

Resumen

La finalidad de este proyecto es obtener el diseño de un sistema de altas prestaciones que permita realizar funciones propias de la domótica con especial énfasis en aquellas funciones relativas a la seguridad.

Para realizar todas las funciones necesarias se ha diseñado un sistema con capacidad de procesar audio y video, comunicarse vía Internet, telefonía o SMS y realizar las comunicaciones necesarias en el sistema de forma inalámbrica.

En primer lugar se dimensiona el sistema, mostrando un abanico de las funcionalidades más útiles diferenciando entre los ámbitos de seguridad, ahorro de energía, comunicaciones y mejora del confort; con la finalidad de buscar un sistema que cubra las necesidades reales de los usuarios. Realizar todas estas funciones nos conduce a los requisitos que son necesarios en el sistema y se propone un sistema formado por las funciones más usuales, con el fin de poder llegar a ofrecer una solución concreta.

Siguiendo la concepción del sistema a nivel teórico, se analizan los diferentes tipos de arquitectura que utilizan la mayoría de sistemas domóticos actuales. Una vez vistas las ventajas y desventajas de las posibles configuraciones, se establece como la arquitectura más adecuada un sistema de tipo centralizado modular.

Una vez llegados a este punto, se busca plasmar todo el diseño teórico sobre el soporte hardware más adecuado. Por lo que se analiza una primera posibilidad consistente en utilizar elementos que ya existen en el mercado que nos puedan ser útiles y una segunda posibilidad mediante la fabricación de nuestros propios módulos de comunicación. Estos módulos funcionan de forma inalámbrica y nos permiten conectar un gran número de dispositivos, sin necesidad de realizar la instalación que requieren los sistemas cableados.

Mediante el análisis de todos estos elementos, llegamos a obtener dos soluciones claramente diferenciadas, una primera donde prima la fiabilidad respecto al coste total y una segunda, donde la fiabilidad es menor pero el coste se reduce sustancialmente.

Entre las dos soluciones planteadas, el sistema de bajo coste se ajusta a nuestros objetivos iniciales, en los cuales se buscaba un sistema barato y que se pudiera introducir en un mercado amplio. Además el sistema de funcionamiento al estar abierto a todo tipo de dispositivos, genera muchas posibilidades de desarrollo con el único inconveniente de mejorar la fiabilidad del conjunto.





Sumario

RESUMEN	1
SUMARIO	3
1. GLOSARIO	5
2. PREFACIO	7
2.1. Origen del proyecto.....	7
2.2. Motivación	8
3. INTRODUCCIÓN	9
3.1. Objetivos del proyecto.....	10
4. ANÁLISIS DE ANTECEDENTES	11
4.1. El mercado de la seguridad en el hogar y la domótica	11
4.2. Sistemas de seguridad	12
4.2.1. Securitas Direct	12
4.2.2. Prosegur	14
4.2.3. Fichet-Bauchet.....	15
4.2.4. Ademco	16
4.2.5. ADT	17
5. ESPECIFICACIÓN DEL SISTEMA	21
5.1. Funcionalidades del sistema	21
5.1.1. Funciones del ámbito de la seguridad	22
5.1.2. Funciones del ámbito de control y gestión de la energía.....	23
5.1.3. Funciones del ámbito de mejora del confort.....	23
5.1.4. Funciones del ámbito del sistema de comunicaciones.....	24
5.2. Requisitos del sistema.....	24
5.3. Funcionalidades propuestas.....	25
6. OPCIONES DE DISEÑO	27
6.1. Elementos del sistema	27
6.2. Arquitectura del sistema.....	27
7. ELECCIÓN DE COMPONENTES	33
7.1. Interfaz de radiofrecuencia	33
7.1.1. Diseño propio	34
7.1.2. Coste de los módulos.....	42



7.2. Interfaz con Internet.....	43
7.2.1. DSL-502T Router ADSL de DLINK.....	44
7.3. Interfaz para el control térmico.....	45
7.3.1. Control del sistema de calefacción.....	45
7.3.2. Control del sistema de aire acondicionado	47
7.4. Sensores y Actuadores.....	49
8. SOLUCIONES PROPUESTAS	51
8.1. Solución propuesta nº 1: Sistema de alta fiabilidad	53
8.1.1. Componentes seleccionados	54
8.1.2. Esquemas de conexión.....	56
8.1.3. Esquema eléctrico de la plataforma de control	60
8.1.4. Sistema operativo	63
8.2. Solución propuesta nº 2: Sistema de bajo coste.....	65
8.2.1. Componentes seleccionados	65
8.2.2. Esquemas de conexión.....	70
8.2.3. Sistema operativo	73
9. ESTUDIO ECONÓMICO	75
9.1. Sistema de alta fiabilidad.....	75
9.2. Sistema de bajo coste	77
9.3. Comparación con sistemas similares del mercado.....	80
9.3.1. Sistema domótico Domo-Plus.....	80
CONCLUSIONES	83
AGRADECIMIENTOS	85
BIBLIOGRAFÍA	87
Referencias bibliográficas.....	87
Bibliografía complementaria	88



1. Glosario

ADSL: Asymmetric Digital Subscriber Line

ARM: Acorn RISC Machine

CEDOM: Centro Español de Domótica.

CNAF: Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias.

CRA: Central receptora de alarmas.

DMZ: Delimitarized Zone

DSP: Digital System Processor.

FPIC: Field Programmable Integrated Circuits.

GPRS: General Packet Radio Service

GSM: Global System for Mobile Communications

ICM: Bandas de frecuencia para aplicaciones industriales, científicas y medicas.

NAT: Network Address Translation

NRE: Non Recurring Engineering.

PDU: Protocol Description Unit (mode)

PIR: Passive Infrared Sensors.

RISC: Reduced Instruction Set Computing

SAI: Sistema de alimentación ininterrumpida.

SMD: Surface Mount Device.

SMS: Short Messages Service.

SOHO: Small Office – Home Office.

VPN: Virtual Private Network





2. Prefacio

En los últimos años en España se ha producido un aumento significativo en las ventas de sistemas de seguridad, tanto en seguridad física como en alarmas residenciales, motivado por diversos factores como la fase de estabilidad económica global que existe o las buenas perspectivas en el sector de la construcción, cuyo crecimiento se encuentra muy vinculado al sector de la seguridad. Europa y Estados Unidos son los principales focos de demanda de seguridad y aglutinan el 85% del mercado mundial, en concreto el mercado europeo de seguridad está valorado en 22.000 millones de euros y crece a un ritmo anual del 6% de media, encontrándose en este momento en proceso de consolidación [1].

Este crecimiento dependerá en gran parte del papel que jueguen a corto y medio plazo las nuevas tecnologías, ya que se espera un desarrollo y perfeccionamiento de los actuales sistemas de seguridad, mejorando las simples funciones de detección que realizan actualmente la mayoría de estos sistemas.

En paralelo a la consolidación de los sistemas de seguridad, el uso cada vez más frecuente de la tecnología en nuestra vida diaria ha hecho que el sector de la domótica tenga progresivamente una presencia más útil y real. Hasta ahora la domótica se ha limitado a realizar funciones de automatización en grandes superficies o en residencias con gran poder adquisitivo de los propietarios sin apenas repercusión en la mayoría de viviendas debido a sus elevados precios, pese a sus interesantes aplicaciones como son el aumento del confort, la facilidad en las comunicaciones, el ahorro de energía, o una de sus principales características, las aplicaciones en materia de seguridad.

2.1. Origen del proyecto

Una vez vistas las previsiones de ventas de sistemas de seguridad junto a otros factores como la introducción de la tecnología en todos los ámbitos de la vida o el aumento de la domótica, provoca que se abran nuevas perspectivas en este campo que evoluciona hacia la mejora de los sistemas actuales. Por lo que surge la idea de realizar un sistema de seguridad que mejore los limitados sistemas que existen hoy en día. Pero vemos que la solución final que podemos alcanzar puede ser un sistema mucho más útil integrando elementos domóticos, mediante nuevas aplicaciones que nos proporcionan los avances tecnológicos actuales. De esta forma podemos conseguir un dispositivo que satisfaga todas las necesidades y que pueda servir como un primer paso hacia un elemento de gran consumo.



2.2. Motivación

Uno de los principales motivos que ha impulsado la realización de este proyecto, ha sido la voluntad de plantear la posibilidad real de ofrecer un nuevo concepto de vivienda.

Esto significa llegar a crear un sistema domótico en el que la vivienda sea más segura, aumente la comodidad y esté abierta a la tecnología. Estos conceptos son algunos con los que la domótica se identifica pero que no ha conseguido hacer calar en el mercado de la vivienda actual. Principalmente debido a que los sistemas domóticos actuales ofrecen un gran número de funciones, no todas ellas de gran utilidad, a un coste muy alto.

Por lo que ha motivado diseñar un sistema diferente a los actuales, con el que se pretende buscar solución a los problemas de los sistemas actuales; incorporando funciones útiles, reduciendo el precio y permitiendo la integración de cualquier dispositivo de uso común. Buscando ofrecer de esta forma una imagen diferente de la domótica, en la que se aprecien sus beneficios.



3. Introducción

Si analizamos el mercado, podemos encontrar por una parte alarmas de seguridad que disponen sencillamente de un sistema central de control y por otra parte sistemas de control domóticos, pese a que realizan funciones muy similares. Esto nos lleva a intentar obtener un elemento que pueda servir para ambas aplicaciones, en concreto deseamos diseñar un sistema domótico que pueda servir para muchas aplicaciones y no se limite a una alarma de seguridad.

Nuestro objetivo es diseñar un sistema que pueda mejorar y solucionar los problemas de los sistemas domóticos actuales.

La domótica actualmente se limita a grandes superficies o a particulares con gran poder adquisitivo, en cambio en la mayoría de hogares no se utiliza ninguna aplicación domótica. Esto es debido principalmente al precio que requiere toda una instalación domótica, en la cual hay que tener en cuenta el coste de todos los elementos necesarios, desde un sistema de control (que suele tener un precio elevado) hasta la correspondiente instalación, la cual actualmente supone un gasto importante a parte de los problemas que esto conlleva debido a todo el cableado de control necesario para los buses y aparte existen construcciones donde hacer llegar un cable resulta imposible, por lo que la mayoría de instalaciones domóticas se limitan a obra nueva. Otro motivo que restringe el uso de instalaciones domóticas es la opinión creada hacia ellas, ya que un sistema domótico se ve más como algo poco práctico que se limita al control del sistema de iluminación de una vivienda, sin considerarse sus grandes posibilidades en materia de ahorro de energía o prevención.

El sistema que queremos diseñar deberá ser un sistema que pueda solucionar estos problemas de precio e instalación, para ello haremos uso de las nuevas tecnologías que existen y que cada día cobran más fuerza, como es el control mediante tecnologías inalámbricas.

El uso de tecnologías inalámbricas nos proporciona nuevas herramientas de forma que puedan resultar rentables instalaciones domóticas en todo tipo de viviendas.

Se propone un sistema de altas prestaciones para aplicaciones residenciales, que sea capaz de realizar todas las funciones que deseemos. Se escoge un funcionamiento centralizado, es decir, recogerá todas las entradas que vendrán de los diferentes sensores que existan (ya sean ambientales, digitales,...) pasarán a la unidad de control que procesará la información, la cual enviará las señales de salida sobre los actuadores o elementos oportunos.



Con todo esto se pretende realizar un elemento sencillo que pueda servir para cualquier tipo de aplicación y que esté destinado a un gran mercado de consumo, de forma que represente un primer paso hacia un elemento de gran consumo y utilidad.

3.1. Objetivos del proyecto

El objetivo del proyecto consiste en llegar a diseñar un sistema domótico de altas prestaciones que sea capaz de realizar funciones domóticas, de seguridad y que permita integrar elementos ya presentes en la vivienda, por lo que el sistema deberá ser capaz de:

1. Procesar señal de audio.
2. Procesar señal de video.
3. Permitir la comunicación vía Internet.
4. Establecer comunicación telefónica o vía SMS.
5. Procesar señales digitales de varios bits.
6. Permitir todas las comunicaciones necesarias de forma inalámbrica.



4. Análisis de antecedentes

4.1. El mercado de la seguridad en el hogar y la domótica

El mercado de la seguridad se trata de un sector ya consolidado y que actualmente se encuentra en pleno crecimiento, en cambio el sector domótico dedicado al hogar aún no ha experimentado el aumento esperado desde su aparición, y su utilización aún es muy baja en la mayor parte del mundo.

