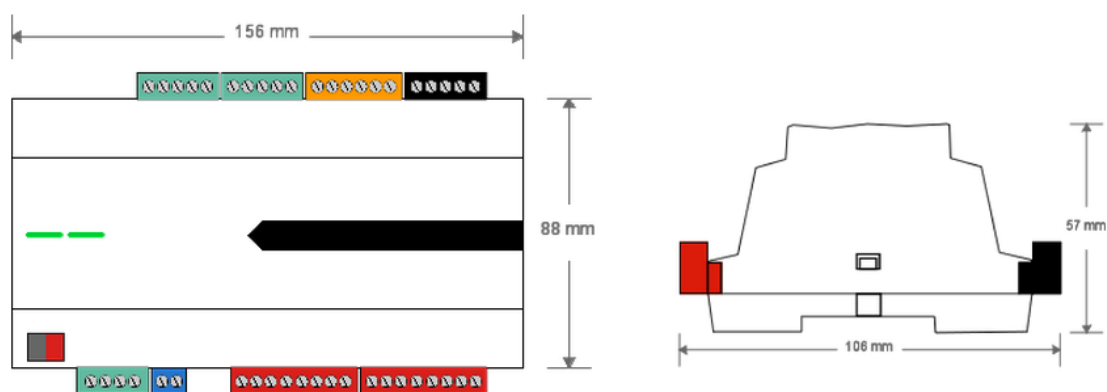


Figura 16. Dimensiones Miniserver de Loxone

Centralita Myfox

La centralita de control Myfox Home Control 2 que podemos ver en la figura 17, permite controlar gran variedad de periféricos vía radio. Su principal ventaja respecto al miniserver de Loxone, es la ausencia de cableado y la conexión tipo UPnP.

Las características principales de este dispositivo son las siguientes:

- Diodos de estado.
- Dimensiones: 220 x 170 x 80 mm
- Conexión de hasta 4 cámaras, 150 accesorios de seguridad (TAG, detectores de movimiento, sirenas...) y 32 grupos de accesorios domóticos DI-O
- Alimentación a 5 V mediante transformador 220 V / 5 V, 50-60 Hz
- Batería de litio 3,7 V / 1100 mA auto-recargable. Autonomía superior a 3 horas en caso de avería en el suministro eléctrico.
- Sirena: Señal sonora integrada a la centralita (75 dB) y sirenas adicionales posibles en interior (110 dB) y exterior (104 dB)
- Módulo vía radio 433 y 868 MHz. Función de detección de interferencias



Figura 17. Centralita Myfox.

Microcontroladores de propósito general

Otra opción para implantar un sistema domótico es mediante microcontroladores del tipo Arduino (lo veremos con detalle en el capítulo 6), Raspberry Pi o PIC. La dificultad de estos sistemas es realizar la programación, se requieren conocimientos más técnicos. Su gran ventaja es el reducido precio, podemos adquirir un microcontrolador desde 15 €, frente a los 230 € de la centralita Myfox o los 415 € del Miniserver de Loxone.

Capítulo 3.

Protocolos y tecnologías.

3.1. Modelo de referencia OSI

Antes de describir los sistemas de control, interconexión y datos de una instalación domótica, es preciso introducir el concepto del modelo de referencia OSI (*Open System Interconnection*).

En 1977 la Organización Internacional de Estandarización (ISO, *Internacional Organization for Standardization*) estableció un subcomité para el desarrollo de una arquitectura para normalizar las comunicaciones entre los diferentes dispositivos. El resultado fue el modelo de referencia OSI.

OSI estructura las funciones de comunicación en diferentes capas. Estas capas están organizadas de manera jerárquica. Cada capa realiza un conjunto determinado de tareas, relacionadas entre sí. Por otro lado, cada capa se sustenta en la capa inmediatamente inferior, la cual realizará las funciones más primitivas, ocultando sus detalles a las capas superiores. A su vez, una capa proporciona servicios a la capa inmediatamente superior. Estrictamente cada capa debería estar definida para que los campos de una capa no implicaran cambios en las otras capas. De esta forma el problema se descompone en varios subproblemas más fácilmente abordables.

La labor de ISO consistió en definir el conjunto de capas, así como los servicios a realizar por cada una de ellas. La división debería agrupar a las funciones



Figura 18. Modelo de referencia OSI.

que fueran conceptualmente próximas en un número suficiente, tal que cada capa fuese lo suficientemente pequeña, pero sin llegar a definir demasiadas para evitar así sobrecargas en el procesamiento.

La figura 18 muestra la arquitectura de siete niveles de OSI. En un sentido estricto el Modelo de Referencia OSI no define una arquitectura concreta sino un "Marco de Referencia", una plantilla, a partir del cual poder desarrollar arquitecturas con las características adecuadas para un entorno o tipo de aplicación de concretos.

La compatibilidad con OSI no exige la utilización de los 7 niveles. Una arquitectura puede incluir aquellos que se consideren necesarios sin tener que utilizar toda la pila.

En cada nivel existe la posibilidad de utilizar un protocolo orientado o no a conexión. Se dice que un protocolo es orientado a conexión cuando para poder intercambiar datos debe haberse realizado previamente una reserva de recursos creando lo que se denomina una "conexión".

Capa 1: Física

La capa física se encarga de la interfaz física entre los dispositivos. Esta capa es la que se encarga de definir las reglas que rigen la transmisión de los bits. La capa física tiene cuatro características importantes:

- **Mecánicas:** relacionadas con las propiedades físicas de la interfaz con el medio de transmisión. Normalmente, dentro de estas características se incluye la especificación del conector que transmite las señales a través de conductores.
- **Eléctricas:** especifican cómo se representan los bits (por ejemplo, en términos de niveles de tensión), así como su velocidad de transmisión.
- **Funcionales:** especifican las funciones que realiza cada uno de los circuitos de la interfaz físicas entre el sistema y el medio de transmisión.
- **De procedimiento:** especifica la secuencia de eventos que se llevan a cabo en el intercambio del flujo de bits a través del medio físico.

Capa 2: De enlace de datos

La capa física se encarga exclusivamente de un servicio de transmisión de datos, es la capa de enlace la que se encarga de asegurar la fiabilidad del enlace físico entre dos nodos de una red. Las funciones principales de este nivel son:

- Sincronización de la transmisión.

- Control del diálogo sobre un canal.
- Detección y control de errores.
- Control de acceso a un canal multipunto.

Algunos estándares conocidos de esta capa son HDLC (*High-Level Data Link Control*) o LLC (*Logical Link Control*).

Capa 3: Red

La capa de red realiza la transferencia de información entre sistemas finales de algún tipo de red de comunicación. Se encarga de hacer que los datos lleguen desde el origen al destino, aun cuando ambos no estén conectados. Se ocupa de la conmutación, es decir el encaminamiento de mensajes y el control de tráfico a través de la subred.

Capa 4: Transporte

La capa de transporte se encarga de garantizar la integridad de los datos extremo a extremo. El servicio de transporte orientado a conexión asegura que los datos se entregan libres de errores, en orden y sin pérdidas ni duplicaciones. La capa de transporte también puede estar involucrada en la optimización del uso de los servicios de red, y en proporcionar la calidad del servicio solicitada. Por ejemplo, la entidad de sesión puede solicitar una tasa máxima de error determinada, un retardo máximo, una prioridad y un nivel de seguridad dado.

El tamaño y la complejidad de un protocolo de transporte dependen de cómo de fiables sean los servicios de red y las redes subyacentes. Consecuentemente, ISO ha desarrollado una familia de cinco protocolos de transporte normalizados, cada uno de ellos especificado para un determinado servicio subyacente. En la arquitectura de protocolos TCP/IP se han especificado dos protocolos para la capa de transporte: el orientado a conexión, TCP (Protocolo de Control de la Transmisión, *Transmission Control Protocol*) y el no orientado a conexión UDP (Protocolo de Datagrama de Usuario, *User Datagram Protocol*).

Capa 5: Sesión

Las cuatro capas inferiores establecen un medio para el intercambio fiable de datos permitiendo distintos niveles de calidad de servicio. Para muchas aplicaciones este servicio básico es insuficiente. Por ejemplo para el procesamiento de transacciones es necesaria la inclusión de puntos de comprobación de flujo de transferencia para poder hacer operaciones de respaldo.

Esta capa proporciona los mecanismos para controlar el diálogo entre las aplicaciones de los sistemas finales. En muchos casos, los servicios de la capa de sesión son parcialmente, o incluso totalmente prescindibles. La capa de sesión proporciona los siguientes servicios:

- **Control de diálogo:** puede ser simultáneo en dos sentidos (*full-duplex*) o alternado en ambos sentidos (*half-duplex*).
- **Agrupamiento:** el flujo de datos se puede marcar para definir grupos de datos.
- **Recuperación:** la capa de sesión puede proporcionar un procedimiento de puntos de comprobación, de forma que si ocurre algún tipo de fallo entre puntos de comprobación, la entidad de sesión puede retransmitir todos los datos desde el último punto de comprobación.

Capa 6: Presentación

Esta capa define el formato de los datos que se van a intercambiar entre las aplicaciones y ofrece a los programas de aplicación un conjunto de servicios de transformación de datos. La capa de presentación define la sintaxis utilizada entre las entidades de aplicación y proporciona los medios para seleccionar y modificar la representación utilizada. Algunos ejemplos de servicios específicos que se puede realizar en esta capa son los de compresión y cifrado de datos.

Capa 7: Aplicación

La capa de aplicación proporciona a los programas de aplicación un medio para que accedan al entorno OSI, actúa como interfaz entre el usuario y la red. En esta capa también residen las aplicaciones de uso general como:

- **HTTP** (*HyperText Transfer Protocol*): protocolo bajo la *www*.
- **FTP** (*File Transfer Protocol*): transferencia de ficheros.
- **SMTP** (*Simple Mail Transfer Protocol*): envío y distribución de correo electrónico.
- **POP** (*Post Office Protocol*): reparto de correo a usuario final.
- **SSH** (*Secure Shell*): principalmente se utiliza como servidor remoto, aunque en realidad cifra casi cualquier tipo de transmisión.
- **Telnet**: es otro terminal remoto, ha caído en desuso por su inseguridad intrínseca, ya que las claves viajan sin cifrar por la red.
- **SNMP** (*Simple Network Management Protocol*) y **DNS** (*Domain Name System*): facilitan el uso y administración de la red.

3.2. Protocolos domóticos

X-10

Historia X-10

En 1970 un grupo de ingenieros inició una compañía llamada Pico Electronics en Glenrothes, Escocia. Pico revolucionó la industria de las calculadoras desarrollando el primer chip que funcionaba solo (las calculadoras de la época usaban al menos cinco).

En 1974 los ingenieros de esta empresa se unieron al desarrollo de un cambiador de registros que seleccionaba pistas de un vinilo de LP regular, fue denominado Accutrac y podía ser manejado a distancia con un control remoto basado en un dispositivo desarrollado por Pico usando señales ultrasónicas. Esto condujo a la idea de controlar remotamente luces y diversos aparatos. En 1975 el proyecto X-10 fue concebido. Se denomina X-10 porque fue el décimo proyecto en el que Pico trabajaba, los 8 primeros fueron sobre calculadoras IC (Integrated Circuit) y el Accutrac anteriormente mencionado fue el X-9. El concepto básico del que partieron los ingenieros era usar el cableado existente de corriente alterna para transmitir señales para controlar luces o diferentes aparatos. Tras algunos años refinando la tecnología, en 1978 comenzaron a comercializarse diferentes productos de la tecnología X-10.

Como hemos mencionado anteriormente, fue desarrollado con el objetivo de transmitir datos por las líneas de baja tensión (115 V en Estados Unidos a 60 Hz y 230 V a 50 Hz en Europa) a una velocidad de transmisión muy baja (60 bps en EEUU y 50 bps en Europa). El aprovechamiento de la red eléctrica existente suponía un coste muy bajo de la implantación de este tipo de sistemas, ya que no era necesario tender nuevos cables para conectar los dispositivos. En la actualidad X-10 también soporta como medio físico la radiofrecuencia.



Figura 19. Logotipo X-10

El protocolo X-10, en sí, no es propietario, cualquier fabricante puede producir y distribuir dispositivos X-10 y ofertarlos en su catálogo, pero está obligado a usar los circuitos del fabricante escocés que diseñó esta tecnología. Los canones impuestos por la patente son muy bajos, al contrario que en otros tipos de tecnologías como Lonworks cuyo royalty es mucho mayor.

Desde el inicio de su comercialización en 1978, millones de instalaciones en todo el mundo avalan este sistema. Los productos X-10 son especialmente atractivos por su precio, prestaciones y su madurez en el mercado. Sus más de 25 años de experiencia, con millones de instalaciones realizadas en todo el mundo y la multitud de fabricantes que asegura una amplia gama de productos, hacen que los productos X-10 sean muy competitivos. Esta tecnología es líder en el mercado norteamericano residencial y de pequeñas empresas. Más de 8 millones de hogares en todo el mundo disponen de dispositivos X-10 y más de 150 millones de equipos se han vendido durante los últimos 20 años.

Ahora bien, se puede afirmar que el X-10 es la tecnología más asequible para realizar una instalación domótica no muy compleja. En la actualidad se pueden encontrar en Europa tres grandes familias de productos basados en X-10, teóricamente compatibles entre sí: Home Systems, Netzbuss y Timac. El mercado norteamericano ofrece multitud de productos a unos precios muy atractivos, pero como bien sabemos, la red eléctrica no es la misma que en Europa, por lo que es poco recomendable comprar productos allí ya que son incompatibles.

¿Cómo funciona X-10?

El protocolo X-10 usa una modulación sencilla si lo comparamos con otros protocolos que usan control por ondas portadoras.

Emisor

Cuando la onda senoidal (de 50 Hz en España y de 60 Hz en EEUU) pasa por cero, inserta un instante después una ráfaga muy corta de señal de 1 ms de duración y a una potencia de 0,5 W, a una frecuencia de 120 KHz (véase en figuras 20 y 21).

Se puede insertar esta señal en el semiciclo positivo y en el negativo de la onda senoidal. La codificación del bit 1 se representa por un pulso de 120 KHz; mientras que el bit 0, se representa por la ausencia de ese pulso de 120 KHz. En caso de ser un sistema trifásico, el pulso de 1 milisegundo se transmite tres veces para que coincida con el paso por el cero en las tres fases (desfases de 120°). Por lo tanto el tiempo de bit coincide con los 20 ms que dura el ciclo de la señal, de forma que la velocidad binaria de 50 bps viene impuesta por la frecuencia de la red, 50 bps en Europa y 60 bps en EEUU.

La transmisión completa de un orden X-10 necesita once ciclos de corriente. Los once bits corresponden a:

- **Código de inicio (2 bits):** dos ciclos que representan el código de inicio.

- **Código de casa (4 bits):** cuatro ciclos, se identifican con letras (A-P) que representan el código de casa.
- **Código numérico o de función (5 bits):** cinco ciclos que representan o bien el código numérico (1-16) o bien el código de función (encender, apagar, encender todo, apagar todo, aumentar intensidad...).

Para aumentar la fiabilidad del sistema, esta trama se transmite siempre dos veces, separándolas por tres ciclos completos de corriente. No obstante, hay una excepción, en funciones de regulación de intensidad, se transmiten de forma continuada sin separación entre tramas y un mínimo de dos veces.

Los transmisores pueden direccionar hasta 256 receptores, mediante un código (Letra: A-P y Número: 1-16).

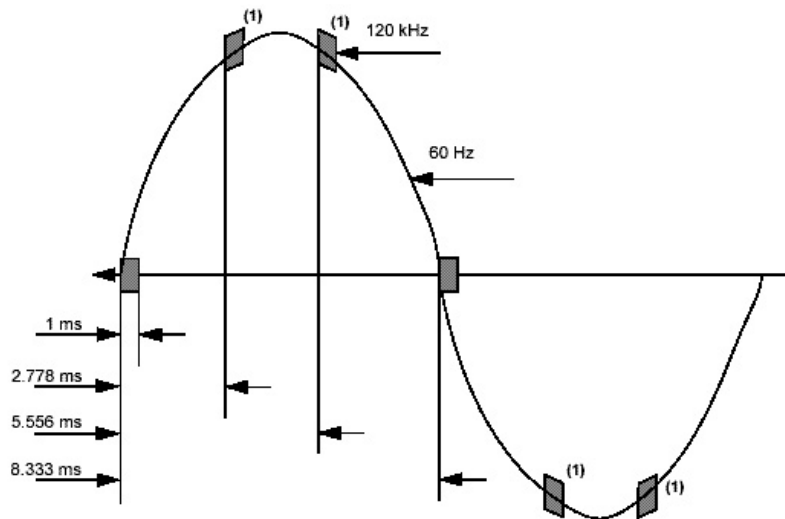


Figura 20. Inserción de las ondas portadoras en la onda de 60 Hz.

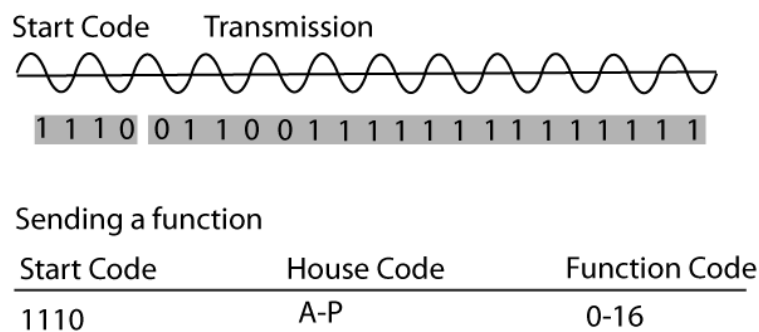


Figura 21. Trama X-10.

Receptor

Los receptores abren una ventana de recepción de 0,6 ms de duración siempre que haya un paso por cero, limitándose a comprobar si hay señal portadora y, en caso positivo almacenar toda la trama recibida. Se esperará a recibir la segunda trama de confirmación, idéntica a la primera, para ejecutar la orden correspondiente.

Los dispositivos receptores poseen dos pequeños conmutadores giratorios, uno con 16 letras y el otro con 16 números, que permiten asignar una dirección de entre las 256. En una instalación puede haber varios receptores configurados con la misma dirección, todos realizarán la función preasignada cuando el transmisor envíe una trama a esa dirección. Evidentemente cualquier dispositivo receptor puede recibir órdenes de diferentes transmisores.

También existen dispositivos bidireccionales que tienen la capacidad de responder y confirmar la correcta realización de una orden, lo cual puede ser útil cuando el sistema X-10 está conectado a un programa de ordenador que muestra los estados de los dispositivos de la instalación domótica.

EIB (European Installation Bus)

Historia EIB

EIB es un protocolo de control domótico europeo, fue desarrollado para contrarrestar las importaciones de productos similares que se estaban produciendo desde el mercado japonés y el norteamericano donde estas tecnologías se habían desarrollado antes que en Europa.



Figura 22. Logotipo EIB.

Este protocolo fue promovido por la EIBA (European Installation Bus Association) con el objetivo de crear un estándar europeo, con el suficiente número de fabricantes, instaladores y usuarios, que permita comunicarse a todos los dispositivos de una instalación eléctrica como: contadores, equipos de climatización, seguridad, de gestión energética y electrodomésticos. La EIBA es una asociación de más de 115 empresas europeas, líderes en el mercado eléctrico que se unieron en 1990 con el fin de impulsar la creación de un estándar domótico europeo.

El protocolo EIB es un protocolo de red abierto, se fortalecen del aporte de todas y cada una de la infinidad de empresas que lo suscriben. Son tantas, que la cantidad y diversidad de dispositivos existentes supera la de cualquier

otro sistema en la actualidad. Según datos de la EIB, a principios del año 2003, había unos 10 millones de dispositivos EIB instalados por todo el mundo.

La EIBA junto con otras organizaciones están trabajando en la convergencia de los tres buses europeos más importantes: EIB, BatiBUS y EHS. La idea es que los tres protocolos converjan en un único estándar europeo para la automatización de oficinas y viviendas: KONNEX-KNX.

¿Cómo funciona EIB?

EIB es un sistema domótico descentralizado que se realiza por medio de un cable bus. El bus consta de dos hilos y suministra una tensión de 24 V dc. Al ser un sistema descentralizado, la programación de todos los componentes del sistema se hace de forma individual y a través del PC. El programa para el diseño de la instalación, la puesta en servicio y el diagnóstico se denomina ETS (EIB Tool Software).

EL protocolo EIB se basa en el modelo de referencia OSI, definiendo los niveles: 1, 2, 3, 4 y 7.

Nivel físico

En principio sólo se contempló usar un cable de dos hilos como soporte físico de las comunicaciones (EIB.TP), a través del cual se comunican entre sí todos los participantes del bus. Pero finalmente el nivel EIB.MAC se pretendía que pudiera funcionar sobre los siguientes medios físicos:

- **EIB.TP:** sobre par trenzado a 9600 bps. Además por estos hilos se suministra 24 Vdc para la telealimentación de los dispositivos EIB. Usa la técnica CSMA con arbitraje positivo del bus que evita las colisiones previniendo así los reintentos y maximizando el ancho de banda disponible.
- **EIB.PL:** corrientes portadoras sobre 230 Vac/50 Hz (powerline) a 1200/2400 bps. Usa la modulación SFSK (Spread Frequency Shift Keying) similar a la FSK pero con las portadoras más separadas. La distancia máxima que se puede lograr sin repetidor es de 600 metros.
- **EIB.net:** usa el estándar Ethernet a 10 Mbps (IEC 802.2). Sirve de backbone entre segmentos EIB además de permitir la transferencia de telegramas EIB a través del protocolo IP a viviendas o edificios remotos.
- **EIB.RF:** radiofrecuencia, usando varias portadoras, se consiguen distancias de hasta 300 metros en campo abierto. Para mayores

distancias o edificios con múltiples estancias se pueden usar repetidores.

- **EIB.IR:** infrarrojo, para el uso de mandos a distancia en salas o salones donde se pretenda controlar los dispositivos EIB instalados.

Aun habiendo tantas posibilidades en su implantación física, el par trenzado ha sido el único que ha conseguido una implantación masiva.

¿Cómo se pueden interconectar los dispositivos? – Topología

La distribución física de los elementos de control respecto al medio de comunicación es lo que se conoce como topología de la red. La estructura topológica del sistema se puede dividir en sectores (o áreas) y líneas. La línea es la unidad mínima. Una línea puede abarcar hasta 64 integrantes del bus. Existen los llamados acopladores de línea (LK) que conectan líneas, hasta un máximo de 12; así como acopladores de área que permiten la interconexión de hasta 15 áreas.

La distribución del bus se puede realizar de las siguientes maneras:

- Distribución en Línea.
- Distribución en Estrella.
- Distribución en Árbol.
- Distribución Mixta.

La línea bus puede tener una longitud máxima de 1000 m, teniendo en cuenta las siguientes pautas en la planificación del tendido:

- La distancia máxima entre los componentes EIB más distantes de la línea debe ser de 700 m, si sobrepasamos esta distancia, el sistema no funcionará correctamente en el caso de colisión de telegramas.
- La distancia máxima entre la fuente de alimentación y un mecanismo EIB debe ser de 350 m, con la finalidad de que no se pierda tensión debido a la longitud de la línea.
- Se permite el uso de repetidores para conectar dos segmentos de bus. Si bien para cada segmento de bus se necesita una fuente de alimentación adicional. Teóricamente una línea puede tener hasta 4 segmentos de línea conectados a través de repetidores y por tanto la capacidad de la línea se puede ampliar hasta 256 mecanismos.

- Los repetidores solo se pueden conectar en paralelo, aunque es recomendable realizar la instalación sin uso de repetidores. Éstos se permiten solamente para instalaciones muy largas.

Direccionamiento

En el direccionamiento se distingue entre la dirección física y la dirección lógica o de grupo.

La dirección física está determinada por la situación de los componentes dentro de la instalación. Es la caracterización unívoca de cada componente en una instalación EIB. Está formada por tres números:

- Número de área o zona.
 - Número de línea.
 - Número de componente.
- ➔ *área.línea.componente*

La dirección lógica o de grupo define la posición relativa de los integrantes del bus, está relacionada con la función. Los integrantes de una red de control, se referencian siempre por su dirección de grupo. La dirección de grupo se divide hasta en 14 grupos principales, cada uno de ellos con un máximo de 2048 subgrupos: *grupo principal.subgrupo*

BatiBUS

Historia de BatiBUS.

BatiBUS surgió en Francia, fue desarrollado por la empresa francesa Merlin Gerin Schneider Electric. Para fomentar el uso de sus productos basados en BatiBUS, esta compañía fundó en 1989, junto con Airelec, EDF y Landis & Gyr.

Este protocolo de comunicación ha sido un protocolo muy utilizado en los antiguos sistemas de control industrial franceses, debido a sus limitaciones, actualmente ha quedado prácticamente obsoleto. Entre los dispositivos BatiBUS existentes todavía en el mercado está el Pyram de la empresa española Delta Dore.

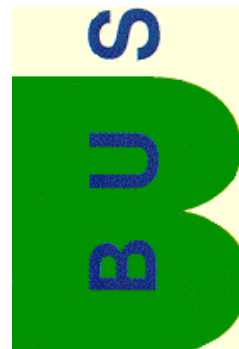


Figura 23. Logotipo BatiBUS.

Es un protocolo totalmente abierto y muy sencillo de instalar. Las características más importantes de este protocolo que hay que destacar son su facilidad de instalación, bajo coste y capacidad de adaptación. Este protocolo está estandarizado por el CELENEC y también está descrito en el estándar francés NFC 46620. Al ser un protocolo abierto, esto supone una gran ventaja respecto con LonWorks. Está basado en el modelo OSI, aunque solo implementa los niveles 1, 2 y 7.

BatiBUS está convergiendo junto con el EIB y EHS en un único estándar europeo para la automatización de oficinas y viviendas.

¿Cómo funciona BatiBUS?

El medio de transmisión que considera BatiBUS es un único bus de par trenzado, apantallado o no, sin necesidad de ser adaptado en impedancia, que permite soportar diversas topologías: bus, estrella, anillo, árbol o cualquier combinación de estas. La distancia máxima entre la unidad central de control y el punto más alejado del bus es de unos 2,5 km; una distancia muy superior a la alcanzada mediante EHS o EIB. Esta característica lo hace muy flexible para adaptarse a cualquier tipo de instalación. Aunque debemos tener cuidado de no asignar direcciones idénticas a dos dispositivos en una instalación.

La velocidad binaria es de 4.800 bps, suficiente para la mayoría de aplicaciones de control distribuido. A nivel de acceso, utiliza la técnica CSMA/CA, similar a la utilizada por Ethernet pero con resolución positiva de colisiones (ya mencionada anteriormente). La codificación de los valores se obtiene cerrando el circuito en el caso de querer transmitir un bit 1, o abriéndolo en caso de querer transmitir un 0. Al igual que EIB, la alimentación es de 15 V de corriente continua, que es suministrada los componentes a través del propio bus. Teniendo en cuenta que la potencia total disponible es de estos 15 V o 150 mA, y que cada nodo tiene un consumo típico de 2 mA, hace que el máximo número de nodos por línea sea de unos 75.

Actualmente existen una serie de procedimientos y especificaciones que sirven para compatibilizar cualquier producto que utilice este tipo de tecnología.

EHS

El estándar EHS (*European Home System*) ha sido un intento más de la industria europea para crear un protocolo de control domótico abierto que permitiera la implantación de la domótica en el mercado residencial de forma masiva. El resultado fue la especificación de este estándar en el año 1992. Este protocolo se basa en el modelo OSI, definiendo los niveles 1, 2, 3 y 7. Otros sistemas posteriores, como el Major-Domo de Fagor se basan en el protocolo EHS con algunas modificaciones.

El objetivo de EHS fue ofrecer un sistema capaz de satisfacer las necesidades de automatización de las viviendas europeas a un precio más reducido que los estándares existentes en ese momento en el mercado (LonWorks, EIB o BatiBUS). Estos sistemas ya existentes en aquel momento exigían una mano de obra cualificada para su instalación lo que encarecía el precio. EHS por

tanto intenta atrapar el mercado que tiene CEBus en Norteamérica y supera las prestaciones del X-10.

EHS es un sistema de red completo, con todas las funciones domóticas, de forma modular, expansible y configurable. Se trata de un sistema distribuido. Cada unidad conectada en la red negocia automáticamente su dirección de red. También es un sistema de protocolo totalmente abierto, cualquier fabricante asociado a las EHS puede desarrollar sus propios productos y dispositivos.

La EHS (*EHS Association*) es la encargada de emprender y ejecutar todas las iniciativas para aumentar el uso de EHS en las viviendas europeas. También es la encargada de mejorar el producto y de asegurar la compatibilidad total entre dispositivos.

Como veremos posteriormente, EHS (junto con EIB y BatiBUS) está convergiendo en un único estándar europeo: KNX.

¿Cómo funciona EHS?

Las primeras implantaciones de EHS utilizaban un canal serie asíncrono a través de las líneas eléctricas de baja tensión en las viviendas, es decir, utilizaban, al igual que X-10, ondas portadoras. Este sistema estaba modulado en frecuencia y conseguía velocidades de hasta 2,4 Kbit/s. Este sistema ha ido evolucionando hasta que en la actualidad, además de la red eléctrica, este sistema utiliza otros medios físicos:

- **Par trenzado (TP0):** con velocidades de hasta 4,8 Kbit/s. Este sistema tiene el mismo nivel físico que BatiBUS.
- **Par trenzado o coaxial (TP1):** con velocidades de hasta 9,6 Kbit/s.
- **Par trenzado (TP2):** velocidades de hasta 64 Kbit/s.
- **Infrarrojos (IR-1200):** velocidades de hasta 1,2 Kbit/s.
- **Radiofrecuencia (RF-1100):** velocidades de hasta 1,1 Kbit/s.

En cuanto al nivel de acceso al medio, EHS utiliza la misma técnica que Ethernet: CSMA/CD. Como en el resto de tecnologías, cada dispositivo dentro de una red, tiene su propia dirección. Esta dirección además de proporcionar de forma inequívoca a un nodo, contiene información para el encaminamiento de las tramas por diferentes segmentos de red EHS. El número máximo de nodos por segmento es de 256.

La principal ventaja de esta tecnología, y lo que abarata tanto su coste, es su filosofía *Plug & Play (UPnP)*, esto es que los dispositivos pueden configurarse automáticamente, facilitando la movilidad de los mismos y haciendo más sencilla la ampliación de las instalaciones.

KONNEX- KNX

Historia KNX

En mayo de 1999, Konnex surge como una iniciativa de tres asociaciones europeas: EIBA (European Instalation Bus Association), BCI (Batibus Club Internacional), y EHSA (European Home Systems Association), con el objetivo de diseñar un estándar europeo único para la automatización de viviendas y oficinas.



Figura 24. Logotipo KNX

El estándar KNX era el paso evolutivo lógico que trata de concentrar toda la experiencia y conocimiento de los principales estándares europeos en un único estándar común, abierto y con dispositivos a precios suficientemente competitivos, como para una implantación en las viviendas mucho más generalizada. Con este estándar se pretendía:

- Aumentar la presencia de estos buses domóticos en áreas como la climatización o HVAC (Heating Ventilating und Air Conditioning).
- Mejorar las prestaciones de los medios físicos de comunicación, haciendo mayor hincapié en la tecnología de la radiofrecuencia.
- Introducir nuevos modos de funcionamiento que permitan aplicar una filosofía Plug & Play a muchos dispositivos típicos de una vivienda.
- Potenciar las instalaciones de telegestión técnica de las viviendas o domótica.

El objetivo principal de esta iniciativa era partir de los sistemas de EIB, EHS y BatiBUS, para crear un único estándar europeo que sea capaz de competir en calidad, prestaciones y precio con otros sistemas como los norteamericanos LonWorks o CEBus.

En junio de 2003, el estándar KNX se convirtió en un estándar europeo con la aprobación del comité CENELEC (European Committee for Electrotechnical Standardization), se encuentra recogido en EN-50090.

¿Cómo funciona KNX?

El estándar KNX contempla tres modos de funcionamiento:

- **System Mode (Modo Sistema):** esta configuración sigue la misma filosofía que el EIB actual. Los diversos dispositivos o nodos de la nueva instalación son instalados y configurados por profesionales con

ayuda de una aplicación software sobre PC diseñada específicamente para este propósito.

Este modo está especialmente pensado para su uso en instalaciones como oficinas, industrias, hoteles, etc... Es decir, solo las instalaciones profesionales tendrán acceso a este tipo de material y a las herramientas de desarrollo.

- **Easy Mode (Modo Fácil):** es la configuración más sencilla. Los dispositivos son programados en fábrica para realizar una función concreta. Aun así deben ser configurados algunos detalles durante su instalación, ya sea con el uso de un controlador central (como una pasarela residencial o similar) o mediante unos microinterruptores alojados en el mismo dispositivo (similar a los dispositivos X-10 existentes en el mercado).

Cualquier electricista o un usuario con cierta experiencia, podrán conseguir dispositivos de este tipo en ferreterías, almacenes de productos eléctricos o tiendas de bricolaje. La ventaja de este modo es que se configuran en un instante seleccionando en unos microinterruptores las opciones ofrecidas con una pequeña guía de usuario.

- **Automatic Mode (Modo Automático):** es la configuración automática, sigue una filosofía Plug&Play, es decir, ni el instalador ni el usuario final tienen que configurar el dispositivo. Es exactamente la misma filosofía que siguen la mayoría de los productos informáticos de uso cotidiano, dado que permite una rápida y sencilla instalación o ampliación de redes, evitando así que el usuario final tenga que leer complicados manuales de instalación o especificaciones. Este modo está indicado especialmente para el empleo en electrodomésticos y equipos de entretenimiento.

En cuanto al nivel físico, KNX puede funcionar sobre distintos medios físicos:

- **Par trenzado (TP1):** aprovechando la norma EIB equivalente.
- **Par trenzado (TP0):** aprovechando la norma BatiBus equivalente.
- **Ondas portadoras (PL100):** aprovechando la norma EIB equivalente.
- **Ondas portadoras (PL132):** aprovechando la norma EHS equivalente.
- **Ethernet:** aprovechando la norma EIB.net.
- **Radiofrecuencia:** aprovechando la norma EIB.RF.

La posibilidad de utilizar medios físicos distintos permite a los instaladores adaptar la red a las condiciones del edificio y a las diferentes funciones requeridas, incrementando así la versatilidad del sistema. Sin embargo, lo más habitual para este tipo de instalaciones es el uso de cableado propio de par trenzado.

KNX está basado en la pila de protocolos núcleo de EIB, siendo compatible con los productos EIB previamente instalados. Así mismo, el modo automático (modo-A) es compatible con el estándar EHS 1.3a, siendo posible una transición desde los productos EIB a los productos KNX.

LONWORKS

Historia de LONWORKS

La tecnología LonWorks fue desarrollada a finales de los años ochenta y presentada oficialmente en 1992, por la empresa norteamericana Echelon, se usa para implementar redes de control distribuido sobre diferentes medios físicos (par trenzado, red eléctrica, radio, fibra, etc.) con conectividad total y capacidad de telegestión (incluido por la red Internet).



Figura 25. Logotipo LonWorks

La tecnología de este sistema es propietaria, debido a este coste, no ha tenido una implantación masiva como X-10, cuyas prestaciones son muy parecidas pero mucho más económico. LonWorks está presente en el mercado estadounidense en mayor medida que en Europa.

LonWorks ofrece una solución con arquitectura descentralizada, extremo a extremo, que permite distribuir la inteligencia entre los sensores y los actuadores instalados en la vivienda y que cubre desde el nivel físico al nivel de aplicación de la mayoría de los proyectos de redes de control.

La ventaja más importante de LonWorks respecto a otras tecnologías de control es que implementa todos los niveles del modelo de referencia OSI. De esta manera, servicios tales como el reenvío automático tras una pérdida de trama o la autenticación del emisor de la trama, están completamente implementados en la solución LonWorks. A su vez es una desventaja, porque supone incompatibilidades entre diferentes implementaciones, reduciendo así la interoperabilidad entre dispositivos de diferentes fabricantes.

¿Cómo funciona LonWorks?

Al igual que KNX, soporta una gran variedad de medios de transmisión: RS-485 opto aislado, acoplado a un cable coaxial o de pares trenzados con un transformador sobre corrientes portadoras, fibra óptica e incluso radio.

Neuron Chip

Cualquier dispositivo LonWorks, está basado en un microcontrolador especial llamado Neuron Chip. Este microcontrolador proporciona un puerto específico de cinco pines que puede ser configurado para actuar como interfaz de diversos transceptores de línea y funcionar a diferentes velocidades binarias.

El transceptor se encarga de adaptar las señales del Neuron Chip a los niveles que necesita cada medio físico. La velocidad binaria, topología de la red, distancia máxima y número de nodos utilizados, dependen del transceptor utilizado.

El Neuron Chip implementa el protocolo LonTalk, desarrollado al igual que el Neuron Chip por Echelon.

Características principales del Neuron Chip:

- Identificador único: Neuron ID, que permite direccionar cualquier nodo de forma unívoca dentro de una red de control LonWorks. Este identificador, tiene 48 bits de ancho, se graba en una memoria EEPROM durante la fabricación del circuito.
- Tiene un modelo de comunicaciones que es independiente del medio físico sobre el que funciona; es decir, los datos pueden transmitirse sobre cables de par trenzado, ondas portadoras, fibra óptica, radiofrecuencia y cable coaxial.
- El firmware implementa el protocolo LonTalk, proporciona servicios de transporte y direccionamiento extremo a extremo. Está incluido un sistema operativo que ejecuta y planifica la aplicación distribuida y que maneja las estructuras de datos que los nodos se intercambian.

Los circuitos se comunican entre sí enviándose telegramas que contienen la dirección de destino, información para el routing (direccionamiento), datos de control así como datos de la aplicación del usuario y un checksum como código detector de errores.

Todos los intercambios de datos se inician en un Neuron Chip y se supervisan en el resto de los circuitos de la red. Un telegrama puede tener hasta 229 octetos de información neta para la aplicación distribuida.

Protocolo LonTalk

Este protocolo es una solución para comunicaciones *peer to peer* enfocado a la inteligencia distribuida, empleada en el control distribuido. Como hemos mencionado anteriormente, cubre los siete niveles OSI. En la actualidad este protocolo es un estándar (EIA 709.1). Sus principales características son las siguientes:

- Topología de la red: bus, anillo, estrella.
- Medio físico: par trenzado, fibra óptica, radio o transmisión sobre líneas de tensión.
- Distancia máxima: 2000 m a 78 Kbps.
- Arquitectura de comunicación: master-slave o peer to peer.
- Velocidad: hasta 1,25 Mbs
- Disponibilidad de equipos: la documentación del protocolo es libre para su uso en cualquier procesador. Existe un chip disponible para su implementación en placas electrónicas.

Nivel físico

Resumimos las características más importantes de cinco modelos muy usados actualmente:

- PLT-22.
 - Medio físico: Ondas portadoras.
 - Velocidad binaria: 5,4 Kbps.
 - Tipología de la red: cualquiera en redes de baja tensión o par trenzado sin alimentación.
 - Distancia máxima: depende de la atenuación entre emisor y receptor y del ruido de la línea.
 - N° Nodos: depende de la atenuación entre emisor y receptor y del ruido de la línea.
 - Compatible con PLT-20 y PLT-21.
- FTT-10A.
 - Medio físico: Par trenzado
 - Velocidad binaria: 78 Kbps.
 - Tipología de la red: bus, estrella o lazo, y cualquier combinación de ellas.
 - Distancia máxima: 500 metros, hasta 2700 metros con doble bus e impedancias de carga en los extremos.
 - N° Nodos: 64.
 - Compatible con FTT-10 y LPT-10.
- LPT-10.
 - Medio físico: Par trenzado.

- Velocidad binaria: 78 Kbps.
- Tipología de la red: bus, estrella o lazo, y cualquier combinación de ellas.
- Distancia máxima: 500 metros, hasta 2700 metros con doble bus e impedancias de carga en los extremos.
- N° Nodos: 32, 64, 128 en función del consumo.
- Capaz de telealimentar los nodos por el mismo par trenzado.
- TPT/XF-78.
 - Medio físico: Par trenzado.
 - Velocidad binaria: 78 Kbps.
 - Tipología de la red: bus.
 - Distancia máxima: 1400 metros.
 - N° Nodos: 64.
 - Aislado con transformador.
- TPT/XF-78.
 - Medio físico: Par trenzado.
 - Velocidad binaria: 1,25 Kbps.
 - Tipología de la red: bus.
 - Distancia máxima: 130 metros.
 - N° Nodos: 64.
 - Aislado con transformador.

CEBus

CEBus fue desarrollado por el grupo de electrónica de consumo de la EIA (*Electronics Industry Association*) americana, con la finalidad de conseguir un bus doméstico diseñado específicamente para el hogar que aportara más funciones que las que soportaban los sistemas de la época (encender, apagar, aumentar, disminuir, apagar todo y encender todo) como el ya famoso X-10, dando lugar a un número de aplicaciones más amplio: control remoto, indicación de estado, gestión de energía, sistemas de seguridad, coordinación de los dispositivos de entretenimiento, etc. Fue desarrollado como una tecnología orientada al hogar por lo que sus premisas principales fueron el bajo coste y la simplicidad de instalación y uso.

La primera especificación de esta tecnología fue aprobada en 1992, tras largos años de estudio. Es una tecnología abierta, por lo que cualquier empresa puede adquirir los documentos del EIA en los que está definido (EIA-600) y fabricar productos con este estándar.

Esta especificación implementa los niveles OSI: 1, 2, 3 y 7, se caracteriza por ser fácilmente extensible en el tiempo a medida que entren en el hogar más medios físicos, tecnologías o dispositivos. Es el estándar americano equivalente a EHS en Europa.

¿Cómo funciona CEBus?

La comunicación entre los distintos dispositivos se realiza a través de la red eléctrica de baja tensión, par trenzado, cable coaxial, radiofrecuencia, infrarrojos y fibra óptica. Por otro lado, CEBus es totalmente flexible, se pueden combinar las tecnologías de interconexión con total libertad y compatibilidad. Las conexiones son tratadas como si fuese un bus de datos, pero CEBus no especifica una topología física en particular.

La transmisión mediante corrientes portadoras utiliza modulación en frecuencia con espectro ensanchado. Esta técnica varía la frecuencia durante su ciclo linealmente. Con esta tecnología se alcanzan velocidades medias de 7,5 kbit/s.

CEBus se ha desarrollado por la comunidad norteamericana, por lo que el nivel físico del estándar no cumple con la norma europea relativa a la transmisión de señal por las líneas eléctricas de baja tensión (CENELEC EN-50065), por lo que no es recomendable implantar soluciones basadas en este protocolo en las viviendas españolas.

Los dispositivos además de recibir tramas o mensajes individuales, pueden recibir tramas destinadas a todos los dispositivos o grupos de dispositivos mediante una sola trama conteniendo una dirección de multidifusión (*broadcast*) única, a la cual pueden responder todos ellos. Un dispositivo puede ser miembro de uno o más grupos. El fabricante del dispositivo es el que selecciona si el dispositivo soporta direccionamiento de grupos y a cuantos grupos de dispositivos pertenece.

BACnet

BACnet es un protocolo norteamericano para la automatización de viviendas y redes de control que fue desarrollado bajo el patrocinio de una asociación norteamericana de fabricantes e instaladores de equipos de calefacción y aire acondicionado.



Figura 26. Logotipo BACnet.

El principal objetivo, a finales del siglo XX, era el de crear un protocolo abierto que permitiera interconectar los sistemas de aire acondicionado y calefacción de las viviendas y edificios con el único propósito de realizar una gestión energética inteligente de la vivienda.

BACnet no quiere cerrarse a un nivel físico, de enlace y de red, concretos. En la actualidad, soporta hasta cinco opciones diferentes en cuanto a tecnologías de red, cada una de las cuales tiene una serie de ventajas e inconvenientes:

- **Ethernet:** como bien sabemos, Ethernet es un estándar internacional, por lo que esto supone una principal ventaja. Ethernet se encuentra preinstalado en muchos tipos de edificios, utiliza varios medios de transmisión (par trenzado, cable coaxial y fibra óptica), la interfaz con el PC es muy sencilla y es muy rápido (hasta 1Gbit/s). Los principales inconvenientes son el alto coste por dispositivo y las limitaciones de distancia.
- **ARCNET:** sus principales ventajas son que se trata de un protocolo estándar ANSI, que tiene una respuesta determinista, que soporta varios medios de transmisión (par trenzado, coaxial y fibra óptica), y que es bastante rápido (7,5Mbit/s). Los inconvenientes son los mismos que nos encontramos en Ethernet.
- **MS/TP (*Master-Slave/Token-Passing*):** sus principales ventajas son que es un estándar ANSI, su bajo coste y que tiene una respuesta determinista.
- **PTP (*Point-to-Point*):** se utiliza solamente sobre líneas telefónicas punto a punto y tiene una velocidad muy limitada (hasta 56 kbit/s). La ventaja es su coste, que es muy reducido.
- **Lontalk:** la red utilizada por LonWorks puede ser también compatible con BACnet, aunque los equipos son incompatibles entre sí. La ventajas de utilizar este tipo de red son la variedad de medios físicos soportados (par trenzado, coaxial, fibra óptica, radiofrecuencia, e infrarrojos) y la posibilidad de tener una velocidad razonable de hasta 1,25 Mbit/s. Las desventajas: no es determinista, tiene limitaciones de distancia, necesita herramientas de desarrollo específicas y el tamaño de las aplicaciones es limitado.

Actualmente existe una iniciativa en Europa para la estandarización del BACnet como herramienta para el diseño, gestión e interconexión de múltiples redes de control distribuido.

¿Cómo funciona BACnet?

Lo que hace más interesante a este protocolo es el esfuerzo que realizaron sus desarrolladores para permitir comunicarse a dos dispositivos independientemente de si utilizan protocolos EIB, BatiBUS, EHS, LonTalk o TCP/IP, entre otros. El propósito de BACnet es proporcionar un modo estándar de representar las funciones de cualquier dispositivo.

Estas funciones comunes son representadas como una colección de objetos, cada uno de los cuales tiene una serie de propiedades que lo definen. Por ejemplo, cada entrada analógica es representada por un objeto de entrada analógica en BACnet que tiene un conjunto de propiedades estándar como el valor actual, el tipo de sensor, la ubicación o los umbrales de alarma.

Algunas propiedades son obligatorias y otras son opcionales, pero la que siempre se debe configurar es la dirección o identificador de dispositivo el cual permite localizar a este dentro de una instalación compleja BACnet.

SCP

SCP (*Simple Control Protocol*) es un intento muy reciente del gigante de la informática, Microsoft, y de General Electric, de crear un protocolo para redes de control que consiga afianzarse como la solución de todas las aplicaciones de automatización de edificios y viviendas. El objetivo es conseguir la convergencia de la amplia variedad de protocolos de control actualmente existentes en Estados Unidos (X-10, CEBus, LonWorks), dando lugar a un protocolo abierto y libre de royalties, que cubra todas las necesidades y requisitos de automatización de las viviendas.

SCP está optimizado para permitir una comunicación robusta y segura entre dispositivos con capacidad de proceso y memoria limitados sobre redes de comunicación de baja velocidad y con mucho ruido. SCP es un protocolo P2P no basado en IP.

¿Cómo funciona SCP?

Para el nivel físico SCP ha escogido la solución de transmisión de datos en la red eléctrica de baja tensión desarrollada por CEBus. Gracias a esto CEBus está viviendo “una segunda juventud” después de varios años de existencia con una implantación muy escasa, dado que en Estados Unidos X-10 tiene prácticamente el monopolio del mercado residencial y LonWorks el monopolio del mercado profesional. Como vimos en el apartado correspondiente a CEBus, este protocolo no está adaptado a la legislación europea, un problema que debería solucionar Microsoft para que se pudiera implantar en el mercado europeo. Además está previsto el desarrollo de medios físicos adicionales como el par trenzado y la radiofrecuencia.

Cada dispositivo SCP, al igual que en las otras tecnologías, tiene un identificador de dispositivo y de red, soportando aproximadamente 1.000 subredes lógicas por cada red física y alrededor de 2.000 dispositivos por red lógica. Los dispositivos SCP pueden intercambiar mensajes punto a punto, con o sin asentimiento, o enviar mensajes de difusión a todos los dispositivos. Una característica muy interesante de SCP es que permite, al igual que CEBus, el reconocimiento automático de dispositivos, facilitando las ampliaciones o cambios en la red. SCP tiene varios modelos de seguridad, permitiendo la encriptación de datos.

El modelo de servicio y dispositivo de SCP son los mismos que los establecidos para los dispositivos UPnP. UPnP es una iniciativa liderada

también por el gigante informático que pretende ser la solución estándar para todos los problemas de instalación y configuración de una red de dispositivos pequeños o grandes, facilitando así la vida al usuario final. Los elementos de una red SCP pueden interconectarse con dispositivos de una red UPnP mediante un puente o *brigde*. Sin embargo la comunicación directa con X-10 o CEBus no es posible, pero el protocolo y la señalización relativa a la implantación SCP sobre ondas portadoras están diseñados para no interferir con los dispositivos CEBus o X-10.

HBS

El HBS (*Home Bus System*) es un estándar creado por un consorcio de empresas japonesas y el gobierno nipón. La iniciativa surge de la empresa Electronic Industries Association of Japan (EIAJ). El estándar clasifica los sistemas de automatización en cuatro grupos: sistemas de información doméstica, sistemas de gestión doméstica, sistemas de audio y video, y sistemas de seguridad. Prácticamente todas las aplicaciones actuales y en desarrollo se pueden englobar en alguno de los cuatro grupos. Su objetivo es especificar un estándar de comunicación de dispositivos domóticos y asegurar la unión de pares trenzados y cables coaxiales con dispositivos telefónicos y dispositivos de audio o video.

Puede utilizar cualquier tipo de medio físico de transmisión, aunque normalmente utiliza par trenzado y cable coaxial. En su comienzo se diseñó para realizar la comunicación mediante dos cables coaxiales y cuatro pares trenzados. Se desarrollaron los protocolos de comunicación para éstos y se podía reducir el número de cables utilizados en función de las aplicaciones en las que se fuesen a utilizar.

La topología es de tipo bus. El sistema tiende al procesamiento distribuido de la información, evitando la centralización de la red en un único punto.

EnOcean

La tecnología EnOcean tiene una característica que ningún sistema citado anteriormente presenta, uno de sus principales principios es la explotación energética eficiente, aplicando una ligera excitación energética y otras potencias del entorno.



Figura 27. Logotipo comercial enocean.

Para transformar las fluctuaciones de dicha energía en energía eléctrica utilizable trabaja con electromagnetismo, piezo generadores, células fotovoltaicas, termopares y otros convertidores de energía.

Diseño de un sistema domótico centralizado

Los productos EnOcean (tales como sensores e interruptores de radio) no necesitan baterías y se han diseñado para funcionar sin necesidad de mantenimiento. Las señales de los sensores e interruptores se pueden transmitir sin cables a una distancia de hasta 30 metros.

EnOcean es la tecnología clave para edificios verdes e inteligentes. EnOcean combina un transformador de energía en miniatura con tecnología de radio fiable, permitiendo crear redes sin hilos de sensores las cuales funcionan durante décadas sin mantenimiento, son muy flexibles y aseguran la reducción de costes y el ahorro energético en edificios e instalaciones industriales.

Las características principales de esta tecnología son las siguientes:

- **Auto alimentado:** la tecnología sin hilos EnOcean utiliza sensores sin mantenimiento ni baterías que pueden ser colocados donde se quiera: pulsadores junto a puertas, sensores de temperatura en el sitio de trabajo, detectores de movimiento en el centro de la habitación. Comparado con otras soluciones cableadas, los edificios pueden ser diseñados, construidos y utilizados con mucha más flexibilidad y con unos costes mucho menores. Los sensores recogen la energía de su alrededor - cambios pequeños en el movimiento, presión, iluminación, temperatura o vibración es todo lo que necesitan.
- **Estándar sin hilos interoperable:** EnOcean es un producto y tecnología interoperable. Varios sistemas de control y supervisión para la climatización e iluminación están disponibles en tecnologías estándar como LONWORKS, EIB/KNX, BACnet y TCP/IP. EnOcean está preparado para interoperar con todos estos estándares.
- **Tecnología probada para edificios sostenibles:** EnOcean está ensayado, probado y es fiable. Las redes sin hilos EnOcean han estado instaladas en decenas de miles de edificios, haciendo este estándar sin hilos el más extendido y probado en el campo de la automatización de edificios. La tecnología EnOcean potencia la imaginación y la creatividad, ayudando a hacer realidad los edificios sostenibles.

Por lo tanto, las ventajas que ofrece este sistema son numerosas: flexibilidad y confort, ahorro energético, interoperatividad de la instalación, instalación sencilla, bajo coste y respetuoso con el medio ambiente.

3.3. Tecnologías de interconexión inalámbrica y cableada.

Cableada.

Ethernet.

Ethernet es un estándar de redes de área local que utiliza el protocolo de acceso al medio CSMA/CD. Ethernet define las características de cableado y señalización de nivel físico y los formatos de tramas de datos del nivel de enlace de datos del modelo OSI.

CSMA/CD: Con siglas Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection, acceso múltiple con escucha de portadora y detección de colisiones. Es un método de acceso aleatorio de contienda en bus con detección de colisiones, si la red está ocupada, el emisor espera hasta que esté libre un tiempo aleatorio. Mostramos en la figura 28 el funcionamiento de Ethernet simplificado.

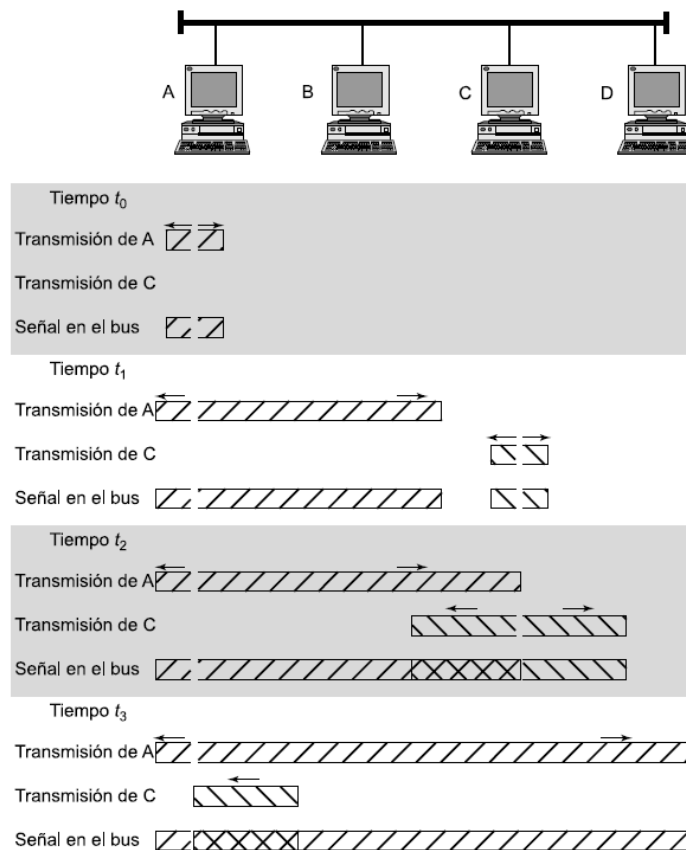


Figura 28. Funcionamiento de CSMA/CD.

Para que se produzca una colisión dos mensajes tienen que ser enviados con una diferencia de menos de 1 microsegundo (corresponde un retardo de propagación en un cable de 200 m). Cuando ocurre una colisión, el emisor vuelve a intentarlo después de un tiempo aleatorio, que viene definido por la siguiente ecuación:

$$t_{backoff} = \text{minimum frame size} / \text{data rate} \times R$$

Donde $R = rand(0, 2^k - 1)$, donde k es el número de colisiones. Como observamos el tamaño mínimo de la trama no puede ser nulo.

Tras la espera el nodo intenta transmitir, si la red está ocupada espera otro tiempo aleatorio definido por la ecuación anterior. La probabilidad de colisión en el primer caso (con diferencia de tiempos de menos de 1 microsegundo) es 1 mientras que la segunda vez es 1/2, posteriormente 1/4 y así se va reduciendo exponencialmente la posibilidad de colisión.

La norma IEEE 802.3 define el protocolo de control de acceso al medio MAC: CSMA-CD para redes con topología en bus. También define varias opciones de implantación: tipo de señalización (banda base/ancho) y soportes físicos (coaxial, par trenzado).

El protocolo MAC descrito por la norma IEEE 802.3 define la estructura de la trama intercambiada y las interacciones que pueden ocurrir entre las entidades MAC de estaciones distintas. Esta norma está basada en las especificaciones de la red ETHERNET desarrollada conjuntamente por Xerox Corporation, Digital Eq. Corp. e Intel Corporation.

Variantes de Ethernet.

10-Base-5

Las redes Ethernet originales pertenecen a la variante conocida como 10-Base-5. Esta nomenclatura refleja 3 aspectos de estas redes:

- **Velocidad de transmisión:** 10 Mbps.
- **Señalización:** banda Base.
- **Máxima longitud de un segmento:** 5 x 100 m (500 m).

Aunque la topología básica de una red Ethernet es el bus, en la práctica se pueden, y suelen, interconectar varios segmentos (varios buses) dando lugar a una configuración en árbol.

Los segmentos pueden conectarse entre sí mediante repetidores (que desde el punto de vista del canal se comportan como una estación más) o mediante enlaces de fibra óptica punto a punto cuya máxima longitud es de 1 Km.

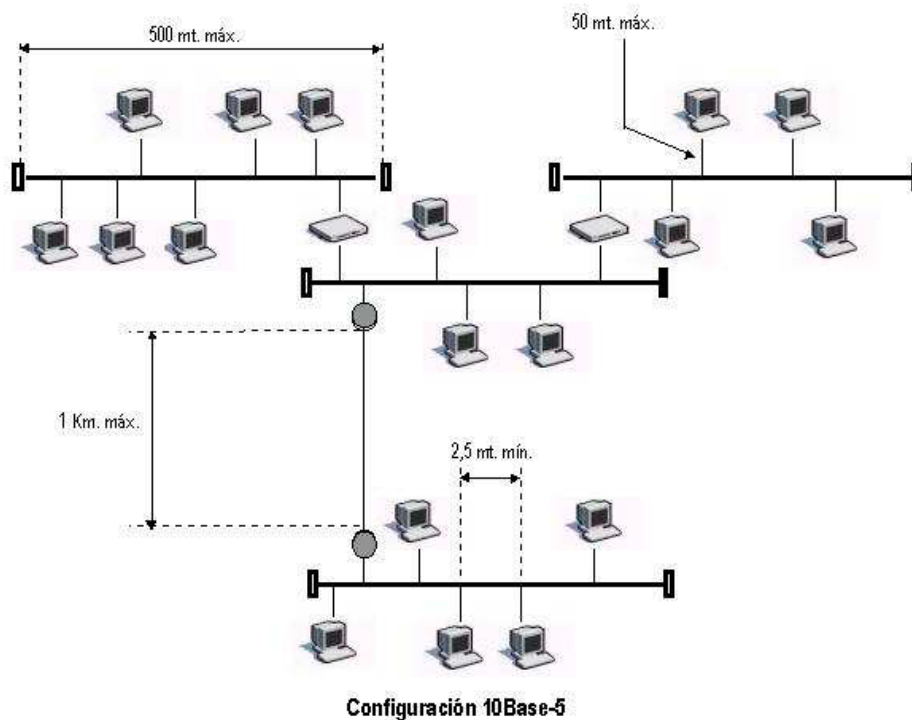


Figura 29. Esquema topología Ethernet 10-Base-5.

Estas redes se denominan popularmente “*Thick Ethernet*” debido al cable coaxial utilizado, actualmente esta tecnología está en desuso. En estas redes la conexión de las estaciones al bus se realizan a través de un cable de interfaz (AUI, Attachment Unit Interface) o “cable drop” al final del cual un adaptador (transceiver o “toma vampiro”) se pincha al cable coaxial.

10-Base-2

Posteriormente se implantó la variante 10-Base-2, que emplea un tipo de cable más ligero y de menor diámetro, que ha dado lugar a la denominación “*Thin Ethernet*”. Estas redes no utilizan *transceivers*, el cable se conecta directamente a la tarjeta de red de la estación mediante conectores BNC en T. Sin embargo este tipo de red soportaba un menor número de nodos por segmento, 30 en lugar de los 100 que soportaba la versión anterior.

10-Base-T

La aparición de esta variante supuso un cambio radical. La gran diferencia con respecto a las anteriores es la utilización de par trenzado no apantallado como soporte físico. La T (*Twisted*) de la denominación hace referencia a esta particularidad.

Como consecuencia, la topología cambia y las redes 10-Base-T se configuran en estrella, con cada estación actuando como nodo periférico y un equipo

especial (Hub o concentrador de cableado) que sirve de nodo central y garantiza la propagación de las señales a través de todas las conexiones, y el funcionamiento correcto del mecanismo de acceso CSMA/CD.

Fast Ethernet 100-Base-T

Fast Ethernet es un conjunto de especificaciones desarrolladas por el comité 802.3. Con el objetivo de proporcionar una red LAN de bajo coste, compatible con Ethernet, que funcione a 100 Mbit/s. Se crea como respuesta a la demanda de mayores anchos de banda con la gran ventaja que supone el pequeño gasto de actualización a Fast Ethernet, si lo comparamos con soluciones como FDDI o ATM.

Dentro de Fast Ethernet hay dos posibles tecnologías:

- 100-BASE-T, que es un extensión de Ethernet con una velocidad 10 veces mayor.
- 100-VG-Anylan, que introduce alteraciones importantes en la especificación original.

100-BASE-T es la variante que ha dominado el mercado en los últimos años. En la actualidad va siendo sustituida por la tecnología Gigabit Ethernet. Existen tres tipos de *Fast Ethernet* 100-BASE-T:

- **100-BASE-TX:** para el uso de cable UTP de categoría 5, o cable STP.
- **100-BASE-FX:** para el uso con cable de fibra óptica.
- **100-BASE-T4:** que utiliza un par de cables más para permitir el uso con cables UTP de categoría 3.

Gigabit Ethernet

La base del protocolo Gigabit Ethernet es el protocolo Ethernet, con un incremento de diez veces la velocidad de Fast Ethernet hasta 1 Gigabit por segundo (Gbit/s). Este protocolo fue estandarizado en Junio de 1998 y promete ser un sistema dominante de alta velocidad en redes de área local y conectividad de servidores.

Para acelerar la velocidad desde 100 Mbit/s Fast Ethernet a 1 Gbit/s, fue necesario hacer importantes cambios en la interfaz física. Los cambios involucrados en la aceleración a 1 Gbit/s han sido resueltos incluyendo dos tecnologías juntas: IEEE 802.3 Ethernet y ANSI X3T11 FiberChannel.

Algunos tipos de Gigabit Ethernet:

- **1000-BASE-CX:** es el estándar inicial para conexiones cuya distancia máxima es de 25 m, usa cable de par trenzado, y conectores DE-9 o

RJ-45 con distinta distribución de pines que 1000-BASE-T. cada enlace consiste en dos pares trenzados apantallados, cada uno de los cuales se utiliza en un sentido.

- **1000-BASE-KX:** es parte del estándar IEEE para Ethernet 802.3ap.
- **1000-BASE-SX:** es un estándar de fibra óptica para transmisión multinodo. La norma especifica una distancia máxima de 220 metros (fibras con poco ancho de banda) y 550 metros (fibras con alto ancho de banda). Esta norma es muy popular para la interconexión de edificios.
- **1000-BASE-LX:** también utiliza fibra óptica para la conexión multinodo. Utiliza láser de onda larga (entre 1270 nm y 1355 nm), las distancias máximas que puede soportar son 550 m con enlace duplex. Está especificada en el estándar IEEE 802.3 clausula 38.
- **1000-BASE-EX:** está aceptado en el mundo de la industria pero no es un estándar. Alcanza distancias de hasta 40 km, sobre un par de fibra óptica mononodo de gran velocidad (1310 nm de longitud de onda).
- **1000-BASE-ZX:** igual que el anterior solo que el láser tiene una longitud de onda de 1550 nm, por lo que esta tecnología tiene una distancia máxima de hasta 70 km. Tampoco es un estándar.
- **1000-BASE-T:** permite conectar dispositivos que están separados hasta 1000 m. Para ello utiliza cuatro pares no apantallados tipo 5.

Tabla 5. Diferentes versiones de Ethernet con sus características.

Tipo	Medio físico de conexión	Velocidad máxima	Longitud máxima	Topología de la red
10-BASE-5 (Thick Ethernet)	Cable coaxial grueso	10 Mbps	500 m	Bus
10-BASE-2 (Thin Ethernet)	Cable Coaxial fino	10 Mbps	185 m	Bus
10-Base-F	Fibra óptica	10 Mbps	2000 m	Estrella
10-Base-T	Par trenzado	10 Mbps	100 m	Estrella
100-Base-T4	Par trenzado (3UTP)	100 Mbps	100 m	Estrella Hubs y switch
100-Base-TX	Par trenzado (5UTP)	100 Mbps	100 m	Estrella Hubs y switch
100-Base-FX	Fibra óptica	100 Mbps	2000 m	No permite Hubs
1000-Base-T	4 pares trenz (5UTP)	1000 Mbps	100 m	Estrella Switch
1000-Base-SX	Fibra óptica (Multinodo)	1000 Mbps	550 m	Estrella Switch
1000-Base-LX	Fibra óptica (Mononodo)	1000 Mbps	5000 m	Estrella Switch

En los últimos años el incremento en el tráfico de Internet e intranets ha motivado que se esté diseñando un Ethernet con capacidad de 10 Gbit/s. Actualmente existen 4 opciones para su capa física:

- **10G-Base-S:** diseñada para transmisiones de 850 nm sobre fibras multinodo. Puede alcanzar distancias de hasta 300 m.
- **10G-Base-L:** diseñada para transmisiones de 1310 nm sobre fibras mononodo. Puede alcanzar distancias de hasta 10 km.
- **10G-Base-E:** diseñada para transmisiones de 1550 nm sobre fibras mononodo. Puede alcanzar distancias de hasta 40 km.
- **10G-Base-LX4:** diseñada para transmisiones de 1310 nm sobre fibras mononodo o multinodo. Puede alcanzar distancias de hasta 10 km. Este medio utiliza multiplexación por división de longitud de onda (*WDM Wavelength Division Multiplexing*) para multiplexar el flujo de bits sobre cuatro ondas de luz.

USB

USB cuyas siglas son: *Universal Serie BUS* (BUS universal en serie), es un estándar industrial desarrollado a mediados de los años 90 que define los cables, conectores y protocolos usados en un bus para conectar, comunicar y proveer de alimentación eléctrica entre ordenadores y periféricos y dispositivos electrónicos.

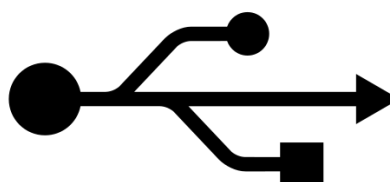


Figura 30. Logotipo USB.

La iniciativa del proyecto partió de Intel, que creó el USB Implementers Forum junto con otras compañías de renombre como: IBM, Northern Telecom, Compaq, Microsoft, Digital Equipment Corporation y NEC. La primera especificación del dispositivo se lanzó en 1996: USB 1.0. Esta especificación no tuvo mucho impacto en el mercado, pero en 1998 su sucesora, el USB 1.1 sí se implantó masivamente en muchos dispositivos.

El objetivo de las empresas que desarrollaron USB era estandarizar la conexión de todos los dispositivos periféricos que se conectan al ordenador: ratones, teclados, discos duros externos, escáneres, cámaras digitales, teléfonos móviles, reproductores multimedia, impresoras... Ha tenido un éxito rotundo, ha desplazado al puerto serie, puerto paralelo, puerto de juegos, Apple Desktop Bus o PS/2.

Actualmente prácticamente todos los dispositivos tienen conexión USB, desde los reproductores multimedia o los coches tienen este dispositivo, hasta cualquier dispositivo móvil (Smartphone, Tablet, PDAs) o videoconsola.

En la figura 31, vemos los diferentes tipos de conectores para el estándar 2.0, las características de cada uno de los pines son las siguientes:

- Pin 1: Vcc (+5 V)
- Pin 2: Data -
- Pin 3: Data +
- Pin 4: Masa

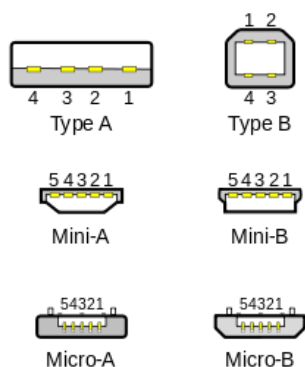


Figura 31. Diferentes tipos de conectores USB 2.0

En la tabla 6 resumimos las diferentes versiones del estándar con sus velocidades máximas de transferencia de datos.

Tabla 6. Versiones de USB

Versión	Velocidad máxima	Notas
USB 0.7	-	No oficial.
USB 0.8	-	No oficial
USB 0.9	-	No oficial
USB 0.99	-	No oficial
USB 1.0	188 kB/s	Baja velocidad
USB 1.1	1,5 MB/s	Gran impacto
USB 2.0	60 MB/s	Cuatro líneas: dos datos, dos alimentación
USB 3.0	600 MB/s	5 contactos adicionales. Compatible con USB 2.0

Un poco más en detalle: USB 3.0

USB 3.0 es la última gran revisión del estándar Universal Serie Bus (USB), presentada al mercado en 2008. El primer sistema operativo que implantó esta versión de USB fue Linux en septiembre de 2009.



Figura 32. Logotipo USB 3.0

Este estándar permite una conexión de hasta 5 Gbit/s (600 MB/s), lo que significa una velocidad diez veces superior al USB 2.0. También reduce los tiempos requeridos para la transmisión de datos así como el consumo de energía. Su principal ventaja es que es totalmente compatible con el USB 2.0.

A diferencia de su predecesor, USB 3.0 cuenta con nueve contactos, cinco más que su anterior versión, figura 33. A través de dos de ellos recibe datos y a través de otros dos envía, de forma simultánea y diferencial. Estos pares diferenciales son para transferencia de datos a alta velocidad.

La tierra de drenaje (GND_DRAIN) que añade este estándar sirve para controlar las interferencias electromagnéticas (EMI) y para mantener la integridad de la señal.

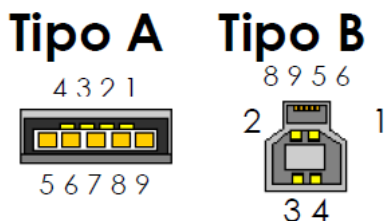


Figura 33. Conectores USB 3.0

Tabla 7. Descripción pines USB 3.0

Pin	Señal	Color	Descripción	Versión USB
1	Vcc 5 V	Rojo	Alimentación	2.0
2	Data -	Blanco	Par diferencial	2.0
3	Data +	Verde		2.0
4	GND	Negro	Masa	2.0
5	SSRX -	Azul	Par diferencial emisor	3.0
6	SSRX +	Amarillo		3.0
7	GND_DRAIN	Shield	Tierra drenaje	3.0
8	SSTX -	Morado	Par diferencial receptor	3.0
9	SSTX +	Naranja		3.0

FireWire

El nombre estándar de este dispositivo es IEEE 1394. FireWire es el nombre utilizado por Apple, Sony lo denomina i.Link. Este estándar permite interconectar diferentes dispositivos electrónicos de consumo e informáticos a altas velocidades.



Figura 34. Logotipo FireWire

La versión más extendida, el FireWire 800, alcanza 1 Gbit/s. El objetivo de este estándar al igual que de USB, es conectar los diferentes dispositivos multimedia del hogar, como pueden ser ordenadores, reproductores multimedia, cámaras...

FireWire fue desarrollada por Apple en el año 1987 y aprobada como un estándar en el año 1995, estándar IEEE 1394.

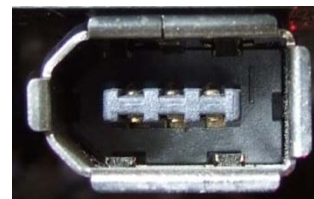


Figura 35. Conector FireWire.

Las características principales de este estándar son:

- Velocidad: 400 Mbps. Como vemos la velocidad de transmisión es menor que de USB, pero a cambio ofrece una mejor tasa de error.
- Conexión de hasta 63 dispositivos.
- Longitud de hasta 425 cm.
- Alimentación por el bus de 25 V en corriente continua. Aunque existe una versión de tan solo 4 pines que no suministra alimentación.
- Conexión en caliente: al igual que USB no es necesario conectar o desconectar el dispositivo.

FireWire 800

Es el estándar IEEE 1394b-2000. Fue publicado en el año 2000, duplicaba la tasa de datos del FireWire 400, hasta 786,5 Mbit/s con una tecnología semi-duplex. Este FireWire es el más implantado en la actualidad, dejando obsoleta a la versión anterior FireWire 400, aunque el FireWire 800 tiene compatibilidad con su versión anterior.

FireWire 800 reduce los retrasos en la negociación, mediante la implantación de la tecnología 8b/10b (código que codifica 8 bits en 10 bits, fue desarrollado por IBM y permite suficientes transiciones de reloj, codificación de señales de control y detección de errores) que reduce la distorsión de la señal y aumenta la velocidad de transferencia. Para transferencia de grandes necesidades de volumen, este estándar es muy superior al USB 2.0. Este FireWire tiene 9 pines.

FireWire s1600 y s3200

Son el estándar IEEE 1394-2800, fueron anunciados en diciembre de 2007, permiten velocidades de transmisión de 1,6 y 3,2 Gbit/s, incrementando así notablemente la velocidad del FireWire 800. Utilizan el mismo conector de 9 pines.

FireWire s800T

El estándar 1394c-2006 o FireWire s800T, aporta mejoras técnicas que permiten el uso de la interfaz con puertos RJ-45 sobre cables UTP de categoría 5, combinando así la ventaja de Ethernet con FireWire800.

Thunderbolt

Es un conector de alta velocidad que hace uso de tecnología óptica. Tiene una capacidad para ofrecer un gran ancho de banda, hasta 20 Gbit/s, pudiéndose aumentar esta capacidad hasta los 100 Gbit/s.

Ha sido desarrollado para sustituir algunos de los buses actuales como HDMI, FireWire o USB. Con un único cable de fibra óptica se podrían sustituir 50 cables de cobre.