Sistemas de seguridad

Los sistemas de seguridad experimentaron en el año 2003 el aumento más importante en el negocio. Concretamente se produjo en el servicio de conexión a las centrales receptoras de alarmas, con un aumento del 18.9% y un volumen de negocio ese año de 195 millones de euros. Los informes detallan un aumento hasta el 2006 del 7.5% al 9% anual en vigilancia y sistemas integrales y del 9 al 10% en alarmas. Pese a todos estos datos la penetración en el mercado de los sistemas de alarma en el sector doméstico aún es baja, del 2%, cuando en otros países como Estados Unidos es del 15%, aunque estos últimos años la demanda se ha disparado. [1]

El crecimiento del sector ha propiciado un aumento en la venta de sistemas de alarma, incluyendo centrales de control y todos los dispositivos necesarios, ya que en el servicio que ofrecen estas empresas de seguridad, consistente en proporcionar seguridad las 24 horas del día, se incluye lógicamente la venta de este sistema de seguridad.

Sistemas domóticos

El mercado de la domótica y de la automatización se inició en EE.UU. y Japón a principios de los años 80, países donde ha experimentado mayor difusión. Posteriormente siguieron sus pasos algunos países europeos como Alemania o los países nórdicos y no llegó a España hasta los años 90. El mercado de la automatización y la domótica nunca ha acabado de levantar el vuelo y siempre se ha encontrado en un estado de cierta incertidumbre, debido a numerosos problemas que han propiciado que este sector nunca haya acabado de eclosionar.

En los últimos años, la aparición de Internet y el desarrollo de nuevas aplicaciones tecnológicas como las comunicaciones inalámbricas o la aparición de dispositivos de



comunicación como móviles, PDA's, etc. han hecho que este mercado se vuelva a activar, ofreciendo nuevas posibilidades en el futuro.

4.2. Sistemas de seguridad

A continuación se estudiarán los principales sistemas de seguridad que podemos encontrar hoy en día en el mercado. Debido a la globalización actual, es conveniente realizar un estudio más general y no focalizar en el mercado español o europeo, ya que estamos inmersos en una situación donde los productos no afectan a un sólo mercado sino a nivel mundial. Por lo tanto, analizaremos los sistemas que podemos encontrar en varios de los mercados más importantes a nivel mundial.

Con ello, se pretenden ver las funciones que es capaz de realizar cada uno de estos sistemas, sus limitaciones y el coste que supone cada uno de ellos.

4.2.1. Securitas Direct

Esta compañía de origen sueco es una de las principales empresas europeas. Su cuota de mercado en Europa en sistemas de alarma para hogares y pequeños comercios en el 2003 fue del 9%, y en países como España o Suecia alcanzó el 30%. [2]

Dispone de 2 modelos diferentes de sistema de seguridad, alarma Millenium y Fast, formados por un kit básico que permiten ser ampliados mediante la adición de módulos que aumentan las funciones disponibles. La venta de estos sistemas viene incluida al contratar los servicios siguientes:

- Seguridad 24 horas al día todo el año.
- Soporte post-venta.
- Mantenimiento presencial o remoto.
- Soporte telefónico (Hot line).

Los sistemas son los siguientes:

Alarma Millenium

El kit básico a la venta dispone de lo siguiente:

1. Central micro procesada:

Dispone de altavoz y micro para una comunicación directa.



Permite realizar una ampliación para controlar aparatos conectados a la red eléctrica.

2. Detector de movimiento mediante infrarrojos y comunicación vía-radio.
3. Teclado de control.
4. Mando a distancia.

Como podemos ver, es una alarma con unas prestaciones muy limitadas ya que tan sólo dispone de un detector de movimiento, por lo que un usuario normal debería añadir un conjunto de extras que aumentarían el coste del sistema.

Entre los dispositivos auxiliares que podemos incluir se encuentra un módulo que permite realizar el control de aparatos eléctricos, pero para ello debemos comprar un enchufe especial para cada aparato que queramos conectar, con un precio de 172,84 € cada uno. Esta alarma pertenece a la gama baja, ya que realiza una función meramente de comunicación con una CRA y tiene un precio de 79,00 € + 36 mensualidades de 10,00 € en concepto de amortización del equipo sin contar el IVA, por lo que en total supone un precio de 509,24 €, a lo que hay que sumar 25,52 €/mes por el servicio prestado.

Este sistema es adecuado para aquellos usuarios que busquen un sistema básico ya que no es capaz de realizar grandes prestaciones. Pese a que el precio de la oferta es muy reducido (79,00€ + IVA), a este precio hay que añadirle un conjunto de extras para conseguir que el sistema sea fiable, con lo que se encarece mucho el precio del conjunto.

Alarma Fast

Este sistema de seguridad pertenece a una gama superior respecto del anterior, aunque sus prestaciones son muy similares. El kit básico lo compone lo siguiente:

1. Central micro procesado:
 - 1.1 Dispone de altavoz y micro para una comunicación directa.
 - 1.2 Permite realizar una ampliación para controlar aparatos conectados a la red eléctrica.
 - 1.3 Sistema anticorte de línea telefónica.
2. Detector de movimiento mediante infrarrojos y comunicación vía-radio.
3. Teclado de control con llaves de seguridad y con posibilidad de enviar mensajes SMS al móvil.



4. Mando a distancia.

Como podemos observar esta alarma es muy similar a la alarma Millenium, corresponde a una gama alta ya que dispone de las mismas prestaciones pero incluye la posibilidad de recibir mensajes sobre información de entrada y salida de la vivienda y dispone de un sistema anticorte de la línea telefónica.

Su precio es de 179,00 € más 36 cuotas de 10,00 € en concepto de amortización del aparato como en el caso anterior, más IVA, por lo que el precio total es de 625,24 € más sus correspondientes 25,52 €/mes. Pese a que es una alarma mejor que la anterior aún continua siendo un sistema de bajas prestaciones en comparación al sistema que deseamos diseñar. [3]

4.2.2. Prosegur

Es una de las mayores compañías de seguridad en España, con presencia en parte de Europa y Sudamérica. La empresa fue fundada en 1976 y su sede corporativa está en Madrid. Junto a Securitas, es la otra gran empresa del mercado español y se reparten más de la mitad de la cuota de mercado.

Como en el caso anterior el servicio ofrecido consiste en lo siguiente:

- Disuasión, gracias a las placas y adhesivos exteriores.
- Detección, registrada por detectores volumétricos, magnéticos, etc.
- Recepción de la señal de alarma por nuestra CRA.
- Intervención, con aviso inmediato a las Fuerzas y Cuerpos de Seguridad del Estado y traslado inmediato de un vigilante de Prosegur (servicio Acuda), si lo requiere el cliente.

Entre sus productos se encuentra una alarma para hogar, que se compone de lo siguiente:

1. Central de control

1.1 Dispone de altavoz y micro para una comunicación directa.

1.2 Sistema anticorte de línea telefónica.

2. 1 detector de puertas

3. 1 teclado inalámbrico

4. 2 detectores volumétricos



5. mando a distancia

Todas las comunicaciones de esta alarma se realizan vía cable, y la central de control permite la conexión de nuevos detectores, hasta un máximo de 8 en total. El conjunto total tiene un precio de 501,16 €, a esto se deben sumar 27,78 €/mes por el servicio ofrecido como en el caso anterior.

Es un sistema muy similar a los ofrecidos por Securitas, su principal objetivo es realizar una función disuasoria y de comunicación con una CRA en caso de existir peligro o, de que se produzca la intrusión de alguna persona extraña, se limita a la seguridad personal y de bienes. [4]

4.2.3. Fichet-Bauchet

Fichet-Bauchet pertenece al grupo de origen sueco Gunnebo y está presente en diferentes países de los cinco continentes. Gunnebo es uno de los mayores grupos en el sector de la seguridad con 110 compañías en 32 países. La filial Fichet-Bauchet se ocupa de parte del mercado europeo y del norte de África, donde realiza la fabricación, diseño y distribución de productos de seguridad física. Como en los casos anteriores también ofrece los servicios usuales en la conexión a una CRA.

Entre sus productos distinguimos 2 tipos de alarmas diferentes dependiendo del medio de transmisión de la información, los sistemas son los siguientes:

Vía Cable

Donde se incluyen los siguientes elementos,

1. Central de alarma bidireccional
 - 1.1 Dispone de altavoz y micro para una comunicación directa.
 - 1.2 Teclado de emergencia.
2. Batería.
3. Teclado de control.
4. Detector de golpes y apertura.
5. Detector volumétrico infrarrojos.
6. Sirena interior.



Vía Radio Frecuencia

El sistema es idéntico al anterior con la única diferencia de que los 2 sensores funcionan vía RF y además incluye un receptor vía RF.

Los sistemas son muy parecidos a los que hemos visto anteriormente, no aportan ningún valor añadido en cuanto a concepción de sistema y como en los casos anteriores se limita a la vigilancia y seguridad anti-intrusión. El modelo con conexión tipo cable tiene un precio de 662,31 € y el modelo tipo vía radio es de 906,33 €. [5]

4.2.4. Ademco

Ademco pertenece a Honeywell Security, empresa de origen estadounidense y con gran relevancia en el mercado mundial. En España Honeywell Security tiene más de 20 años de experiencia en la distribución de equipos de seguridad, suministrando gran variedad de productos en diversas áreas como protección contra incendios, control de accesos, etc. Ademco es una de sus principales distribuidoras en España y Portugal, a diferencia de las empresas anteriores se dedica exclusivamente a la fabricación y distribución de productos destinados a la seguridad.

Al ser proveedores de otras empresas dedicadas a ofrecer servicios de seguridad a particulares, encontramos gran variedad de productos como son unidades de control, consolas, periféricos, detectores, etc. En nuestro caso nos centraremos en las unidades de control al tratarse éstas del centro de estudio de este apartado, clasificadas según el medio de transmisión utilizado. A continuación se detallan dos de las unidades de control más características de cada gama.

Vía Radio: LYNX

Consiste en una unidad de control compacta vía radio que funciona a 868.95MHz de frecuencia, con las siguientes características:

1. Altavoz y micrófono para comunicación.
2. Teclado 16 botones y pantalla LCD.
3. Respuesta por voz
4. Receptor vía radio que soporta 24 zonas y 4 llaves.



5. Memoria EPROM
6. Opción para conexión tipo X-10.
7. Opción vía telefónica.

Vía cable: Omni – 400

Se trata de una central de control que dispone de las siguientes características,

1. Capacidad para conectar entre 4-8 zonas.
2. Memoria de 128 eventos.
3. Monitor de corte de línea telefónica.
4. Teclado y pantalla LCD con 4 condiciones de emergencia (incendio, pánico, auxiliar y coacción).
5. Sirena, altavoz y micrófono.
6. 2 números para posible comunicación con CRA.
7. Se puede incluir un módulo de acceso telefónico.

Ambas unidades de control poseen características muy similares, se tratan de controladores/comunicadores compactos que buscan facilidad de uso e instalación y su mayor diferencia es el medio de transmisión utilizado. Son sistemas que permiten controlar bastantes elementos como sensores de presencia e incluso al primer sistema (LYNX) se le puede incorporar un controlador de X10, que permite controlar luces y otros dispositivos de la casa. Respecto a los sistemas anteriores no existe gran diferencia ya que realizan funciones muy parecidas; únicamente estos sistemas permiten descargas remotas de aplicaciones de mejora y la notificación de estados del sistema mediante mensajes de voz.

4.2.5. ADT

ADT es el proveedor número uno de Europa en sistemas electrónicos contra incendios y de seguridad y sus correspondientes servicios, forma parte del Grupo Tyco International de origen estadounidense donde también es la mayor compañía en seguridad para empresas y hogares.



Entre sus productos están los sistemas de seguridad anti-intrusión y también proporciona servicio de seguridad 24 horas, en concreto ofrece los siguientes servicios:

- Asistencia al cliente las 24 horas del día, los 365 días del año.
- Pulsador anti- atraco o de emergencia.
- Detección de fallo de energía: la Central Receptora recibe una señal proveniente del sistema que indica un fallo del mismo.
- Conexión y desconexión remota del sistema.

En cuanto a sistemas anti-intrusión ofrece a los usuarios dos modelos,

Power 432

Este sistema está formado por los elementos mostrados a continuación:

1. Unidad de control con transmisor telefónico incluido.
2. Teclado LCD
3. Receptor Vía Radio
4. 3 Detectores Infrarrojos
5. Sirena interior
6. Modulo opcional GSM

Power 864

Está compuesto por los mismos elementos del sistema Power 432 pero además incluye nuevas prestaciones como control inalámbrico del sistema, comprobación del sistema vía telefónica y la posibilidad de incorporar domótica.[6][7]

Los productos ofrecidos por la gama Power siguen presentando las mismas características que los sistemas anteriores y en consecuencia, las mismas deficiencias. Son sistemas modulares que permiten realizar ampliaciones para mejorar el sistema, aunque están concebidos para unas funciones muy concretas destinadas a la seguridad anti-intrusión.

Las opciones extras que ofrecen estos sistemas (gama Power y sistemas similares de otras compañías) se pueden resumir en dos funciones extras:



- Acceso remoto mediante SMS
- Control de algún aparato eléctrico mediante tecnología X10

Estas funciones extras se incorporan aprovechando el sistema instalado, y presenta dos problemas importantes. El primero consiste en que el sistema no está concebido para realizar estas funciones extras sino que se consideran funciones secundarias, con lo que las funciones alternativas quedan limitadas. El segundo problema es el coste para el usuario, ya que los módulos necesarios para las ampliaciones tienen un precio elevado debido a que son elementos que no tienen una elevada demanda por parte de los clientes, y además el cliente no tiene posibilidad de comprar estos módulos a cualquier fabricante sino que los debe comprar al mismo que le vendió el sistema para evitar incompatibilidades, por lo que también sube el precio del conjunto.





5. Especificación del sistema

El objetivo de este capítulo consiste en dimensionar el sistema, para ello se busca mostrar todo un abanico de posibles funcionalidades que el sistema final podría incorporar. Estas funciones son una recopilación de las funciones más útiles que incorporan los sistemas domóticos y de seguridad actuales, siguiendo con la filosofía de buscar un sistema que cubra las necesidades reales de los usuarios. Y además se añaden nuevas funciones que consideramos que pueden ser de gran utilidad, resultando un sistema de altas prestaciones. (Figura 5.1)



Figura 5.1.- Funciones del sistema

5.1. Funcionalidades del sistema

Como se ha comentado, el sistema debe ser capaz de desempeñar un conjunto importante de funciones, todas ellas se han clasificado dependiendo del ámbito al que pertenecen: ámbito de la seguridad, control y gestión de la energía, mejora del confort y sistema de comunicaciones.



5.1.1. Funciones del ámbito de la seguridad

El sistema de seguridad es el más importante y comprende 3 fases:

- Prevención o acciones antes del problema.
- Protección o acciones durante el problema.
- Investigación o acciones durante y después del problema.

Las funciones por su parte estarán clasificadas dentro de los siguientes tipos:

Alarmas intrusivas

1. Detección de personas extrañas.
2. Protección de los accesos, salidas y determinadas zonas de la vivienda.
3. Protección contra sabotaje y disfunción de las instalaciones.
4. Grabación en caso de detección de personas extrañas.
5. Simulación de presencia.

Alarmas técnicas

1. Detección y aviso de incendios y humo.
2. Detección y aviso de inundaciones.
3. Detección y aviso de escape de gases (CO, NOx, butano, propano, metano, gas natural).
4. Accionamiento de actuadores de cierre de válvulas de agua y gas.

Alarmas personales

1. Conexión con una CRA o comunicación con la policía u otras fuerzas de intervención exteriores.
2. Botón de pánico en caso de emergencia.
3. Posibilidad de conexión con servicios médicos de emergencia.
4. Activación de alarmas.
5. Vigilancia mediante cámaras.



5.1.2. Funciones del ámbito de control y gestión de la energía

Las funciones que hacen referencia al ahorro de energía son aquellas que realizan un control de la energía solar y térmica, las más destacadas son las siguientes:

1. Detección de la temperatura y la luminosidad en diferentes lugares.
2. Regulación y control inteligente de la iluminación.
3. Control y programación del sistema de energía (refrigeración y calefacción).
4. Control de las persianas.
5. Capacidad de conocer en tiempo real el consumo eléctrico, agua, gas, etc.

5.1.3. Funciones del ámbito de mejora del confort

El sistema de mejora del confort realiza una automatización de aquellas tareas repetitivas que realizamos a lo largo del día en nuestra vivienda, por lo que se pueden incluir las siguientes funciones:

1. Control automático de servicios y sistemas:
 - Calefacción
 - Refrigeración
 - Iluminación
 - Agua caliente
 - Música ambiental
 - Accesos
 - Persianas
 - Toldos
 - Ventanas
 - Riego automático
2. Control total del los accesos. Esto incluye:



- Recepción y envío de datos de audio y video desde las zonas de acceso (portero o vídeo portero) a otros elementos como televisión o teléfonos móviles.
- Permitir el acceso a la vivienda desde otros dispositivos como teléfonos móviles o Internet.

5.1.4. Funciones del ámbito del sistema de comunicaciones

El sistema de comunicaciones es aquel que permite disponer de información del sistema en cualquier momento y dará avisos de los sucesos más importantes que se produzcan.

En este punto también se incluyen todas aquellas funciones que hacen referencia a la interacción del usuario con el sistema, que forman parte de las funciones más importantes del sistema. No tiene ningún sentido realizar un sistema de altas prestaciones si el sistema es muy complejo e incomprensible para el usuario. Por lo que se deben buscar las opciones de hardware más agradables y sencillas para la comunicación sistema – persona.

La comunicación con el usuario podrá ser de forma directa, como podría ser el caso de utilizar una consola o un teclado, o mediante dispositivos secundarios como PDA's, teléfonos móviles, Internet o acceso a redes exteriores.

Las funciones necesarias son las siguientes:

1. Envío y recepción de datos a elementos exteriores al sistema como PDA's, teléfonos móviles vía SMS, Internet o redes exteriores.
2. Capacidad de actualizaciones del sistema desde elementos exteriores.
3. Control del sistema mediante mando a distancia o cualquier otro dispositivo compatible.

5.2. Requisitos del sistema

Cada una de las funciones listadas en el punto anterior, tiene una implicación en los requisitos necesarios del sistema, por ejemplo, para la detección de humos es necesario que el sistema sea capaz de procesar señales que lleguen de un sensor. Si se extiende esto a todas las funciones, obtendremos los requisitos necesarios de los que debería disponer un sistema completo.

Muchas de las funciones listadas suponen un mismo requisito por lo que quedan resumidas en el siguiente grupo:



- Procesar señales digitales de varios bits.
- Procesar señales de video y audio.
- Permitir la comunicación mediante Internet.
- Permitir la comunicación mediante telefonía o vía SMS.
- Permitir la comunicación con dispositivos o redes externas.
- Disponer de altavoces o sirena.
- Disponer de algún tipo de comunicación entre el sistema y el usuario. (Teclados, pantallas, mandos a distancia, etc.)

Aparte de estos requisitos, un sistema de este tipo tiene unas necesidades de funcionamiento que exigen lo siguiente:

- El sistema se deberá comportar de forma robusta, ya que las funciones que deberá realizar exigen que se comporte de manera fiable, como por ejemplo la detección de incendios o la comunicación en caso de emergencia.
- El sistema deberá funcionar bajo un programa que rija el funcionamiento del sistema y que tenga la posibilidad de ser configurable por el usuario.
- El sistema deberá ser capaz de almacenar datos.
- Deberá ser inmune a caídas de tensión u otros problemas eléctricos, por lo que deberá disponer de elementos como un SAI y dispositivos con watchdog para aumentar la fiabilidad del sistema.

5.3. Funcionalidades propuestas

Con el fin de concretar en una solución, y ante la imposibilidad de desarrollar todas las posibles funciones, se han escogido un conjunto de funciones representativas.

El conjunto de funciones que se consideran más importantes para poder realizar un sistema domótico de altas prestaciones son las que se muestran en la tabla 5.1 donde se muestran junto al ámbito al que pertenecen y el requisito que supone para el sistema.



Ámbito de referencia	Funciones del sistema	Requisito del sistema
Alarmas intrusivas	Detección de personas extrañas	Procesar señal digital
	Protección de los accesos, salidas y determinadas zonas de la vivienda	Procesar señal digital
	Simulación de presencia	Procesar señal digital
Alarmas técnicas	Detección y aviso de incendios y humo	Procesar señal digital
	Detección y aviso de inundaciones	Procesar señal digital
	Detección y aviso de escapes (CO, NOx, butano, propano, metano, gas natural, etc.)	Procesar señal digital
	Accionamiento de actuadores de cierre de válvulas de gas o agua	Procesar señal digital
Alarmas personales	Capacidad de conexión con una CRA o comunicación con la policía u otras fuerzas de intervención exteriores	Comunicación telefonía o SMS
	Botón de pánico en caso de emergencia	Procesar audio
	Conexión con servicios médicos de emergencia	Disponer de interfaz usuario
Control y gestión de la energía	Detección de la temperatura	Comunicación vía telefonía o SMS
	Control del sistema de refrigeración y calefacción	Procesar señal digital
Confort	Control de las persianas	Procesar señal digital
	Recepción y envío de datos de audio y video desde el portero o video portero	Procesar señal de audio y video
Comunicaciones	Comunicación mediante Internet	Comunicación vía Internet
	Comunicación con redes LAN	Comunicación con red externa
	Comunicación con dispositivos externos (PDA, móviles)	Comunicación con red externa
	Comunicación telefónica	Comunicación telefonía o SMS
	Comunicación vía SMS	
	Capacidad de actualización desde sistemas exteriores	Comunicación vía Internet
	Comunicación mediante mando a distancia u otro dispositivo	Procesar señal digital

Tabla 5.1.- Funcionalidades del sistema



6. Opciones de diseño

Una vez conocidos los requisitos generales que deberían formar parte del sistema, se analizan y escogen las diferentes posibilidades que podemos emplear para dar forma a nuestro sistema. Esto supone decidir que elementos formaran el sistema, como estarán unidos y que opciones existen para comunicar a las diferentes partes que lo integrarán.

6.1. Elementos del sistema

Todas las instalaciones domóticas disponen de todos o algunos de los siguientes elementos:

- Equipos que detectan información sobre el entorno (sensores, detectores, captadores, etc.)
- Equipos que actúan sobre el entorno (actuadores o circuitos de potencia, luces, electroválvulas, etc.)
- Entradas de consignas (mando a distancia, etc.)
- Equipos de procesamiento de la información (unidad central o distribuida).
- Red de comunicación (bus de comunicaciones), interconecta los distintos elementos del sistema y una red externa (Internet, telefonía, etc.)

Dependiendo de la interrelación entre ellos, definiremos la estructura del sistema que queremos realizar. Esta estructura quedará definida mediante un grupo de parámetros de diseño como son el tipo de arquitectura que deseamos, la topología del sistema, el medio de transmisión y los protocolos de funcionamiento necesarios.

6.2. Arquitectura del sistema

La arquitectura de un sistema domótico, como la de cualquier sistema de control, especifica el modo en que los diferentes elementos de control del sistema se van a ubicar e interrelacionar. Como ya habíamos comentado anteriormente, los tipos que podemos encontrar son los siguientes:

- *Sistema centralizado*: es aquel en que todos los procesos de control son realizados por un elemento único que recoge la información procedente de sensores u otros elementos, la procesa según la programación y las directrices que ha recibido el



sistema, y toma las oportunas decisiones a partir de estos datos las hace llegar a los equipos que actúan sobre el entorno. (Figura 6.1)

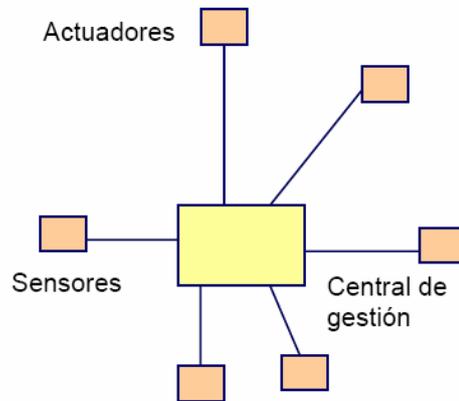


Figura 6.1.- Esquema de sistema centralizado

- *Sistemas centralizados modulares:* tienen la misma lógica de funcionamiento que los sistemas centralizados puros, todo intercambio de información en el sistema pasa por la unidad central, que es quien gestiona y distribuye las órdenes. La diferencia con respecto a los sistemas centralizados puros es que, los sistemas centralizados modulares permiten la ampliación gracias a la adición de módulos con distintas funcionalidades. (Figura 6.2)

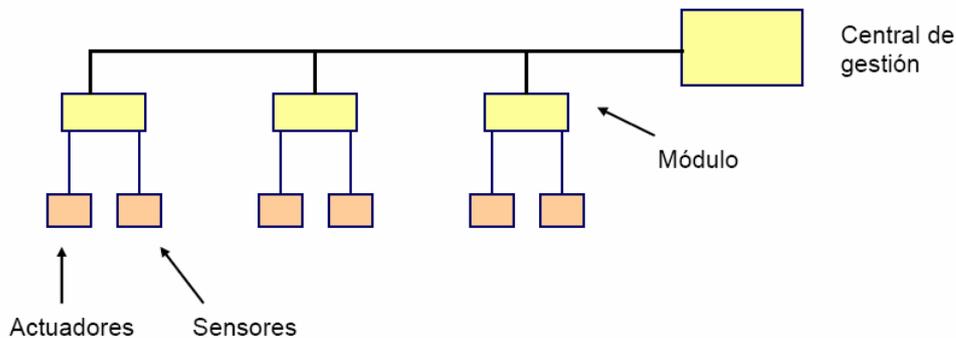


Figura 6.2.- Esquema de sistema centralizado modular

- *Sistemas descentralizados:* todos los elementos de red pueden ser productores / consumidores de información y, a la vez, procesar esta información o procesar la información que provenga de otros elementos productores / consumidores. Es necesario, en estos entornos, un protocolo de comunicaciones para que todos los



elementos produzcan una acción coordinada. Son ejemplos de esta tipología los protocolos/soluciones de mercado: EHS, x-10, EIB, Batibus. (Figura 6.3)