Thunderbolt es una revolucionaria tecnología de entrada/salida que admite tanto pantallas de alta definición como dispositivos de alto rendimiento a través de un único puerto compacto. Esta tecnología está disponible para monitores de alta resolución 4K.



Figura 36. Logotipo y conectores Thunderbolt.

Según las especificaciones es capaz de transmitir datos entre el ordenador y los periféricos hasta 20 veces más rápido que con USB 2.0 y hasta 12 veces más rápido que FireWire 800. Es posible la interconexión de varios dispositivos de alta velocidad en cadena sin necesidad de un hub o un conmutador.

Se pueden usar por ejemplo en un mismo puerto, un disco externo, un dispositivo de grabación de video y un monitor sin pérdida de rendimiento. Las características principales de este dispositivo son las siguientes:

- 10 Gbit/s sobre cable de cobre a distancias de hasta 3 metros.
- Conexión simultánea a múltiples dispositivos.
- Soporte de múltiples protocolos.
- Transferencia bidireccional.

Inalámbrica

Wi-Fi

Wi-Fi es el nombre comercial que engloba varios protocolos de la norma IEEE 802.11. Como son el 802.11a, 802.11b, 802.11g y 802.11n.

En 1990 se formó el comité IEEE 802.11, con el propósito de desarrollar un protocolo MAC y una especificación de medio físico para redes LAN inalámbricas. La tecnología Wi-Fi surgió por la necesidad de establecer un mecanismo de conexión inalámbrica que fuese compatible entre distintos dispositivos.

El estándar IEEE 802.11 fue diseñado para sustituir el equivalente a las capas física y MAC de la norma 802.3 (Ethernet). Es decir, la única diferencia entre una red Wi-Fi y una red Ethernet es en cómo se transmiten las tramas o paquetes de datos. Esto garantiza una perfecta compatibilidad con las redes Ethernet.

Acceso al medio: CSMA/CA

Wi-Fi utiliza para el acceso al medio el mecanismo CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance) esta técnica es similar a la usada por Ethernet, pero con resolución positiva de las colisiones. Es decir todos los dispositivos están autorizados a iniciar la comunicación con tal de que el bus se encuentre disponible. Si dos dispositivos intentan acceder al mismo tiempo al bus, ambos, detectarán que se está produciendo una colisión, en este caso continuará transmitiendo el que tenga mayor prioridad. Con este método, se minimizan las colisiones, evitando así los reintentos y maximizando el tiempo de banda disponible.

Capa física

En el estándar original 802.11 se definen cinco medios físicos:

- **Espectro expandido de secuencia directa (DS-SS):** en esta técnica se genera un patrón de bits redundante (señal de chip) para cada uno de los bits que componen la señal. Funciona en la banda ISM de los 2,4 GHz, con velocidades de datos de 1 Mbit/s y 2 Mbit/s.
- **Espectro expandido con salto en frecuencias (FH-SS):** esta técnica consiste en transmitir una parte de la información en una determinada frecuencia durante un intervalo de tiempo, pasado este tiempo se cambia la frecuencia de emisión y se sigue transmitiendo en otra frecuencia. Funciona en la banda ISM de los 2,4 GHz, con velocidades de datos de 1 Mbit/s y 2 Mbit/s.

- **Infrarrojos:** trabaja a 1 Mbit/s y 2 Mbit/s funcionando con longitudes de onda entre 850 nm y 950 nm.
- **Multiplexación por división de frecuencias ortogonales (OFDM):** esta técnica consiste en dividir la señal de radio en muchas subseñales que son transmitidas simultáneamente hacia el receptor en diferentes frecuencias. Existe una versión mejorada de esta técnica que se incluye en 802.11g.
- **Espectro disperso de secuencia directa de alta seguridad (HR-DS-SS):** esta técnica es similar a DS-SS, pero consigue 11 Mbit/s en la banda de 2,4 GHz.

Versiones de Wi-Fi

IEEE 802.11a

La especificación IEEE 802.11a hace uso de la banda de los 5 GHz. Al contrario que en el caso de las especificaciones en la banda de los 2,4 GHz, en IEEE 802.11a no se emplea un esquema de espectro expandido, sino multiplexación por división de frecuencia ortogonal (OFDM, *Orthogonal Frequency Division Multiplexing*). OFDM, también conocido como modulación multiportadora, utiliza varias señales portadoras con frecuencias diferentes, enviando algunos de los bits totales por cada canal.

Las velocidades de datos posibles en IEEE 802.11a son 6, 9, 12, 18, 24, 36, 48 y 54 Mbps.

IEEE 802.11b

IEEE 802.11b es una extensión del esquema IEEE 802.11 DS-SS, proporcionando velocidades de datos de 5,5 Mbit/s y 11 Mbit/s. La tasa de minibits es de 11 MHz, la misma que el esquema DS-SS original, proporcionando así el mismo ancho de banda ocupado.

Para conseguir una velocidad de datos mayor en el mismo ancho de banda y con la misma tasa de minibits se utiliza un esquema de modulación conocido como modulación por código complementario (CCK, *Complementary Code Keying*).

IEEE 802.11g

IEEE 802.11g es una extensión de IEEE 802.11b a mayor velocidad. Este esquema combina toda una gama de técnicas de codificación del medio físico utilizadas en 802.11a y 802.11b para proporcionar servicio a diversas velocidades de datos.

IEEE 802.11n

Es el estándar más actual, teóricamente es capaz de proporcionar hasta 600 Mbit/s aunque en la realidad la velocidad está entre 100 Mbit/s y 300 Mbit/s. Usa dos flujos de datos en un canal de 40 MHz

Tabla 8. Resumen de protocolos Wi-Fi.

Protocolo	Frecuencia	Máxima velocidad de datos
802.11	2,4 GHz	2 Mbit/s
802.11a	5 GHz	54 Mbit/s
802.11b	2,4 GHz	11 Mbit/s
802.11g	2,4 GHz	54 Mbit/s
802.11n	2,4 ó 5 GHz	600 Mbit/s

ZigBee

Bajo el nombre de Zigbee se conoce a la especificación de un conjunto de protocolos de alto nivel de comunicación inalámbrica para su utilización con radiodifusión digital de bajo consumo. El origen de ZigBee está en la antigua alianza HomeRF. Ésta definió una solución inalámbrica de baja capacidad para aplicaciones en el hogar.

La tecnología surgió para terminales con las siguientes premisas: baja velocidad, bajo coste, ciclo de trabajo inferior al 1% (más del 99% del tiempo está inactivo), transmisión de paquetes de datos cortos, bajo consumo de potencia, elevado número de dispositivos interconectados, y comunicación segura y fiable.

ZigBee está basado en el estándar IEEE 802.14.5 de redes inalámbricas de área personal. Fue desarrollada para aplicaciones que requieren comunicaciones seguras con baja tasa de envío de datos y maximización de la vida útil de sus baterías. A diferencia de otras normas como Bluetooth o UWB, ZigBee no se plantea aplicaciones multimedia de gran ancho de banda con terminales en comunicación permanente, sino más bien satisfacer necesidades basadas en la actuación y captación de eventos muy simples y cortos; características idóneas para la domótica.

Actualmente el ámbito donde esta tecnología tiene más fuerza es en el mundo de la domótica, debido a sus características que lo hacen más útil que otras tecnologías de similares características: bajo consumo, topología en malla y fácil integración.

Los módulos con tecnología ZigBee son los dispositivos inalámbricos más baratos producidos en cadena, el coste de cada uno está sobre los 2 euros. El módulo está formado por una antena integrada, control de frecuencia y una pequeña batería.

Características

ZigBee propone una pila de protocolos de cuatro capas del modelo OSI, para la capa física y MAC ha adoptado la norma IEEE 802.15.4, y para las capas de red y aplicación define sus propios protocolos. Dado que la red ZigBee está destinada a satisfacer una gran variedad de aplicaciones, los usuarios y fabricantes de terminales pueden definir sus propios protocolos sobre la capa de aplicación.

En la capa física, ZigBee utiliza las bandas libres con canales, velocidades y zonas geográficas diferentes tales como: 2,4 GHz (ISM), 16 canales, 250 kbit/s (internacional); 915 MHz. 10 canales, 40 kbit/s (USA); 868 MHz, 1 canal, 20 kbit/s (Europa). La multiplexación es CDMA con DS-SS, y la modulación es tipo BPSK (*Binary Phase Shift Keying*) para las dos bandas bajas y O-QPSK (*Orthogonal-QPSK*) para la banda de 2,4 GHz.

La cobertura de esta tecnología está entre 10 m y 100 m, siendo típica la de 30 m en aplicaciones de interior, aunque en aplicaciones de exterior puede haber alcances superiores a los 100 m.

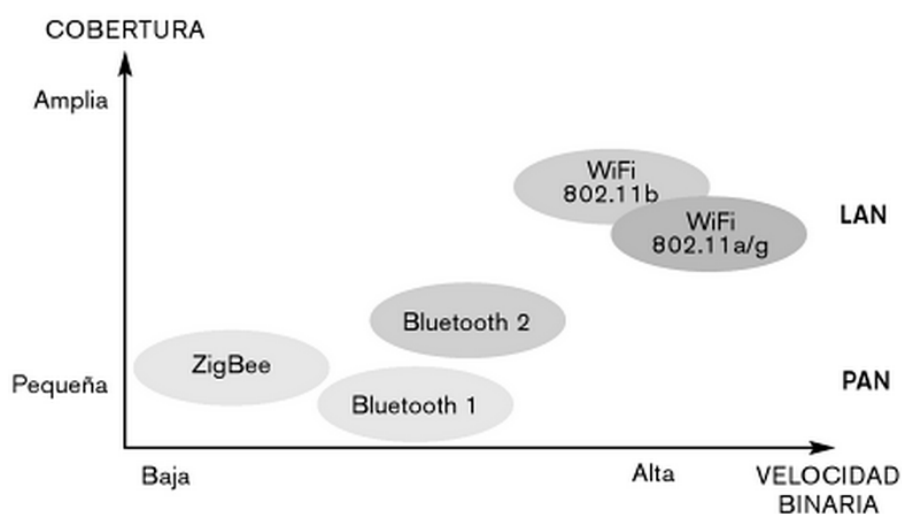


Figura 37. Tecnología ZigBee frente a otras tecnologías.

Debido a que la red ZigBee no tiene infraestructura (*Ad-Hoc*), sus propios terminales asumen tareas como dispositivos de configuración, gestión y mantenimiento de la red global, y por ello sus capacidades físicas y lógicas son diferentes. Los dispositivos se pueden clasificar en:

- **FFD (*Full Function Device*)**: puede asociarse con cualquier topología, puede asumir tareas de coordinador de red, y sus capacidades de computación y memoria le permiten actuar como encaminador (*router*) o como dispositivo con interfaces de usuario complejas, además de

comunicarse con cualquier otro tipo de terminal. Un dispositivo FFD puede actuar como coordinador de red y como encaminador, además de como terminal de red.

- **RFD (*Reduced Function Device*):** presenta bajas capacidades de procesamiento y memoria para reducir su coste (como sensor o actuador), y en consecuencia está limitado a las topologías en estrella, no puede ser coordinador de red y solamente puede comunicarse a través del nodo central.

Todos los dispositivos deben tener direcciones de 64 bits, aunque se pueden asignar direcciones cortas de 16 bits (65.536 dispositivos) para reducir el tamaño de los paquetes.

En la capa de red se configuran diversas alternativas de conexión para adaptarse a la aplicación y al entorno. Existen cuatro topologías principales:

- **Peer to peer (Ad-Hoc):** comunicación entre dos terminales que se conectan directamente entre sí.
- **Estrella:** todas las comunicaciones entre terminales pasan por un único coordinador-nodo.
- **Árbol/racimo:** es una agrupación de estrellas conectadas mediante nodos centrales al único coordinador.
- **Malla:** presenta varios árboles enlazados por encaminadores conectados a un único coordinador, y permite proporcionar rutas diferentes entre dos terminales cualesquiera con objeto de aumentar la fiabilidad de la comunicación y disminuir el consumo de energía.

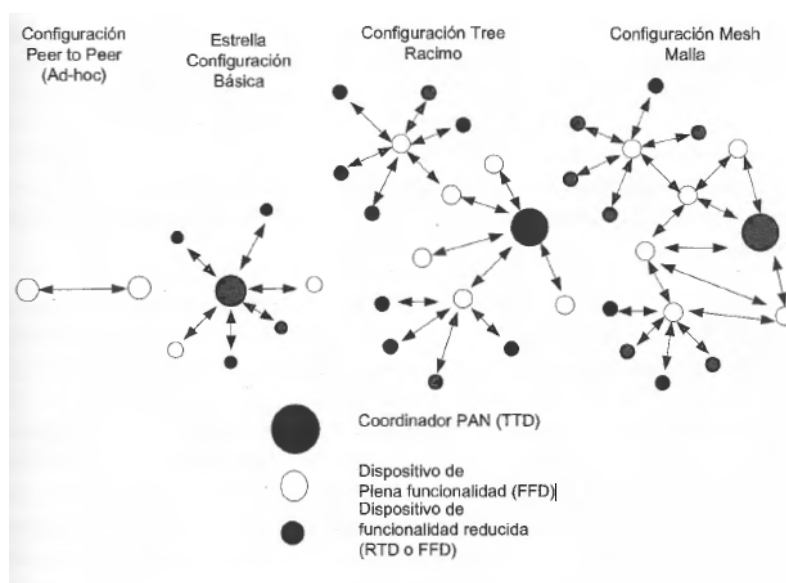


Figura 38. Topologías de la norma IEEE 802.15.4 (ZigBee).

Estas topologías sugieren el nombre de ZigBee, en el sentido en el que las redes mencionadas se asemejan a enjambres de tamaño variable en los que las abejas (como los nodos) se comunican entre ellas volando en zigzag.

El objetivo es que los sensores ZigBee puedan ser alimentados con dos pilas AA durante al menos 6 meses. Comparando con Bluetooth, alcanza velocidades de 1 MB/s, la distancia de Bluetooth es 10 m en la misma banda de 2,4 GHz y el número de nodos máximos por celda es 8.

Las redes ZigBee soportan muchos tipos de tráfico con características únicas tales como datos periódicos, datos intermitentes y datos repetitivos con "requisitos de bajo retardo". Los datos periódicos están definidos normalmente por la aplicación, como por ejemplo un sensor o un medidor inalámbrico. Los datos periódicos se transmiten habitualmente usando un sistema de señalización por lo que el sensor se despierta en un instante de tiempo determinado, comprueba la señalización, intercambia los datos y vuelve al estado anterior (como por ejemplo contadores de agua, luz o gas).

Los datos intermitentes pueden ser manejados en un sistema sin señalizaciones o desconectado. En operación desconectada el dispositivo sólo se incorpora a la red cuando necesita comunicarse, ahorrando así una gran cantidad de energía (como por ejemplo un interruptor). Esto permite un ciclo de trabajo muy corto ya que un nodo que se enciende puede ser reconocido y asociado a la red en 30 ms, despertarse y dormirse le lleva 15 ms, el mismo tiempo que acceder al canal y enviar un dato.

Los datos repetitivos con requisitos de bajo retardo, como pueden ser alertas de emergencia, pueden usar ranuras de tiempo garantizado GTS, que aportan calidad de servicio asignando a cada dispositivo una duración específica de tiempo definida por el coordinador en la supertrama, para realizar tareas de gran prioridad que no deben sufrir penalizaciones de tiempo de contienda ni retardos.

Bluetooth

La norma Bluetooth fue propuesta por la firma Ericsson y ha sido promovida posteriormente por varios fabricantes de equipos de comunicaciones en 1998, y presenta una modulación FHSS dentro de la banda ISM (2400 MHz a 2483,5 MHz), con método de acceso TDMA y velocidad hasta 1 Mbit/s. Dentro del área de cobertura, de unos 10 m, puede soportar hasta 10 picorredes (*piconet*) para formar lo que se denomina una red de dispersión (*scatternet*), con un dispositivo principal y hasta 7 subordinados en cada picorred.

Inicialmente fue concebida para eliminar cables entre los ordenadores y los periféricos, aunque posteriormente ha evolucionado a la conexión con

Smartphones y PCs portátiles, y hoy en día permite conectar cualquier dispositivo electrónico portátil. Los terminales presentan diversos modos de control de potencia:

- **Mantenimiento:** no hay intercambio de datos.
- **Sondeo:** se escucha a nivel bajo.
- **Soporte:** los dispositivos que no están en una picorred consultan mensajes en un tiempo de 1,5 segundos.
- **Activo:** intercambio de información.

Bluetooth está recogido en el estándar IEEE 802.15.1, creado en 1999. En este estándar se desarrollan seis proyectos relacionados con WPAN:

- **TG1 (*Task Group*):** trata de especificar una norma basada en Bluetooth, para conseguir la interoperabilidad entre terminales WPAN y redes IEEE 802.11.
- **TG2:** se orienta al análisis de la coexistencia entre WLAN y WPAN, estudiando las interferencias que se producen en la banda ISM de 2,4 GHz.
- **TG3:** investiga WPAN de alta velocidad de 20 Gb/s.
- **MC (*Marketing Committee*):** orienta las WPAN desde el punto de vista del mercado, para alcanzar consensos con grupos industriales respecto a los requisitos técnicos entre los diferentes proyectos.
- **R2SG (*Radio 2 Study Group*):** observa la evolución de Bluetooth para establecer recomendaciones al grupo de trabajo.
- **LRSNG (*Low Rate Study Group*):** analiza la viabilidad de una solución de baja velocidad con baterías sencillas de larga duración, para terminales tales como sensores, actuadores, equipos de control domótico, etc.

IrDA

La norma IrDA se desarrolló en 1993 por la asociación de datos por infrarrojos IrDA (Infrared Data Association), la asociación estaba formada por fabricantes de USA y Japón líderes en ordenadores, equipos de comunicación y semiconductores.

Esta norma define una comunicación por infrarrojos (IR entre 850 nm y 900 nm) para conexiones punto a punto de corto alcance (con un máximo de 10 metros de cobertura). El sistema por infrarrojos emite un haz de luz entre el emisor y el receptor con un pequeño ángulo de apertura.

El sistema necesita visión directa entre los dispositivos emisor y receptor, por lo que este sistema tiene aplicaciones muy reducidas. Actualmente, se utiliza

para mandos a distancia, o para actuar de barrera de interrupción para detectores de presencia.

Comunicaciones móviles: GSM/GPRS/HSDPA

GSM (*Global System for Mobile communications*) es un estándar libre de telefonía móvil digital mediante el que cualquier cliente GSM puede conectarse a través de su teléfono a la red de comunicación. La mayoría de las redes GSM utilizan 900 MHz y 1800 MHz en Norteamérica. La velocidad de bajada es de hasta 9,6 kbit/s así como desubida.

GPRS (*General Packet Radio Service*), es una extensión de este estándar, aumenta la velocidad hasta 80 kbit/s en bajada y 20 kbit/s en subida, coloquialmente se conoce por 2'5 G.

HSDPA (*High Speed Downlink Packet Access*), para transmitir datos a mayor velocidad, es otra evolución de las redes mencionadas anteriormente. Alcanza una velocidad de hasta 7,2 Mbit/s tanto de subida como de bajada, es lo que se conoce como 3'5 G.

3.4. La red multimedia

Ahora vamos a describir la red multimedia que es aquella mediante la que conectamos todos los equipos del hogar para intercambiar los archivos de audio y vídeo y tenerlos disponibles en cualquier lugar del hogar. Esta red requiere gran fidelidad en el intercambio de archivos de audio y video, y necesitan además, un mayor ancho de banda que el proporcionado por el resto de redes de la vivienda. No obstante, la red multimedia podría utilizar el mismo medio físico e incluso protocolos que están en otras redes.

Las aplicaciones soportadas por este tipo de red son del tipo: videojuegos en red, difusión de señal de televisión de pago desde el decodificador a todas las televisiones del abonado, envío de la señal de vídeo y audio desde el videoportero al televisor, envío de fotos desde una cámara a una impresora, etc.

HAVi

HAVi (*Home Audio Video interoperability*) es una arquitectura software distribuida que especifica un conjunto de API diseñados para la interoperabilidad e interconexión directa de los aparatos de consumo de vídeo y audio digital de diferentes tipos y proveedores. Esta especificación fue desarrollada por un consorcio formado por las empresas: GRUNDIG A.G., Hitachi, Ltd, Matsushita Electric Industrial Co., Ltd. Royal Phillips Electronics N.V., Sharp Corporation, Sony Corporation, Thomson Multimedia S.A. y

Toshiba Corporation. HAVi asegura la interoperabilidad entre dispositivos de audio y video, sea cual sea su fabricante.

El objetivo principal de este estándar es simplificar la instalación y manejo de los tradicionales dispositivos electrónicos, pues la actualidad no basta con conectar estos dispositivos para que compartan recursos, sino que hay que realizar una configuración, que en muchas ocasiones está fuera del alcance de un usuario sin conocimientos avanzados.

Para el intercambio de comandos y datos entre los aparatos electrónicos, HAVi utiliza la red digital IEEE 1394. Esta red digital proporciona anchos de banda de hasta 400 Mbit/s y es capaz de una comunicación isócrona. La comunicación isócrona convierte esta especificación como idónea para manejar simultáneamente múltiples flujos de audio y video digital de alta calidad en tiempo real.

En la red HAVi no existe ningún dispositivo controlador, cualquier dispositivo está diseñado para controlar o ser controlado, incluso simultáneamente, por el resto de dispositivos. La arquitectura HAVi es abierta, con una complejidad de implementación escalable, independiente de la plataforma y del lenguaje de programación. HAVi proporciona a los desarrolladores de software además de una serie de API para el desarrollo de los dispositivos interoperativos, otros para escribir aplicaciones para dichos dispositivos basadas en Java que serán accesibles a través de Internet. La incorporación de integrar otras redes como pueden ser la telefonía o redes inalámbricas en la red HAVi ha sido también contemplada desde el primer momento mediante la implantación de bridges. También existen puentes (bridges) entre HAVi y las tecnologías Jini de Sun Microsystems y UPnP de Microsoft.

La limitación a IEEE 1394 como medio físico y su escasa difusión son los principales inconvenientes de este sistema.

UPnP

UPnP (*Universal Plug and Play*) es una arquitectura software abierta muy extendida propuesta por Microsoft, para la interconexión de todo tipo de dispositivos electrónicos de distintos fabricantes en redes distribuidas entre iguales (*peer to peer*), aunque tradicionalmente ha sido utilizado principalmente por ordenadores y periféricos informáticos. Esta arquitectura, facilita el control y transferencia de datos entre dispositivos conectados en las redes, tanto empresariales como del hogar, evitando así que el usuario tenga que ser un experto en configuración de redes, dispositivos o sistema operativo. UPnP ha sido reconocido como un estándar, en la ISO/IEC 29341.

UPnP está gestionado y promocionado por el UPnP Forum, un grupo de compañías e individuos de diversas industrias. Es una iniciativa de la industria informática para permitir una conectividad simple y robusta entre los dispositivos autónomos y ordenadores personales. Esta asociación sin ánimo de lucro fue formada en junio de 1999 y cuenta en la actualidad con más de 800 miembros. El sitio Web del foro [www.upnp.org] es el principal punto de información sobre la tecnología que impulsa, pudiendo encontrar las especificaciones, código fuente, tutoriales, noticias, etc.

Los dispositivos UPnP una vez se han conectado a la red, son capaces de establecer de manera automática comunicaciones con otros dispositivos. Cuando un dispositivo se conecta a la red, el protocolo es capaz de descubrir a dicho equipo y de asignarle una dirección IP. Este principio provoca que el usuario no tenga que configurar la red ni instalar ningún tipo de controlador para que el dispositivo sea reconocido.

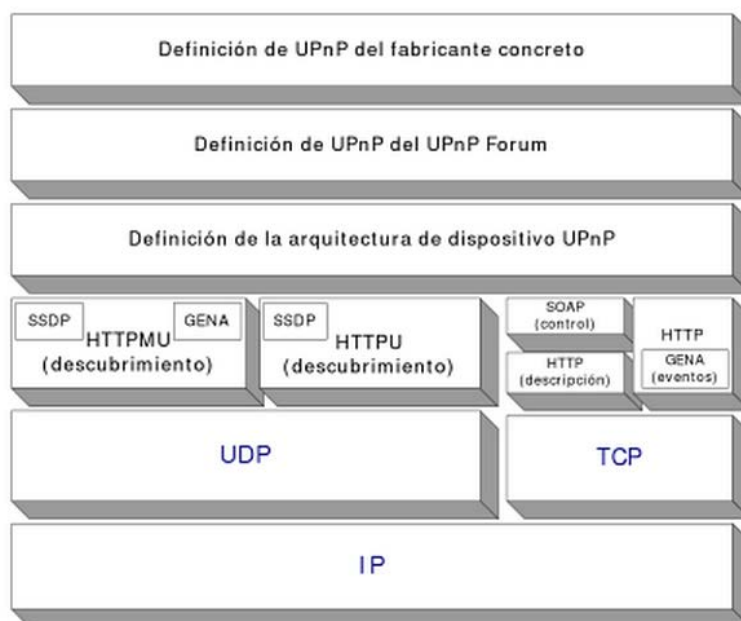


Figura 39. Pila protocolos UPnP

Jini

Jini es una API desarrollada por Sun Microsystems (absorbida en 2010 por Oracle Corporation), cuyo objetivo es el mismo que tenía Microsoft con UPnP: convertir la red en un sistema flexible y fácil de administrar en la que se puedan encontrar rápidamente los recursos disponibles. Un sistema Jini consiste en un sistema distribuido, al igual que UPnP. Los recursos pueden ser implementados tanto por dispositivos hardware como software.

Al igual que UPnP, Jini tiene un procedimiento (*Discovery*) para que cualquier dispositivo que se conecte a una red, ofrezca sus recursos a los demás, transmitiendo la información básica sobre su capacidad de procesamiento y de memoria, así como de las funciones que puede llevar a cabo. Tras este procedimiento, se ejecuta seguidamente otro procedimiento (*join*) donde se le asigna al dispositivo una dirección fija de red.

Es un sistema distribuido, es decir, ningún dispositivo ejerce de controlador, o nudo central, tal como dijimos para UPnP. Desde su presentación en 1999, Jini no ha tenido el éxito que se esperaba y ha pasado a un segundo plano en favor de UPnP.

Capítulo 4.

Situación actual del mercado de la domótica

En la actualidad, con el desarrollo exponencial de las tecnologías de la comunicación y con la salida progresiva de la crisis económica, cada vez son más las empresas que presentan sistemas de este tipo. A continuación mencionamos diferentes empresas y sistemas relacionados con el mundo de la domótica.

4.1. Domoalert

Es una empresa española creada en septiembre de 2012, que está intentando integrar la domótica con el mundo de los Smartphones, Tablets... y nuevas tecnologías en general. Su página Web nos describe un poco más detalladamente cual es el fin de su trabajo:

BUSCAMOS HACERTE LA VIDA MÁS CÓMODA, MÁS SEGURA

“Los Smartphone forman parte de nuestra vida. ¿Por qué entonces no sacarles el máximo partido? En Domoalert hemos creado una serie de servicios que conectan tu móvil con tu casa, para acercártela a donde tú estés. Entendemos la tecnología como un medio para mejorar la calidad de vida de las personas, por ello nuestros productos siempre son fáciles de instalar, adaptables y accesibles a todo el mundo.”

TRAZAMOS NUEVOS CAMINOS

“Hay dos formas de hacer las cosas: como siempre, y como nunca se han hecho antes. En Domoalert hemos elegido la segunda, porque creemos que es la única manera de crear servicios innovadores que demanda el consumidor. Hemos revolucionado la domótica para adaptarla a los tiempos que corren y eso se consigue creando soluciones imaginativas, pero por encima de todo, útiles para ti.”

Estas premisas son las que podemos encontrar en su página web: <https://domoalert.com/>.

Productos

La gama de productos que ofrece esta empresa gira en torno a tres de los pilares de la domótica: Seguridad, Eficiencia y Cuidados a las personas dependientes.

Security (Seguridad)

Domoalert ofrece un sistema de alarma para tu hogar o para el negocio controlable desde el móvil y de fácil instalación. A diferencia de otros sistemas, la gran ventaja de este producto es que es muy sencillo de instalar y no requiere de un técnico o instalador cualificado. El pack que ofrece la empresa incluye los siguientes elementos:

- Cámara IP Wifi.
- Gateway.
- Sensor de movimiento.
- Pegatina disuasoria.

El pack incluye una aplicación para el Smartphone, está disponible tanto en el sistema operativo IOS como en Android. El precio del sistema es de 240 €, y tiene una cuota de 119€ al año, esto incluye las posibles actualizaciones de la aplicación, el soporte técnico, el mantenimiento y Hosting del Cloud, almacenamiento Cloud de 1 GB, y la llamada automática para alertar de una incidencia.



Figura 40. APP Domoalert.

Efficiency (Eficiencia)

Esta empresa tiene un sistema que permite controlar el uso de la calefacción, electrodomésticos u otros dispositivos, mediante una aplicación para el móvil. Algunas de las funcionalidades son las siguientes:

- **Control remoto de la temperatura:** permite subir o bajar la temperatura del termostato, apagar o encender la calefacción o programar el encendido y el apagado.
- Tiene un **algoritmo inteligente** que aprende de los hábitos del usuario, el sistema mantiene la temperatura óptima con el mayor ahorro energético posible. También realiza recomendaciones para incrementar la eficiencia energética del hogar o negocio, o para informar del estado defectuoso de algún aparato de la instalación.
- **Modos de uso:** económico, manual, programa o verano.
- **Información** de la temperatura interior y exterior, así como las condiciones meteorológicas.

- Mediante **enchufes inteligentes**, podemos conectar nuestros electrodomésticos para monitorizar el consumo y saber que electrodomésticos se encuentran conectados. También podremos encenderlos o apagarlos.

Care (Cuidados)

Ha dado un paso más esta empresa, y también está diseñando dispositivos para los cuidados de personas. Algunas de las funcionalidades que ofrece son las siguientes:

- **Gestión de movilidad:** incluye un conjunto de sensores para la apertura de puertas, ventanas, e incluso de cajones. Por ejemplo para saber si un niño ha intentado acceder a una zona que pueda ser peligrosa para él.
- **Alarma médica:** ante una situación de peligro o de emergencia médica, la persona podrá accionar el botón de pánico para enviar un aviso de ayuda.
- **Video para monitorización infantil:** se incorporan cámaras para ver desde tu dispositivo móvil lo que está haciendo en cada momento tu bebé.
- **Supervisión de empleados:** puedes supervisar lo que hacen tus empleados ya estén en la oficina, o sea la niñera que está cuidando de tu hijo.

4.2. Philips Hue

Philips es una empresa ya conocida por sus productos en todos los ámbitos del hogar: electrodomésticos, dispositivos de imagen y sonido (televisiones, altavoces, proyectores...), máquinas de afeitar, planchas para el pelo, cepillos de dientes... Pues bien, ahora se ha adentrado en el mundo de la domótica con su dispositivo revolucionario: Philips Hue. No es simplemente un control del encendido y apagado de la iluminación. Philips Hue ofrece numerosas posibilidades de control que procedemos a resumir en estas líneas.

La página web oficial de Phillips introduce su tecnología como:

“Philips hue combina iluminación LED brillante y tecnología intuitiva, y lo pone todo en la palma de tu mano.

Las bombillas, el puente y la aplicación cambiarán, juntos, la forma en que utilizas la luz. Para siempre.

Experimenta con las sombras del blanco, desde el estimulante azul hasta el relajante amarillo o juega con todos los colores del espectro de hue.

Diseño de un sistema domótico centralizado

Hue puede despertarte. Te ayuda a proteger tu hogar. Revive tus recuerdos preferidos. Incluso contribuye a mejorar tu estado de ánimo.

Es sensacional. Es inteligente. Y está adaptada a tus necesidades.”

La mayor ventaja y la base de que esta tecnología se haya incorporado con fuerza en el mercado es que las bombillas se puede conectar en los casquillos convencionales. Las bombillas se conectan inalámbricamente con el dispositivo central, el puente. Este puente se conecta al router mediante un cable de red convencional. Cada puente puede controlar hasta un máximo de 50 bombillas al sistema, una vez conectado el puente, el control se realiza con una aplicación móvil.

Bombillas.

Las bombillas son LED, inalámbricas. Su luz blanca es ajustable y no simplemente es capaz de emitir luz blanca sino todo el espectro de colores. Las bombillas se pueden configurar para parpadear o atenuarse, e incluso para avisarte si recibes un correo electrónico.

Las bombillas están disponibles para los portalámparas convencionales o también para los formatos GU10 y BR30, por si se necesita un foco o una luz de techo. También dispone de regletas de luces LED flexibles, para diseñar tu hogar con total libertad.



Figura 41. Dispositivos y aplicación Phillips Hue.

Puente.

Es el dispositivo central de control, el cerebro del sistema, es el dispositivo que nos permite conectar nuestras bombillas al dispositivo móvil. Las bombillas con el dispositivo están conectadas de manera inalámbrica. Y el puente está conectado a la red mediante un cable Ethernet.

Especificaciones técnicas:

- 50 bombillas por puente.
- Consumo: 250 mA.
- Enlace: Zigbee, protocolo 1.0.
- Banda de frecuencia: 2400-2483,5 MHz.
- Diámetro: 100 mm.
- Altura 25 mm.
- Montaje en pared o escritorio.
- Software actualizable.



Figura 42. Kit Phillips Hue.

Aplicación.

Existen numerosas aplicaciones para el control de nuestras luces, todas con características similares. Desde las aplicaciones, se pueden controlar los colores, la luminosidad, y el encendido o apagado programado. Philips incorpora un sistema llamado: IFTTT-*If This Then That* (Si pasa esto entonces ocurre esto), permite que ante un acontecimiento, las luces se comporten de una manera predeterminada. Por ejemplo cuando recibimos un correo electrónico, si tu equipo marca, si se prevee lluvia, podemos configurar para que nuestro dispositivo parpadee o se vuelvan de un color predeterminado.

Algunas de las aplicaciones que Philips recomienda son: Goldee (iOS), Ambilight+hue (iOS y Android), Ambify (iOS), hue Halloween (Android), hue Disco (Android) y hue Pro (Android).

El kit básico de Philips Hue que contiene un puente y tres bombillas tiene un precio que ronda los 200€.

4.3. DROPCAM

Dropcam es una empresa que se dedica a la venta de cámaras de vigilancia que son controladas mediante el dispositivo móvil. Esta empresa nos ofrece los dispositivos para la vigilancia de nuestro hogar, de nuestros niños pequeños, de mascotas o de nuestro negocio. Dropcam ha sido adquirida en julio de 2014 por Google Inc. por un precio estimado, según fuentes oficiales, de 555 millones de dólares.

Actualmente Dropcam es una de las soluciones de cámaras de seguridad inalámbrica más sencilla que existe a día de hoy en el mercado, te permite recibir alertas instantáneas, dispone de micrófono y altavoces y la grabación de vídeo es en alta definición. Este dispositivo también permite el almacenamiento en la nube de todas las grabaciones.

Anteriormente a las Dropcam, existían otros modelos de cámaras IP, pero su configuración resultaba realmente complicada para un usuario estándar sin muchos conocimientos en el tema. Sin embargo, la gran novedad que se introdujo con esta cámara es su facilidad de configurar. Lo único que hay que hacer para configurar la Dropcam es permitir el acceso a la red inalámbrica a la que está conectada, y el software se encarga del resto de configuraciones.

Las cámaras Dropcam tienen dos servicios, uno gratuito y otro de pago. El servicio gratuito te permite acceder a la visualización de video en directo, compartir videos en línea, detectar eventos y alertas. Sin embargo para acceder a la grabación DVR o a la posibilidad de guardar los clips de video, habría que contratar un servicio adicional de pago de 9,95\$ al mes o 99\$ al año. Este servicio permite una grabación de hasta 7 días, si se necesitara una grabación de hasta 30 días el servicio ascendería a 29,95\$ mensuales (o 299\$ anuales).

Una de las desventajas, o ventajas según se mire, es que todo el contenido se encuentra en la nube, y no es posible almacenarlo localmente. Tampoco se pueden instalar estas cámaras en lugares exteriores, solo se pueden instalar en el interior de la vivienda o edificio.

Este dispositivo simplemente necesita de dos componentes: la cámara y la aplicación en tu Tablet, smarthphone, iPad, iPhone...

La cámara gira hasta 180 grados, aunque en la versión actual no se puede controlar este giro por software. Posee una lente con visión nocturna, y como hemos dicho antes, micrófono y altavoces incorporados, para poder comunicarte a través de ella. También dispone de un puerto micro USB para la alimentación. Dispone de una luz azul que indica si el dispositivo está

funcionando, aunque se puede desactivar esta opción en el caso de que se tenga en un dormitorio o en un lugar que pueda molestar.

Actualmente hay dos versiones de las cámaras de videovigilancia, que vemos en la figura 43.



Figura 43. Versiones Dropcam

La aplicación se puede descargar tanto para dispositivos que funcionen con el sistema operativo Android como para los dispositivos que funcionen con iOS. Desde esta aplicación se puede ver los eventos, hablar, controlar el zoom digital, la visión nocturna e incluso apagar la cámara si así lo deseas.