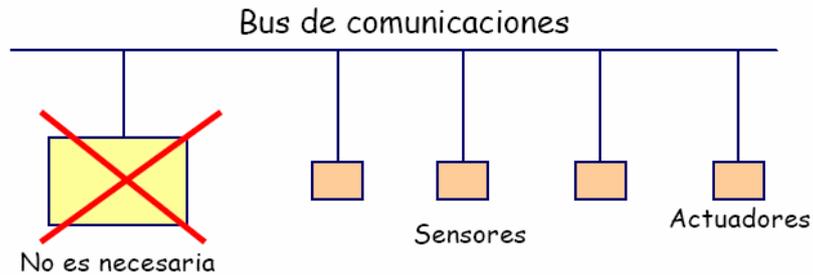


Figura 6.3.- Esquema de sistema descentralizado

- *Sistemas distribuidos*: combinan las tipologías centralizada y descentralizada. Los elementos de red son productores o consumidores de información, que están conectados a módulos o nodos que se comunican entre sí a través de un bus doméstico de comunicaciones. Es necesario, en estos entornos, un protocolo de comunicaciones para que todos los módulos produzcan una acción coordinada. Son ejemplos de protocolos/soluciones de mercado: Batibus, EHS, LonWorks. (Figura 6.4)

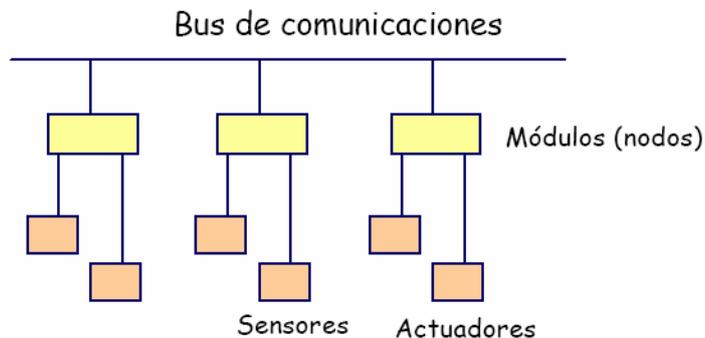


Figura 6.4.- Esquema de sistema distribuido

De los diferentes tipos mostrados anteriormente, se analizan en la tabla 6.1 las ventajas e inconvenientes de cada uno de ellos, con el fin de intentar buscar la arquitectura más adecuada para nuestro diseño.



	Ventajas	Inconvenientes
Sistema centralizado	<ul style="list-style-type: none"> • Sensores y actuadores universales • Coste reducido • Fácil uso y formación • Instalación sencilla 	<ul style="list-style-type: none"> • Cableado importante • Gran dependencia de la Central de control • Modularidad difícil • Necesidad de interfaz usuario • Poca fiabilidad
Sistema centralizado modular	<ul style="list-style-type: none"> • Sensores y actuadores universales • Coste reducido • Fácil uso y formación • Instalación sencilla • Fácil de ampliar • Mayor fiabilidad que centralizado 	<ul style="list-style-type: none"> • Cableado importante • Necesidad interfaz usuario
Sistema descentralizado	<ul style="list-style-type: none"> • Seguridad funcionamiento • Cableado reducido • Mayor fiabilidad • Fácil de ampliar 	<ul style="list-style-type: none"> • Sensores no universales y limitada oferta • Coste elevado • Complejidad de programación • Edificios terciarios
Sistema distribuido	<ul style="list-style-type: none"> • Seguridad de funcionamiento • Fiabilidad elevada • Fácil de ampliar • Sensores y actuadores de tipo universal 	<ul style="list-style-type: none"> • Coste moderado • Requieren programación

Tabla 6.1. Ventajas e Inconvenientes según la arquitectura del sistema

Como se puede observar en la Tabla 6.1, todos los tipos de sistemas, exceptuando el sistema descentralizado permiten usar sensores y actuadores universales, condición indispensable en los requisitos ya que se busca un sistema lo más abierto posible a todo



tipo de dispositivos, que además sea fácilmente ampliable y sobretodo que su coste sea lo más reducido posible. Por tanto, el sistema descentralizado no es el más adecuado para nuestras necesidades, este tipo de sistema está enfocado hacía otro tipo de instalaciones, como grandes superficies y edificios terciarios, ya que es el que mejor se adapta a sus requisitos.

Una vez descartado un tipo de sistema descentralizado, queda decidir entre un sistema centralizado, ya sea modular o no, y un sistema distribuido. En los primeros, su principal ventaja consiste en que tienen un precio reducido pero por otra parte es necesario hacer un cableado importante, en el caso del sistema centralizado no modular se deben añadir problemas de fiabilidad y dificultad de ampliación.

Los sistemas distribuidos se consideran escalables y de alta fiabilidad, ya que todos los elementos que lo forman se insertan en un único bus común, por lo que no necesitan una unidad central desde donde se controle todo, solamente el cableado desde los elementos hasta los puntos donde tengamos los módulos. En principio estos motivos nos podrían hacer pensar que un sistema distribuido es mejor que uno centralizado, pero se debe buscar el más adecuado para un tipo de instalación como la nuestra, por lo que se deben tener en cuenta dos aspectos. El primero, es que a priori el cableado necesario para nuestra instalación no es una razón para descartar este tipo de sistemas, ya que el cableado que se necesitará se puede limitar a los elementos básicos como la conexión telefónica, la señal de video del video portero y alguna más. Y para el resto de elementos de campo se pueden sustituir por otros que se comuniquen de forma inalámbrica, por lo que no será necesaria la compleja instalación que caracteriza a este tipo de arquitectura. En segundo lugar, este tipo de sistemas se consideran poco fiables en comparación con sistemas distribuidos o descentralizados, ya que si se estropea la unidad central, se queda "colgada" toda la casa, en cambio se piensa que esto no ocurre en los otros dos sistemas al no tener unidad de control, lo cual es cierto sólo en parte, ya que si se estropea la fuente de alimentación del bus que comunica los módulos o el módulo de terminación del bus, éstos también se quedan totalmente "colgados". Como solución a este problema se debe escoger una unidad central robusta y fiable para que no se quede "colgado" el sistema, por tanto se usarán elementos como SAI's (sistemas de alimentación ininterrumpida) y procesadores que contengan un watchdog.

Por otra parte, los sistemas distribuidos producen un inconveniente estético que en viviendas es bastante significativo, y es que si hay que distribuir un sistema, se necesitarán varios cuadros de control en la vivienda, y por supuesto cuantos más cuadros mejor. Esto produce que en muchas ocasiones todos los módulos de un sistema distribuido terminen



instalándose en un mismo cuadro, convirtiendo así un sistema distribuido en una instalación centralizada, y con ello eliminando la gran ventaja de este tipo de sistemas.

Además, desde el punto lógico un sistema con unidad central tiene un controlador principal que se encarga de toda la gestión del sistema y que posee por ello una capacidad de memoria bastante considerable, lo cual nos proporciona dos ventajas importantes:

- La capacidad de memoria puede permitir almacenar programas y escenas que incluyan diferentes controles a realizar en una misma acción.
- Permite disponer de una interfaz de usuario desde el cual el usuario pueda modificar los parámetros de configuración sin necesidad de realizarlo desde una plataforma específica.

Los sistemas distribuidos tienen también distribuida su "inteligencia", y por ello, en el caso de querer configurar programas o escenas deberemos tener un módulo especial de expansión de memoria que además, dependiendo de la cantidad de controles a realizar puede quedarse pequeño y llegar el caso de necesitar un segundo módulo para la programación de una sólo programa.

Y por último los sistemas distribuidos son modificables en su configuración únicamente bajo software de PC, lo cual impide, salvo en el excepcional caso de que el usuario sea un programador o similar, que se pueda modificar por el usuario.

Una vez vistas las ventajas e inconvenientes de cada uno de ellos, el sistema que más se adecua a nuestras necesidades es un tipo de sistema centralizado y modular.



7. Elección de componentes

A partir de ahora, el objetivo consiste en plasmar sobre un soporte hardware, el diseño teórico del conjunto al que se ha llegado como conclusión de las necesidades que debe cumplir el sistema.

Al tratarse de un sistema de tipo centralizado modular tal como se escogió, se debe seleccionar una plataforma de control junto a interfaces que permitan la comunicación entre el resto de dispositivos que forman el sistema, como son sensores, actuadores, etc.

Después de estudiar y valorar los diferentes elementos que pueden integrar el sistema, se ha realizado una selección de los que se consideran más adecuados según sus características y su precio. Del amplio análisis que se ha hecho de los productos domóticos y de seguridad que existen en el mercado, se han seleccionado tan sólo los mejores para nuestras necesidades, algunos de ellos se comentan a continuación y el resto quedan recogidos en el anexo D, donde se analizan en más profundidad.

7.1. Interfaz de radiofrecuencia

El interfaz de radio frecuencia es una de las partes más importantes del sistema, nos permite comunicar la plataforma de control con un conjunto de elementos externos que están físicamente alejados. El interfaz de radio frecuencia es la puerta de entrada de toda la información que llega de los sensores externos y también la puerta de salida hacia los actuadores.

Entre las opciones más adecuadas para el sistema, encontramos en primer lugar los productos de las marcas Visonic, Domaut e Inovonics, que consisten en productos de alta seguridad en la comunicación pero a un precio elevado junto a productos de clase media como son los de la marca Cebek que ofrece una gran variedad de productos. Todos ellos se han analizado en profundidad en el anexo D.

A parte de los productos que ya existen en el mercado existe la posibilidad de realizar el diseño de nuestros propios módulos de radiofrecuencia, de forma que se ajusten totalmente a nuestras necesidades. El diseño de estos dispositivos se muestra a continuación.



7.1.1. Diseño propio

La alternativa de fabricar un sistema propio encargado de la comunicación mediante radiofrecuencia, requiere el uso de módulos que transformen la señal digital que deseamos enviar en banda base con una frecuencia adecuada para ser enviada por el medio radioeléctrico.

De esta forma, se deben realizar dos dispositivos diferentes, el primero consiste en un interfaz que vaya conectado a la plataforma de control desde donde se controlen todos los dispositivos remotos. Y un segundo tipo, que consista en un interfaz remoto conectado a los actuadores o sensores, encargados de hacer llegar la información de los sensores a la plataforma de control o de recibir las señales de la plataforma de control sobre los actuadores.

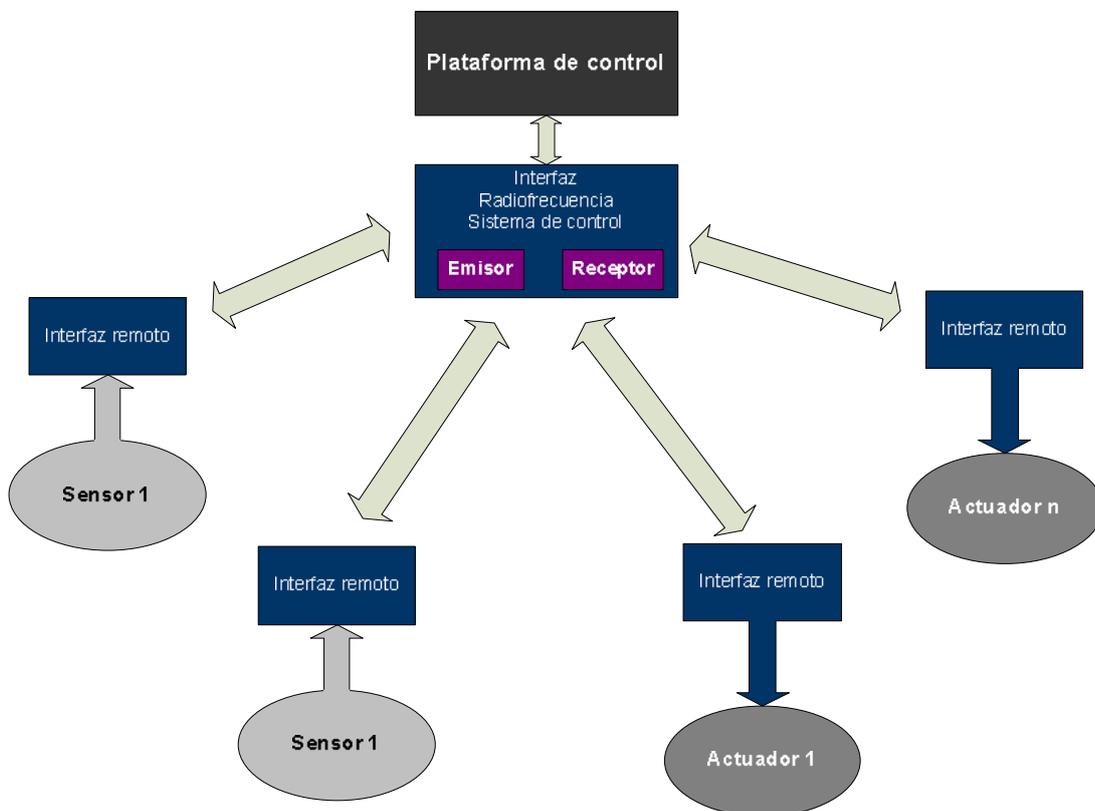


Figura 7.1.- Esquema de funcionamiento de los módulos de radiofrecuencia

El tipo de interfaz remoto en principio debería ser diferente en función del elemento al que fuera conectado, ya sea un sensor, actuador o algún elemento que necesite tanto recibir como enviar información. A no ser, que se utilice un interfaz común para todos, donde sea posible tanto enviar como recibir información.