Para este verano de 2014, Dropcam ha desarrollado otro dispositivo: Dropcam Tabs. Este dispositivo es un sensor inalámbrico de movimiento, sirve para detectar si se abre o cierra una puerta ventana, o incluso cajones, cajas fuertes o maletines.



Figura 44. Dropcam Tabs

Mediante la aplicación podemos recibir alertas al instante en nuestro dispositivo móvil. El coste de este sensor es de 29\$, y la primera versión que se lanzará en este verano la podemos ver en la figura 44.

4.4. Homekit de Apple

En junio de este mismo año 2014, Apple ha presentado lo que es una clara apuesta por la domótica. El HomeKit de Apple nos permitirá comunicar nuestra vivienda con los móviles y tabletas, el objetivo de los desarrolladores es que puedan adaptar para que sus productos trabajen en común y controlar la vivienda incluso por voz, gracias a su compatibilidad con el asistente de voz Siri.

Con la incorporación de esta gran empresa al mundo de la domótica se prevé que en los próximos años la domótica se incorpore en nuestras viviendas al igual que se han incorporado en nuestras vidas los móviles, o más antiguamente la misma electricidad.

La tecnología la acaban de presentar y todavía no se ha presentado en el mercado ningún producto. Pero esto nos anima a decir con ilusión que la nueva domótica basada en internet y los 'Smartphones' es cada vez menos futuro y más presente.

Todavía no se saben muchos detalles de esta tecnología pero como hemos dicho es un anuncio esperanzador para el mundo de la domótica. Todo parece indicar que Siri, será el pilar fundamental en el desarrollo de esta plataforma

Otro de los aspectos sobre los que está trabajando Apple es la compatibilidad con otros dispositivos, sería interesante que no solo estén disponibles para conectar con sus dispositivos dado que esto les reduciría mucho su cuota de mercado.

Eso sí, aparte de la liberación del API para los desarrolladores, es esencial que la lista de socios sea lo más grande posible, para que de esta forma su mercado sea grande, algo imprescindible para conseguir rentabilidad y aceptación de los usuarios.

4.5. Myfox

MyFox es una empresa francesa que surge en 2003 de una manera muy curiosa, tal como cita en su página web:

“En 2003, en el castillo de Versalles, surgió la idea de poner en marcha una de las empresas pioneras en el ámbito de los hogares conectados y el Internet de las cosas. A raíz de una visita a este prestigioso lugar histórico, el fundador de Myfox observó al vigilante manipular su impresionante manajo de llaves y le vino a la mente el proyecto de desarrollar un sensor universal, el

cual podría proteger cualquier puerta, ventana, batiente, etc., independientemente de su tamaño, material, grosor...”²

Tras este comienzo, en el año 2005 tras años de investigación nació el primer dispositivo de esta compañía: TAG MyFox anti-efracción.

El sistema Myfox es uno de los sistemas domóticos más completos del mercado, y es muy sencillo de instalar y de gestionar.

Productos

El sistema Myfox es un sistema basado en una central compatible con todos los routers existentes en el mercado que es la encargada de gestionar todos los dispositivos. Es por lo tanto una arquitectura centralizada. La central se conecta al router, y una vez conectada se puede controlar desde un PC, MAC, Smartphone o tableta.

Myfox también tiene opciones adicionales como grabaciones de video, acceso vía GPRS y servicio de asistencia.

Sistema de seguridad

Myfox ofrece un sistema de seguridad compuesto por diferentes sensores de alarma y cámaras conectadas a la central. Dispone de diferentes modelos, vamos a describir el modelo de seguridad básico.

Está compuesto por los siguientes dispositivos:

- 1 centralita HC2.
- 1 TAG Myfox anti-efracción.
- 1 detector de movimiento insensible a los animales domésticos.
- 1 sirena de interior de 110 dB.
- 1 mando a distancia de 4 botones.



Figura 45. Kit básico Myfox Security.

Este kit nos ofrece numerosas funcionalidades de seguridad: disuasión antes de la intrusión en caso de intento de robo, activación de alarma, disuasión de intrusos mediante sirena, avisos en tiempo real, control a distancia, llave GSM/GPRS opcional que garantiza el funcionamiento en caso de corte de la conexión a internet o de instalarlo en lugar sin router.

El precio de este dispositivo en su página oficial es de 599 €, es posible añadir otros dispositivos:

² <http://www.getmyfox.com/ES/myfox-history>

Diseño de un sistema domótico centralizado

- Detector de humo por 59,99 €
- Sensores anti-rotura adicionales por 55,00 € cada uno.
- Detector de avería del congelador por 49,99 €.
- Detector de monóxido de carbono por 130,00 €.
- Detector de inundaciones por 49,99 €.
- Detector de movimiento por 130,00 €.
- Sensor de contacto seco por 49,99 €
- Cámara inalámbrica de visión nocturna por 179,00 €.

4.6. Nest

Esta empresa dedicada al mundo de la domótica también ha sido adquirida por Google que apuesta con fuerza por el mercado de la domótica. Según las cifras que se ha hecho públicas el precio de la compra es de 3200 millones de dólares en efectivo. Así Nest Labs, pasó a principios de este año a formar parte de la multimillonaria empresa.

Según el propio Google, “la misión de Nest es reinventar dispositivos poco apreciados, pero muy importantes en el hogar como termostatos y alarmas de humos”.

Los productos que ofrece Nest son termostatos inteligentes y detectores de humos. Con la posibilidad de ser conectados a nuestro Smartphone para el control y planificación de diferentes escenas.

Capítulo 5.

Instalación domótica de una vivienda con dispositivos comerciales.

En este quinto capítulo así como en el siguiente, vamos a realizar una instalación domótica para una pequeña vivienda de uso ocasional, implementaremos los elementos básicos de una vivienda domótica.

En este capítulo realizaremos la instalación centralizada a un controlador de Myfox (Centralita Myfox Home Control 2), una solución comercial y muy sencilla de implantar. Sin embargo, en el capítulo siguiente nos adentraremos un poco en el mundo de Arduino para realizar la instalación con microcontroladores de uso general como Arduino Uno o Arduino Mega.

5.1. Descripción de la vivienda. ¿Por qué Myfox?

Esta vivienda ha sido diseñada para un uso esporádico, o en periodos vacacionales; es decir es una segunda vivienda. La casa tiene una superficie útil de 90 m², tiene un dormitorio (15 m²), cocina (12,3 m²), baño (5,5 m²), pasillo (6 m²), salón (15,2 m²), garaje (17 m²), cuarto calderas (6,2 m²) y un pequeño cobertizo (12 m²).

Al ser una segunda vivienda vamos a instalar los sistemas básicos de la domótica, como son la seguridad y ciertos aspectos de accesibilidad, confort y ahorro energético. No vamos a implantar sistemas multimedia para compartir datos porque no merece la pena en una vivienda de este tipo, ya que como hemos dichos su uso va a ser esporádico.

En primer lugar se pensó en realizar una instalación con dispositivos EIB/KNX, pero en lo que respecta a la instalación y configuración inicial puede resultar un poco complejo. También se planteó la idea de utilizar dispositivos basados en el estándar X-10, pero finalmente nos hemos decantado por una solución más comercial y más sencilla de instalar por un usuario sin conocimientos específicos.

Hemos escogido un sistema centralizado vía radio, sin necesidad de añadir ningún tipo de cableado a la vivienda, y un sistema de configuración muy sencilla. Este sistema es el sistema Myfox, solo necesitamos conectarlo al router de nuestra vivienda y listo para funcionar; incluso puede funcionar por señal móvil GPRS, y no necesitaríamos ni conexión a Internet mediante el router.

En resumen, los motivos que nos han llevado a escoger este sistema, además de su fácil instalación, son la portabilidad (podemos llevarnos el sistema a otro lugar en cualquier momento con la simple desconexión de los componentes), y la posibilidad de la alimentación de los sensores mediante baterías y/o pilas.

Hay numerosos sistemas en el mercado como Myfox, pero Myfox tiene una ventaja respecto a los demás sistemas propietarios en el mercado, ofrece la compatibilidad con dispositivos que utilicen el protocolo EnOcean, y son numerosos los dispositivos disponibles en el mercado con este protocolo.

Una vez explicados nuestros motivos para la implantación de Myfox, nos adentramos en la descripción de los sistemas a implantar y su comunicación con el sistema de control.

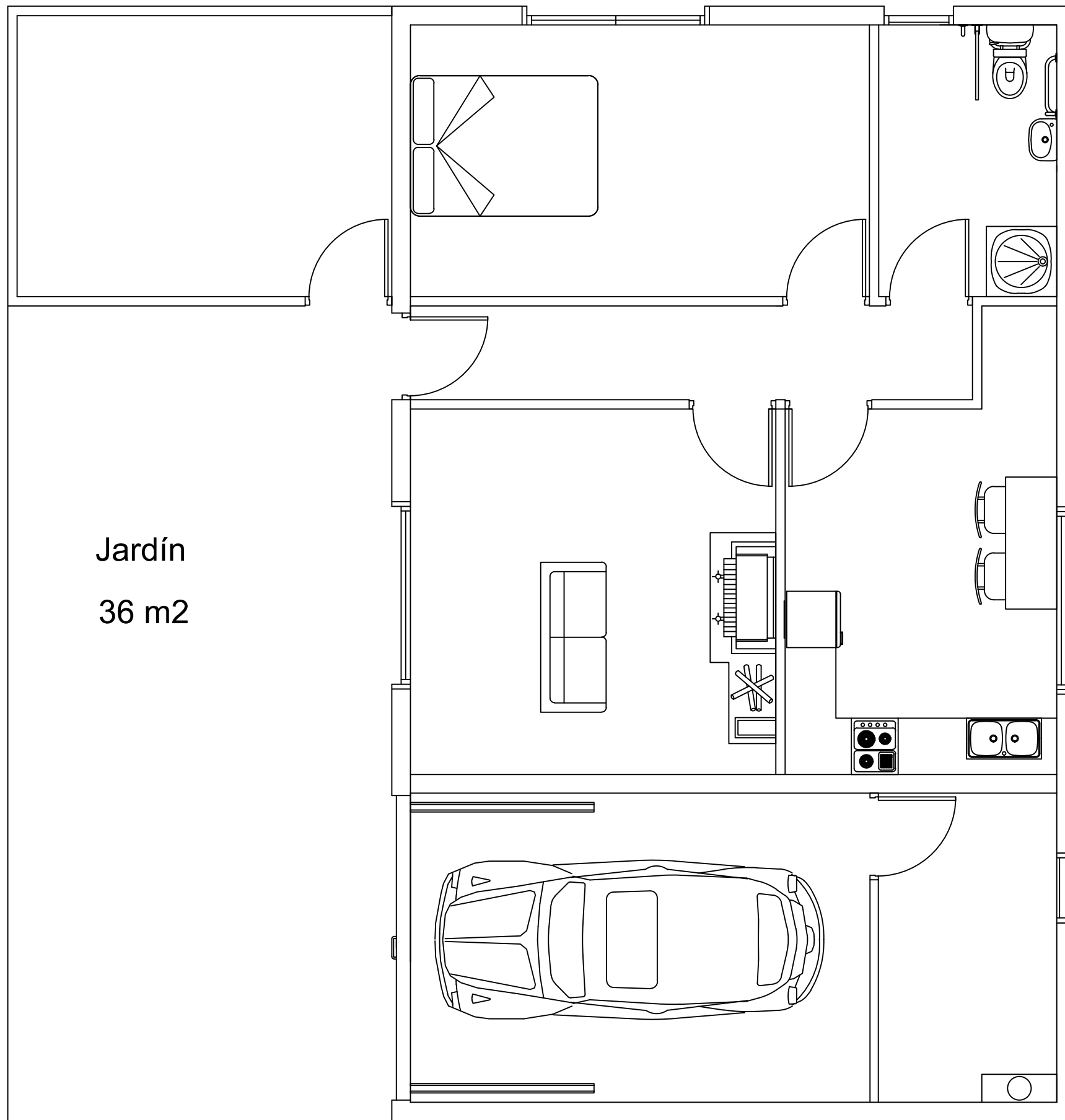
5.2. Planos de la vivienda

A continuación mostramos los planos de la vivienda. Primero describimos la planta principal con la disposición de las dependencias y su superficie (plano número 1). Vemos que la vivienda dispone de un solo dormitorio, un baño, una cocina, un salón, pasillo, un cobertizo, un garaje y una sala de calderas.

Posteriormente detallamos el sistema de seguridad con los elementos domóticos (plano número 2), este sistema es especialmente importante dado que al ser una segunda vivienda es especialmente vulnerable a robos y/o ocupaciones.


Luego implantamos un sistema de accesibilidad (plano número 3), automatizando las puertas, y añadiendo la posibilidad de implantar unos dispositivos para genera una señal de alarma de emergencia.

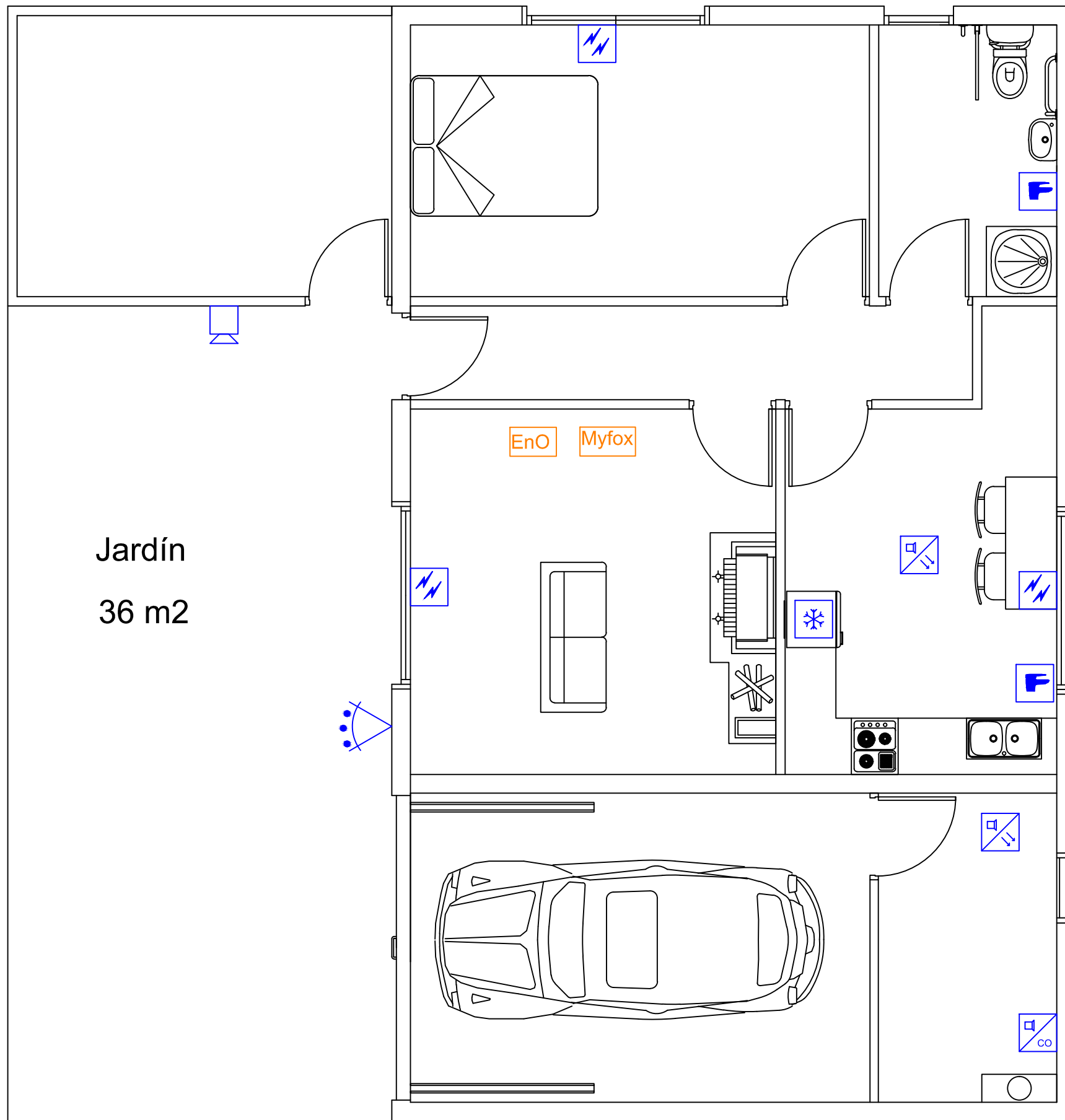
Por último el sistema de confort y ahorro energético (plano número 4), implantaremos dispositivos para el control de persianas en función de la luminosidad, así como dispositivos para el control de luces, calefacción y de la puerta de garaje.



Jardín
36 m2

Baño	5,5 m2	Dormitorio	15 m2
Pasillo	6 m2	Cocina	12,3 m2
Salón	15,2 m2	Garaje	17 m2
Cuarto calderas	6,2 m2	Cobertizo	12 m2

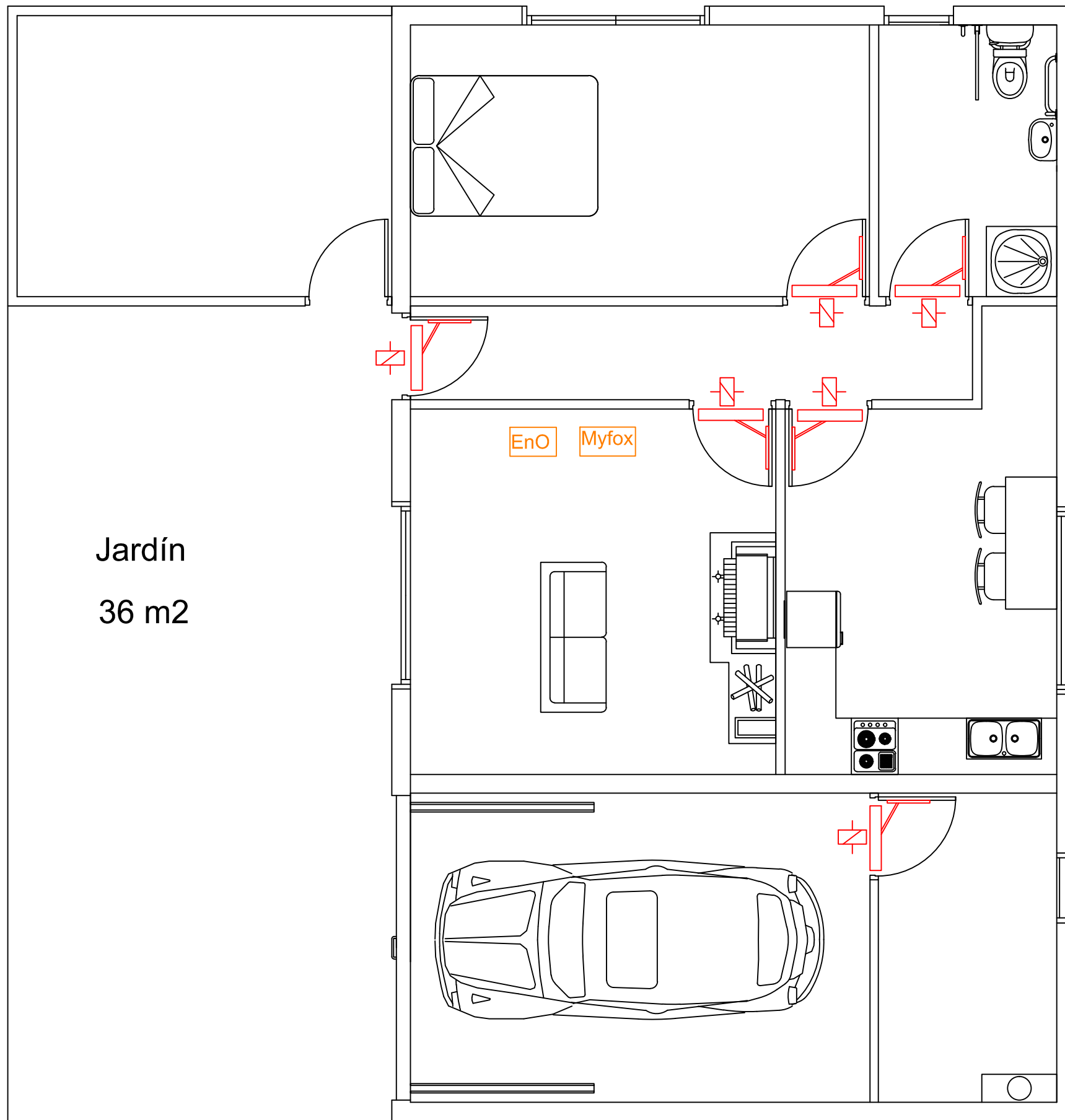
 UNIVERSIDAD DE VALLADOLID ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES		
TITULO PROYECTO: Instalación domótica en vivienda Proyecto instalación domótica		
PLANO: <h2 style="text-align: center;">Planta</h2>		
Dto. Tecnología Electrónica	FECHA: Agosto-2014	Nº PLANO: 1
PROMOTOR: Universidad de Valladolid		ESCALA: 1:50
<small>Grado Ing. Electrónica Industrial y Automática Convocatoria: Julio/Septiembre</small>		
<small>FIRMA: EL/LOS ALUMNO/S: Rodríguez Gutiérrez, Adrián</small>		
<small>Fdo:</small>		



Jardín
36 m2

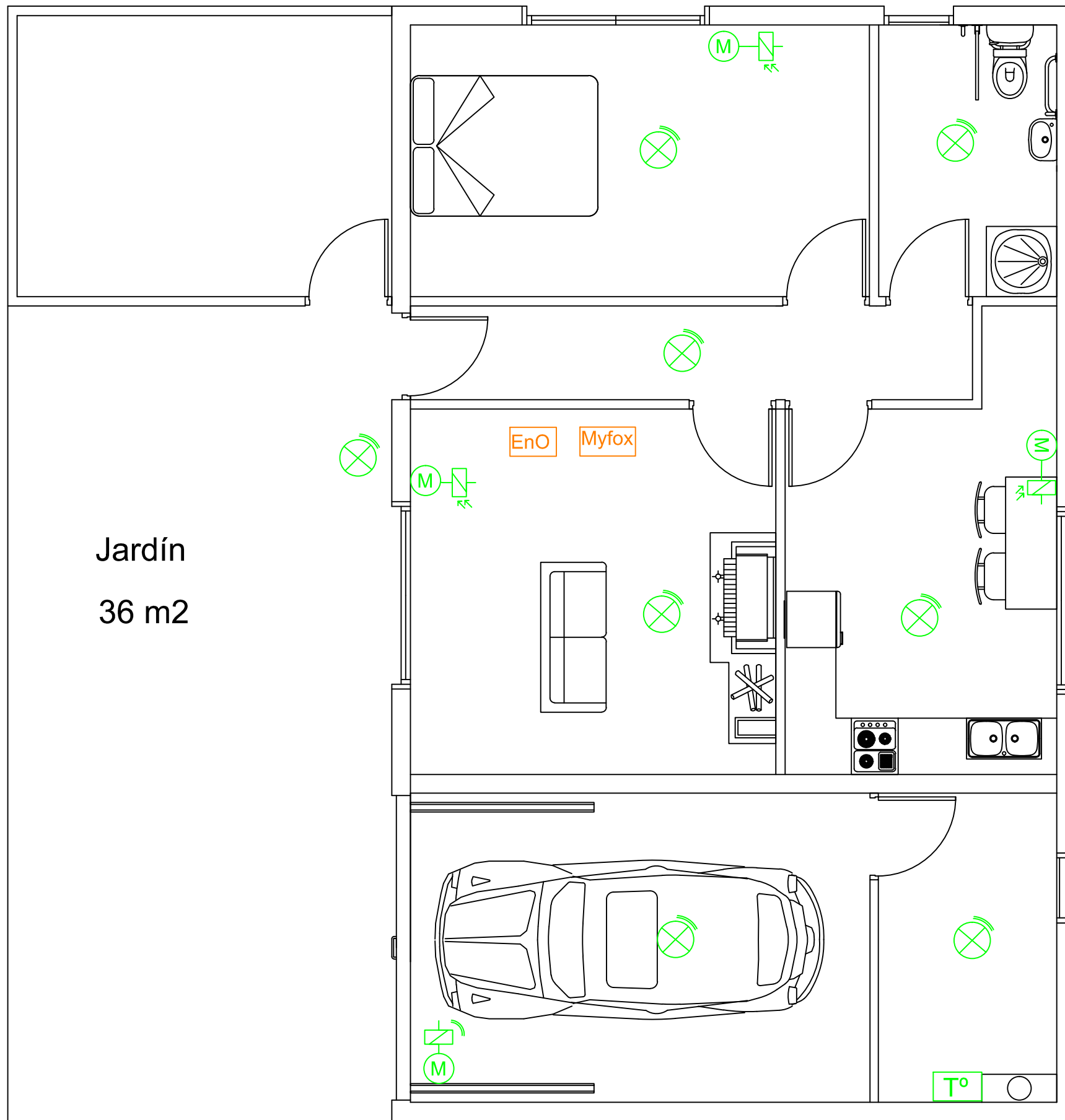
	Centralita MyFox
	Llave EnOcean
	Camara de seguridad
	Detector CO
	Detector Humo
	Detector avería congelador
	Detector inundación
	Sensor antirotura
	Detector movimiento

 UNIVERSIDAD DE VALLADOLID ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES		
TITULO PROYECTO: Instalación domótica en vivienda Proyecto instalación domótica		
PLANO: Instalación de seguridad		
Dto. Tecnología Electrónica	FECHA: Agosto-2014	Nº PLANO: 2
PROMOTOR: Universidad de Valladolid	ESCALA: 1:50	FIRMA: EL/LOS ALUMNO/S: Rodríguez Gutiérrez, Adrián
<small>Grado Ing. Electrónica Industrial y Automática Convocatoria: Julio/Septiembre Fdo:</small>		



	Centralita MyFox
	Llave EnOcean
	Accionador GEZE Slimdrive
	Relé inalámbrico Myfox

 UNIVERSIDAD DE VALLADOLID ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES		
TITULO PROYECTO: Instalación domótica en vivienda Proyecto instalación domótica		
PLANO: Instalación de accesibilidad		
Dto. Tecnología Electrónica	FECHA: Agosto-2014	Nº PLANO: 3
PROMOTOR: Universidad de Valladolid		ESCALA: 1:50
FIRMA: EL/LOS ALUMNO/S: Rodríguez Gutiérrez, Adrián		
<small>Grado Ing. Electrónica Industrial y Automática Convocatoria: Julio/Septiembre Fdo:</small>		



Myfox	Centralita MyFox
EnO	Llave EnOcean
Actuador	Actuador de persiana
(M)	Motor
T°	Control calefacción
Actuador	Control puerta garaje
(X)	Control iluminación

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES		
TITULO PROYECTO: Instalación domótica en vivienda Proyecto instalación domótica		
PLANO: Instalación de confort y ahorro energético		
Dto. Tecnología Electrónica	FECHA: Agosto-2014	N° PLANO: 4
PROMOTOR: Universidad de Valladolid		ESCALA: 1:50
FIRMA: EL/LOS ALUMNO/S: Rodríguez Gutiérrez, Adrián		
<small>Grado Ing. Electrónica Industrial y Automática Convocatoria: Julio/Septiembre Fdo:</small>		

5.3. Instalación domótica

Ha llegado el momento de aplicar el conocimiento adquirido en teoría para convertir nuestra vivienda en una vivienda domótica; es decir, más confortable, más segura, más eficiente y más accesible. Para hacer este análisis más sencillo, vamos a dividir la instalación domótica en tres partes: seguridad, accesibilidad, y confort y eficiencia.

Para comenzar este análisis lo primero que vamos a hacer es describir de una manera general el sistema domótico a implantar. El sistema que vamos a instalar tiene una topología centralizada, todos los sensores y/o actuadores van conectados a nuestra central.

El nodo central será la centralita que nos proporciona la empresa Myfox, que vemos en la figura 46. Pero también formará parte de esta central el accesorio, de esta misma empresa (que podemos ver en la figura 47), que nos permitirá la interconexión con dispositivos EnOcean.

Esta centralita permite la conexión de hasta 4 cámaras, 150 accesorios de seguridad y 32 grupos entrada-salida. La alimentación es a 5V mediante un transformador incorporado 220 Vac/ 5 Vdc, 50-60Hz. Además, posee una batería en caso de corte del suministro eléctrico.

La centralita de Myfox nos permite también la instalación de una llave para la conexión vía red móvil GSM/GPRS (figura 48) que nos garantiza el funcionamiento del sistema en caso de corte de la conexión a Internet o de instalarlo en un lugar donde no se dispone de router Internet.

Red de seguridad

En primer lugar vamos a analizar las necesidades de nuestra vivienda en cuanto a sistemas de seguridad se refiere. Como elementos básicos



Figura 46. Centralita Myfox



Figura 47. Llave EnOcean®



Figura 48. Llave GPRS

necesitamos un kit de seguridad que al menos presente las siguientes funcionalidades: cámara de seguridad y sensores de fuga de gas y de humos.

Tras analizar el mercado, hemos escogido la opción de Myfox, esta empresa francesa (como ya vimos en el capítulo 4) ofrece numerosas prestaciones tanto en seguridad como en el resto de instalaciones en una vivienda domótica. Los elementos de seguridad que vamos a implantar en nuestro sistema son los descritos en la tabla 9.

En la figura 49 se muestra la topología de la red de seguridad (las líneas de trazos representan una conexión inalámbrica). En este caso todos los dispositivos se conectan a nuestra central Myfox vía radio, para esta instalación la llave EnOcean no sería necesaria.

En la tabla 9 vemos también las características de interconexión con la central y la alimentación de cada dispositivo, aspectos que comentaremos con más detalle en los apartados siguientes.

Tabla 9. Elementos de seguridad

<i>Dispositivo</i>	<i>Alimentación</i>	<i>Comunicación</i>
Cámara	5 V	Myfox (2,4 GHz), WiFi, Ethernet
Detector CO	Pila 9 V	Myfox (433,92 MHz FM)
Detector Humo	Pila 9 V	Myfox (433,92 MHz FM)
Detector Congelador	2 pilas AA	Myfox (433,92 MHz FM)
Detector inundaciones	2 pilas AA	Myfox (433,92 MHz FM)
Detector movimiento	Pila 3 V	Myfox (433,92 MHz FM)
Sensor anti-rotura	2 pilas AA	Myfox (433,92 MHz FM)

Red de accesibilidad

Mucha gente ve una vivienda domótica como un lujo, pero para personas con movilidad reducida o cualquier otro tipo de discapacidad es una necesidad vital. La accesibilidad permite a una persona discapacitada tener un grado de autonomía que sin ayuda de la tecnología sería inimaginable.

En nuestra vivienda instalaremos en cada puerta interior un sistema por detección de movimiento que nos detecte la presencia de la persona y así que se abra sin necesidad de contacto. Otra opción de posible implantación sería el control mediante un software de voz, como por ejemplo el software Siri de Apple.

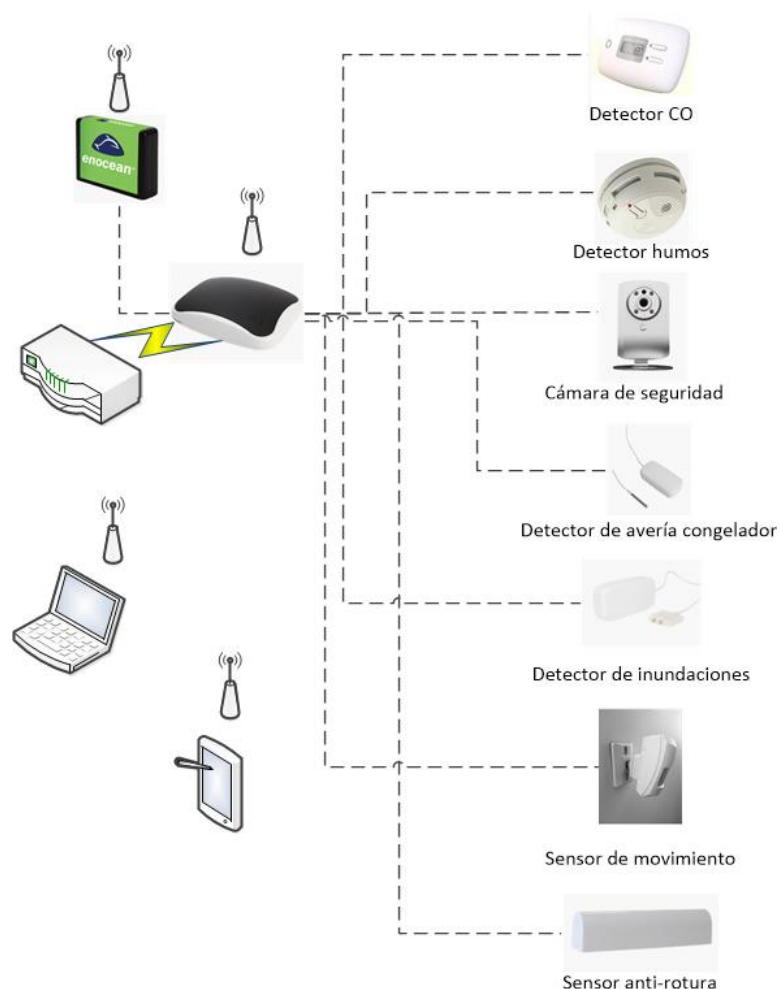


Figura 49. Esquema de la red de seguridad.

En la figura 50 vemos el esquema de la red de accesibilidad, en este caso necesitamos el uso del accesorio EnOcean, pues el control de las puertas se realizará mediante este dispositivo. Este dispositivo se conecta a la central vía radio y se configura automáticamente.

Para el control de las puertas se colocará un accionamiento que se podrá controlar de manera autónoma y desde la central. Por ejemplo se podrá configurar para el cierre en caso de incendio, o la apertura en caso de presencia de una persona. Para el control desde la central se instalará un relé conectado a la llave EnOcean. Resumimos estos sistemas en la tabla 10.

Tabla 10. Dispositivos de accesibilidad.

<i>Dispositivo</i>	<i>Alimentación</i>	<i>Comunicación</i>
Actuador Puerta	230 Vac	Independiente / Cable a relé
Relé EnOcean	-	EnOcean (868,3 MHz)
Brazaletes emergencia	Pila botón	Myfox (433,92 MHz FM)
Colgante	Pila botón	Myfox (433,92 MHz FM)

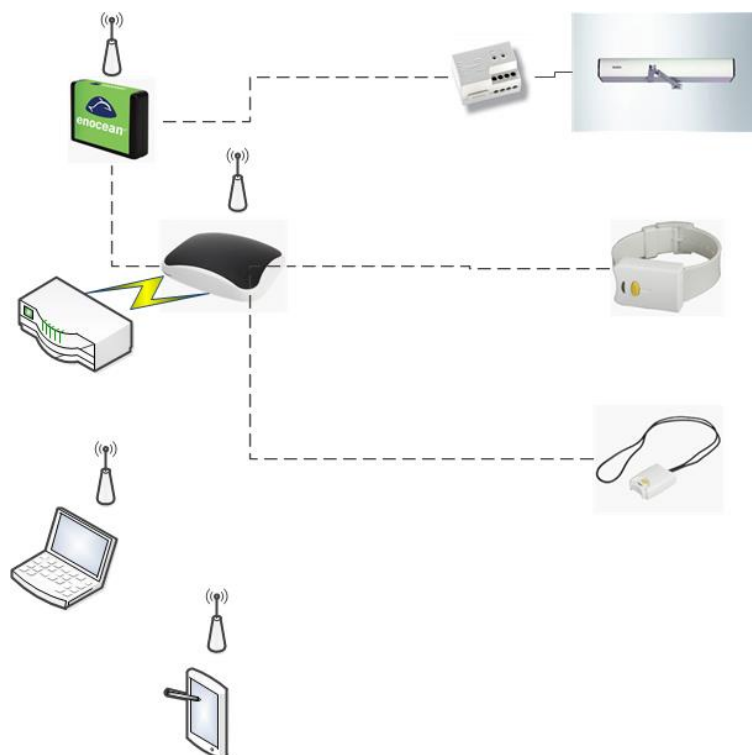


Figura 50. Esquema red de accesibilidad.

Red de confort y ahorro energético

Ya tenemos las partes más importantes de nuestra vivienda, el sistema de seguridad y el sistema que mejora la accesibilidad. Ahora vamos a implantar algunos sistemas que mejoren nuestro bienestar y ahorro energético en la vivienda. Este apartado tiene infinidad de soluciones y expansiones, sólo mencionamos algunos sistemas que puede ser interesante instalar en nuestra vivienda.

En la figura 51 podemos ver la instalación que hemos denominado de confort y ahorro energético. Hemos aprovechado que las persianas eran de control eléctrico y hemos instalado un sistema para su control automático con la luminosidad, lo que nos permite además de un mayor confort, un considerable ahorro energético. También hemos implantado un sistema para el control de luces, así como para el control y creación de escenas para la calefacción y la puerta del garaje.

Tabla 11. Dispositivos confort y ahorro energético.