Tal como muestra la figura 7.1 dispondremos de diferentes interfaces remotos, por lo que además de los datos que le lleguen al interfaz de radiofrecuencia de la plataforma de control será necesario añadir la dirección del interfaz remoto; de esta forma podremos distinguir entre ellos. Por tanto, en la comunicación deberá haber una parte de datos más una dirección. (Figura 7.2)

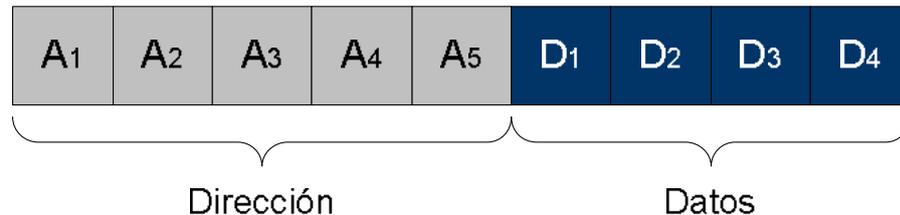


Figura 7.2.- Formato de la comunicación entre interfaces de radiofrecuencia

Para codificar la información se propone utilizar un modulo encoder y decoder. El fabricante Freescale ofrece un conjunto de encoder y decoder que se ajusta perfectamente a nuestras necesidades, el esquema es el mostrado en la figura 7.3.

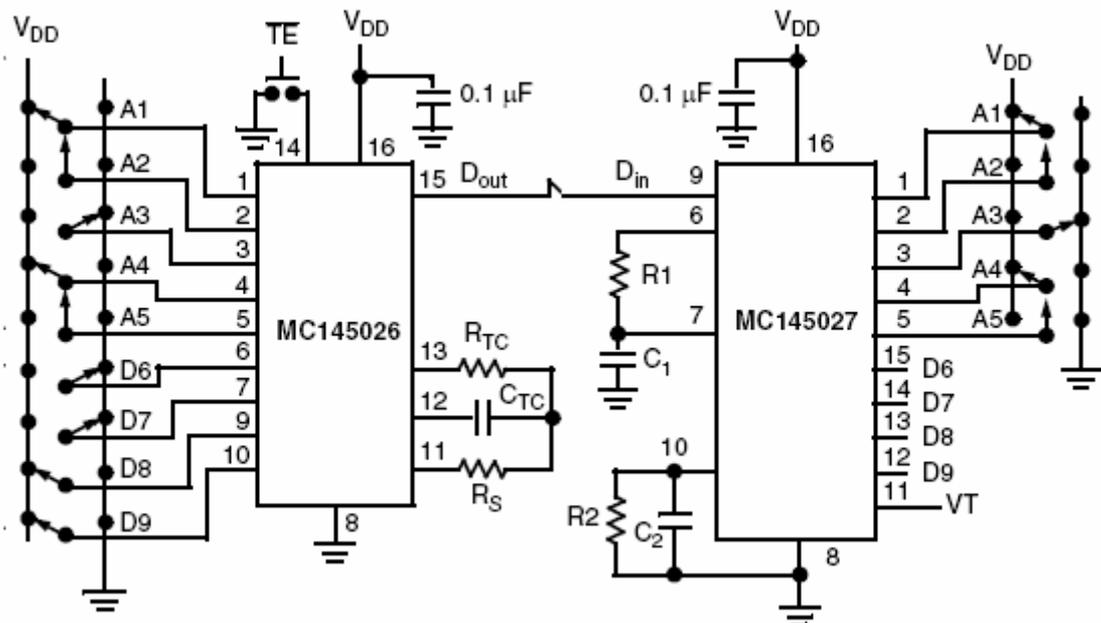


Figura 7.3.- Esquema de los módulos encoder (MC145026) y decoder (MC145027) de Freescale.

El conjunto de encoder y decoder funciona de forma que tan sólo el decoder que contenga la misma dirección que el encoder recibirá la información.



Las líneas An son las encargadas de introducir las direcciones mientras que las Dn permiten enviar y recibir los datos. En el caso de estos módulos se admiten 3 posibles valores para las direcciones: '1' lógico, '0' lógico y alta impedancia. De esta forma tendremos 32 direcciones utilizando 2 valores o 243 si se considera también la alta impedancia. En el esquema se pueden apreciar también las líneas \overline{TE} y VT. La línea \overline{TE} sirve para activar (con flanco de bajada) el módulo encoder. Por el contrario la línea VT se activará a nivel alto cuando un dato válido haya sido recibido por el módulo decoder. Estas dos señales nos permitirán gestionar la alternancia emisión/recepción en los interfaces de radiofrecuencia.

Para poder enviar la información de forma inalámbrica, debemos convertir las señales Din y Dout en banda base, para ello es necesario utilizar un módulo que permita convertir la señal digital en banda base. Existen tres tipos diferentes: módulos receptores, transmisores y transceivers (que realizan ambas funciones). Dada la gran similitud que existe entre los componentes de este tipo entre fabricantes tan sólo se muestran los del fabricante italiano AUREL [8], por ser los más utilizados.

A continuación se muestran los diferentes módulos que operan a la frecuencia de trabajo de 433 MHz, que ya ha sido comentado en varias ocasiones anteriormente, se trata de la banda libre de trabajo.

A. Transmisor TX-SAW / 433 s-Z y Receptor BC-NBK



Figura 7.4.- Módulos transmisor TX-SAW (izquierda) y receptor BC-NBK (derecha) de la marca AUREL

Estos módulos realizan las funciones de emisión y recepción de la señal digital, utilizando la modulación BASK-OOK. La modulación BASK utiliza el mismo tono para transmitir cada uno de los bits de información pero con diferente amplitud. Así por ejemplo se utiliza un tono con una amplitud A1 para transmitir un '1' lógico y el mismo tono con una amplitud A2 para transmitir un '0' lógico. Para el caso particular de la modulación OOK utilizada por los módulos, una de las amplitudes de la portadora es anulada para uno de los valores de dato ('1' o '0') a transmitir.



Sus velocidades de transmisión son bajas limitadas por los 2 kHz máximos en la frecuencia de la señal de entrada que permite interpretar el módulo receptor. En cuanto al alcance máximo al que pueden llegar estos módulos está sobre los 100 m en campo abierto según datos del fabricante.

Para este caso si quisiéramos que el interfaz pudiera tanto recibir como enviar información necesitaría de ambos módulos, si por el contrario solamente deseáramos que fuese receptor o emisor bastaría con uno de ellos. El precio de la pareja según la distribuidora española ENDRICH [9] es de 5,00 € para pedidos de más de 100 unidades, un coste muy por debajo de todos los anteriormente ya comentados. (Figura 7.4)

B. Transceiver RTL-DATA-SAW

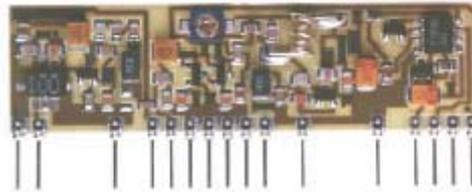


Figura 7.5.- Módulo Transceiver RTL-DATA-SAW de la marca AUREL

Este módulo transceiver permite realizar ambas funciones en un solo elemento, en cuanto a la modulación es exactamente igual que la modulación anterior. La única diferencia es que su velocidad de transmisión es ligeramente mayor a los módulos anteriores, en este caso de 3 kHz máximos en la frecuencia de la señal de entrada. Su coste según la misma distribuidora ENDRICH [9] es de 6,00 € para pedidos de más de 100 unidades. (Figura 7.5)

C. Transceiver XTR-434

Este modulo transceiver a diferencia de los módulos anteriores utiliza la modulación FSK, que hace que su velocidad de transmisión sea mayor que el resto. Esta modulación se basa en la utilización de un tono a frecuencia f_1 para transmitir un '1' lógico y un tono a frecuencia f_2 para transmitir un '0' lógico, ambos con la misma amplitud.



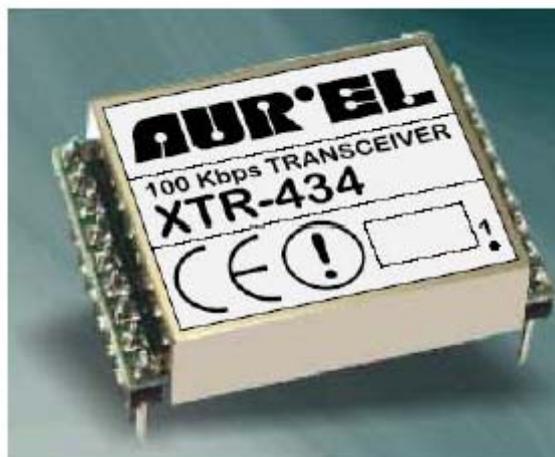


Figura 7.6.- Módulo Transceiver XTR-434 de la marca AUREL

Las velocidades de transmisión son mucho más altas y son de 25 kHz para la señal de entrada en el modelo XTR-434L y de 50 kHz para la señal de entrada en el modelo XTR-434.

El precio según ENDRICH [9] es de 11,00 € para pedidos superiores a 200 unidades. (Figura 7.6)

Por último antes de entrar en detalle en los interfaces, el método de funcionamiento entre los interfaces más adecuado es el consistente en que el sistema de control va efectuando continuamente consultas a los módulos remotos para pedir el envío de los datos, hayan cambiado o no. De la misma forma puede enviar la información disponible para el interfaz remoto, de forma que en la misma comunicación se intercambia la información.

A continuación se explica con más detalle como deberían funcionar ambos interfaces de radiofrecuencia.

7.1.1.1. Interfaz del sistema de control

El interfaz del sistema de control va controlado mediante la plataforma de control mediante las salidas y entradas de que dispone. Permite la comunicación con todos los interfaces remotos, el esquema es el mostrado en la figura 7.7, donde se han omitido las líneas de alimentación y tierra, así como los condensadores de desacoplo.



74LS245 para las entradas hacia la plataforma de control y dos 74LS573 para las salidas de la plataforma de control.

7.1.1.2. Interfaz remoto

El interfaz remoto envía o recibe los datos de los sensores o hacia los actuadores, en el diseño que se ha realizado se le asigna una ID a cada uno de los interfaces mediante las señales de dirección An del decodificador MC145027 que muestra la figura 7.8, en esta figura se puede ver el esquema de conexión de los interfaces remotos donde se han omitido las líneas de alimentación y tierra de cada uno de los componentes así como de los condensadores de desacoplo necesarios.