<i>Dispositivo</i>	<i>Alimentación</i>	<i>Comunicación</i>
Actuador puerta garaje	-	Myfox (433,92 MHz FM – Bidireccional)
Control calefacción	-	Myfox (433,92 MHz FM – Bidireccional)
Actuador persiana	-	EnOcean (868,3 MHz)
Bombilla Myfox	230 V	Myfox (433 Mhz AM)

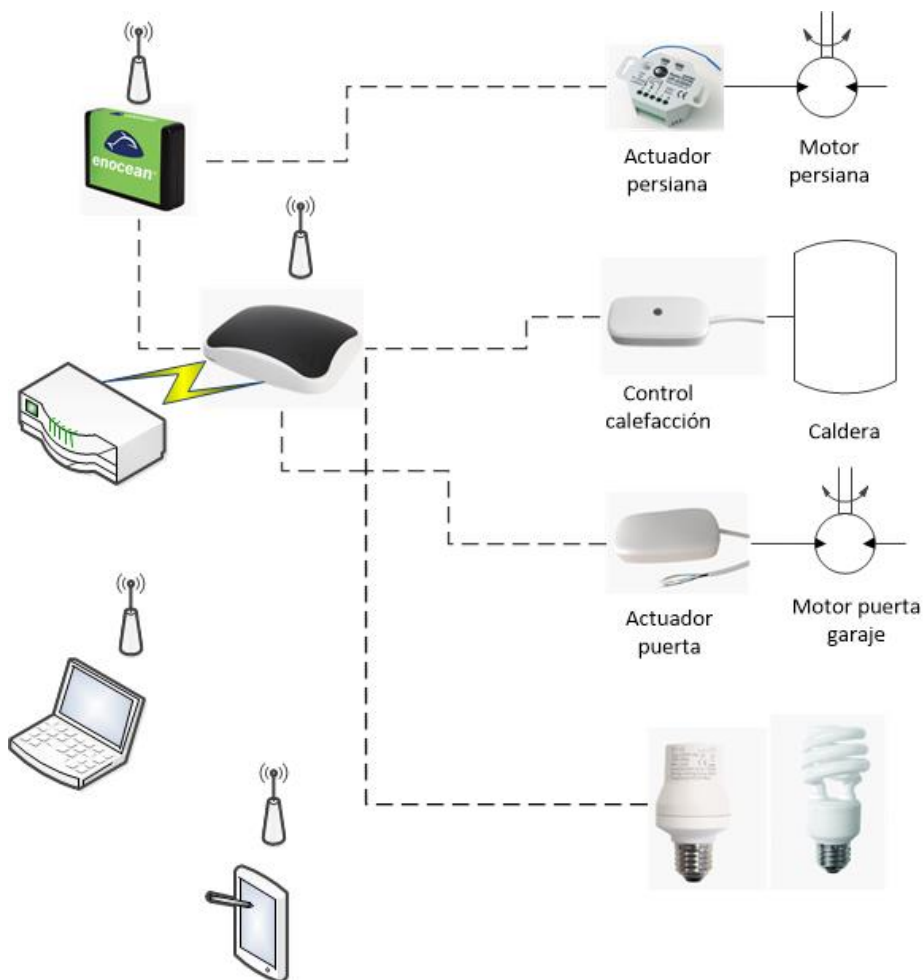


Figura 51. Red de confort y ahorro energético.

5.4. Descripción detallada de los sistemas

Seguridad

Cámara conectada Myfox

Instalaremos la cámara Myfox³ (figura 52), nos ofrece alta definición (hasta 1280 x 700 px) para uso interior. Se puede conectar por WiFi o Ethernet a nuestra red local. Posee también visión nocturna de hasta 7,5 m, así como función de detección de movimiento y sensibilidad parametrizables. También posee un micro integrado y la posibilidad de grabación en la nube.

La particularidad de esta cámara no es que pueda funcionar de forma autónoma, al igual que Dropcam (citada en el capítulo 4), sino que también tiene la opción de ser conectada y controlada a través de nuestra centralita Myfox.

³ <http://www.getmyfox.com/ES/camara-conectada-myfox.html#qty>

La alimentación es a 5 V (el paquete incluye el transformador 230V/5V). Esta cámara se conecta a la central Myfox vía radio a 2,4 GHz. Sin embargo, admite numerosos protocolos de interconexión: TCP/IP, UDP/IP, HTTP, FTP, SMTP, POP3, DNS, DDNS, DHCP, ARP, ICMP, NTP.



Figura 52. Cámara de seguridad Myfox.

Detector de monóxido de carbono

El segundo dispositivo que vamos a instalar en nuestra vivienda inteligente es el detector de monóxido de carbono⁴ (figura 53). Este elemento nos permite medir los niveles de monóxido de carbono.

El detector de CO activa una alarma sonora integrada (85 dB) en caso de aumento de la tasa de CO según 4 umbrales de alarma conformes a la normativa. Está conectado a la centralita Myfox, que activa las sirenas adicionales que hayamos instalado (si las hubiera) y genera una señal de alerta.

También tiene la opción de conectarlo a los actuadores de las persianas y podrá generar la señal de apertura para facilitar la evacuación del gas.



Figura 53. Detector de CO.

La alimentación de este dispositivo es con una pila de 9V. La comunicación con la central al igual que el resto de dispositivos es vía radio (433,92 MHz FM) con un alcance de hasta 150 m.

⁴ <http://www.getmyfox.com/ES/detector-de-monoxido-de-carbono.html>

Detector de humo

También instalaremos un detector de humo⁵ (figura 54), capaz de detectar el humo causado por un incendio, al igual que el detector de CO tiene una sirena local, y también se puede conectar a los elementos de control de las persianas para facilitar la evacuación de los humos.

La alimentación también es la misma que el caso anterior, mediante una pila de 9 V, la banda de frecuencia utilizada para la comunicación también coincide (433,92 MHz FM).

La detección del humo se realiza mediante un sensor fotoelectrónico que identifica la opacidad del humo.



Figura 54. Detector de humos

Detector de avería del congelador⁶

Hemos querido introducir también un sensor capaz de detectar la avería del congelador al tratarse de una vivienda de uso esporádico, para no encontrarnos con la sorpresa de que nuestro congelador no funciona tras un largo periodo sin visitar la vivienda.

Este detector simplemente consta de un sensor de temperatura y un dispositivo de emisión de ondas de radio para la conexión con la central Myfox, como podemos ver en la figura 55.



Figura 55. Detector fallo congelador.

El dispositivo se alimenta con dos pilas AA, y la autonomía para uso normal es de hasta 3 años.

⁵ <http://www.getmyfox.com/ES/detector-de-humo.html>

⁶ <http://www.getmyfox.com/ES/detector-de-averia-del-congelador.html>

Detector de inundaciones

Instalaremos un detector de inundaciones⁷ por el mismo motivo que el detector de avería del congelador, porque al ser una vivienda de uso esporádico necesitamos este tipo de información sin tener que desplazarnos hasta ella.

Las características técnicas son las mismas que todos los sensores instalados hasta ahora transmisión por radio (433,92 MHz FM) y alimentación por medio de pilas AA con autonomía de 3 años.



Figura 56. Detector de inundaciones

Detector de movimiento

Un detector de movimiento⁸ no debe faltar en una vivienda bien protegida. Instalaremos un detector de movimiento de Myfox dado que posee una característica que lo hace más atractivo: es insensible a los animales domésticos de menos de 27 kg.

Este detector tiene un alcance de entre 12 y 14 m y es capaz de detectar en un ángulo de 140°. La comunicación con la centralita de control, mediante radio (433,92 MHz FM).



Figura 57. Detector de movimiento.

⁷ <http://www.getmyfox.com/ES/detector-de-inundaciones.html>

⁸ <http://www.getmyfox.com/ES/detector-de-movimiento.html>

Sensor anti-rotura de ventanas

Hemos considerado necesario implantar un sistema de detección de rotura de ventanas⁹. Este pequeño sistema se puede colocar tanto en ventanas como en puertas batientes. El dispositivo (de apenas 12 cm de largo y 2 cm de ancho) tiene un alcance de 100 m hasta la centralita Myfox. Su comunicación con el sistema de control es también vía radio a 433,92 MHz FM.

La alimentación de este sensor es con dos pilas AA. Gracias a su diseño, el dispositivo es capaz de diferenciar movimientos normales (viento, lluvia, llamada a la puerta...) de los movimientos realmente peligrosos (intento de rotura, rotura, intento de forzar puerta...). Esta sensibilidad se puede regular para adaptarse al entorno.

También se podría colocar en cajones o mobiliario interior, por ejemplo si hay niños para detectar si han abierto un armario con contenido tóxico, o el cajón de las medicinas.



Figura 58. Tag Myfox anti-efracción.

Accesibilidad

Automatización de puertas

Para realizar esta instalación se ha recurrido a un producto de la empresa Geze¹⁰. Se trata de un mecanismo que nos permite automatizar la apertura y cierre de puertas batientes. En la figura 59 podemos ver el modelo utilizado para implantar en nuestra vivienda: Slimdrive EMD.

El modelo utilizado soporta una o dos hojas de hasta 180 kg, su tensión de funcionamiento es la estandarizada 230 V y 50/60 Hz, pero también admite suministro de corriente de 24 V de tensión continua.

Su rango de temperatura está entre los -10 °C y los 50 °C por lo que nos permite instalarlo en cualquier tipo de ambiente, tanto en interiores como en exteriores. En caso de fallo en el suministro eléctrico, se puede realizar la apertura manual de la puerta.

⁹ <http://www.getmyfox.com/ES/tag-myfox-anti-efraccion.html>

¹⁰ <http://www.geze.es/>

Diseño de un sistema domótico centralizado

Este sistema se puede configurar tanto para ser controlado por un mando a distancia, ser conectado a un bus o a un relé, como ser programado mediante un sensor de movimiento. Además permite su programación en caso de incendio y/o fugas de gas, en una versión superior Slimdrive EMD F.



Figura 59. Accionamiento para automatización de puertas.

Tenemos el accionamiento para la automatización de las puertas, como hemos dicho puede funcionar autónomamente, pero deseamos poder controlarlo todo desde nuestra central. Hemos escogido la central de Myfox porque nos permite añadir un accesorio para la adaptación de dispositivos EnOcean.

Para instalar el control de puertas se puede utilizar el dispositivo EnOcean que vemos en la figura 60, o un módulo eléctrico que nos proporciona Myfox (figura 61), una vez más nos decantamos con el módulo Myfox dado a su menor precio (19,99 € frente a 59,90 €). El dispositivo de EnOcean tiene un precio más elevado porque se puede controlar hasta desde 30 puntos mientras que el dispositivo de Myfox sólo desde 6 puntos.



Figura 60. Relé EnOcean

El accionador de la figura 61 es el escogido, trabaja en la frecuencia de 433 Mhz AM. Este accionador será controlado mediante nuestra central y permitirá su apertura y/o cierre desde cualquier lugar.



Figura 61. Módulo Myfox

Dispositivos de llamada de emergencia

También existe la posibilidad de adquirir dispositivos para llamadas de emergencia, estos dispositivos son muy útiles para personas discapacitadas, personas mayores o cualquier persona con un problema que requiera de una rápida llamada a los cuerpos de emergencia. Esta empresa en particular ofrece dos dispositivos: un brazalete de emergencia¹¹ y un colgante de emergencia¹² que vemos en la figura 62.

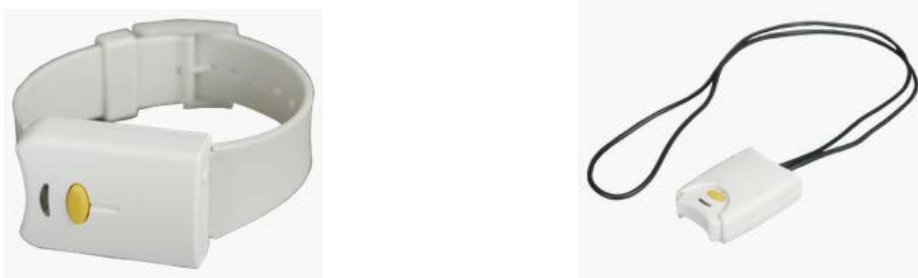


Figura 62. Brazalete de emergencia (izquierda) y colgante de emergencia (derecha)

Confort y ahorro energético

Automatización de persianas

Lo primero que se nos ocurre será implantar un sistema automático para el control de las persianas, pero vamos a darle una vuelta más, instalaremos un sistema que regule la altura de la persiana dependiendo de la luminosidad que reciba la habitación.

Para esta implantación vamos a utilizar el actuador que podemos ver en la figura 63. Este actuador soporta la comunicación mediante el protocolo EnOcean, compatible con nuestra central.

Además, es posible cambiar la configuración del dispositivo sin necesidad de software adicional. En este modo de configuración podrán seleccionarse diferentes funcionalidades, como por ejemplo: inversión de la señal de salida, función escalera, retraso en la señal de apagado, subida ante la recepción del sensor solar... Mediante el módulo comercial podremos automatizar el control de las persianas dado que incluye un sensor de luz. También podremos configurar diferentes escenas para nuestra vivienda.



Figura 63. Actuador de persianas.

¹¹ <http://www.getmyfox.com/ES/brazalete-de-llamada-de-emergenciacia.html>

¹² <http://www.getmyfox.com/ES/colgante-de-llamada-de-emergencia.html>

Automatización de la calefacción

Para realizar el control de la calefacción vamos a recurrir a un dispositivo que nos proporciona Myfox, este dispositivo permite controlar una caldera individual o un radiador con hilo piloto desde un smarthphone, ordenador o tablet. El dispositivo, figura 64, permite crear escenarios para automatizar la regulación de temperatura y ahorrar energía.



Figura 64. Receptor para calefacción.

La ventaja de este dispositivo la que ya hemos comentado anteriormente para el sistema Myfox o EnOcean: fácil instalación y ausencia de cables. La comunicación es vía radio a 433,92 MHz FM – Bidireccional.

Automatización de puerta de garaje

También instalaremos un receptor para puerta de garaje, para esta implantación teníamos de nuevo dos opciones: dispositivo EnOcean o dispositivo Myfox, nos decantamos por el dispositivo de Myfox por su precio más económico. En la figura 65 podemos ver este sencillo dispositivo. Se puede controlar al igual que los dispositivos anteriores mediante un Smartphone, un mando a distancia o un ordenador.



Figura 65. Receptor para puertas.

Podemos crear distintos escenarios al igual que con el dispositivo para la automatización de la calefacción. Por ejemplo podremos sincronizar la apertura de la puerta con la desactivación de la alarma, o la apertura de la puerta con la detección de humos o gases. La alimentación será a través del motor al que se encuentra conectado y la comunicación con la central vía radio a 433,92 MHz FM – Bidireccional.

Control de la iluminación

Para el control de la iluminación se podían utilizar numerosos sistemas, como la regulación de la luminosidad dependiendo de la escena, control por luminosidad exterior, etc. Pero al tratarse de una segunda vivienda, vamos a implantar un sencillo sistema de control de encendido y apagado de luces. La empresa Myfox nos ofrece dos soluciones muy interesantes, bombillas con sistema de control incorporado o portabombillas con sistema de control incorporado (figura 66).

Nosotros nos hemos decantado por el sistema portabombillas, dado que en caso de rotura de la bombilla, podremos sustituirla sin tener que cambiar todo el sistema de control. La comunicación de estos dispositivos con el sistema de control es vía radio frecuencia a 433 Mhz AM.



Figura 66. Sistemas de control iluminación: portalámparas (izquierda) y bombilla completa (derecha)

5.4. Presupuesto de la instalación domótica

Una vez hemos descrito todos los sistemas a instalar vamos a realizar un presupuesto aproximado del coste de nuestra instalación. Vamos a dividir el presupuesto en dos grandes partes: productos y servicios de la domótica, para poder comparar los costes de material y de servicio.

Como vemos en la tabla 12, la parte que en la que más presupuesto invertimos es la parte de material, coincide con lo que dijimos al principio de este capítulo, Myfox prácticamente no necesita de servicios para instalar el sistema, sin embargo los materiales tiene un coste mayor. El coste de la instalación es 82,92 €, no llega al 5 % del presupuesto. Todo esto en el caso que no seas tú mismo el que decida conectar los dispositivos en cuyo caso este coste se reduciría a cero.

Diseño de un sistema domótico centralizado

Tabla 12. Presupuesto de la instalación domótica

	Unidades (ud)	Precio Unitario (€/ud)	Total(€)
Interfaces			
Centralita Myfox	1	299,99	299,99
Llave EnOcean	1	69,99	69,99
Total Interfaces			369,98
Seguridad			
Cámara conectada Myfox	1	179,99	179,99
TAG Myfox anti-efracción	4	55,00	220,00
Detector movimiento	1	130,00	130,00
Detector humo	1	59,99	59,99
Detector monóxido de carbono	1	130,00	130,00
Detector avería congelador	1	49,99	49,99
Detector inundaciones	1	49,99	49,99
Total Seguridad			819,96
Accesibilidad			
Receptor para puertas	4	19,99	79,96
Colgante llamada de emergencia	1	79,99	79,99
Accionador puertas	4	199,50	798,00
Total Accesibilidad			957,95
Confort y ahorro energético			
Receptor para calefacción	1	49,99	49,99
Automatización de persianas	2	111,05	222,10
Receptor puerta garaje	1	59,99	59,99
Control iluminación	8	19,99	159,92
Automatización calefacción	1	49,99	49,99
Total confort			541,99
Total productos domótica			2689,88
Proyecto, planos, documentación, marcación, y seguimiento de obra	1	50,00	50,00
Ayudante instalador de telecomunicaciones	2	16,10	32,20
Cajas, entubado, tubos, cableados	0	0,00	0,00
Configuración y puesta a punto	0	0,00	0,00
Total servicios domótica			82,20
Total solución domótica			2772,08

Capítulo 6.

Instalación domótica de una vivienda con Arduino.

6.1. Descripción de la vivienda

En este capítulo vamos a desarrollar un sistema domótico controlado con Arduino. El sistema lo vamos a diseñar para la misma vivienda descrita en el apartado anterior. La principal diferencia del sistema centralizado Myfox con el sistema que vamos a ver en este capítulo, es la interconexión de los diferentes dispositivos, así como el coste de la implantación de los diferentes dispositivos. Myfox a su vez tiene todo el software y aplicaciones desarrolladas y en este apartado seremos nosotros los que interconectaremos y configuraremos los dispositivos.

6.2. Instalación domótica

Vamos a desglosar el sistema en diferentes partes como ya hicimos en el capítulo anterior, primero describiremos el controlador, y posteriormente los sensores y actuadores agrupados en seguridad, accesibilidad, y confort y eficiencia.

Controlador del sistema: Arduino.

¿Qué es Arduino?

Arduino es una placa controladora de hardware libre. Actualmente, junto con Raspberry Pi, una de las más populares entre los usuarios de electrónica. El desarrollo de este tipo de placas de bajo coste, concede una oportunidad a los aficionados de la electrónica y del sector de la educación, para desarrollar sus pequeños proyectos con un bajo coste.

El hardware consiste en una placa con un microcontrolador Atmel AVR (8 bits) y diferentes puertos de entrada/salida. Una de las características que hacen tan atractivo a Arduino es su bajo coste y su sencillez. Desde el año 2012 se han incorporado microcontroladoras CortexM3 de ARM de 32 bits.

Diseño de un sistema domótico centralizado

El software consiste en un entorno de desarrollo que implementa el lenguaje de programación Processing/Wiring y el cargador de arranque que es ejecutado en la placa. No obstante Arduino se puede utilizar para desarrollar objetos independientes, o puede ser conectado a otro tipo de software como Adobe Flash, Max/MSP, Pure Data, C#, Python, Java...

Arduino puede adquirir información del entorno para controlar distintos actuadores o sensores, mediante una serie de entradas y salidas que dispone la placa.

Historia de Arduino.

Arduino se inició en torno al año 2005 como un proyecto para estudiantes en el Instituto IVREA, en Ivrea (Italia). Esta idea surgió debido a que los microcontroladores en esa época eran muy costosos, lo que incurría en muchos inconvenientes a la hora de adquirir uno para trabajar y/o desarrollar los conocimientos teóricos con él.

Arduino fue fundado entre otros, por un profesor de dicha universidad italiana, Massimo Banzi. Para su creación también participaron estudiantes e investigadores. Cierta tiempo después, Google colaboró en el desarrollo del Kit Android ADK (Accesory Development Kit), una placa Arduino capaz de comunicarse directamente con teléfonos móviles inteligentes bajo el sistema operativo Android, para que el teléfono fuese capaz de controlar luces, motores y diversos sensores conectados a Arduino.

En el año 2011, en la feria Maker Fair, se presentó la primera placa Arduino 32 Bit para trabajar tareas más pesadas.

Arduino UNO

Arduino tiene numerosas placas con diferentes funcionalidades, vamos a describir con detalle una de las placas más básicas: Arduino UNO. El precio de una placa de este tipo está en torno a los 20 €.



Figura 67. Arduino UNO.

A continuación, en la tabla 13, vemos las características principales de esta placa de Arduino.

Tabla 13. Característica de Arduino UNO

Tamaño	75x53 mm
Microcontrolador	ATMega328
Voltaje operativo	5 V
Voltaje de entrada (recomendado)	7-12 V
Voltaje de entrada (límites)	6-20 V
Pines digitales E/S	14 (6 con salida PWM)
Pines analógicos	6
Corriente continua para pines E/S	40 mA
Corriente continua para pines de 3.3 V	50 mA
Corriente continua para pines 5 V	300 mA
Memoria Flash	32 KB, de los cuales 0,5 son para el bootloader
SRAM	2 KB
EEPROM	1 KB
Velocidad del reloj	16 MHz

Hemos considerado necesario, desglosar un poco las diferentes partes de nuestra pequeña placa, para ver con más detalle sus elementos:

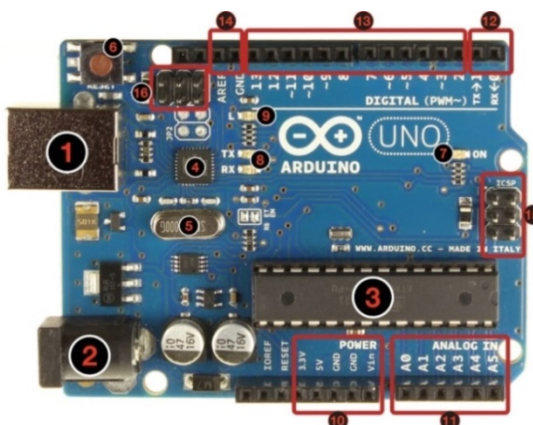


Figura 68. Placa Arduino UNO rev3, descripción de componentes.

Tabla 14. Elementos de la placa Arduino UNO rev3.

1	Conector USB A de datos	2	Conector Jack alimentación
3	Microchip ATmega	4	Chip FTDI de comunicación
5	Cristal de cuarzo a 16 MHz	6	Botón de Reset
7	Led de encendido	8	Leds de comunicación serie
9	Led indicador del Pin 13	10	Pines de alimentación
11	Pines de entradas analógicas	12	Pines directos de comunicación serie
13	Pines de entrada/salida digital	14	Pines de referencia de voltaje
15	Pines programación ISP	16	Pines ISP para interfaz USB

Microcontrolador ATmega328.

El microcontrolador es el elemento más importante de la placa. Es donde se instalará y ejecutará el código que se haya diseñado. Ha sido desarrollado por la compañía Atmel, tiene un voltaje operativo de 5 V, aunque se recomienda como entrada de 7-12 V con un límite de 20 V. Contiene 14 pines digitales de entrada y salida, 6 pines analógicos.

Dispone de 32 KB de memoria flash, de los cuales, 512 bytes son utilizados por el bootloader. En la memoria flash se aloja el programa a ejecutar. El bootloader es el encargado de preparar el microcontrolador para que pueda ejecutar nuestro programa. También tiene una memoria EEPROM de 1 KB que puede ser leída o escrita con la librería EEPROM. En la parte de procesamiento dispone de un reloj de 16 MHz y 2 KB de memoria RAM.

Alimentación.

Arduino permite diferentes modos de alimentación:

- **Conexión por USB:** nos proporciona a la placa 5 V.
- **Jack de alimentación de 3,5 mm:** normalmente se conecta una pila o fuente de alimentación de 9 V. El voltaje de alimentación se recomienda entre 7-12 V. Siendo los valores máximo y mínimo 6 V y 20 V respectivamente.
- **Directamente 5 V al pin de 5 V.**

Pines de alimentación

Permiten alimentar los circuitos diseñados por el usuario.

- **3,3 V:** proporciona una tensión de 3,3 V, con una intensidad máxima de 50 mA.
- **5 V:** proporciona una tensión de 5 V, con una intensidad máxima de 300 mA.
- **GND:** nivel de referencia (0 V) o toma de tierra.
- **Vin:** es el voltaje de entrada cuando se tiene una fuente de alimentación externa (no tiene en cuenta la conexión USB). Se puede proporcionar voltaje a la placa a través de este pin, o en caso de que esté utilizando una fuente de alimentación externa proporcionar el valor que está siendo suministrado.

Pines de entrada y salida analógica.

- **Entrada:** los valores de salida van desde 0 V a 5 V en un rango de 0 a 1023 valores intermedios; es decir, una precisión de 10 bits.

- **Salida:** los alores de salida varían también entre 0 V y 5 V en un rango de 0 a 255 valores intermedios; es decir, una precisión de 8 bits.

Pines de entrada y salida digital.

- Los valores pueden ser:
 - **HIGH (5 V):** se interpretará HIGH siempre y cuando la señal esté comprendida entre 3 y 5 V.
 - **LOW (0 V):** se interpretará LOW siempre y cuando la señal esté comprendida entre 0 y 2 V.
- Hay pines reservados con determinados usos:
 - **Serie:** 0 (RX) y 1 (TX). Utilizados para recibir (RX) y transmitir (TX) datos serie. Están directamente conectados a los pines serie del microcontrolador. Con estos pines podemos conectarnos con otras placas.
 - **Interrupciones externas:** pines 2 y 3. Pueden ser configurados para activar interrupciones.
 - **PWM:** 3, 5, 6, 9, 10 y 11: proporcionan una salida de 8 bits en modo PWM.
 - **SPI:** 10, 11, 12 y 13. Estos pines soportan la librería de comunicación de dispositivos SPI.
 - **LED:** 13. Este pin está conectado con un led de la placa. Cuando se le asigne un valor HIGH se encenderá, si lo dejamos en LOW estará apagado.

La intensidad máxima que proporciona tanto los pines analógicos como digitales es de 40 mA.

Boton de reset y pin de reset.

Pulsando el botón de reset podremos reiniciar la ejecución del código del microcontrolador. Hay otra manera de realizar esta operación y es suministrando un valor LOW (0 V) al pin de Reset (situado al lado del pin de 3,3 V).

Pines de programación ISCP (In Circuit Serial Programming)

Es un conector utilizado en los dispositivos PIC (Peripheral Interface Controller) para programarlos sin necesidad de tener que retirar el chip del circuito del que forma parte.

Referencia para pines analógicos (AREF)

Tensión de referencia para entradas analógicas. Se utiliza con la función `analogReference()`.

Conector USB

Esta placa utiliza el conector tipo B hembra, con lo que se necesitará un cable tipo B macho-tipo A macho. Se deberá conectar a un conector tipo A hembra, ya sea un ordenador o un cargador de un móvil. El USB nos proporciona los 5 V que necesita la placa.

Cuando conectemos la placa al ordenador y carguemos un programa, éste se cargará por medio del bus del USB.

Comunicación con Arduino

Control por Infrarrojos.

En primer lugar vamos a realizar el control de nuestro proyecto por infrarrojos, para ello necesitaremos un receptor de infrarrojos y un mando a distancia. Podemos observar en la figura 69 el dispositivo que vamos a utilizar, junto con el mando que venía en el pack.



Figura 69. Receptor de infrarrojos y mando a distancia.

Receptor de infrarrojos: VS 1938b.

El funcionamiento del sistema infrarrojo es bastante simple: cuando se presiona una tecla del mando de control remoto, éste envía al aparato una señal lumínica invisible al ojo humano. En el otro extremo, el artefacto recibe la señal, la decodifica y reacciona a la indicación.

La mayoría de los controles remotos transmiten la señal lumínica en forma de pulsos a 38kHz (también a 30kHz, 36kHz y 56kHz) y los receptores se encargan de traducir la presencia de la portadora en un nivel lógico alto y la ausencia en uno bajo. También se encargan de filtrar y de que no aparezca ruido.

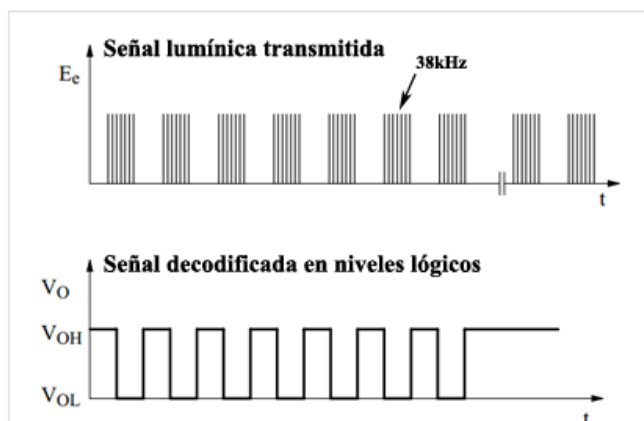


Figura 70. Arriba: señal emitida por el mando. Abajo: señal recibida y codificada.

Conexión con Arduino

En la figura 71 mostramos el esquema de conexión al Arduino. La patilla de la izquierda es la que iría al pin digital que nosotros queramos, la patilla del centro a masa, y la patilla de la derecha a la alimentación (indistintamente a 3,3 V o 5 V), visto el sensor frontalmente.

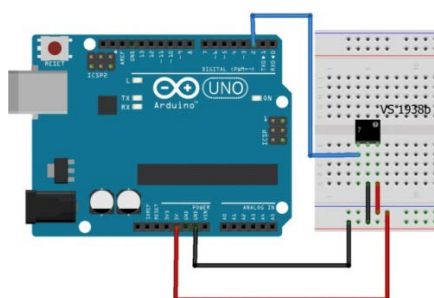


Figura 71. Conexión receptor de infrarrojos.

En primer lugar debemos decodificar nuestro mando a distancia, para obtener así la codificación correspondiente a cada tecla de nuestro mando.

```

/*Programa para obtener el código de cada uno de los
Botones de mando*/

//Incluimos las librerías necesarias para comunicacion
#include <NECIRrcv.h> //libreria para comunicacion IR
#define IRPIN 2 // pin al que conectamos la patilla 3 del
sensor

NECIRrcv ir(IRPIN) ;

//Modulo inicialización de variables
void setup()
{
  Serial.begin(9600) ; //Iniciamos la configuración por puerto
serie

```

Diseño de un sistema domótico centralizado

```
    Serial.println("NEC IR Codigo Recepcion") ;
    ir.begin() ;
}

void loop()
{
    //variable que almacena el código recibido por el mando

    unsigned long ircode ;

    while (ir.available()) { //Comunicación IR disponible
        //leo el código recibido y lo muestro por monitor serie
        ircode = ir.read() ;
        Serial.print("Codigo:") ;
        Serial.println(ircode) ;
    }
}
```

El funcionamiento de este código es el siguiente: en primer lugar se incluye la librería <NECIRrcv.h> que es una librería que tiene las funciones necesarias para la recepción de infrarrojos. Luego se define el pin donde va a ir conectada la patilla 3 de nuestro receptor VS 1918b. Mediante la instrucción NECIRrcv ir(IRPIN) asignamos el pin para que la librería reconozca en que pin tenemos conectado nuestro receptor.

Tras las declaraciones globales, ahora viene el módulo void setup de Arduino, aquí es donde inicializamos la comunicación por puerto serie (Serial.begin(9600)) y la comunicación con el receptor (ir.begin()).

Finalmente tenemos el módulo void loop(), la rutina que se ejecutará indefinidamente en nuestro Arduino. Primero definimos una variable para almacenar los datos recibidos (ircode), y luego creamos un bucle que leerá, mediante ir.read() los códigos enviados por el mando, y los imprime en el monitor serial.

Codificación del mando:

Tras probar este programa, y ver que funciona correctamente, procedemos a realizar una librería con todos los botones del mando, para tenerla disponible en cualquier momento.

El mando utilizado no es el que venía con el receptor de infrarrojos, sino un mando de un viejo DVD (figura 72), dado que el alcance del mando que proporcionaba el fabricante era de muy corto alcance (apenas unos 20cm). Con el mando del DVD hemos conseguido un alcance mayor. Pero este receptor de infrarrojos solo recibe información frontalmente, en un ángulo de 90 grados.

Librería: "Codigo_mando.h"

```
#define ZOOM 4278255360
#define EX 4077715200
#define PBC 4061003520
#define RL 2958032640
#define REPEAT 2974744320
#define NP 2991456000
#define SLOW 2807627520
#define STEP 2874474240
#define DISPLAY 2857762560
#define KARAOKE 2690645760
#define UNO 4127850240
#define DOS 4194696960
#define TRES 4261543680
#define CUATRO 3024879360
#define CINCO 3091726080
#define SEIS 3158572800
#define SIETE 3041591040
#define OCHO 3175284480
#define NUEVE 3175284480
#define TIME 4044291840
#define CERO 3191996160
#define MASDIEZ 3125149440
#define KEYMAS 2740780800
#define KEYMENOS 2724069120
#define PROG 3776904960
#define CLEAR 4244832000
#define VOLMAS 3843751680
#define VOLMENOS 2790915840
#define ECHOMAS 2941320960
#define ECHOMENOS 2924609280
#define SETUP 4027580160
#define ANGLE 4161273600
#define ARRIBA 3141861120
#define ABAJO 3075014400
#define IZQUIERDA 3008167680
#define DERECHA 3208707840
#define AB 2707357440
#define MUTE 2774204160
#define LANGUAGE 2841050880
#define TITLE 2907897600
#define SUBTITLE 3058302720
#define PAUSE 2757492480
#define PLAY 4177985280
#define STOP 2824339200
#define ATRAS 3810328320
#define ADELANTE 3877175040
#define ESATRAS 3944021760
#define ESADELANTE 4010868480
```



Figura 72. Mando IR.

Ya tenemos todo listo para realizar el control por infrarrojos, el mando con sus códigos en una librería, y el receptor. Para ver que funciona correctamente realizaremos un sencillo programa para encender y apagar dos LEDs.

Programa verificación del funcionamiento.

Para este programa de prueba, en lugar de utilizar la librería hemos introducido directamente los códigos, para comprobar que de esta manera también funciona. Vemos en la figura 73 el esquema de funcionamiento de este programa.

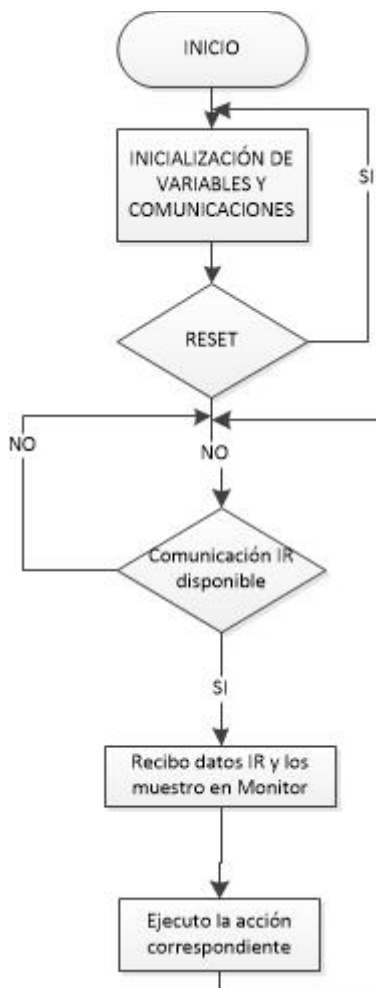


Figura 73. Diagrama recepción de IR y control de LEDs.

```
/* Este programa ha sido desarrollado para el control de dos leds mediante un mando emisor de infrarrojos */
```

```
#include <NECIRrcv.h> //Librería para la recepción de IR
#define IRPIN 2 // Pin al que conectamos la patilla 3 del sensor
NECIRrcv ir(IRPIN); //Asignamos el pin IR a la funcion para que la funcion lo detecte
int led = 53; //Pin donde tenemos un led conectado
int led1=52; //Pin donde conectamos el otro led
```

```
/* Modulo setup, que inicializa las comunicaciones y define el modo de los pines */
```

```
void setup()
{
  Serial.begin(9600) ; //Inicio la comunicación con el PC
  Serial.println("Comunicacion iniciada") ;
  ir.begin() ; //Inicio la recepción de IR
  pinMode(led, OUTPUT); //Defino los pines como salidas
  pinMode(led1, OUTPUT);
}
//Modulo principal
void loop()
{
  unsigned long ircode ; //Variable que almacena el código
  recibido

  while (ir.available()) {
    ircode = ir.read() ; //Leo el valor recibido
    Serial.print("Codigo:") ;
    Serial.println(ircode) ; //Muestro el código en línea de
  comandos

  switch (ircode) {

  case 4127850240: //Codigo del botón 1
    digitalWrite(led, HIGH); //Boton 1: Enciendo led pin 53
    break;
  case 4194696960:
    digitalWrite(led, LOW); //Boton 2: Apago led pin 53
    break;
  case 4261543680:
    digitalWrite(led1, HIGH); //Boton 3: Enciendo led pin 52
    break;
  case 3024879360:
    digitalWrite(led1, LOW); //Boton 4: Apago led pin 53
    break;
  case 2824339200 : //Boton STOP: Apago todo
    digitalWrite(led, LOW);
    digitalWrite(led1, LOW);
    break;
  case 4177985280: //Boton PLAY: Enciendo todo
    digitalWrite(led, HIGH);
    digitalWrite(led1, HIGH);
    break;

  }
}
}
```

Control por Bluetooth.