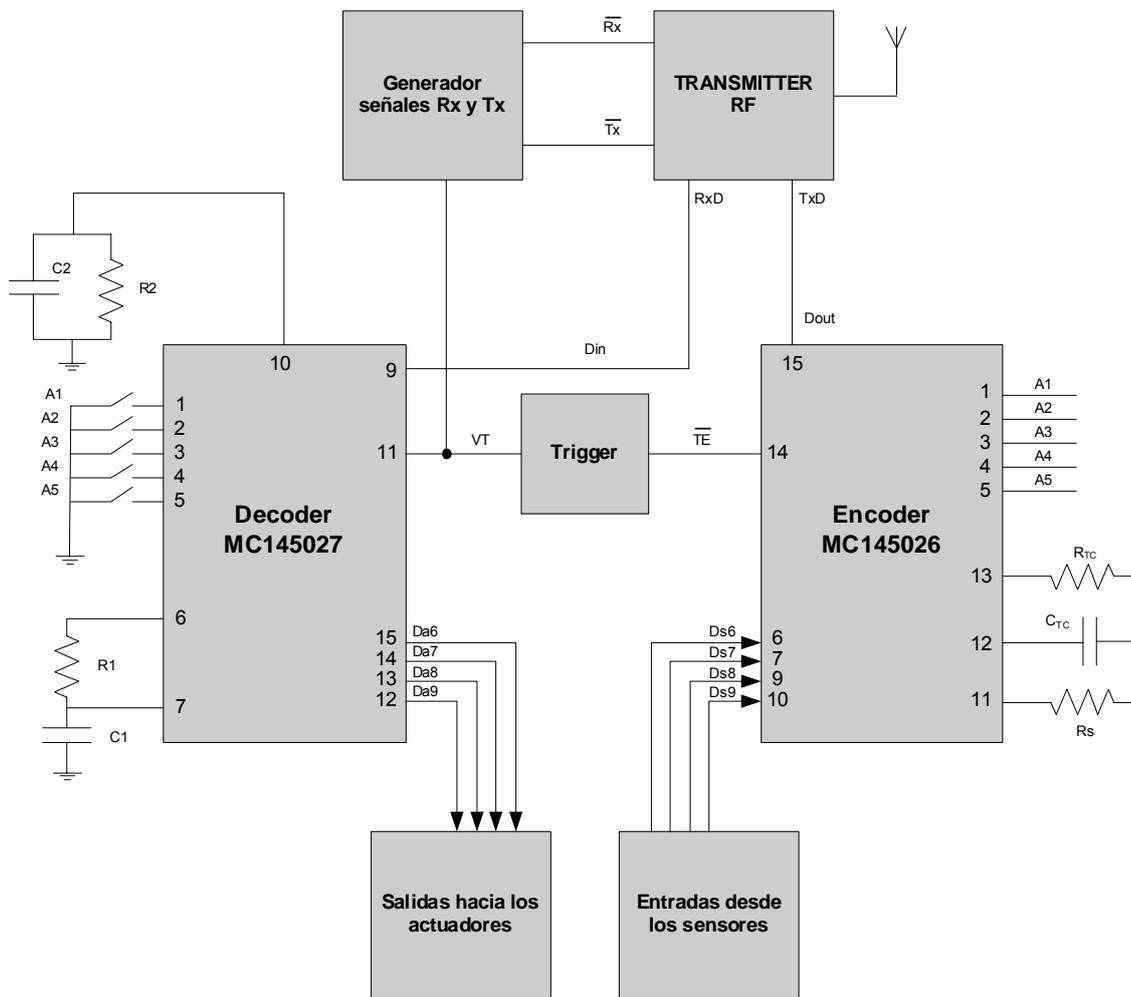


Figura 7.8.- Esquema del interfaz remoto de radiofrecuencia



Tal como se estableció en el funcionamiento elegido el interfaz remoto comenzará el envío de datos cuando el decoder active el trigger que conecte el encoder, después de una recepción de datos correcta que solicitará la plataforma de control.

Las entradas A1,..., A5 de la dirección ID del encoder están en alta impedancia debido a que esta es la dirección asignada al interfaz de radiofrecuencia de la plataforma de control, debido a que tan sólo debe enviar la información cuando sea solicitada por ésta.

El Trigger se ha diseñado de forma que al producirse un flanco de bajada de VT (normalmente a nivel bajo), la señal \overline{TE} (normalmente a nivel alto) realice un flanco de bajada permaneciendo así un tiempo ajustable para volver a nivel alto posteriormente. Esto lo podemos conseguir con un condensador, una resistencia e inversores CMOS tal como muestra la figura 7.9.

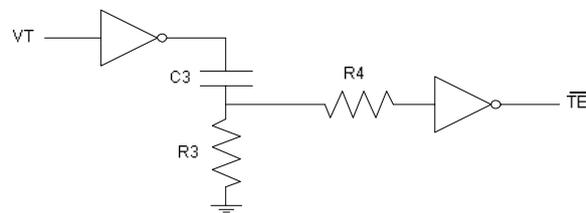


Figura 7.9.- Esquema del bloque generador del trigger

El generador de las señales \overline{Rx} y \overline{Tx} que activan la recepción y emisión de la comunicación se propone un sistema muy similar al anterior con ligeros cambios, con el esquema de la figura 7.10 se asegura que el interfaz remoto está preparado para el envío de la información de la plataforma de control.

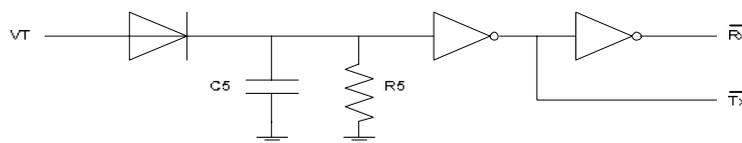


Figura 7.10.- Esquema del bloque generador de las señales \overline{Rx} y \overline{Tx} .



7.1.2. Coste de los módulos

El precio de cada uno de los interfaces incluye el coste de los componentes necesarios, la placa de circuito impreso, la caja donde se vaya a montar y los correspondientes costes de fabricación. En la tabla 7.1 se muestra el coste total del interfaz de radiofrecuencia de la plataforma de control, mientras que en la tabla 7.2 el del interfaz remoto.

<i>Interfaz de Radiofrecuencia (Remoto)</i>		Cantidad	Precio unitario (€)	Total (€)
Integrados	Transceiver XTR-434	1	11,00	11,00
	Encoder MC145026	1	1,19	1,19
	Decoder MC145027	1	1,19	1,19
	Biestable tipo D 74HC175	1	0,50	0,50
	Inversor 74HC04	1	0,28	0,28
Componentes discretos	Condensadores	10	0,05	0,50
	Resistencias	10	0,01	0,10
	Transistor NPN Darlington BD675	4	0,38	1,52
	Diodo 1N4148	1	0,03	0,03
Otros costes	Caja de plástico	1	2,00	2,00
	Microinterruptores para asignar ID	5	0,35	1,75
	Conectores	1	0,70	0,70
	Tornillería	1	0,50	0,50
	Placa baquelita 35µm junto antena	1	4,50	4,50
Montaje	Coste montaje total	1	14,51	14,51
			Coste total	40,27

Tabla 7.1.- Coste total del interfaz de radiofrecuencia remoto



<i>Interfaz de radiofrecuencia (Plataforma de control)</i>		Cantidad	Precio unitario (€)	Total (€)
Integrados	Transceiver XTR-434	1	11,00	11,00
	Encoder MC145026	1	1,19	1,19
	Decoder MC145027	1	1,19	1,19
	Inversor 74HC04	1	0,28	0,28
	Driver 74LS245	2	0,73	1,46
	Driver 74LS573	1	0,73	0,73
Componentes discretos	Condensadores	10	0,05	0,50
	Resistencias	10	0,01	0,10
Otros costes	Caja de plástico	1	2,00	2,00
	Conector DB25	1	1,70	1,70
	Tornillería	1	0,50	0,50
	Placa baquelita 35µm junto antena	1	6,00	6,00
Montaje	Coste montaje total	1	14,51	14,51
			Coste total	41,16

Tabla 7.2.- Coste total del interfaz de radiofrecuencia de la plataforma de control

Los costes de los componentes de la tabla 7.1 y 7.2 exceptuando el transceiver XTR-434 han sido obtenidos de la distribuidora de componentes electrónicos OndaRadio S.A. [16].

El coste del montaje se ha estimado teniendo en cuenta que según el INE [13], el coste medio de un empleado del sector industrial en el primer trimestre del 2005 fue de 2.322€/mes, por lo que considerando un tiempo de montaje de 1 hora, tenemos

$$2322 \frac{\text{€}}{\text{mes}} \times \frac{1 \text{ mes}}{20 \text{ días}} \times \frac{1 \text{ día}}{8 \text{ h}} \times \frac{1 \text{ h}}{1 \text{ módulo}} = 14,51 \frac{\text{€}}{\text{módulo}}$$

Teniendo esto en cuenta el precio de un módulo remoto es de 40,27 €, mientras que el interfaz que va conectado a la plataforma de control es de 41,16 €.

7.2. Interfaz con Internet

La comunicación del sistema vía Internet nos ofrece muchas posibilidades:

- Actualización del Firmware o programas que hagan funcionar la aplicación desde una dirección remota.
- Acceder a ver datos del sistema desde cualquier lugar.



- Controlar dispositivos del sistema desde cualquier lugar
- Etc,...

Para poder conectarnos a Internet, será necesario un modem o router. Un modem permite la transmisión de una señal digital (como es la enviada por nuestro sistema) mediante la línea telefónica. El modem tan sólo se puede usar con un equipo informático y los sistemas de protección ante virus y conexiones ajenas son limitados.

Por su parte, el router es un dispositivo únicamente destinado a enviar paquetes entre redes distintas ya sea de igual o diferente protocolo, o igual o distinta tipología. Lleva incorporada una tarjeta electrónica, que lo hace compatible con otros ordenadores incluso portátiles y además es compatible con todos los sistemas operativos. En lo que respecta a la seguridad es mejor que un modem ya que lleva incorporados sistemas de detección de virus aunque su precio en comparación con un modem es mayor.

Por estos motivos se escoge un router como la opción más adecuada para conectarse a Internet. De entre los posibles routers del mercado, su variación en cuanto a prestaciones es muy pequeña, por lo que se ha escogido el router que supone menor coste que cumple las prestaciones necesarias.

7.2.1. DSL-502T Router ADSL de DLINK

El router DSL-502T (figura 7.11) es un router diseñado para pequeñas oficinas y viviendas, que permite compartir la línea ADSL para Internet. Dispone de firewall, y ofrece protección NAT a los usuarios junto a paso por red privada virtual (VPN) para mayor seguridad, además soporta mapeo de servidor virtual y DMZ

En cuanto a los puertos, dispone de 1 puerto LAN 10/100 BASE-TX y un puerto USB para conexión a una estación de trabajo.



Figura 7.11.- Router DSL-502T de DLINK



Este producto lo podemos encontrar en cualquier tienda especializada en ordenadores y redes, su precio en PCGREEN [10] es e 39,99 €.

7.3. Interfaz para el control térmico

La forma más habitual para controlar la temperatura de una vivienda actualmente, es mediante sistemas de aire acondicionado y calefacción mediante caldera, debido a esto la solución planteada se centra en estos sistemas.

El objetivo consiste en poder controlar estos sistemas desde la plataforma de control, de este modo se nos abren muchas posibilidades de ahorro de energía o mejora del funcionamiento.

Se ha escogido una única solución muy similar para ambos sistemas, debido a que el funcionamiento general de ambos es muy parecido. De entre todas las posibilidades que existían para poder realizar el control se ha escogido esta por su sencillez y coste respecto al resto.

7.3.1. Control del sistema de calefacción

La calefacción mediante caldera eléctrica, que es el tipo que nos interesa, está formada por una caldera eléctrica, termostato y emisores del calor. Estos emisores pueden ser simples radiadores encargados de transmitir el calor al medio o un circuito de agua caliente que va por el suelo, en el caso de calefacción por suelo radiante.

El sistema funciona de forma que se fija una temperatura en el termostato, el cual al llevar incorporado una sonda de temperatura, hace que cuando la temperatura captada del ambiente varía respecto a la fijada por el usuario, envíe una señal a la caldera para que esta se ponga en marcha. Cuando la caldera recibe esta orden de ponerse en marcha, calienta el agua que circula por los radiadores o por la tubería del suelo, transmitiendo calor a la vivienda.

Debido a que las calderas necesitan de alimentación de 220V, para activar la bomba de circulación de agua caliente, actuaremos sobre ellas abriendo y cerrando el circuito de alimentación. Cuando a la caldera estando encendida se le quita el suministro de 220V, provoca que esta se apague aunque el piloto se queda activo. En cuanto vuelve el suministro de 220V la caldera enciende la bomba de nuevo y pone en marcha el quemador.



La figura 7.12 muestra la solución escogida. Los emisores y receptores son inalámbricos, de esta forma nos ahorramos el cableado desde el termostato hasta la caldera.

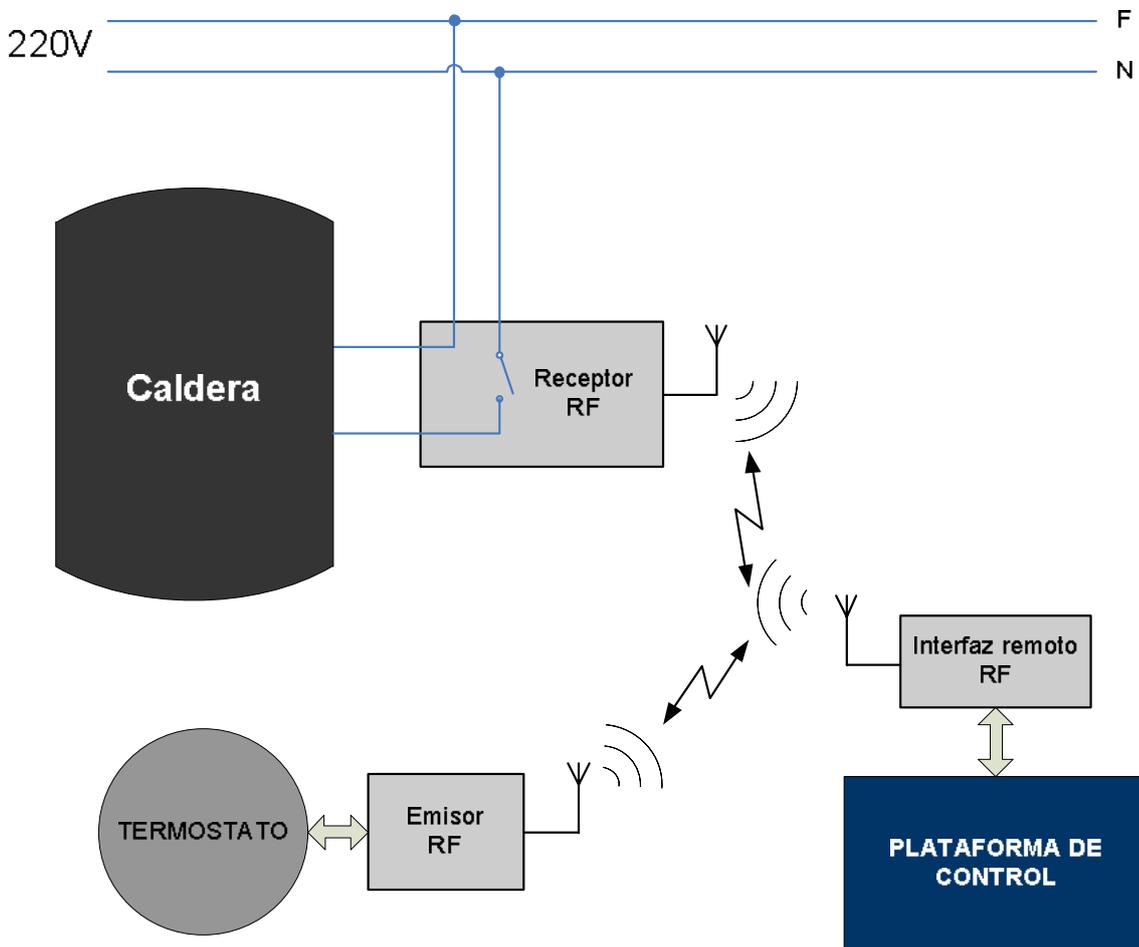


Figura 7.12.- Esquema de funcionamiento del control de la calefacción

Para poder realizar el control de la temperatura desde la unidad de control, es necesario disponer de un termostato, se propone el termostato Tybox de DeltaDore mostrado a continuación.

A. Termostato Micro TyBox H de DeltaDore

El termostato TyBox 180 de DeltaDore [11], permite ajustar la temperatura de forma digital y realizar programaciones diarias y de temperatura. Se alimenta a 220V y la salida funciona mediante un contactor normalmente abierto que en caso de que la temperatura fijada en la consola no sea la deseada pasa a cerrarse permitiéndonos conectar un emisor de radiofrecuencia con entrada monoestable. (Figura 7.13)





Figura 7.13.- Termostato Micro TyBox H de DeltaDore

Su precio según la delegación en España es de 60,00 € con IVA incluido.

7.3.2. Control del sistema de aire acondicionado

El sistema de aire acondicionado funciona conceptualmente de una forma muy parecida al sistema de calefacción. Se realiza un auto ajuste en función de la temperatura deseada y la captada por el sistema.

En este caso los elementos que lo forman son el split y un mando remoto encargado de seleccionar la temperatura y el modo de funcionamiento. A diferencia del caso anterior la sonda de temperatura no va incorporada en un termostato que va situado en el lugar donde deseamos regular la temperatura sino que esta sonda va incorporada al propio split.

De nuevo para controlar la temperatura actuaremos directamente sobre la alimentación del split que es de 220V, tal como muestra la figura 7.14.



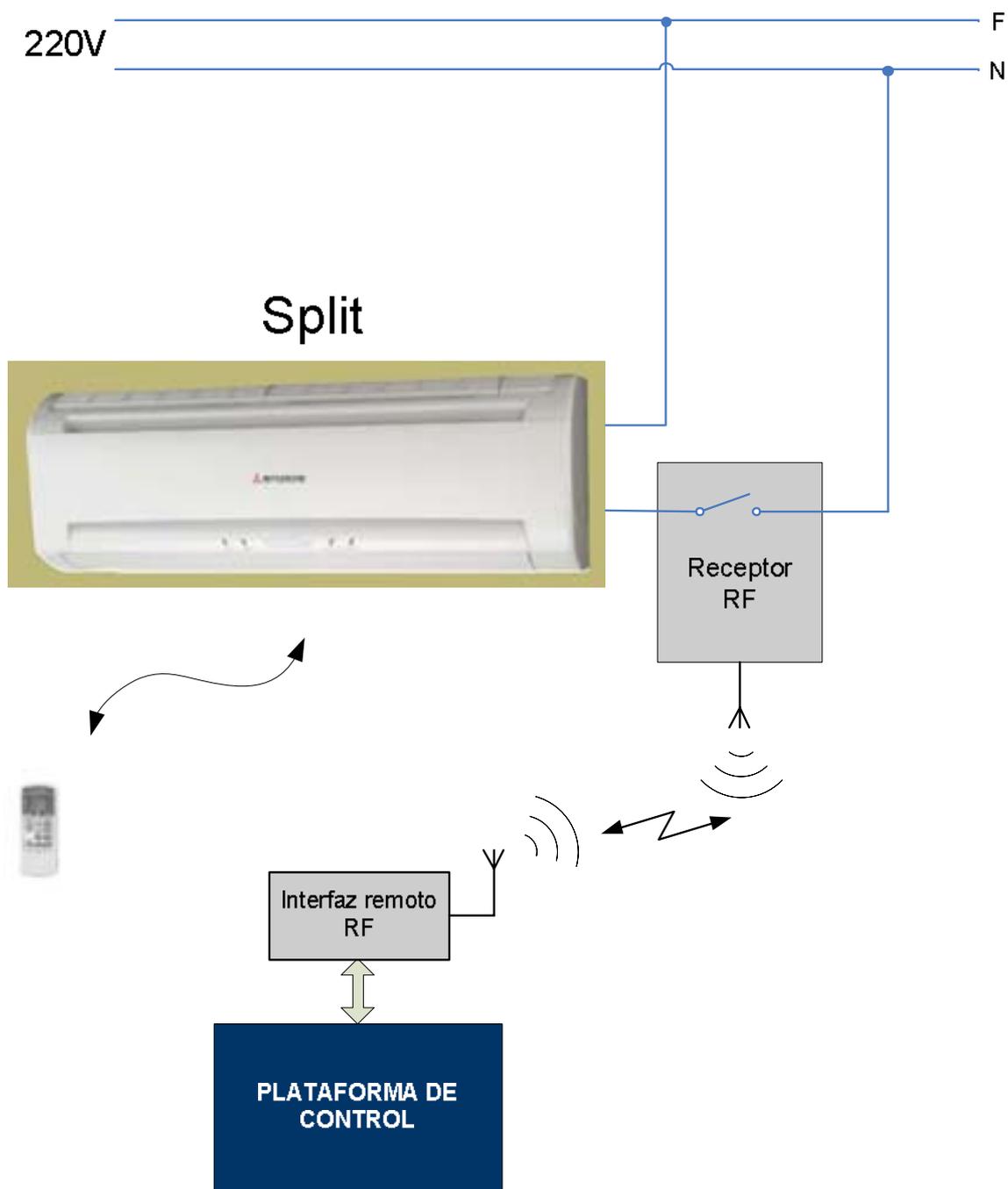


Figura 7.14.- Esquema de funcionamiento del control de aire acondicionado



7.4. Sensores y Actuadores

Los sensores y actuadores que encontramos en el mercado generalmente pueden ser de dos tipos diferentes. Los que se consideran de tipo cableado, ya que como su nombre indica la comunicación con el dispositivo encargado de recibir los datos se hace mediante un soporte metálico. O aquellos considerados inalámbricos ya que para su comunicación utilizan conexiones sin hilos.

Los considerados cableados tienen la ventaja de que los sensores y actuadores generalmente son más baratos, y además acceder a los datos es sencillo ya que generalmente suelen ser salidas de tipo biestable, donde su interpretación desde cualquier sistema es trivial. Pese a ello su principal inconveniente es que se trata de dispositivos cableados que no se pueden hacer servir directamente en nuestro sistema, ya que queremos un sistema donde funcione toda de forma inalámbrica.

Por su parte, usar dispositivos inalámbricos directamente tiene el handicap que el acceso a la información es muy complicada, ya que la mayoría de dispositivos utilizan protocolos propios donde la comunicación debe ser codificada para que nadie pueda acceder debido a la seguridad que debe existir en las comunicaciones; recordemos que se tratan muchos de ellos de productos de seguridad, aparte de que cada compañía desarrolla sus propios productos con la confidencialidad que esto supone.

Esto provoca que para poder acceder a los datos tengamos que utilizar receptores o emisores universales que comercializa la misma marca.

Una vez llegados a este punto, existen dos opciones posibles en nuestro diseño. La primera consiste en utilizar un sensor o actuador inalámbrico de la misma marca que el receptor o transmisor respectivamente, tal como muestra la figura 7.15.

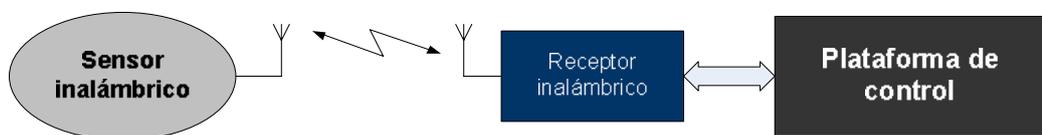
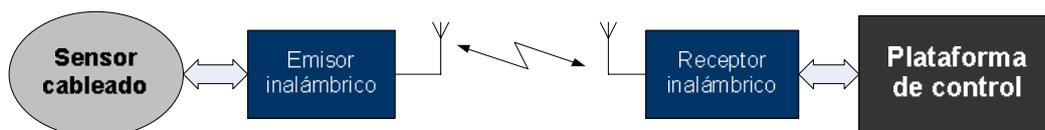


Figura 7.15.- Esquema conexión sensor inalámbrico

Y una segunda posibilidad, que consiste en utilizar un dispositivo que no sea inalámbrico sino cableado, pero el cual disponga de una salida a relé o salida lógica que nos permita conectar un transmisor o receptor de radiofrecuencia, que hará que la información llegue o se envíe al receptor adecuado. (Figura 7.16)





7.16.- Esquema conexión sensor cableado

Lo que nos hará decidir entre la opción más adecuada será el compromiso entre calidad de prestaciones contra precio global.

Los sensores y actuadores estudiados están en el anexo D, donde se explican sus características junto a sus ventajas e inconvenientes.



8. Soluciones propuestas

El conjunto de elementos que configuran el sistema vienen determinados por las funcionalidades que se desea y el tipo de vivienda en el que se va a instalar. La cantidad de sensores y actuadores han sido elegidas considerando que el sistema se instalará en una vivienda de tamaño medio (alrededor de 100 m²). Cabe recordar que al tratarse de un sistema centralizado modular, el sistema puede ser ampliado en función del tamaño de la vivienda y la opción personal de cada usuario.

En la tabla 8.1 se muestran las funcionalidades que ofrece el sistema y los elementos que son necesarios.

Ámbito de referencia	Funciones del sistema	E/S de la plataforma de control	Dispositivos exteriores a la plataforma de control
Alarmas intrusivas	Detección de personas extrañas	Comunicación mediante RF	2 sensores de presencia
	Protección de los accesos, salidas y determinadas zonas de la vivienda		1 Sensor de puerta cerrada
Alarmas técnicas	Detección y aviso de incendios y humo	Comunicación mediante RF	Sensor de humos e incendios
	Detección y aviso de inundaciones	Comunicación mediante RF	Sensor de humedad
	Detección y aviso de escapes (CO, NOx, butano, propano, metano, gas natural, etc.)	Comunicación mediante RF	Sensor de gases
	Accionamiento de actuadores de cierre de válvulas de gas o agua	Comunicación mediante RF	Actuadores sobre válvulas
Alarmas personales	Capacidad de conexión con una CRA o comunicación con la policía u otras fuerzas de intervención exteriores	Modem GSM/GPRS	•
		Líneas de entrada y salida de audio	
	Botón de pánico en caso de emergencia	Comunicación con teclado y/o pantalla	•
	Conexión con servicios médicos de emergencia	Modem GSM/GPRS	•
Confort	Control del sistema de refrigeración y calefacción	Comunicación mediante RF	Actuadores sobre calefacción y refrigeración



Ámbito de referencia	Funciones del sistema	E/S de la plataforma de control	Dispositivos exteriores a la plataforma de control
Comunicaciones	Comunicación mediante Internet	Comunicación con Internet	•
	Comunicación con redes LAN	Comunicación con red LAN	•
	Comunicación con dispositivos externos (PDA, móviles)	Puerto USB (Conexión opcional vía Bluetooth o Wi-Fi)	•
	Comunicación telefónica	Modem GSM/GPRS	•
	Comunicación vía SMS		•
	Capacidad de actualización desde sistemas exteriores	Comunicación con Internet	•
	Comunicación mediante mando a distancia u otro dispositivo	Comunicación mediante RF / Bluetooth / Wi-Fi	Emisor de señal digital

Tabla 8.1.- Tabla resumen de las funcionalidades y dispositivos necesarios

Uno de nuestros objetivos primordiales ha sido siempre de dotar al sistema de funciones realmente interesantes y útiles para el usuario, sin duda muchas de ellas son las que ocupan el tema de la seguridad. La parte de seguridad del sistema domótico es una de los pilares más importantes sobre los que se aguanta el sistema por lo que se debe dar especial importancia a esta parte.