Una vez realizada la configuración por infrarrojos, vamos a ir un paso más allá: la conexión por Bluetooth. En este caso hemos utilizado un módulo HC-06. Como hemos visto en los apartados correspondientes, el Bluetooth es un estándar de comunicación inalámbrica que permite la transmisión de datos a través de radiofrecuencia en la banda libre de 2,4 GHz.

Módulo Bluetooth: HC-06

En primer lugar debemos configurar nuestro módulo. La comunicación del módulo Bluetooth con el Arduino es serie. Las patillas de nuestro dispositivo son las siguientes:

- **GND:** es la masa del módulo que irá conectada a nuestra GND de Arduino.
- **Vcc:** la alimentación del módulo, puede tener valores entre 3,6 V y 6 V.
- **TXD:** transmisión de datos.
- **RXD:** recepción de datos, a un voltaje de 3,3 V.

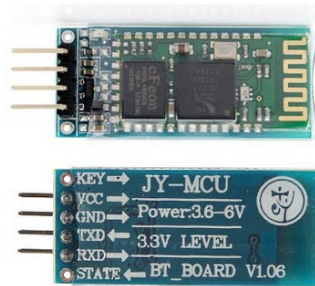


Figura 74. Módulo Bluetooth: HC-06

Configuraremos el módulo ejecutando el siguiente código:

```
/*Programa para configurar el modulo Bluetooth */
//Incluyo las librerías necesarias para la ejecución
#include <SoftwareSerial.h> //Librería que permite establecer
comunicación serie pines diferentes al 0 y 1

//Aquí conectamos los pines RXD(2),TDX(3) del módulo
Bluetooth, para la comunicación serie
SoftwareSerial BT(2,3);

//modulo para iniciar las comunicaciones
void setup()
{
  BT.begin(9600); //Inicio la comunicación serie con modulo
Bluetooth
  Serial.begin(9600); //Comunicación serie con PC a 9600 bps
}

//Modulo principal
void loop()
{
  if(BT.available()) //Comprobamos que la comunicación sea
correcta con el bluetooth
  {
    Serial.write(BT.read()); /* Envio datos por puerto serie
PC y leo por bluetooth */
  }
}
```



```

if(Serial.available()) //Si ha comunicación con PC
{
    BT.write(Serial.read()); //Leo los datos enviados por el
    modulo bluetooth
}
}

```

La configuración del módulo se realiza mediante los llamados “comandos AT”, que son un tipo de comandos que permiten la configuración mediante cualquier dispositivo que soporte comunicación serie Tx-Rx. Tiene las instrucciones indicadas en la tabla 15, que nos permiten en primer lugar comprobar si la conexión está establecida, así como cambiar el nombre, contraseña y la tasa de transmisión de datos (baudios). En este modelo, entre comandos debemos esperar un mínimo de 1 segundo, y no se deben enviar caracteres fin de línea ni retorno de carro al final del comando, sino no se realizará la configuración correctamente.

Tabla 15. Comandos para la configuración de nuestro Bluetooth Arduino.

Comando	Descripción	Respuesta
AT	Test de comunicación	Si todo está correcto: OK
AT+VERSION	Retorna la versión del módulo	OKlinvorV1.8
AT+BAUDx	Configura la velocidad de transmisión según el valor de x [1=1200; 2=2400; 3=4800; 4=9600 (por defecto); 5=19200; 6=38400; 7=57600; 8=115200; 9=230400; A=460800; B=921600; C=1382400]	Si se introduce AT+BAUD7: OK57600
AT+NAMEx	Configura el nombre con el que aparecerá en los dispositivos, hasta 20 caracteres.	Si se introduce: AT+NAMEBT: OKsetname
AT+PINxxxx	Configura la contraseña de acceso al módulo: por defecto 1234	AT+PIN0000 responde: OKsetPIN

Hemos configurado el módulo con los parámetros: NAME= ADRIAN, PIN=0000 y BAUD=9600.

Dispositivo controlador: Smarthphone

Bien, ya tenemos la primera parte, el módulo receptor, ahora necesitamos un sistema emisor, desde el que podamos controlar nuestro sistema. En nuestro caso hemos elegido un teléfono móvil con sistema operativo Android.

Existen en el mercado numerosas aplicaciones para poder realizar la conexión con nuestro dispositivo, nosotros hemos elegido: Arduino Bluetooth Control Device. Que tiene una interfaz con capacidad de control de hasta 8 dispositivos, con la peculiaridad que tiene además del encendido y apagado, una opción de temporizar dichos sistemas. También existe la opción de

Diseño de un sistema domótico centralizado

descargarse una aplicación del tipo Blueterm, que consiste en una ventana de comandos para enviar los datos por terminal, pero esta opción la descartamos por incomodidad para el usuario.



Figura 75. Interfaz Android para el control

Programa de prueba

Para comprobar el correcto funcionamiento de nuestro dispositivo, realizamos el programa como en el caso anterior, para el control de dos leds. En la figura 76 vemos el diagrama de flujo de este programa, vemos que es muy similar al del caso anterior de recepción de IR.

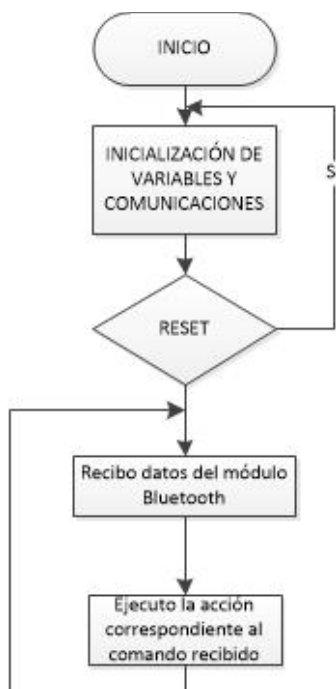


Figura 76. Diagrama flujo comunicación bluetooth

```
/* Este programa ha sido diseñado para el control de dos LEDS
Con un modulo bluetooth */

//Incluyo las librerías necesarias para la ejecución
#include<SoftwareSerial.h>

// se define al Pin20 como RX, Pin21 como TX
SoftwareSerial BT(20,21);
int led=52;      //Pin donde tenemos conectados nuestros leds
int led1=53;

/* Modulo para inicialización de variables y definición del
modo de los pines */
void setup()
{

    //inicializa la comunicacion serial
    Serial.begin(9600);
    BT.begin(9600);

    //se configura los pines de entrada y salida
    pinMode(led,OUTPUT);
    pinMode(led1,OUTPUT);

    // inicializa el estdo de los LEDS
    digitalWrite(led,LOW);
    digitalWrite(led1,LOW);
}

//Modulo principal

void loop()
{

    char c=BT.read();
    Serial.println(c);
    if(c=='A') digitalWrite(led,HIGH);    //Enciendo un led
    if(c=='B') digitalWrite(led1,HIGH);  //Enciendo el otro led
    if(c=='a') digitalWrite(led,LOW);    //Apago el primer led
    if(c=='b') digitalWrite(led1,LOW);  //Apago el segundo led
    if(c=='C') {                          //Enciendo los dos
        digitalWrite(led,HIGH);
        digitalWrite(led1,HIGH);
    }

    if(c=='c') {
        digitalWrite(led1,LOW);           //Apago los dos
        digitalWrite(led,LOW);
    }
    delay(500);
}
}
```

Control por Ethernet.

Otra opción para el control de nuestra vivienda es mediante un servidor Internet. Mediante un módulo Ethernet como el de la figura 77 podemos conectar nuestro Arduino a la red local.

Este módulo se puede conectar tanto a Arduino Uno como a Arduino Mega, la conexión es simplemente insertándolo encima haciendo que coincidan con los pines. Una vez tenemos conectado el módulo, procedemos a la parte de la programación. En este caso es más complicada dado que tendremos que realizar el servidor web en html, hemos realizado un pequeño programa a modo de ejemplo, al igual que en los casos anteriores.



Figura 77. Módulo Arduino Ethernet Shield

Programa ejemplo.

Controlaremos dos leds desde un servidor web, desarrollado por nosotros mismos. En esta ocasión el programa es más complejo dado que tenemos que crear con Arduino el código de la página web en html.

En la figura 78 vemos el diagrama de flujo del funcionamiento de nuestro programa. En primer lugar se definen las librerías necesarias para la comunicación. Se asigna la dirección MAC, y la dirección IP en la que estará alojado nuestro dispositivo en la red local. Luego se define setup(), donde asignamos los pines donde irán conectados los leds a controlar, y iniciamos la comunicación por Ethenet.

Luego el programa principal (void loop()), está diferenciado en dos partes, en la primera parte realizamos los cambios en nuestros sistema, y actuamos dependiendo de lo que hayamos recibido de nuestro módulo Ethernet. Y en la segunda parte cargamos el servidor en html, para ver los diferentes botones y comandos que vemos en la figura 79.

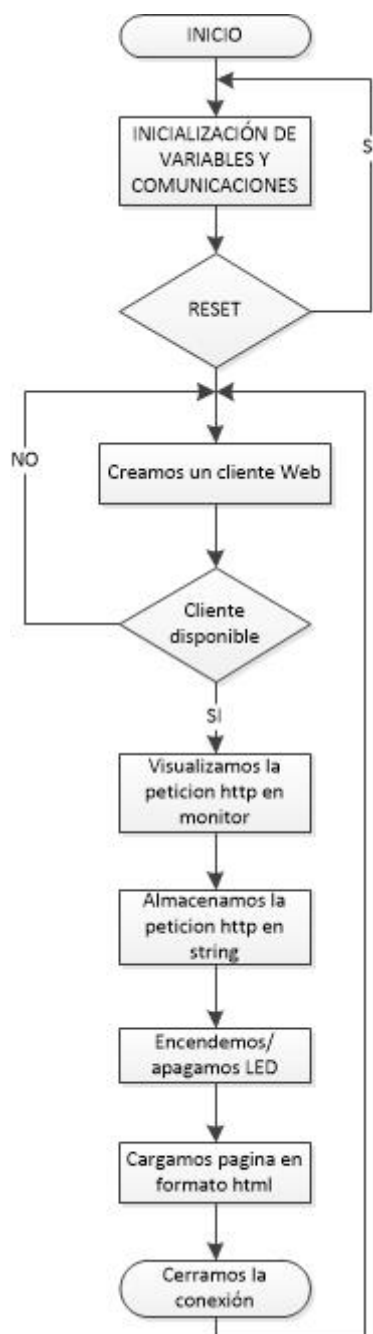


Figura 78. Diagrama de flujo comunicación Ethernet.

```

/*Este programa ha sido desarrollado para el control de dos
leds mediante una Ethernet Shield */
#include <SPI.h> //Importamos librería comunicación SPI
#include <Ethernet.h> //Importamos librería Ethernet

byte mac[] = {
  0xDE, 0xAD, 0xBE, 0xEF, 0xFE, 0xED };//Ponemos la dirección
MAC de la Ethernet Shield que está con una etiqueta debajo la
placa
IPAddress ip(192,168,0,4); //Asignamos la IP al Arduino
EthernetServer server(80); //Creamos un servidor Web con el
puerto 80 que es el puerto HTTP por defecto
    
```

Diseño de un sistema domótico centralizado

```
int led=4; //Pin del led
int led1=5;

String estado="OFF"; //Estado del Led inicialmente "OFF"

//Modulo de las declaraciones e inicializaciones de variables.
Se ejecuta al cargar el código al Arduino

void setup()
{
  Serial.begin(9600);

  // Inicializamos la comunicación Ethernet y el servidor
  Ethernet.begin(mac, ip);
  server.begin();
  Serial.print("server is at ");
  Serial.println(Ethernet.localIP());

  pinMode(led,OUTPUT);
  pinMode(led1,OUTPUT);
  pinMode(rele,OUTPUT);
}

//Modulo principal: se ejecuta indefinidamente en nuestro
Arduino
void loop()
{
  EthernetClient client = server.available(); //Creamos un
cliente Web
  //Cuando detecte un cliente a través de una petición HTTP
  if (client) {
    Serial.println("new client");
    boolean currentLineIsBlank = true; //Una petición HTTP
acaba con una línea en blanco
    String cadena=""; //Creamos una cadena de caracteres vacía
    while (client.connected()) {
      if (client.available()) {
        char c = client.read();//Leemos la petición HTTP
carácter por carácter
        Serial.write(c);//Visualizamos la petición HTTP por el
Monitor Serial
        cadena.concat(c);//Unimos el String 'cadena' con la
petición HTTP (c). De esta manera convertimos la petición HTTP
a un String

        //Ya que hemos convertido la petición HTTP a una
cadena de caracteres, ahora podremos buscar partes del texto.
        int posicion=cadena.indexOf("LED="); //Guardamos la
posición de la instancia "LED=" a la variable 'posicion'
        int posicion1=cadena.indexOf("LED1=");
        int pos=cadena.indexOf("TODOS");
        if(cadena.substring(posicion)== "LED=ON")//Si a la
posición 'posicion' hay "LED=ON"
        {
          digitalWrite(led,HIGH);
          estado="ON";
        }
      }
    }
  }
}
```

```

    }
    if(cadena.substring(posicion)== "LED=OFF" or
cadena.substring(pos)== "TODOS-OFF")//Si a la posición
'posicion' hay "LED=OFF"
    {
        digitalWrite(led,LOW);
        estado="OFF";
    }
    if(cadena.substring(posicion1)== "LED1=ON")//Si a la
posición 'posicion' hay "LED=ON"
    {
        digitalWrite(led1,HIGH);
        estado="ON";
    }
    if(cadena.substring(posicion1)== "LED1=OFF" or
cadena.substring(pos)== "TODOS-OFF")//Si a la posición
'posicion' hay "LED=OFF"
    {
        digitalWrite(led1,LOW);
        estado="OFF";
    }
}

//Cuando reciba una línea en blanco, quiere decir que
la petición HTTP ha acabado y el servidor Web está listo para
enviar una respuesta
if (c == '\n' && currentLineIsBlank) {

    // Enviamos al cliente una respuesta HTTP
    client.println("HTTP/1.1 200 OK");
    client.println("Content-Type: text/html");
    client.println();

    //Página web en formato HTML
    client.println("<html>");
    client.println("<head>");
    client.println("</head>");
    client.println("<body>");
    client.println("<h1 align='center'>ETHERNET
SHIELD</h1><h3 align='center'>LEDs controlado por Servidor Web
con Arduino</h3><h4 align='center'>ADRIAN RODRIGUEZ</h4>");
    //Creamos los botones. Para enviar parametres a
través de HTML se utiliza el metodo URL encode. Los parámetros
se envían a través del símbolo '?'
    client.println("<div style='text-align:center;'>");
    client.println("<button
onClick=location.href='./?LED=ON\'
style='margin:auto;background-color: #84B1FF;color:
snow;padding: 10px;border: 1px solid #3F7CFF;width:65px;'>");
    client.print("ON-");
    client.println(led);
    client.println("</button>");
    client.println("<button
onClick=location.href='./?LED=OFF\'
style='margin:auto;background-color: #84B1FF;color:
snow;padding: 10px;border: 1px solid #3F7CFF;width:65px;'>");
    client.print("OFF-");
}

```

Diseño de un sistema domótico centralizado

```
        client.println(led);
        client.println("</button>");
        client.println("<button
onClick=location.href='./?LED1=ON\'
style='margin:auto;background-color: #84B1FF;color:
snow;padding: 10px;border: 1px solid #3F7CFF;width:65px;'>");
        client.print("ON-");
        client.println(led1);
        client.println("</button>");
        client.println("<button
onClick=location.href='./?LED1=OFF\'
style='margin:auto;background-color: #84B1FF;color:
snow;padding: 10px;border: 1px solid #3F7CFF;width:65px;'>");
        client.print("OFF-");
        client.println(led1);
        client.println("</button>");
        client.println("<br /><br />");
        client.println("<button
onClick=location.href='./?TODOS-OFF\'
style='margin:auto;background-color: #84B1FF;color:
snow;padding: 10px;border: 1px solid #3F7CFF;width:65px;'>");
        client.print("OFF-TODOS");
        client.println("</button>");
        client.println("<br /><br />");
        client.println("<b>LED = ");
        client.print(estado);
        client.println("</b><br />");
        client.println("</b></body>");
        client.println("</html>");
        break;
    }
    if (c == '\n') {
        currentLineIsBlank = true;
    }
    else if (c != '\r') {
        currentLineIsBlank = false;
    }
}
}
//Dar tiempo al navegador para recibir los datos
delay(1);
client.stop();// Cierra la conexión
}
}
```

Una vez cargamos el código en la tarjeta Arduino, debemos conectarnos con cualquier dispositivo en nuestra red local e introducimos la dirección IP en nuestro navegador que asignamos al Arduino para controlarlo. Vemos que la interfaz que hemos creado dispone de 5 botones (figura 79), los cuales nos permiten interactuar con el Arduino.



Figura 79. Interfaz Web con Arduino.

Interconexión de sensores y actuadores con la central.

Para interconectar todos los dispositivos con el nodo central existen numerosas alternativas que podremos implantar con Arduino. En primer lugar podríamos realizar un cableado de todos los sensores hasta el nodo central, pero esta opción solo es recomendable siempre y cuando los sensores y actuadores no estén a una distancia grande de nuestro nodo central, dado que de ser así, la señal sufriría atenuación e incluso se podría perder.

Otra opción sería introducir un sistema maestro-esclavo. Es decir, tendríamos un nodo central que podríamos diseñar por ejemplo con Arduino Mega, sería este nodo el que haría las comunicaciones por Ethernet, GSM o cualquier otro tipo de red que nos permita el control a distancia.

Luego los sensores y actuadores estarían conectados a un pequeño Arduino, del tipo Arduino UNO, NANO o MICRO. De esta forma cada sensor (o grupo de sensores de una misma zona) se conectaría de una manera cableada a este Arduino esclavo, y sería este el que se comunicaría con el nodo central mediante Bluetooth.

De esta manera la topología de la instalación, sería mixta, tendríamos un nodo central que puede controlar todos los dispositivos, pero a su vez, nodos cerca de los actuadores con cierta autonomía y capacidad de actuación. Podemos verlo en la figura 80.

Las ventajas de este sistema son la reducción de cables, y la mayor flexibilidad de la instalación. También en caso de fallar el nodo principal, nuestro sistema perdería ciertas capacidades, pero mantendría cierta autonomía.

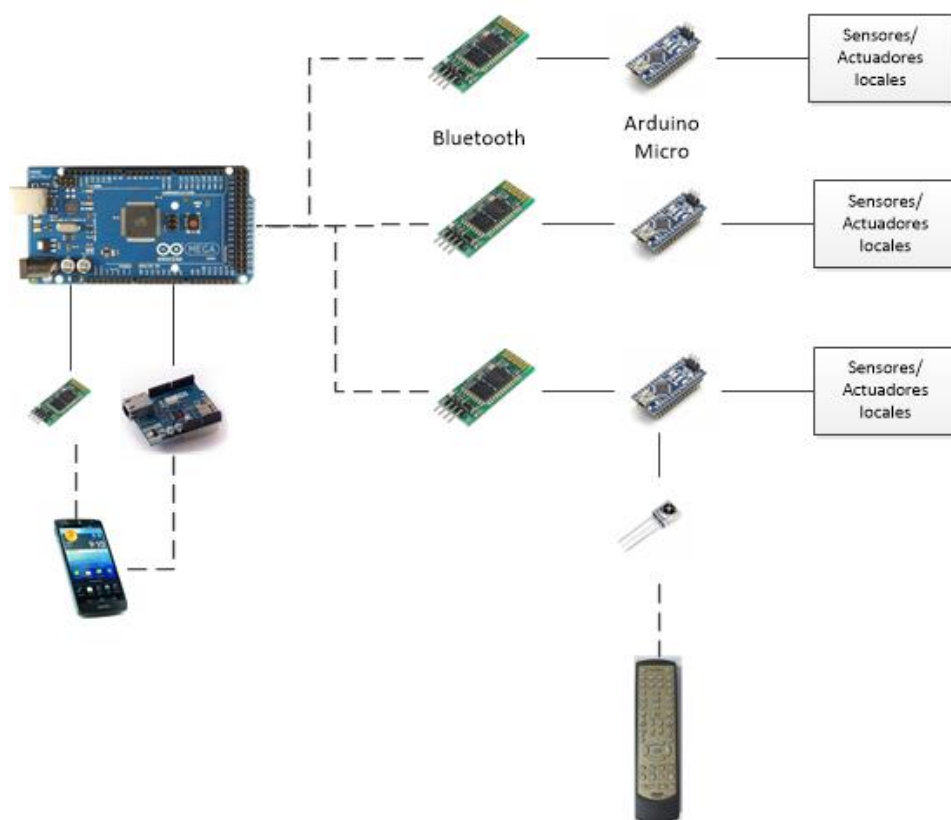


Figura 80. Configuración Master-Slave Arduino.

Red de seguridad

Vamos a tratar de realizar la misma instalación que en el caso anterior de Myfox, simplemente que seremos nosotros los que buscaremos los sensores adecuados, los interconectaremos de manera cableada y configuraremos manualmente como nosotros consideremos adecuado.

Vamos a instalar los sensores que vemos en la tabla 16, algunos de estos sensores los encontramos en el mercado montados sobre un módulo con las resistencias necesarias y otros, lo hemos de configurar nosotros mismos poniendo las resistencias necesarias para crear divisores de tensión, resistencias limitadoras, etc.

Tabla 16. Sensores instalados en nuestra vivienda domótica.

Sensor	Tipo de señal generada
Sensor CO MQ-7	Analógica/Digital
Sensor humos MQ-2	Analógica
Avería congelador LM-35	Analógica
Inundaciones YL-83	Analógica/Digital
Movimiento: Sensor PIR	Digital
Movimiento: Sensor Ultrasonidos	Digital
Sensor Llama	Analógica

En la figura 81, vemos un esquema de nuestra instalación domótica de seguridad. Vemos como en este caso, las conexiones con los sensores serán cableadas a diferencia del ejemplo anterior de Myfox.

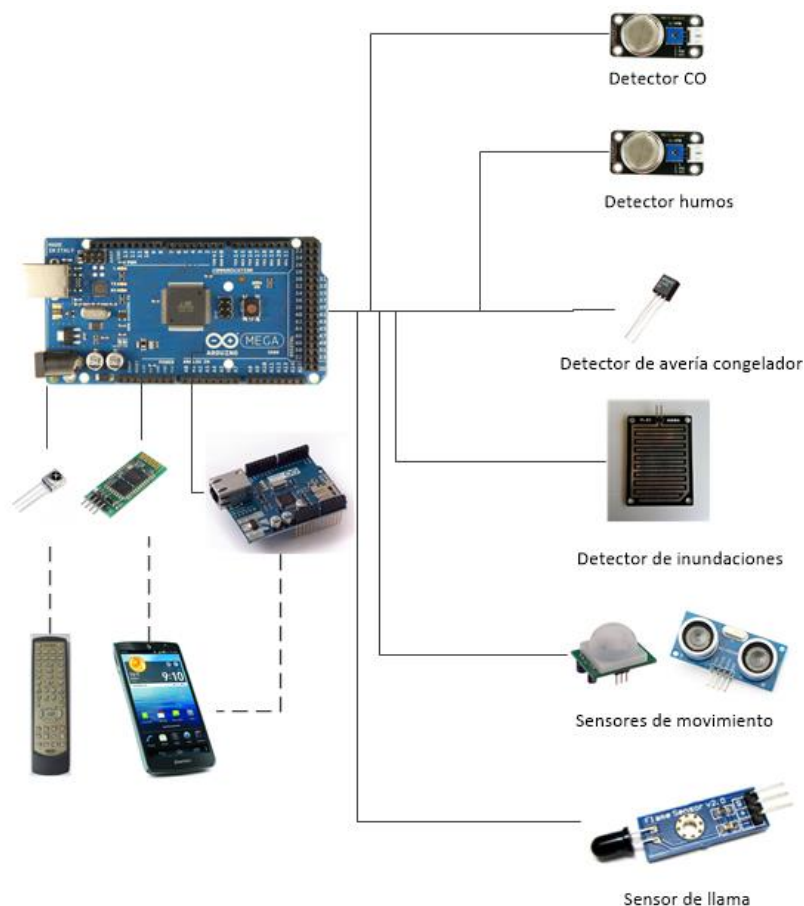


Figura 81. Red de seguridad.

Redes de accesibilidad, confort y ahorro energético

Las redes de accesibilidad, confort y ahorro energético las hemos agrupadas en una misma red, dado que los dispositivos que utiliza son prácticamente los mismos. Para realizar el control de luces, puertas y persianas, hemos utilizado relés que son dispositivos que tienen la función de un interruptor, con la ventaja que lo podemos controlar con nuestro mando a distancia, Smartphone o cualquier dispositivo con conexión Ethernet o Bluetooth.

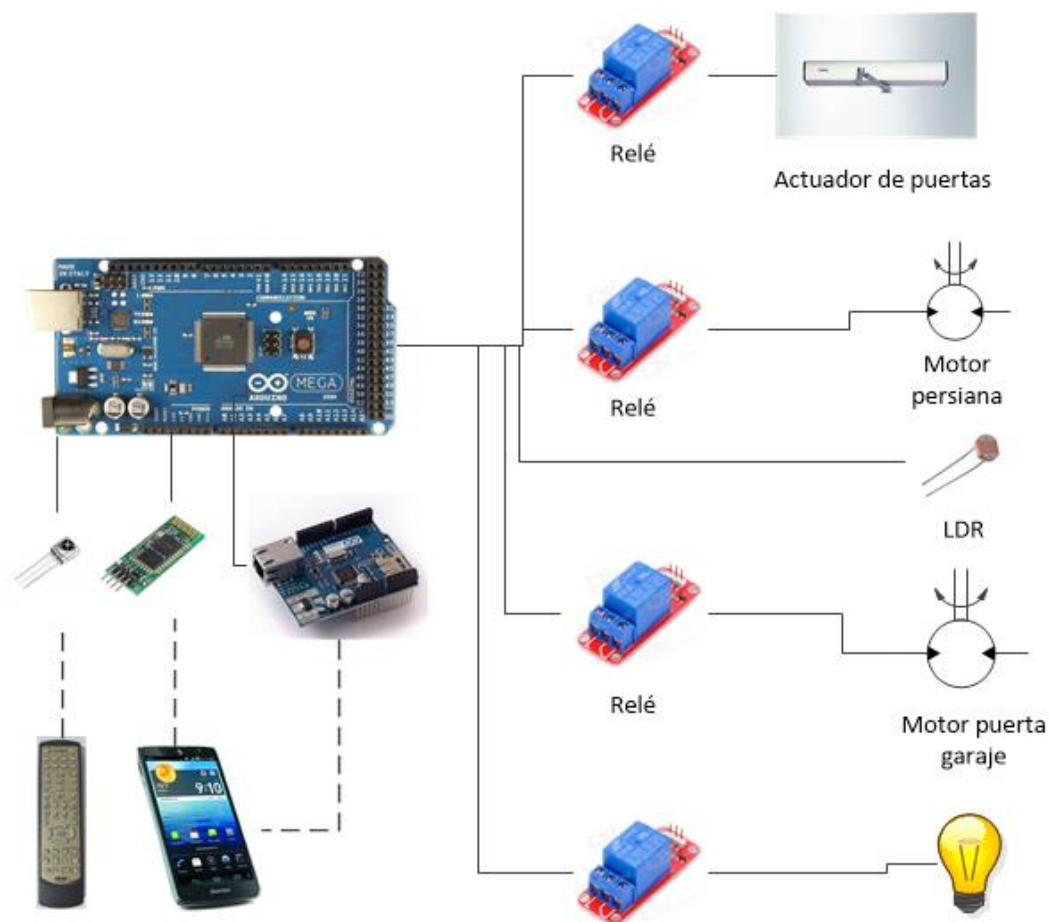


Figura 82. Esquema red de accesibilidad, confort y ahorro energético.

6.3. Descripción detallada de los sistemas

Seguridad

Detector de monóxido de carbono.

Para implementar nuestro detector de monóxido de carbono utilizaremos el sensor MQ-7 que vemos en la figura 83. Este módulo permite la conexión tanto a entrada analógica como a digital. Incorpora un potenciómetro de ajuste para regular la sensibilidad del módulo.

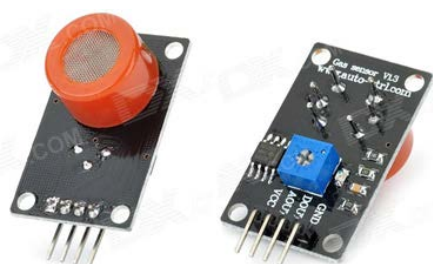


Figura 83. Módulo detector CO.

La conexión con nuestro microcontrolador es sencilla, la patilla de Vcc irá a 5 V, la patilla GND irá a GND de Arduino, y luego la patilla Dout a un pin digital o bien la patilla Aout a un pin analógico (o bien ambos).

Detector de humos

La implementación del detector de humos se hará con un detector de la misma gama, el sensor MQ-2 o el sensor MQ-3 son los más indicados para esta implantación. Físicamente el dispositivo es igual que el anterior, y la conexión exactamente la misma.

Para implementarlo en nuestro diseño práctico hemos implantado el sensor MQ-5 que vemos en la figura 84. El sensor de gas MQ5 se utiliza en la detección de fugas de equipos de gas en aplicaciones de consumo y la industria.



Figura 84. Sensor de gas MQ-5

Este sensor es adecuado para la detección de GLP, gas natural, butano y gas de carbón. Es conveniente evitar el ruido de humos de cocina, alcohol y humo de cigarrillo. La sensibilidad se puede ajustar mediante un potenciómetro incorporado en la placa del sensor.

En el apartado correspondiente al diseño práctico detallamos más características de este sensor y su conexión con Arduino.

Detector de incendio

Vamos a añadir un elemento que en la parte de Myfox no estaba disponible, un detector de incendio mediante un sensor de llama. Para realizar el detector de llama hemos utilizado un módulo como el de la figura 85. El sensor de llama puede ser utilizado para detectar fuego u otra longitud de onda entre 760 nm y 1100 nm. Tiene un rango de detección entre 20 cm y 1 m.



Figura 85. Sensor de llama.

Detector de avería congelador

Para realizar el detector de avería del congelador hemos utilizado un sensor de temperatura, en este caso el sensor LM35, por su reducido precio y altas prestaciones. Sus características principales son las siguientes:

- Calibrado directamente en grados Celsius.

Diseño de un sistema domótico centralizado

- Factor lineal de escala: +10 mV/°C.
- Rango: -55 °C a 150 °C.
- Voltaje de funcionamiento: 4 V a 30 V.
- Corriente máxima de drenaje: 60 µA.
- Baja impedancia de salida.

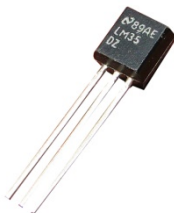


Figura 86. Sensor de temperatura LM35.

Detector de movimiento

El sensor de movimiento lo podemos realizar de dos maneras, mediante un sensor infrarrojo, o mediante sensor de distancia por ultrasonidos. Describiremos ambos sistemas a continuación.

Detector de movimiento con sensor PIR

El sensor PIR (*Passive Infra Red*) es un dispositivo piroeléctrico, detector de calor. Es un sensor electrónico que mide la luz infrarroja (IR) radiada de los objetos situados en su campo de visión. El calor infrarrojo medido no es visible por el ojo humano. Detecta el movimiento mediante un promedio del calor irradiado en el tiempo.



Figura 87. Sensor PIR.

La salida de este sensor será de nivel lógico alto cuando detecte el movimiento y de nivel bajo en caso contrario. Especificamos los detalles de conexión y programación en el apartado de diseño práctico.

Sensor de distancia HC-SR04

El HC-SR04 es un sensor ultrasónico de bajo coste que puede realizar la función que realiza el sensor anteriormente descrito (PIR, Passive Infrared

Sensor), es decir detectar un objeto, sino que también puede medir dicha distancia al objeto.



Figura 88. Sensor distancia HC-SR04.

Este sensor posee dos transductores, un altavoz y un micrófono. Ofrece una buena detección sin contacto con elevada precisión y lecturas estables. Este sensor de ultrasonidos no se ve afectado por la luz solar. Sin embargo, materiales suaves como telas pueden ser más complicados de detectar.

También es cierto que para un perfecto funcionamiento de este sensor habría que tener en cuenta la temperatura, dado que la velocidad del sonido en el aire varía con ella. A 20°C la velocidad del sonido es de 343 m/s, pero por cada grado centígrado que sube la temperatura, la velocidad del sonido aumenta 0,6 m/s.

Tabla 17. Características sensor ultrasonidos.

Corriente de reposo	< 2 mA
Corriente de trabajo	15 mA
Ángulo de medición	30 °
Ángulo de medición efectivo	15 °
Distancia detección	2 cm – 400 cm
Resolución	3 mm
Dimensiones	45 mm x 20 mm x 15 mm
Frecuencia de trabajo	40 KHz

Es interesante ver como funciona este dispositivo, a continuación describimos detalladamente los pasos que hay que realizar para el correcto funcionamiento de nuestro sistema:

1. Enviar un pulso '1' al pin TRIGGER, de una duración de al menos 10 microsegundos.
2. El sensor enviará 8 pulsos por ultrasonidos de 40 KHz y coloca a su salida Echo a alto (lo que se conoce como seteo), se debe detectar este evento e iniciar un nuevo conteo de tiempo.

3. La salida Echo se mantendrá a nivel alto hasta recibir el eco reflejado por el obstáculo, una vez lo recibe se pone a nivel bajo (deja de contar tiempo).
4. Es recomendable dejar un tiempo de espera entre cada lectura, con 50 ms puede ser suficiente.
5. La distancia es proporcional a la duración del pulso y se puede calcular con la siguiente fórmula (utilizando velocidad del sonido=340 m/s)

$$Distancia\ recorrida = \frac{Velocidad\ del\ sonido * Tiempo}{2}$$

$$Distancia\ (cm) = Tiempo\ medido\ (\mu s) \times 0.017$$

Para ser más precisos, podemos poner la velocidad del sonido en función de la temperatura:

$$Velocidad\ del\ sonido = 343 + 0,6 T\ (^{\circ}C)$$

$$Distancia\ (cm) = (171,5 + 0,3T) \cdot 10^{-4}$$

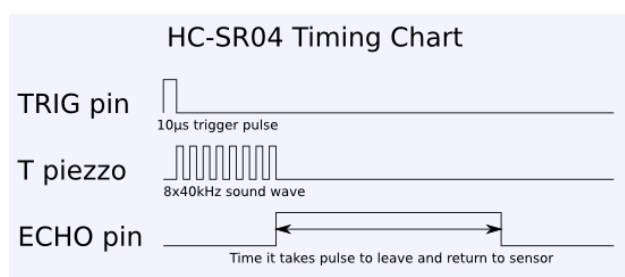


Figura 89. Esquema de funcionamiento del sensor de movimiento.

Detector de inundaciones

En este caso hemos utilizado un módulo capaz de detectar gotas de agua de lluvia. Este sistema puede utilizarse para sistemas de detección necesarios para cuando empieza a llover, pero nosotros lo hemos calibrado para detectar inundación, que no es más que una gran cantidad de gotas de agua. El módulo escogido es el YL-83 (ver figura 90) para Arduino.



Figura 90. Sensor de lluvia-inundación.

Este módulo está formado por un conjunto de pistas conductoras impresas sobre una placa de baquelita, como podemos observar en la figura 90. El funcionamiento de este módulo es muy sencillo, cuando sobre el módulo caen gotas de agua, al estar las pistas tan juntas se produce un cortocircuito. Al caer el agua sobre la placa, el agua ejerce de conductor y se crea un camino de baja resistencia entre las pistas con polaridad positiva y las pistas conectadas a tierra (GND). La corriente se limita con dos resistencias de 10 K Ω en cada conductor, lo que impide que el cortocircuito generado estropee el microcontrolador.

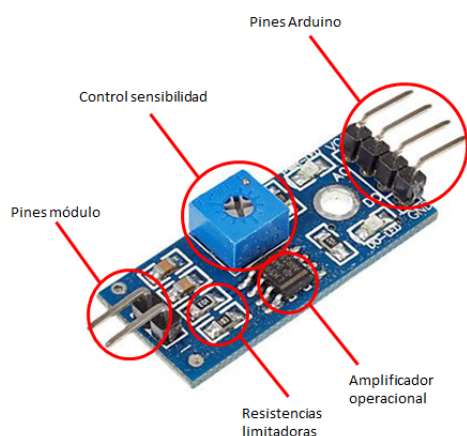


Figura 91. Sensor de lluvia-Circuito de control.

La segunda parte de este sensor es un circuito de control (figura 91). En este circuito es donde se encuentran las resistencias limitadoras de corriente y es el encargado de alimentar el módulo. Las partes de este circuito de control son las siguientes:

- **Resistencias de protección:** son las encargadas de limitar la corriente por el módulo.
- **Potenciómetro:** es el encargado de controlar la sensibilidad del sensor.
- **Amplificador operacional:** su función es amplificar la pequeña diferencia de voltaje que se genera cuando una gota de lluvia cae sobre las pistas del módulo. En nuestro caso se trata de un LM393.
- **Pines a Arduino:** posee cuatro pines, los dos de alimentación (Vcc y GND) y dos pines de salida: uno analógico y otro digital. La salida digital indicará HIGH (1) cuando haya agua en el módulo y LOW(0) en caso contrario. La salida analógica genera un rango continuo de voltaje, dependiendo de la cantidad de agua que posea el módulo.
- **Pines al módulo:** son los que captan la diferencia de resistencia, y por tanto de voltaje, entre las pistas del módulo.

Accesibilidad

Una vez descritos los sistemas que podemos implantar para la mejora de la seguridad, es el turno de describir los elementos para el sistema de accesibilidad.

Actuador para puertas

En este caso el actuador a implantar en la puerta será el mismo que en el caso anterior, el accionador Slimdrive EMD. Para su control externo, utilizaremos un relé que pueda controlar Arduino.

En la figura 92 vemos el relé escogido, posee dos contactos, uno normalmente abierto (NO) y otro normalmente cerrado (NC). Para su control basta con enviar una señal lógica alta (5 V) y cambiará de NC a NO. En cuanto la señal alta cambie a nivel bajo (0 V) el contacto volverá a estar en NC.



Figura 92. Relé Arduino.

Confort y eficiencia

En este apartado procedemos a explicar brevemente los sensores y actuadores que podemos utilizar para la mejora del confort y la eficiencia de nuestra vivienda.

Automatización de persianas

Automatizar una persiana parece una tarea complicada, pero es más sencillo de lo que creemos. Basta con dos relés, uno para realizar la función del pulsador de subir persiana, y otro para que realice la función del pulsador de bajar la persiana. Pero nosotros vamos a añadir una opción más, un sensor LDR para controlar la persiana de manera automática dependiendo de la luz exterior y así mejorar la eficiencia energética de la vivienda.

Sensor LDR

Este sensor está formado por una fotorresistencia. Esta fotorresistencia varía en función de la luz, cuando la luz incide sobre ella su resistencia baja, y cuando está a oscuras el valor es muy alto. Su funcionamiento se basa en el efecto fotoeléctrico.

El fotorresistor está hecho de un semiconductor de alta resistencia (sulfuro de cadmio). Si la luz que incide en el dispositivo es de alta frecuencia, los fotones son absorbidos por las elasticidades del semiconductor dando a los electrones la suficiente energía para saltar la banda de conducción. El electrón libre que resulta y su hueco asociado, conducen la electricidad de tal modo que disminuye su resistencia.



Figura 93. Fotorresistencia LDR.

Con estos dos elementos podremos también configurar diferentes escenas en cada una de las dependencias, y controlar de manera remota nuestro sistema, mediante el mando infrarrojos, mediante bluetooth o mediante el servidor Internet.

Automatización de la puerta de garaje y de iluminación.

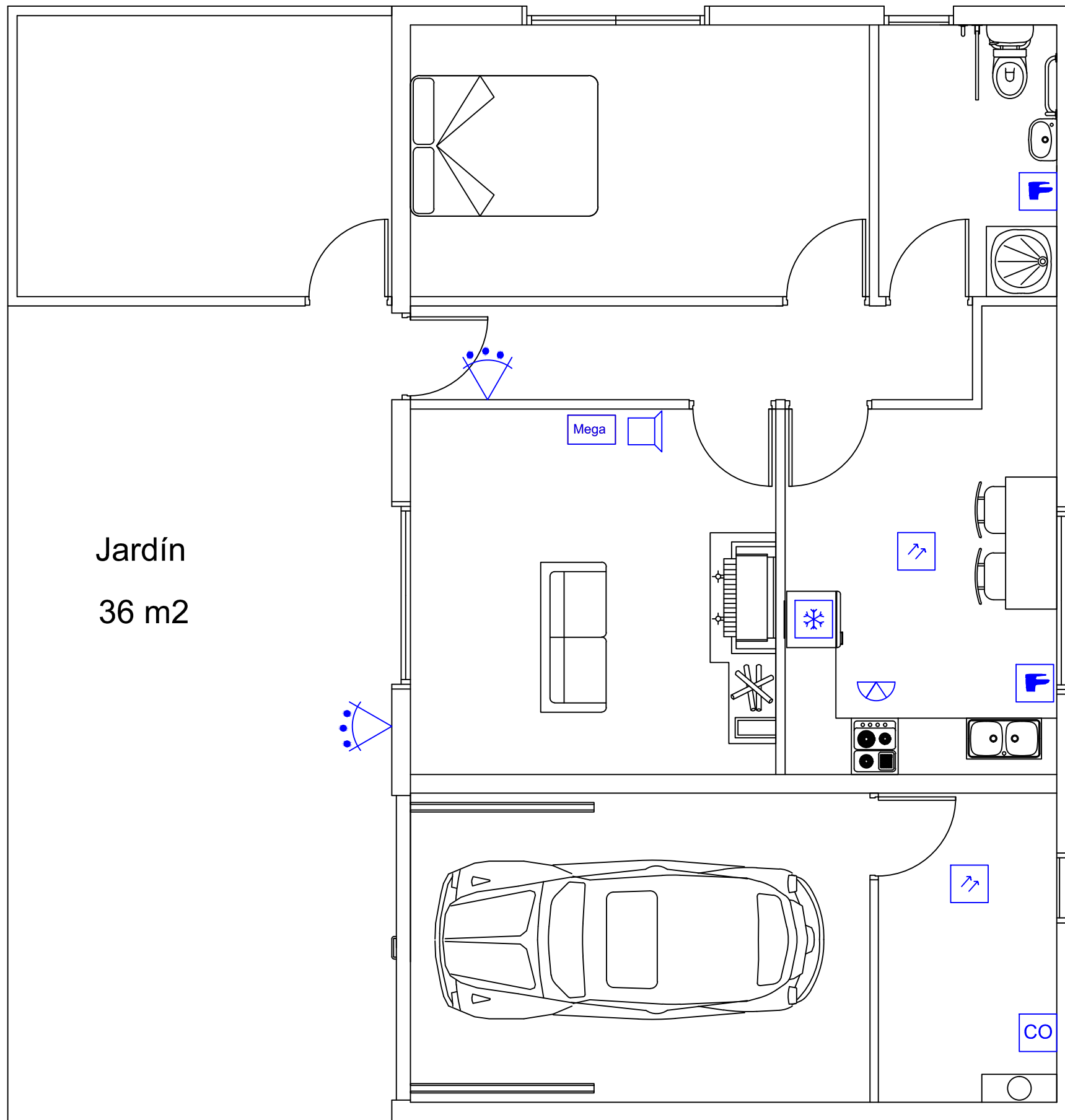
Este control se realizará mediante un mando a distancia, bluetooth o Internet que active el motor de la puerta o las luces, se implantarán relés del mismo tipo que el descrito en el apartado de accesibilidad. El funcionamiento de los relés será como hemos visto anteriormente, a modo de interruptor.

Como hemos visto en estos apartados podemos implantar prácticamente todos los sistemas que implementamos en el capítulo anterior con Myfox, pero con Arduino, el resultado será un coste mucho menor de los elementos, pero también un mayor tiempo dedicado para la instalación.

También hay que tener en cuenta que para la implantación de Arduino, podemos ser nosotros mismos los que diseñemos la interfaz con el ordenador, móvil o tableta.

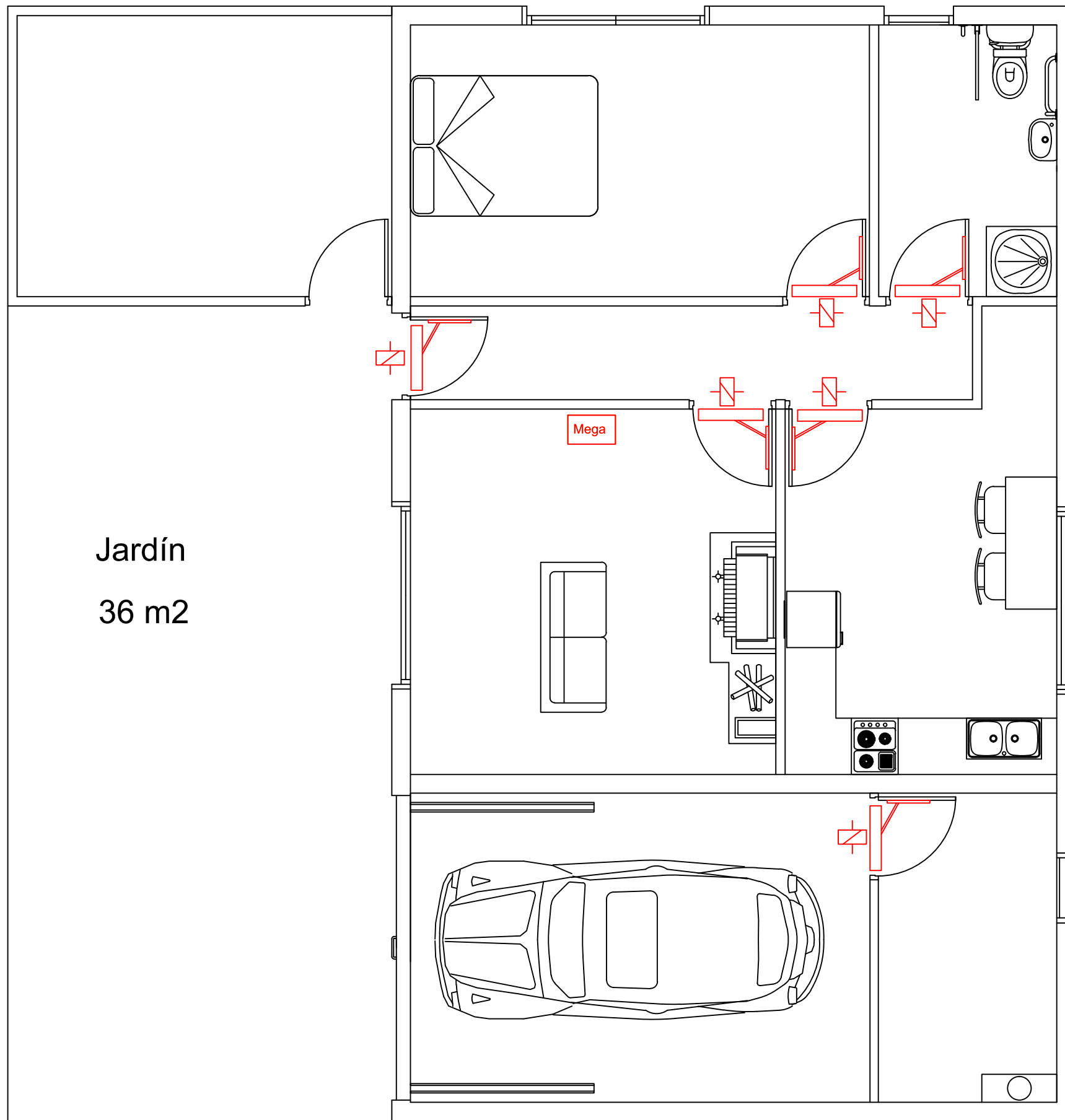
6.4. Planos de la vivienda con Arduino




En las páginas siguientes podemos ver detalladas todas las instalaciones y su ubicación dentro de la vivienda. En primer lugar detallamos el sistema con la instalación de seguridad (plano número 5), luego presentamos el plano con el sistema de accesibilidad (plano número 6), y finalmente presentamos el sistema de confort y eficiencia energética (plano número 7).



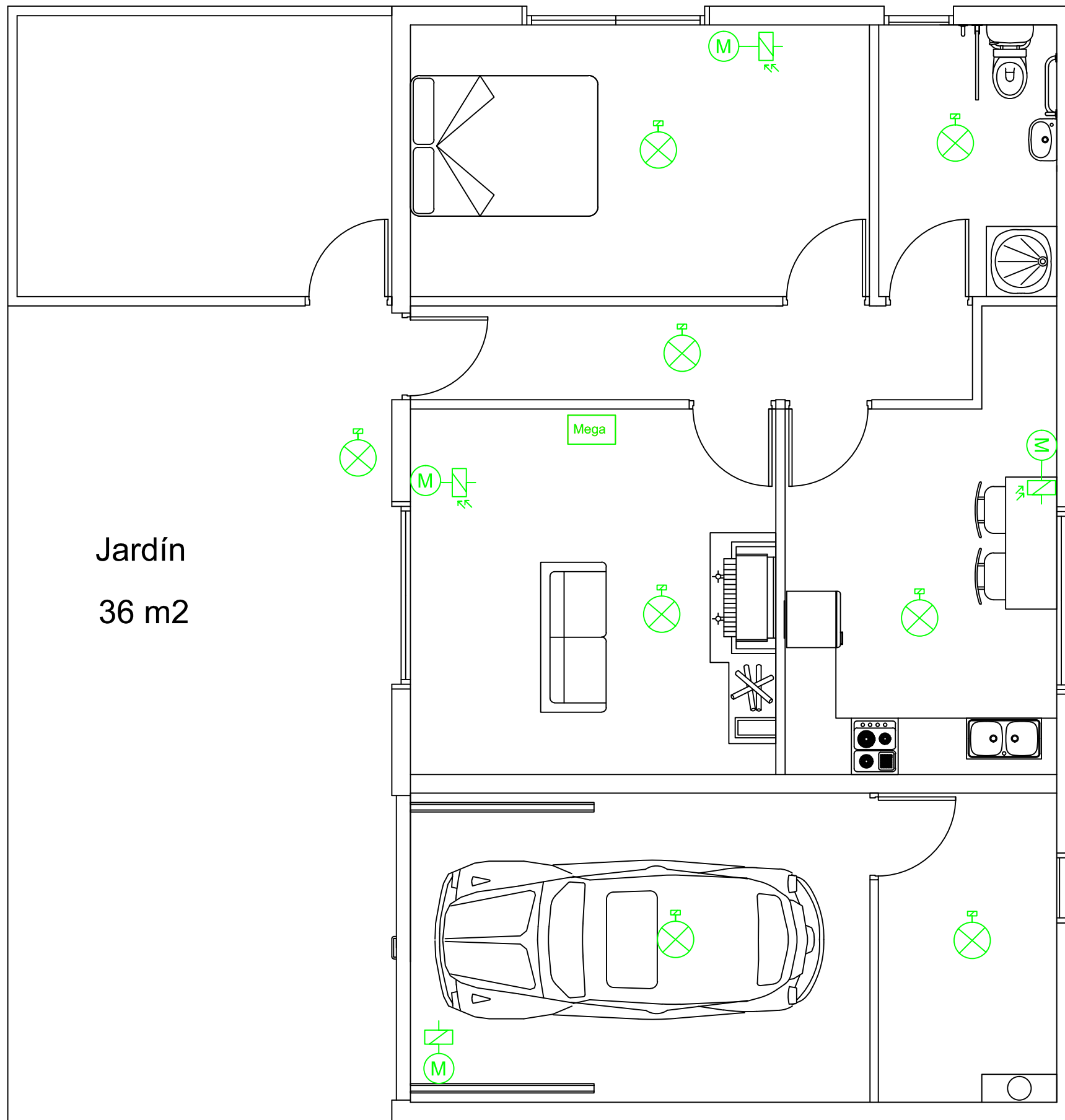
Mega	Arduino + BT+ IR + Ethernet
	Alarma local
CO	Detector CO
	Detector Humo
	Detector avería congelador
F	Detector inundación
	Sensor fuego
	Detector movimiento

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES		
TITULO PROYECTO: Instalación domótica en vivienda con Arduino Proyecto instalación domótica		
PLANO: Instalación de seguridad		
Dto. Tecnología Electrónica	FECHA: Agosto-2014	N° PLANO: 5
PROMOTOR: Universidad de Valladolid		ESCALA: 1:50
FIRMA: EL/LOS ALUMNO/S: Rodríguez Gutiérrez, Adrián		
<small>Grado Ing. Electrónica Industrial y Automática Convocatoria: Julio/Septiembre Fdo:</small>		



	Arduino + BT+ IR + Ethernet
	Accionador GEZE Slimdrive
	Relé Arduino

 UNIVERSIDAD DE VALLADOLID ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES		
TITULO PROYECTO: Instalación domótica en vivienda con Arduino Proyecto instalación domótica		
PLANO: Instalación de accesibilidad		
Dto. Tecnología Electrónica	FECHA: Agosto-2014	Nº PLANO: 6
PROMOTOR: Universidad de Valladolid		ESCALA: 1:50
<small>Grado Ing. Electrónica Industrial y Automática Convocatoria: Julio/Septiembre</small>		
<small>FIRMA: EL/LOS ALUMNO/S: Rodríguez Gutiérrez, Adrián</small>		
<small>Fdo:</small>		



Jardín
36 m2

Mega	Arduino + BT+ IR + Ethernet
(M)	Motor
□/↘	Control LDR+LED
□/↘	Control puerta garaje
⊗	Control iluminación

 UNIVERSIDAD DE VALLADOLID ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES		
TITULO PROYECTO: Instalación domótica en vivienda con Arduino Proyecto instalación domótica		
PLANO: Instalación de confort y ahorro energético		
Dto. Tecnología Electrónica	FECHA: Agosto-2014	Nº PLANO: 7
PROMOTOR: Universidad de Valladolid		ESCALA: 1:50
<small>Grado Ing. Electrónica Industrial y Automática Convocatoria: Julio/Septiembre</small>		
		<small>FIRMA: EL/LOS ALUMNO/S: Rodríguez Gutiérrez, Adrián</small>
<small>Fdo:</small>		

6.5. Presupuesto de la instalación

Tabla 18. Presupuesto instalación domótica con Arduino.

	Unidades (ud)	Precio Unitario (€/ud)	Total(€)
Interfaces			
Arduino Mega	1	39,00	39,00
Modulo Arduino Ethernet	1	29,00	29,00
Módulo Bluetooth	1	8,50	8,50
Receptor infrarrojos	1	2,20	2,20
Total Interfaces			78,70
Seguridad			
Detector movimiento	1	4,50	4,50
Detector humo MQ-2	1	3,70	3,70
Detector monóxido de carbono MQ-7	1	3,70	3,70
Detector avería congelador LM35	1	3,94	3,94
Detector inundaciones	1	3,21	3,21
Total Seguridad			19,05
Accesibilidad			
Relé para puertas	4	1,80	7,20
Accionador puertas	4	199,50	798,00
Total Accesibilidad			805,20
Confort y ahorro energético			
Automatización de persianas	2	1,80	3,60
Receptor puerta garaje	1	1,80	1,80
Control iluminación	8	1,80	14,40
Total confort			19,80
Total productos domótica			922,75
Proyecto, planos, documentación, marcación, y seguimiento de obra	40	50,00	2000,00
Ayudante instalador de telecomunicaciones	24	16,10	386,40
Cajas, entubado, tubos, cableados	15	12,50	187,50
Configuración y puesta a punto	2	16,10	32,20
Total servicios domótica			2606,10
Total solución domótica			3528,85

6.6. Diseño práctico. Implementación física

Nos hemos aventurado a realizar un pequeño diseño práctico físicamente que simule los principales sistemas descritos en apartados anteriores. Hemos realizado lo más fielmente posible el diseño descrito en teoría, quitando algunos detalles para verlo mejor en nuestra pequeña maqueta.

Breve descripción de la implementación física.

El control de nuestra maqueta lo hemos diseñado para realizarlo mediante un el módulo bluetooth y mediante un viejo mando de DVD anteriormente descrito.

En cuanto a sensores hemos instalado los sensores de gas y de fuego, que generan una alerta mediante un zumbador. Hemos dispuesto dos sensores de presencia distintos, el sensor PIR y el sensor de distancia por ultrasonidos, estos sensores activarán una luz que alerta de la presencia de un intruso en nuestra vivienda. El sensor de inundación a su vez encenderá otro led para ver que ha detectado correctamente la inundación.

Las persianas se han simulado mediante un par led-LDR, dependiendo de la intensidad de la luz el LED será más o menos intenso, lo que simula una altura mayor o menor de la persiana.

En la figura 94 vemos nuestra pequeña maqueta, vemos que hemos introducido un enchufe, para verificar que con Arduino podemos controlar sistemas que vayan a 220 V.

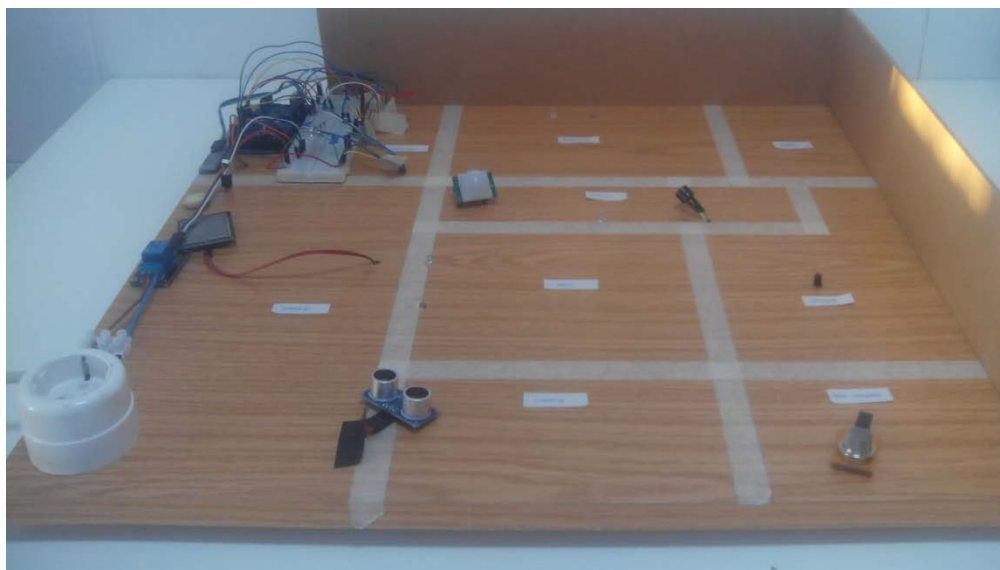


Figura 94. Implementación física de nuestro sistema con Arduino.

Descripción detallada de la conexión de nuestros sensores

A continuación mostramos la configuración de los sensores más importantes instalados en nuestra maqueta.

Detector de gas: Sensor de gas MQ-5

El sensor de gas que hemos adquirido es el MQ-5, que como describimos en apartados anteriores es un sensor que detecta principalmente GLP y metano, aunque también con menos sensibilidad a humo y alcohol.

Características.

- Voltaje de entrada: 5 V.
- Sensor analógico.
- Pines:
 - 1: Salida.
 - 2: GND.
 - 3: Vcc.
- Rápida respuesta.
- Alta sensibilidad con gas licuado de petróleo, metano, gas de carbón.
- Pequeña sensibilidad alcohol y humo.

Conexión Arduino.

Este sensor dispone de tres patillas, la patilla de la izquierda se conectará a la entrada analógica para su lectura, la patilla del centro irá conectada a masa, y la patilla de la derecha a Vcc (5 V). La sensibilidad del sensor se puede regular mediante un potenciómetro que tiene incorporado

Para su calibración dejaremos el sensor durante 5 min en un entorno sin presencia de gases y ajustaremos el potenciómetro. Tomaremos valores en diferentes lugares y estimaremos una media de los valores obtenidos para ajustar lo mejor posible su valor.

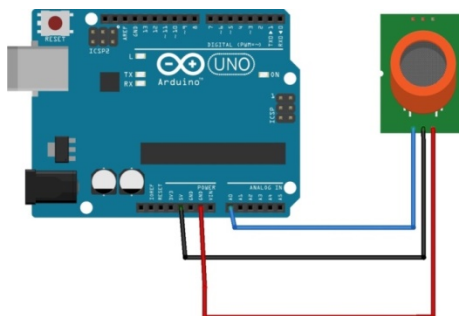


Figura 95. Conexión de sensor MQ-5.

Programa Arduino de calibración.

```
/*Este programa ha sido desarrollado para la calibración de
nuestro sensor analógico de gas.
Recibe como entradas la señal del sensor.
Realiza un calculo de la media, y lo muestra por monitor serie
*/

#define GAS 0 //definimos pin de nuestro sensor analogico
int valor_gas; //variable que almacena el valor de la entrada

void setup()
{
  Serial.begin(9600); //comunicación con el pc
}

void loop()
{
  int i=0; //variable contadora
  float aux;
  for(i=0;i<3000;i++)
  {
    valor_gas = analogRead(GAS); //lee la entrada analógica 0
    Serial.println(valor_gas, DEC); // imprime el valor
    delay(1000); // espera 1s para leer otra vez
    aux=aux+valor_gas;
  }

  aux=aux/i;
  Serial.println(aux);
}
```

Al ejecutar el programa, vemos que al principio los valores son muy dispares, esto se debe a que el sensor está en periodo transitorio, una vez se estabiliza, para entornos normales, obtenemos un valor entre los 200 y 250. Si le aplicamos gas de un mechero, para su comprobación, vemos que el valor supera con creces 500, por lo que este será el valor umbral elegido.

Sensor PIR

El sensor PIR dispone de tres terminales:

- Vcc: alimentación a 5 V.
- GND: masa a GND de Arduino.
- OUT: conectado a un pin digital.

Para comprobar el correcto funcionamiento cargaremos en Arduino el siguiente programa que hemos desarrollado para su calibración, es un programa muy básico que enciende un led en caso de detectar la presencia de una persona.

Programa Arduino

```
/*Este programa ha sido desarrollado para calibrar y comprobar
el correcto funcionamiento
Tiene como entradas la señal del sensor PIR.
Las salidas son el led que se enciende en caso de detectar
presencia
*/

#define PIR 53 //Pin digital donde conectamos nuestro PIR
#define LED_PIR 13 //Led sobre la que actúa el PIR

int tiempo_calibracion = 5; //Definimos un tiempo para que el
dispositivo se estabilice

int tiempo_PIR_on=20000; //Tiempo que queremos que este la luz
encendida cuando detecta movimiento

void setup(){
  Serial.begin(9600);
  pinMode(PIR, INPUT);
  pinMode(LED_PIR, OUTPUT);
  digitalWrite(PIR, LOW);

  Serial.print("Calibrando sensor ");
  for(int i = 0; i < tiempo_calibracion; i++){
    Serial.print(".");
    delay(1000);
  }
  Serial.println("SENSOR LISTO");
  delay(50);
}

void loop(){

  if(digitalRead(PIR) == HIGH)//Si hay presencia enciendo
led
  {
    digitalWrite(LED_PIR, HIGH);
    delay(tiempo_PIR_on);
  }
  Else //sino hay presencia lo apago
    digitalWrite(LED_PIR, LOW);
}
```

Sensor ultrasonidos

Este tipo de módulo incluyen transmisores ultrasónicos, el receptor y el circuito de control. Este módulo en concreto está compuesto de cuatro pines.

- **Vcc:** Alimentación, +5 V.
- **TRIG:** Trigger entrada del sensor (TTL), es el disparador.
- **ECHO:** Echo, salida del sensor (TTL).
- **GND:** Masa, GND.

Diseño de un sistema domótico centralizado

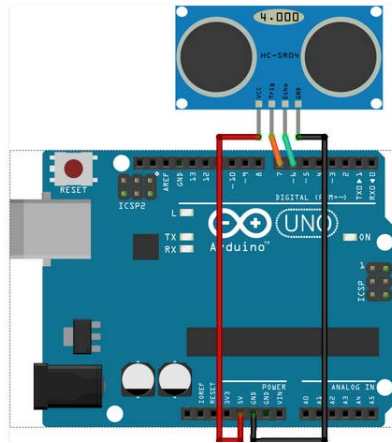


Figura 96. Conexión sensor ultrasónicos.

Programa Arduino

```
/*Este programa realiza la medición de la distancia con el
modulo ultrasonicos.
Entradas: las señales del modulo ultrasonicos
Salidas: muestra por pantalla la lectura del sensor */

const int trigger=6; //Pin del TRIGGER
const int echo=7; //Pin del ECHO
float distance; //Variable para guardar la distancia

void setup(){
  Serial.begin(9600);
  pinMode(trigger,OUTPUT);
  pinMode(echo,INPUT);
}

void loop(){
  //Inicializamos el sensor
  digitalWrite(trigger,LOW);
  delayMicroseconds(5);
  // Comenzamos las mediciones
  // Enviamos una señal activando la salida trigger durante 10
microsegundos
  digitalWrite(trigger,HIGH);
  delayMicroseconds(10);
  digitalWrite(trigger,LOW);

  // Adquirimos los datos y convertimos la medida a metros
  distance=pulseIn(echo,HIGH); // Medimos el ancho del pulso

  distance=distance*0.01657; //Lo pasamos a metros

  // Enviamos los datos medidos a traves del puerto serie

  Serial.println(distance);
  delay(50);
}
```

Sensor lluvia

Para verificar el correcto funcionamiento del módulo YL-83, realizamos las siguientes conexiones:

- **Pines modulo:** conectados a sus pines correspondientes del circuito de control.
- **Pines arduino:**
 - Pin GND del circuito de control a pin GND de Arduino.
 - Pin Vcc del circuito de control a pin +5V de Arduino.
 - Pin AO del circuito de control a pin analógico de Arduino (A0)
 - Pin DO del circuito de control a pin digital de Arduino (9)

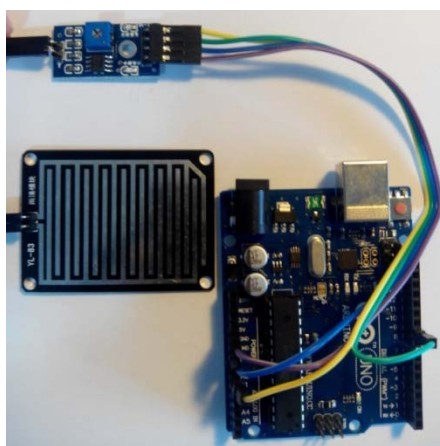


Figura 97. Conexión Arduino sensor inundación.

Programa Arduino

El programa que cargaremos en nuestro Arduino, será muy sencillo, mediante la conexión por puerto serie, sacaremos por pantalla la lectura de las dos entradas:

```
/* Este programa muestra por pantalla el valor de las entradas analógica y digita de nuestro sensor.
```

```
#define lluvia_entrada 9 //Entrada digital

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(lluvia_entrada, INPUT);
}

void loop() {
  //lectura analógica
  Serial.println(analogRead(A0));
  //lectura digital
  Serial.println(digitalRead(lluvia_entrada));
  delay(100);
}
```

Automatización de ventanas

Para realizar la simulación de las persianas lo hemos hecho con LED y una resistencia LDR, el LED simularía la altura de la persiana.

Para conectar la LDR debemos crear un divisor de tensión como el que vemos en la figura 98. La entrada que nos dará este pin analógico será entre 0 y 1023, sin embargo la salida digital solo tiene 8 bits, por lo que será necesario acudir a la función de Arduino:

map (variable, valor_inicial_min, valor_final, valor_inicial_max ,valor_final_2)

Esta función nos escala los valores de entrada con los de salida; es decir si tenemos una función: `map(pinA1, 0, 0, 1023, 255)`, para el valor 0 de entrada obtendremos 0 en la salida, para el valor 1023 de entrada obtendremos 255 en la salida, y para valores intermedios se tendrá una cantidad en la salida proporcional y escalada con la de entrada. De esta manera al variar gradualmente la luz que incide en nuestra LDR, variará gradualmente la luz emitida por nuestro LED.

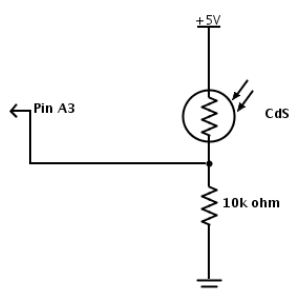


Figura 98. Conexión de LDR para divisor de tensión.

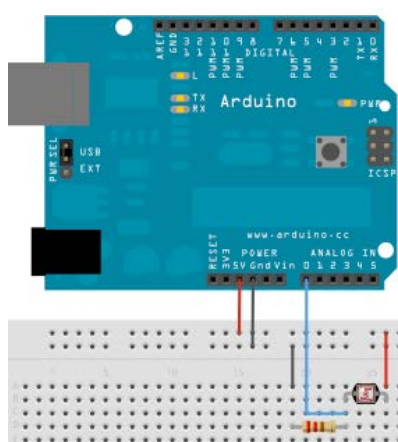


Figura 99. Conexión del divisor de tensión

Funcionamiento de nuestro sistema con Arduino MEGA

En el esquema de la figura 100 vemos el funcionamiento general de nuestro sistema. El esquema de un programa Arduino siempre tiene dos módulos obligatorios como hemos visto anteriormente void setup() para la inicialización de variables y de las comunicaciones; y void loop() que es el bucle que se ejecuta indefinidamente a no ser que pulsemos el botón reset, que nos vuelve a cargar las variables y a inicializar la comunicación.

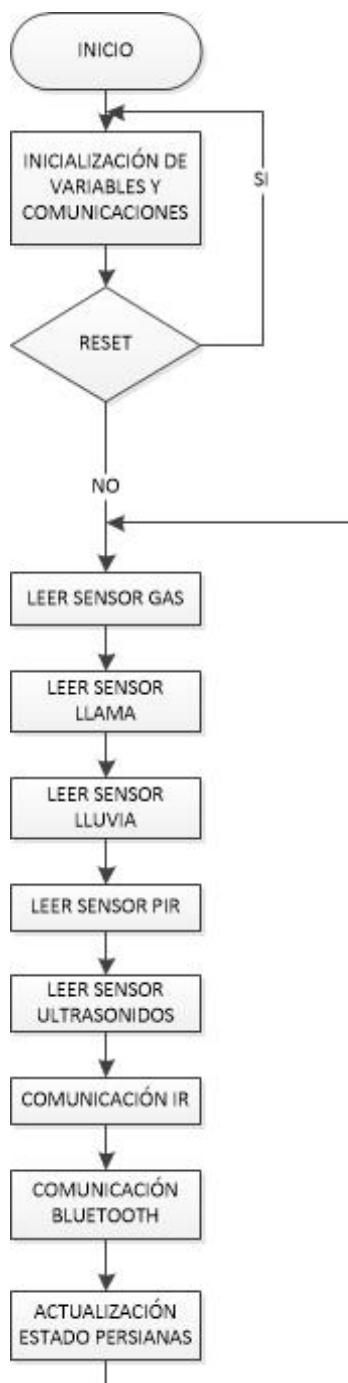
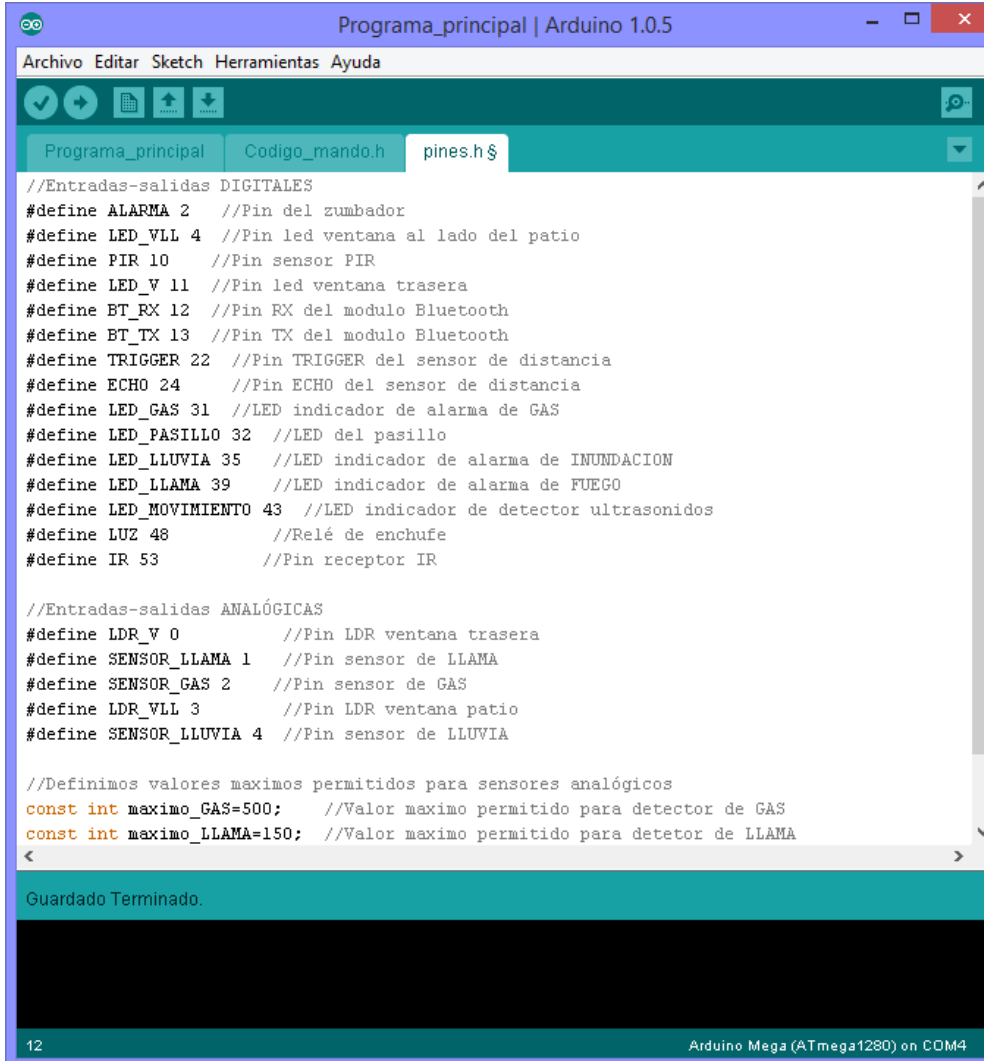


Figura 100. Esquema funcionamiento programa

Estructura del programa

Nuestro programa lo hemos estructurado en tres archivos, el programa principal, la librería del mando a distancia y una librería con los pines:

- **Programa principal:** este será el archivo que contenga los módulos void setup() y void loop() de Arduino, así como todas las funciones creadas para la lectura y análisis de datos. También deberá incorporar las librerías que utilizaremos.
- **Librería del mando (Codigo_mando.h):** aquí es donde tendremos definidos los códigos de cada una de las teclas de nuestro emisor IR.
- **Librería con pines:** esta librería la hemos creado para asignar tanto los pines analógicos como los digitales, también hemos definido en esta librería los valores umbrales de las variables. En la figura 101 podemos ver esta librería con la definición de todas las variables utilizadas.



```
//Entradas-salidas DIGITALES
#define ALARMA 2 //Pin del zumbador
#define LED_VLL 4 //Pin led ventana al lado del patio
#define PIR 10 //Pin sensor PIR
#define LED_V 11 //Pin led ventana trasera
#define BT_RX 12 //Pin RX del modulo Bluetooth
#define BT_TX 13 //Pin TX del modulo Bluetooth
#define TRIGGER 22 //Pin TRIGGER del sensor de distancia
#define ECHO 24 //Pin ECHO del sensor de distancia
#define LED_GAS 31 //LED indicador de alarma de GAS
#define LED_PASILLO 32 //LED del pasillo
#define LED_LLUVIA 35 //LED indicador de alarma de INUNDACION
#define LED_LLAMA 39 //LED indicador de alarma de FUEGO
#define LED_MOVIMIENTO 43 //LED indicador de detector ultrasonidos
#define LUZ 48 //Relé de enchufe
#define IR 53 //Pin receptor IR

//Entradas-salidas ANALÓGICAS
#define LDR_V 0 //Pin LDR ventana trasera
#define SENSOR_LLAMA 1 //Pin sensor de LLAMA
#define SENSOR_GAS 2 //Pin sensor de GAS
#define LDR_VLL 3 //Pin LDR ventana patio
#define SENSOR_LLUVIA 4 //Pin sensor de LLUVIA

//Definimos valores maximos permitidos para sensores analógicos
const int maximo_GAS=500; //Valor maximo permitido para detector de GAS
const int maximo_LLAMA=150; //Valor maximo permitido para detetor de LLAMA
```

Guardado Terminado.

12 Arduino Mega (ATmega1280) on COM4

Figura 101. Captura de pantalla de nuestro programa Arduino.

Librerías utilizadas

Para la ejecución de nuestro programa con Arduino necesitaremos algunas librerías del sistema y otras que hemos creado nosotros mismos:

- Librería: <NECIRrcv.h>, esta librería la utilizaremos para la conexión de nuestro mando infrarrojo a nuestro sistema.
- Librería: <SoftwareSerial.h>, esta librería la utilizaremos para poder realizar una comunicación por puerto serie con el ordenador (para posibles configuraciones) y a la vez con nuestro módulo bluetooth.
- Librería: "Codigo_mando.h", la librería que hemos creado con la configuración de cada botón de nuestro mando.
- Librería: "pines.h", esta librería ha sido creada para la definición de todos los pines tanto digitales como analógicos y los valores máximos para los sensores de detección.

Módulo inicial: declaraciones globales y void setup()

Como hemos mencionado anteriormente este módulo es el encargado de inicializar las comunicaciones y definir los pines digitales como entradas o como salidas. A continuación mostramos el código comentado de nuestro programa:

```
/*Definimos los pines donde iran conectados nuestros
dispositivos, tanto el infrarrojo como el bluetooth */

NECIRrcv ir(IR) ; //asigno el pin IR para recepción de IR
SoftwareSerial BT(BT_RX,BT_TX); //Asigno pines para
comunicación serie Bluetooth

/* En el modulo setup() definimos las comunicaciones y los
modos de los pines, tanto entradas como salidas
También realizamos la calibración del sensor PIR */

void setup()
{
  Serial.begin(9600) ; //Inicializo la comunicacion serie con
el PC
  ir.begin() ; //Inicio la recepcion del codigo IR
  BT.begin(9600); //Inicio comunicación Bluetooth a 9600 bps

  //Defino los pines como entrada o salida
  pinMode(LED_GAS, OUTPUT);
  pinMode(LED_LLAMA, OUTPUT);
  pinMode(LED_MOVIMIENTO, OUTPUT);
  pinMode(LED_LLUVIA, OUTPUT);

  pinMode(LED_V,OUTPUT);
  pinMode(LED_VLL,OUTPUT);
  pinMode(LUZ,OUTPUT);
  digitalWrite(LUZ,HIGH);
```

Diseño de un sistema domótico centralizado

```
pinMode(LED_PASILLO, OUTPUT);

pinMode(ALARMA, OUTPUT);

pinMode(TRIGGER, OUTPUT);
pinMode(ECHO, INPUT);

pinMode(PIR, INPUT);
digitalWrite(PIR, LOW);

//Calibramos el sensor PIR durante 10 segundos
Serial.print("Calibrando sensor ");
for(int i = 0; i < 10; i++){
  Serial.print(".");
  delay(1000);
}
Serial.println("SENSOR LISTO");
delay(50);
}
```

Módulo principal: void loop()

Este módulo es el que se ejecutará una y otra vez indefinidamente en nuestro microcontrolador Arduino Mega. Irá ejecutando secuencialmente las funciones una y otra vez, hasta que se pulse el botón reset, o se desconecte de la alimentación.

```
//Modulo que se ejecutará indefinidamente en nuestro Arduino
void loop()
{
  COMPROBAR_ESTADO();
  GAS();
  LLAMA();
  LLUVIA();
  MOV_ULTRA();
  MOV_PIR();
  REGULACION_VENTANAS();
  LEER_IR();
  LEER_BT();
}
```

No podremos compilar nuestro código en Arduino, sino hemos definido al menos, las funciones void setup() y void loop(). Es importante realizar una estructuración de nuestras funciones para, en caso de fallo, ver donde está nuestro error. Si ejecutásemos todo el código dentro del void loop() probablemente funcionaría, pero a la hora de detectar los fallos sería mucho más complicado que estructurándolo en funciones como hemos hecho.

Función COMPROBAR_ESTADO

Esta función realiza una comprobación de los sensores, en caso de que algún sensor esté detectando algo fuera de lo normal, mantiene la alarma encendida, en caso contrario, la apaga.

```

/*Funcion COMPROBAR_ESTADO(): Recibe los valores de las
lecturas de gas, llama y inundación (lluvia), si ninguna
alerta esta activada, ejecuta la funcion alarma_off que apaga
la alarma */

void COMPROBAR_ESTADO(){
  if(lectura_LLAMA()==0 && lectura_GAS()==0 &&
lectura_LLUVIA()==0)
  {
    alarma_off();
  }
}

```

Funciones leer sensor llama, sensor gas y sensor de inundación

Estas funciones realizan primero una comprobación de la entrada analógica del pin donde tenemos nuestro sensor conectado, y luego realizan la verificación con el valor máximo permitido que nosotros mismos hemos definido. En caso de superar este valor umbral, se llama a la función que activa la alarma (zumbador) y se activa el LED correspondiente a dicha alerta, en caso contrario todo está funcionando correctamente. En la figura 102 podemos ver un funcionamiento esquemático de estas funciones.

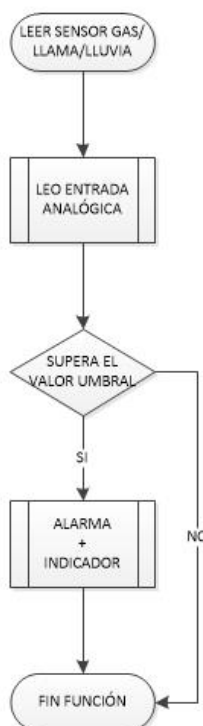


Figura 102. Funciones analógicas.

Diseño de un sistema domótico centralizado

```
/* Funcion GAS: recibe el valor de la funcion lectura_GAS si
este valor es 1 activa la funcion alarma(), y enciende el led
indicador de alarma por GAS */
void GAS(){
  if (lectura_GAS()==1)
  {
    alarma();
    digitalWrite(LED_GAS,HIGH);
  }
  else
  {
    digitalWrite(LED_GAS,LOW);
  }
}
/* Funcion lectura_GAS: recibe como entrada la lectura del
sensor del GAS, compara esta entrada con un valor umbral, en
caso de superar este valor devuelve un 1, sino un 0 */
int lectura_GAS(){
  int valor_GAS=analogRead(SENSOR_GAS);
  Serial.println(valor_GAS);
  if(valor_GAS>maximo_GAS)
    return 1;
  else
    return 0;
}

/* Funcion LLAMA: recibe el valor de la funcion lectura_GAS si
este valor es 1 activa la funcion alarma(), y enciende el led
indicador de alarma por LLAMA */
void LLAMA(){
  if (lectura_LLAMA()==1)
  {
    alarma();
    digitalWrite(LED_LLAMA,HIGH);
  }
  else
  {
    digitalWrite(LED_LLAMA,LOW);
  }
}
/* Funcion lectura_LLAMA: recibe como entrada la lectura del
sensor de LLAMA, compara esta entrada con un valor umbral, en
caso de superar este valor devuelve un 1, sino un 0 */
int lectura_LLAMA(){
  int valor_LLAMA=analogRead(SENSOR_LLAMA);
  Serial.println(valor_LLAMA);
  if(valor_LLAMA>maximo_LLAMA)
    return 1;
  else
    return 0;
}

/* Funcion LLUVIA: recibe el valor de la funcion
lectura_LLUVIA si este valor es 1 activa la funcion alarma(),
y enciende el led indicador de alarma por LLUVIA */
```

```
void LLUVIA(){
  if (lectura_LLUVIA()==1)
  {
    alarma();
    digitalWrite(LED_LLUVIA,HIGH);
  }
  else
  {
    digitalWrite(LED_LLUVIA,LOW);
  }
}

/* Funcion lectura_LLUVIA: recibe como entrada la lectura del
sensor de LLUVIA(inundación), compara esta entrada con un
valor umbral, en caso de superar este valor devuelve un 1,
sino un 0 */

int lectura_LLUVIA(){
  int valor_LLUVIA=analogRead(SENSOR_LLUVIA);
  Serial.println(valor_LLUVIA);
  if(valor_LLUVIA<maximo_LLUVIA)
    return 1;
  else
    return 0;
}
```

Como vemos las tres comprobaciones se realizan de la misma manera, primero se llama a una función que comprueba si se ha superado el valor umbral y posteriormente la función principal (GAS(), LLAMA() o LLUVIA()) se encarga de activar o no las alarmas.

Si nos fijamos en el código en las funciones que comprueban el valor umbral aparece: `Serial.println(valor);` esto se debe a que hemos dejadas preparadas nuestras funciones para una comprobación con un ordenador. En caso de que algo de nuestro sistema falle, podremos comprobar con nuestro ordenador, qué valor es el que da problemas y así solucionarlo.

Funcion leer PIR

Como vimos en el apartado del sensor PIR, este sensor nos dará una entrada de valor alto HIGH, cuando detecte presencia y una entrada a nivel bajo LOW cuando no lo detecte, luego el módulo en este caso es muy sencillo:

```
/* Funcion MOV_PIR: recibe como entrada el valor del sensor
PIR, en caso de que este valor sea HIGH, enciendo el led
(LED_PASILLO), en caso contrario lo apago */
void MOV_PIR(){
  if(digitalRead(PIR) == HIGH)
  {
    digitalWrite(LED_PASILLO, HIGH);
  }
  else
    digitalWrite(LED_PASILLO, LOW); }
```

Función leer ultrasonidos

La función de ultrasonidos, es algo más compleja, pero la entenderemos a la perfección dado que es prácticamente una copia de la usada en la calibración de este sensor.

```
/* Funcion MOV_ULTRA: tiene de entrada el sensor de
ultrasonidos, mediante la medida del pulso, obtenemos el
tiempo que ha tardado en volver nuestra señal, con lo que
podremos calcular la distancia. Mediante esta distancia
comparamos con el valor de referencia, en caso de superarlo,
activaremos la alarma de presencia */

void MOV_ULTRA(){
  digitalWrite(TRIGGER,LOW); //Pongo a nivel bajo el trigger
  delayMicroseconds(5);
  //generamos el pulso de 10 microsegundos
  digitalWrite(TRIGGER,HIGH);
  delayMicroseconds(10);
  digitalWrite(TRIGGER,LOW);
  //medimos el tiempo del pulso y calculamos la distancia
  float distance=pulseIn(ECHO,HIGH);
  distance=distance*0.01657;
  Serial.println(distance);

  if(distance<máximo_distancia)
    digitalWrite(LED_MOVIMIENTO,HIGH);
  else
    digitalWrite(LED_MOVIMIENTO,LOW);
}
```

Como en el caso de las lecturas de los sensores de gas, llama e inundación, dejamos preparado para la lectura por el ordenador, en caso de que se produzca un error o sea necesario hacer una calibración.

Función para el control de persianas

Cada persiana tendrá su propio LDR que regulará la altura de dicha persiana, primero se verifica el valor de la entrada analógica (LDR) y con este valor se determinará la altura de la persiana, simulada con la intensidad del LED.

```
/* Funcion REGULACION_VENTANAS: mediante las entradas anal
void REGULACION_VENTANAS(){
  int lectura_LDR=analogRead(LDR_V); //leemos valor LDR
  Serial.println(lectura_LDR); //lectura analógica
  lectura_LDR = map(lectura_LDR, 0, 1023, 255, 0);
  analogWrite(LED_V, lectura_LDR); //establecemos el valor led

  int lectura_LDR_2=analogRead(LDR_VLL); //leemos el valor LDR
  Serial.println(lectura_LDR_2); //lectura analógica
  lectura_LDR_2 = map(lectura_LDR_2, 0, 1023, 255, 0);
  analogWrite(LED_VLL, lectura_LDR_2); //escribimos valor led
}
```

Función para recepción de IR

Para leer los datos que recibo del mando, será necesario además de realizar la inicialización de la comunicación configurar que cada botón realice la función que nosotros deseemos. En este caso hemos configurado la activación y desactivación de nuestro “enchufe”, y la desactivación durante 10 s de la alarma.

- Botón PLAY: enciende interruptor.
- Botón STOP: apaga interruptor.
- Botón PAUSE: detiene el sonido de la alarma durante 10 segundos.

```
/* Funcion LEER_IR: mediante esta funcion recibimos el código
del mando a distancia.
Mediante esta entrada de control generada por el mando,
actuamos sobre el enchufe (LUZ).
También hemos configurado una opción para apagar la alarma
durante 10 segundos.
*/

void LEER_IR(){
  unsigned long ircode ; //Variable que almacena el código
leído por el receptor IR

  while (ir.available()) { // Bucle que recibe datos de IR
mientras esté disponible la conexión
  //Leo el código que emite el mando
  ircode = ir.read() ;
  Serial.print("Codigo:") ;
  Serial.println(ircode) ;
  switch (ircode) {
    //Actuo dependiendo del código recibido por el mando
    case PLAY:
      //si he pulsado el botón play enciendo la luz
      digitalWrite(LUZ, HIGH);
      break;

    case STOP:
      //si pulso el botón STOP apago la luz
      digitalWrite(LUZ, LOW);
      break;

    case PAUSE:
      //si pulso en botón PAUSE detengo la alarma durante
10 segundos
      alarma_off();
      delay(10000);
      break;
  }
}
}
```


Función para recepción de Bluetooth

Para la recepción de bluetooth configuraremos para que nuestra aplicación Android realice las mismas funciones que el mando IR, encender y apagar el enchufe y apagar la alarma.

```
/* Funcion LEER_BT: mediante esta funcion recibimos el código
del dispositivo Bluetooth.
Mediante esta entrada de control generada por el dispositivo,
actuamos sobre el enchufe (LUZ).
También hemos configurado una opción para apagar la alarma
durante 10 segundos.
*/

void LEER_BT()
{
  char BTcode=BT.read();//Leo la entrada
  Serial.println(BTcode);//Muestro el código recibido por
pantalla
  switch (BTcode){

    case 'A':
      //Si recibo el codigo A, enciendo la LUZ
      digitalWrite(LUZ, HIGH);
      break;

    case 'a':
      //Si recibo el codigo a, apago la LUZ
      digitalWrite(LUZ, LOW);
      break;

    case 'B':
      //Si recibo el codigo B, apago la alarma
      alarma_off();
      delay(10000);
      break;

  }
}
```

Conclusiones y posibles líneas de mejora

Comparativa de las instalaciones.

Son muchas las diferencias entre ambos sistemas implantados. Describimos de manera breve los aspectos a considerar para decantarse por Myfox o por Arduino.

Si queremos una instalación rápida y fácil debemos elegir, sin ninguna duda, el sistema de Myfox. Basta con comprar los componentes, instalar la central, conectarla al router o a la llave GSM, encender los componentes y todo se configurará de manera automática y mediante las diferentes aplicaciones que tiene Myfox, podremos acceder al control de una manera sencilla.

Pero todo no iban a ser ventajas, este sistema es mucho más caro que instalar un sistema con Arduino, aunque el sistema con Arduino sea más barato, tiene otro inconveniente adicional: el cableado. Sin embargo, este problema se puede solucionar con una instalación de diferentes Arduino maestro-esclavo, conectados a otro microcontrolador central que administre toda la comunicación. De esta manera tendríamos en cada dependencia, o en cada zona un Arduino conectado por cable con los actuadores y/o sensores cercanos; y conectado de manera inalámbrica al microcontrolador central.

La ventaja, que puede ser inconveniente también, es que para Arduino podemos desarrollar nuestras propias aplicaciones e interfaces Web, configurándolo así a nuestro gusto.

Posibles mejoras de nuestro sistema con Arduino

Son muchas las posibilidades que nos ofrece el sistema Arduino para realizar la instalación domótica. Cada vez son más los complementos que se pueden acoplar a nuestro sistema Arduino, desde módulos Wi-Fi hasta módulos GSM o GPS. A continuación mostramos algunas posibles mejoras para nuestro proyecto:

- Conexión mediante el módulo Wi-Fi, y configuración de diferentes módulos Arduino, Master-Slave, con un Arduino Mega como pieza central y diferentes Arduino Uno o Arduino Nano como esclavos.
- Sustitución de Arduino por Raspberry Pi como módulo central.

- Desarrollo de una Interfaz Web con diferentes elementos pre-configurados para su conexión más sencilla, tipo UPnP.
- Desarrollo de módulos comerciales basados en Arduino y creación de una interfaz para Android para conexión mediante Bluetooth, Wi-Fi o GSM.

Tendencias futuras de la domótica

Hemos visto en nuestro proyecto que la domótica cada vez está surgiendo con más fuerza dado que empresas de gran poder en el mundo de las tecnologías, como Google o Apple, están apostando fuerte por este tipo de instalaciones.

Desde mi punto de vista se podría llevar la domótica a un punto mucho mayor, a un nivel de automatización de ciudades. En las ciudades son muchos los gastos innecesarios que se podrían evitar introduciendo soluciones de tipo domótico. Personalmente se me ocurre la automatización del riego de jardines dependiendo de las necesidades, automatización de apertura y cierre de semáforos dependiendo de la cantidad de tráfico de coches y de personas, colocación de sensores de movimiento para la automatización de farolas, etc.

Creo personalmente que la domótica está en sus inicios, son muchos los aspectos que quedan por descubrir y mejorar. La domótica es un punto de partida para una vida más automatizada y mucho más eficiente.

Anexo I. Código completo de Arduino.

Programa_principal.ino

```

/* Incluimos las librerías necesarias para la ejecución del
codigo */

#include <NECIRrcv.h>
#include <SoftwareSerial.h>
#include "Codigo_mando.h"
#include "pines.h"

/*Definimos los pines donde iran conectados nuestros
dispositivos, tanto el infrarrojo como el bluetooth */

NECIRrcv ir(IR) ; //asigno el pin IR para recepción de IR
SoftwareSerial BT(BT_RX,BT_TX); //Asigno pines para
comunicación serie Bluetooth

/* En el modulo setup() definimos las comunicaciones y los
modos de los pines, tanto entradas como salidas
También realizamos la calibración del sensor PIR */

void setup()
{
  Serial.begin(9600) ; //Inicializo la comunicacion serie con
el PC
  ir.begin() ; //Inicio la recepcion del codigo IR
  BT.begin(9600); //Inicio comunicación Bluetooth a 9600 bps

  //Defino los pines como entrada o salida
  pinMode(LED_GAS, OUTPUT);
  pinMode(LED_LLAMA, OUTPUT);
  pinMode(LED_MOVIMIENTO, OUTPUT);
  pinMode(LED_LLUVIA, OUTPUT);

  pinMode(LED_V,OUTPUT);
  pinMode(LED_VLL,OUTPUT);
  pinMode(LUZ,OUTPUT);
  digitalWrite(LUZ,HIGH);

  pinMode(LED_PASILLO, OUTPUT);

  pinMode(ALARMA,OUTPUT);

  pinMode(TRIGGER,OUTPUT);
  pinMode(ECHO,INPUT);

  pinMode(PIR, INPUT);
  digitalWrite(PIR, LOW);

```

Diseño de un sistema domótico centralizado

```
//Calibramos el sensor PIR durante 10 segundos
Serial.print("Calibrando sensor ");
for(int i = 0; i < 10; i++){
    Serial.print(".");
    delay(1000);
}
Serial.println("SENSOR LISTO");
delay(50);
}

//Modulo que se ejecutará indefinidamente en nuestro Arduino
void loop()
{
    COMPROBAR_ESTADO();
    GAS();
    LLAMA();
    LLUVIA();
    MOV_ULTRA();
    MOV_PIR();
    REGULACION_VENTANAS();
    LEER_IR();
    LEER_BT();
}
/* Definimos las funciones utilizadas en el loop()*/

/*Funcion COMPROBAR_ESTADO(): Recibe los valores de las
lecturas de gas, llama y inundación (lluvia), si ninguna
alerta esta activada, ejecuta la funcion alarma_off que apaga
la alarma */

void COMPROBAR_ESTADO(){
    if(lectura_LLAMA()==0 && lectura_GAS()==0 &&
lectura_LLUVIA()==0)
    {
        alarma_off();
    }
}

/* Funcion GAS: recibe el valor de la funcion lectura_GAS si
este valor es 1 activa la funcion alarma(), y enciende el led
indicador de alarma por GAS */
void GAS(){
    if (lectura_GAS()==1)
    {
        alarma();
        digitalWrite(LED_GAS,HIGH);
    }
    else
    {
        digitalWrite(LED_GAS,LOW);
    }
}
}
```

```

/* Funcion lectura_GAS: recibe como entrada la lectura del
sensor del GAS, compara esta entrada con un valor umbral, en
caso de superar este valor devuelve un 1, sino un 0 */
int lectura_GAS(){
  int valor_GAS=analogRead(SENSOR_GAS);
  Serial.println(valor_GAS);
  if(valor_GAS>maximo_GAS)
    return 1;
  else
    return 0;
}

/* Funcion LLAMA: recibe el valor de la funcion lectura_GAS si
este valor es 1 activa la funcion alarma(), y enciende el led
indicador de alarma por LLAMA */
void LLAMA(){
  if (lectura_LLAMA()==1)
  {
    alarma();
    digitalWrite(LED_LLAMA,HIGH);
  }
  else
  {
    digitalWrite(LED_LLAMA,LOW);
  }
}

/* Funcion lectura_LLAMA: recibe como entrada la lectura del
sensor de LLAMA, compara esta entrada con un valor umbral, en
caso de superar este valor devuelve un 1, sino un 0 */
int lectura_LLAMA(){
  int valor_LLAMA=analogRead(SENSOR_LLAMA);
  Serial.println(valor_LLAMA);
  if(valor_LLAMA>maximo_LLAMA)
    return 1;
  else
    return 0;
}

/* Funcion LLUVIA: recibe el valor de la funcion
lectura_LLUVIA si este valor es 1 activa la funcion alarma(),
y enciende el led indicador de alarma por LLUVIA */

void LLUVIA(){
  if (lectura_LLUVIA()==1)
  {
    alarma();
    digitalWrite(LED_LLUVIA,HIGH);
  }
  else
  {
    digitalWrite(LED_LLUVIA,LOW);
  }
}

```

Diseño de un sistema domótico centralizado

```
/* Funcion lectura_LLUVIA: recibe como entrada la lectura del
sensor de LLUVIA(inundación), compara esta entrada con un
valor umbral, en caso de superar este valor devuelve un 1,
sino un 0 */

int lectura_LLUVIA(){
  int valor_LLUVIA=analogRead(SENSOR_LLUVIA);
  Serial.println(valor_LLUVIA);
  if(valor_LLUVIA<maximo_LLUVIA)
    return 1;
  else
    return 0;
}

/* Funcion REGULACION_VENTANAS: mediante las entradas anal
void REGULACION_VENTANAS(){
  int lectura_LDR=analogRead(LDR_V); //leemos valor LDR
  Serial.println(lectura_LDR); //lectura analógica
  lectura_LDR = map(lectura_LDR, 0, 1023, 255, 0);
  analogWrite(LED_V, lectura_LDR); //establecemos el valor led

  int lectura_LDR_2=analogRead(LDR_VLL); //leemos el valor LDR
  Serial.println(lectura_LDR_2); //lectura analógica
  lectura_LDR_2 = map(lectura_LDR_2, 0, 1023, 255, 0);
  analogWrite(LED_VLL, lectura_LDR_2); //escribimos valor led
}

/* Funcion MOV_ULTRA: tiene de entrada el sensor de
ultrasonidos, mediante la medida del pulso, obtenemos el
tiempo que ha tardado en volver nuestra señal, con lo que
podremos calcular la distancia. Mediante esta distancia
comparamos con el valor de referencia, en caso de superarlo,
activaremos la alarma de presencia */

void MOV_ULTRA(){

  digitalWrite(TRIGGER,LOW); //Pongo a nivel bajo el trigger
  delayMicroseconds(5);
  //generamos el pulso de 10 microsegundos
  digitalWrite(TRIGGER,HIGH);
  delayMicroseconds(10);
  digitalWrite(TRIGGER,LOW);

  //medimos el tiempo del pulso y calculamos la distancia
  float distance=pulseIn(ECHO,HIGH);
  distance=distance*0.01657;
  Serial.println(distance);

  if(distance<máximo_distancia)
    digitalWrite(LED_MOVIMIENTO,HIGH);
  else
    digitalWrite(LED_MOVIMIENTO,LOW);
}
```

```

/* Funcion MOV_PIR: recibe como entrada el valor del sensor
PIR, en caso de que este valor sea HIGH, enciendo el led
(LED_PASILLO), en caso contrario lo apago */
void MOV_PIR(){
  if(digitalRead(PIR) == HIGH)
  {
    digitalWrite(LED_PASILLO, HIGH);
  }
  else
    digitalWrite(LED_PASILLO, LOW); }

//Funciones para control alarma
void alarma(){
  tone(ALARMA, 2000,2000);
}
void alarma_off(){
  noTone(ALARMA);
}

/* Funcion LEER_IR: mediante esta funcion recibimos el código
del mando a distancia.
Mediante esta entrada de control generada por el mando,
actuamos sobre el enchufe (LUZ).
También hemos configurado una opción para apagar la alarma
durante 10 segundos.
*/

void LEER_IR(){
  unsigned long ircode ; //Variable que almacena el codigo
leído por el receptor IR

  while (ir.available()) { // Bucle que recibe datos de IR
mientras esté disponible la conexión
  //Leo el código que emite el mando
  ircode = ir.read() ;
  Serial.print("Codigo:") ;
  Serial.println(ircode) ;
  switch (ircode) {
    //Actuo dependiendo del código recibido por el mando
    case PLAY:
      //si he pulsado el botón play enciendo la luz
      digitalWrite(LUZ, HIGH);
      break;

    case STOP:
      //si pulso el botón STOP apago la luz
      digitalWrite(LUZ, LOW);
      break;

    case PAUSE:
      //si pulso en botón PAUSE detengo la alarma durante
10 segundos
      alarma_off();
      delay(10000);
      break;
  }
}

```


Diseño de un sistema domótico centralizado

```
    }  
  }  
  
  /* Funcion LEER_BT: mediante esta funcion recibimos el código  
  del dispositivo Bluetooth.  
  Mediante esta entrada de control generada por el dispositivo,  
  actuamos sobre el enchufe (LUZ).  
  También hemos configurado una opción para apagar la alarma  
  durante 10 segundos.  
  */  
  
  void LEER_BT()  
  {  
    char BTcode=BT.read();//Leo la entrada  
    Serial.println(BTcode);//Muestro el código recibido por  
    pantalla  
    switch (BTcode){  
  
      case 'A':  
        //Si recibo el codigo A, enciendo la LUZ  
        digitalWrite(LUZ, HIGH);  
        break;  
  
      case 'a':  
        //Si recibo el codigo a, apago la LUZ  
        digitalWrite(LUZ, LOW);  
        break;  
  
      case 'B':  
        //Si recibo el codigo B, apago la alarma  
        alarma_off();  
        delay(10000);  
        break;  
    }  
  }  
}
```

Codigo_mando.h

```
#define ZOOM 4278255360  
#define EX 4077715200  
#define PBC 4061003520  
#define RL 2958032640  
#define REPEAT 2974744320  
#define NP 2991456000  
#define SLOW 2807627520  
#define STEP 2874474240  
#define DISPLAY 2857762560  
#define KARAOKE 2690645760  
#define UNO 4127850240  
#define DOS 4194696960  
#define TRES 4261543680  
#define CUATRO 3024879360  
#define CINCO 3091726080  
#define SEIS 3158572800
```

```
#define SIETE 3041591040
#define OCHO 3175284480
#define NUEVE 3175284480
#define TIME 4044291840
#define CERO 3191996160
#define MASDIEZ 3125149440
#define KEYMAS 2740780800
#define KEYMENOS 2724069120
#define PROG 3776904960
#define CLEAR 4244832000
#define VOLMAS 3843751680
#define VOLMENOS 2790915840
#define ECHOMAS 2941320960
#define ECHOMENOS 2924609280
#define SETUP 4027580160
#define ANGLE 4161273600
#define ARRIBA 3141861120
#define ABAJO 3075014400
#define IZQUIERDA 3008167680
#define DERECHA 3208707840
#define AB 2707357440
#define MUTE 2774204160
#define LANGUAGE 2841050880
#define TITLE 2907897600
#define SUBTITLE 3058302720
#define PAUSE 2757492480
#define PLAY 4177985280
#define STOP 2824339200
#define ATRAS 3810328320
#define ADELANTE 3877175040
#define ESATRAS 3944021760
#define ESADELANTE 4010868480
```

Pines.h

```
//Entradas-salidas DIGITALES
#define ALARMA 2 //Pin del zumbador
#define LED_VLL 4 //Pin led ventana al lado del patio
#define PIR 10 //Pin sensor PIR
#define LED_V 11 //Pin led ventana trasera
#define BT_RX 12 //Pin RX del modulo Bluetooth
#define BT_TX 13 //Pin TX del modulo Bluetooth
#define TRIGGER 22 //Pin TRIGGER del sensor de distancia
#define ECHO 24 //Pin ECHO del sensor de distancia
#define LED_GAS 31 //LED indicador de alarma de GAS
#define LED_PASILLO 32 //LED del pasillo
#define LED_LLUVIA 35 //LED indicador de alarma de
INUNDACION
#define LED_LLAMA 39 //LED indicador de alarma de FUEGO
#define LED_MOVIMIENTO 43 //LED indicador de detector
ultrasonidos
#define LUZ 48 //Relé de enchufe
#define IR 53 //Pin receptor IR
```

Diseño de un sistema domótico centralizado

```
//Entradas-salidas ANALÓGICAS
#define LDR_V 0          //Pin LDR ventana trasera
#define SENSOR_LLAMA 1  //Pin sensor de LLAMA
#define SENSOR_GAS 2    //Pin sensor de GAS
#define LDR_VLL 3       //Pin LDR ventana patio
#define SENSOR_LLUVIA 4 //Pin sensor de LLUVIA

//Definimos valores maximos permitidos para sensores
analógicos
const int maximo_GAS=500; //Valor maximo permitido para
detector de GAS
const int maximo_LLAMA=150; //Valor maximo permitido para
detetor de LLAMA
const int maximo_LLUVIA=600; //Valor maximo permitido para
detector de LLUVIA
const float maximo_distancia=10; //Valor maximo permitido para
distancia de ULTRASONIDOS
```

Bibliografía

Libros

Castro Gil, M.; Díaz Orueta, G; Mur Pérez, F. *Comunicaciones industriales: Principios Básicos*. Madrid: Liberia UNED, 2007.

Harke, Werner. *Domótica para viviendas y edificios*. Barcelona: Marcombo, 2010.

Huidobro Moya, J. M.; Millán Tejedor, R. J. *Domótica. Edificios Inteligentes*. Madrid: Creaciones Copyright, S.L., 2004.

Huidobro Moya, J. M.; Millán Tejedor, R. J. *Manual de domótica*. Madrid: Creaciones Copyright, S.L., 2010.

Junestrand, Stefan; Passaret, Xavier; Vázquez, Daniel. *Domótica y hogar digital*. Madrid: Thomson Paraninfo, 2005.

Perales Benito, Tomás. *Domótica : cómo optimizar nuestro bienestar y ahorrar energía mediante sencillas instalaciones domóticas que podrás montar tú mismo*. Madrid: Creaciones Copyright, S.L., 2009.

Stallings, William. *Comunicaciones y redes de computadores*. 7º Edición. Madrid: Pearson Prentice Hall, 2008.

Vázquez Serrano, Francisco; Romero Morales, Cristobal; Castro Lozano, Carlos. *Domótica e inmótica: viviendas y edificios inteligentes*. Madrid: Ra-ma, 2010.

Páginas Web

Dispositivos EnOcean. [Consulta 11 Junio 2014]. Disponible en: <http://www.enocean.com/en/home/>

Domoalert. [Consulta 10 Junio 2014]. Disponible en: <https://domoalert.com/>

Estándar KNX. [Consulta 11 Junio 2014] Disponible en: <http://www.knx.org/es/>

Lonmark España. [Consulta 18 Mayo 2014]. Disponible en: <http://www.lonmark.es/www/main/index.php>

Redes inalámbricas [Consulta 10 Junio 2014]. Disponible en: <http://www.intel.com/support/sp/wireless/wlan/sb/cs-025321.htm>

Sistema Myfox. [Consulta 22 Abril 2014]. Disponible en: <http://www.myfox.fr/alarme>

Sistema Wattio. [Consulta 22 Abril 2014]. Disponible en: <http://www.wattio.com/energia>

Thunderbolt. [Consulta 5 Junio 2014]. Disponible en: <http://www.apple.com/es/thunderbolt/>

Viviendas adaptadas y adaptables. [Consulta 20 Junio 2014]. Disponible en: <http://hogaresaccesibles.org/>

Artículos Web

Apple invade el hogar y se cuela hasta en la lavadora. Nueva York: S. Mazo, Estela, 2014 [Consulta: 29 Mayo 2014]. Disponible en: http://www.expansion.com/2014/05/28/empresas/tecnologia/1401306873.html?cid=SMBOSO22801&s_kw=twitterCM&utm_content=bufferc4f8a&utm_medium=social&utm_source=twitter.com&utm_campaign=buffer

Dropcam, la solución a las cámaras de seguridad inalámbricas, controlada desde tu Android [Consulta: 15 Mayo 2014]. Disponible en: <http://www.areandroid.com/dropcam-la-solucion-las-camaras-de-seguridad-inalambricas-controlada-desde-tu-android/>

El sistema de vigilancia del hogar Domoalert revoluciona la domótica. Bilbao: Larrakoetxea, Carmen [Consulta: 30 Mayo 2014] Disponible en: http://www.eleconomista.es/interstitial/volver/50023286782/pais_vasco/noticias/5808591/05/14/El-sistema-de-vigilancia-del-hogar-Domoalert-revoluciona-la-domotica.html#.Kku8LQUI3AvCqRt

Homekit, la apuesta por la domótica de Apple. Martín Barbero, Iván [Consulta 15 Junio 2014]. Disponible en: http://cincodias.com/cincodias/2014/06/04/lifestyle/1401892617_525470.html

La historia de Arduino contada por los creadores del proyecto. [Consulta 25 Abril 2014]. Disponible en: <http://alt1040.com/imagen-del-dia/arduino-documental>

LG lanza las bombillas que se conectan al móvil. [Consulta 25 Abril 2014]. Disponible en: <http://www.tecnopasion.com/lg-bombillas-que-conectan-movil-5601/>

Los magnates tecnológicos, hacia la conquista de las casas inteligentes. [Consulta: 29 Mayo 2014]. Disponible en: <http://www.lavanguardia.com/tecnologia/innovacion/20140529/54409428987/google-apple-domotica-casas-inteligentes.html>

Viviendas en el centro de Madrid equipadas con tecnología KNX. [Consulta 10 Julio 2014] Disponible en: <http://casadomo.com/articulos/viviendas-en-el-centro-de-madrid-equipadas-con-tecnologia-knx>