Proporcionar un aumento en la seguridad del sistema, supone usar dispositivos con mejores prestaciones, y por consiguiente mayor coste. Ante esta situación, se han desarrollado dos posibles sistemas, una primera opción donde prima la seguridad pero los costes son mayores debido a que se utilizan productos que existen en el mercado y que ya han sido ampliamente testados, probados y mejorados. Y una segunda opción, donde se busca conseguir un sistema más económico donde la seguridad es inferior al anterior.

Estos dos sistemas son los que se desarrollan en profundidad a continuación, uno de alta fiabilidad y otro de bajo coste.



8.1. Solución propuesta nº 1: Sistema de alta fiabilidad

Los componentes seleccionados para el sistema de alta fiabilidad son los mostrados en la tabla 8.2, estos han sido escogidos valorando las ventajas e inconvenientes de cada uno de ellos, y sobretodo según las prestaciones, fiabilidad y coste de cada uno de ellos.

En general las elección entre ellos se ha realizado entre la opción de escoger un sensor o actuador inalámbrico de mayor coste y fiabilidad o utilizar un dispositivo con salida lógica cableada que mediante un interfaz de radiofrecuencia nos permite conectarlo a la plataforma de control, con menor coste perdiendo fiabilidad y seguridad.

		Cantidad	Modelo	Marca
Plataforma de control		1	VIPER	Arcom
Sensores	Sensor de presencia	2	Pir Next MCW	Visonic
	Sensor de detección de gases	1	MCT-440	Visonic
	Sensor de detección de humos	1	MCT-425	Visonic
	Sensor de puerta cerrada	1	C-205	M.C.Electronica
	Sensor de rotura de cristal	1	5150	GE-Interlogix
	Sensor de humedad	1	SI-750	Domaut
	Termostato	1	Tybox H	DeltaDore
Actuadores	Actuador sobre válvula de gas	1	CMF-220	Domaut
	Actuador sobre válvula de agua	1	CMF-220	Domaut
	Actuador sobre caldera	1	TL-103*	Cebek
	Actuador sobre aire acondicionado	1	TL-103*	Cebek
Interfaz GSM		1	GM28/29	Sony Ericsson
Interfaz Internet		1	DSL-502T	DLINK
Interfaz de radiofrecuencia	Receptores	1	MCR-308	Visonic
		1	TL-26	Cebek
		1	TL-1	Cebek
		1	TL-2	Cebek
	Emisores	1	TL-29	Cebek
		5	TL-15	Cebek

Tabla 8.2.- Componentes seleccionados para el sistema de alta fiabilidad



8.1.1. Componentes seleccionados

Los componentes seleccionados finalmente son los siguientes.

8.1.1.1. Plataforma de control

Se ha escogido como plataforma de control más adecuada el modelo VIPER de Arcom, los motivos que han hecho que se haya escogido un sistema de tipo empotrado en contra de un PC convencional o Barebone, son principalmente los siguientes motivos:

- **Fiabilidad y robustez:** Entre los tipos de plataforma de control estudiados, el sistema que mayor fiabilidad ofrecía era un sistema de tipo empotrado. Este tipo de sistemas están diseñados para funcionar largos periodos de tiempo seguidos (como es nuestro caso), lo demuestra el elevado MTBF de 90.000 horas que ofrece el fabricante, lo que significa un periodo de aproximadamente 10 años ininterrumpidamente entre fallos. Además dispone de RTC y watchdog, elementos que ayudan a aumentar la robustez del sistema.
- **Modularidad:** El modelo VIPER permite acoplar tarjetas de expansión para permitir más o nuevas entradas o salidas en caso necesario. Además de todas las compatibles PC/104.
- **Conectividad:** Entre otras de las opciones más interesantes era el tema de la conectividad, mediante el sistema VIPER se dispone de un gran número y variedad diferente de entradas y salidas. Y dispone de entradas y salidas digitales necesarias para la conexión de los elementos que hacen de interfaz.
- **Software o Firmware soportado:** El sistema soporta los sistemas operativos Windows CE.net o Linux, diseñados especialmente para aplicaciones como la nuestra.
- **Coste:** Su coste es superior al de un Barebone o PC, pese a tener muchas menos memoria y velocidad de procesador. Esto se debe a la diferencia entre el volumen de ventas de ambos sistemas.

En conclusión pese a disponer de un precio menos competitivo que el resto de plataformas, el resto de características hacen que resulte un sistema más fiable, por lo que para esta solución nos interesa más un sistema de tipo empotrado, fundamentalmente debido a su alta conectividad, fiabilidad y robustez.

Por otra parte el problema del coste se reduciría considerablemente si el pedido fuera elevado, cosa que no sucede a tanta escala en el caso de los PC's o Barebones.



8.1.1.2. Interfaz de radiofrecuencia

Para la comunicación inalámbrica se han seleccionado por una parte los receptores y emisores de marca Cebek, mientras que para las comunicaciones más críticas, el receptor de radiofrecuencia de Visonic MCR-308.

En concreto, las funciones más críticas son aquellas encargadas de las alarmas técnicas e intrusivas, por lo que se ha preferido escoger el receptor de radiofrecuencia Visonic, que nos asegura la fiabilidad. En el resto se ha optado por módulos Cebek, algunos de ellos disponen directamente de salida a relé si es necesario por lo que facilita la conexión como en el caso de los actuadores de gas y agua.

8.1.1.3. Interfaz GSM

Finalmente se ha escogido el módulo GSM GM28/29 de Sony Ericsson, en principio la elección ha sido valorando la posibilidad de que nos permite conectarlo directamente a la plataforma de control mediante el puerto serie y no existen problemas de incompatibilidad de software ya que permite la conexión con todo tipo de sistemas.

El módulo GM8/29 de Sony Ericsson es muy similar al terminal MC35i de Siemens, pero se ha escogido el primero debido a que su precio es menor. Los otros dos módulos pese a ser su coste menor requerían la fabricación de un circuito donde integrarlos haciendo que aumentase la dificultad y el coste global.

8.1.1.4. Sensores

La elección de los sensores se ha realizado valorando la criticidad en la comunicación de los dispositivos y la diferencia de coste entre ellos. En el caso donde el precio no variaba mucho entre las posibles opciones se ha escogido el más seguro, mientras que en otros donde el precio entre sensores era muy importante se ha optado por la solución de menor coste.

De esta forma hemos llegado finalmente a escoger los detectores de presencia y los detectores de humos y gases de la marca Visonic, mientras que el resto de dispositivos son de tipo cableado utilizando como interfaz de radiofrecuencia dispositivos Cebek.

8.1.1.5. Actuadores

Los actuadores utilizados son en el caso de los encargados de cerrar válvulas de agua y gas, actuadores externos de la marca Domaut, que como se comentó nos suponían una especial ventaja a la hora de realizar la instalación. Para su comunicación se ha utilizado un



receptor de 2 canales marca Cebek ya que se presupone que estarán físicamente cerca, de no ser así se pueden utilizar receptores individuales.

Por su parte para el sistema de calefacción y refrigeración, se ha utilizado el receptor de radiofrecuencia TL-103 e Cebek, que se ajusta a nuestras necesidades perfectamente; ya que dispone de salida a relé, con lo que se puede abrir y cerrar el circuito de la alimentación de la caldera y del aire acondicionado.

8.1.2. Esquemas de conexión

Las figuras 8.1 y 8.2 muestran los componentes y el esquema de conexión global del circuito. Si observamos estos esquemas vemos que el número de entradas y salidas necesarias en la plataforma de control son de

- 8 entradas digitales para el receptor MCR-308 de Visonic.
- 2 entradas digitales para el módulo TL-2 de Cebek
- 2 entradas digitales para los dos módulos TL-1 de Cebek
- 2 salidas digitales para el emisor TL-15
- 2 salidas digitales para el emisor TL-29

Con lo que es necesario un total de 12 entradas y 4 salidas digitales. Debido a que el modelo VIPER no dispone de más de 8 entradas y 8 salidas digitales, podemos optar por utilizar una placa de expansión o aprovechar los 5 puertos serie de que dispone, pero para ello debemos transformar las señales para poderlas introducir por el puerto serie.

Para hacer esto se deberá realizar un circuito como el mostrado en la figura 8.3, donde se ve el esquema necesario para poder introducir una señal analógica como la que nos llega del receptor a la salida necesaria del puerto serie.



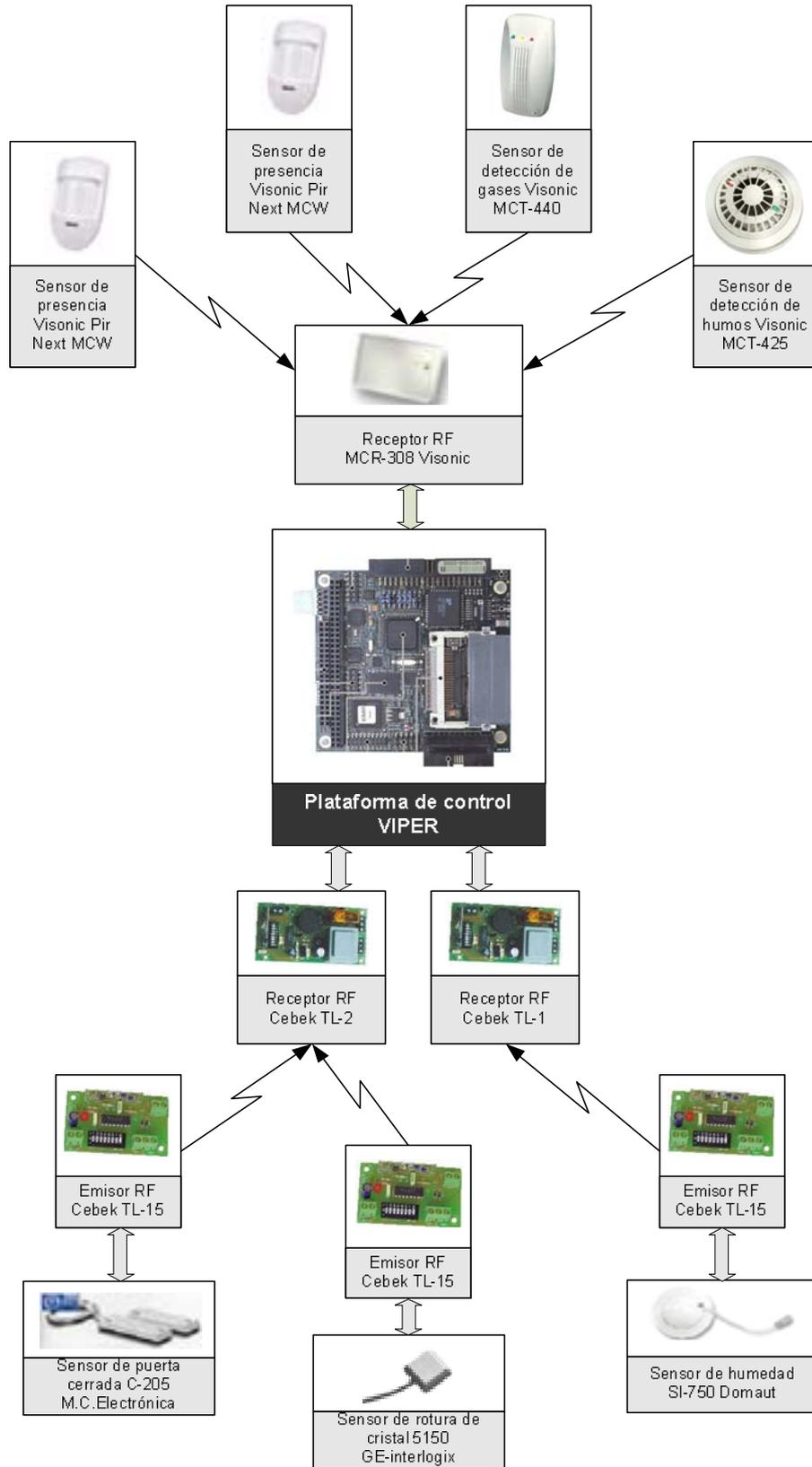


Figura 8.1.- Esquema general de conexión (sensores)



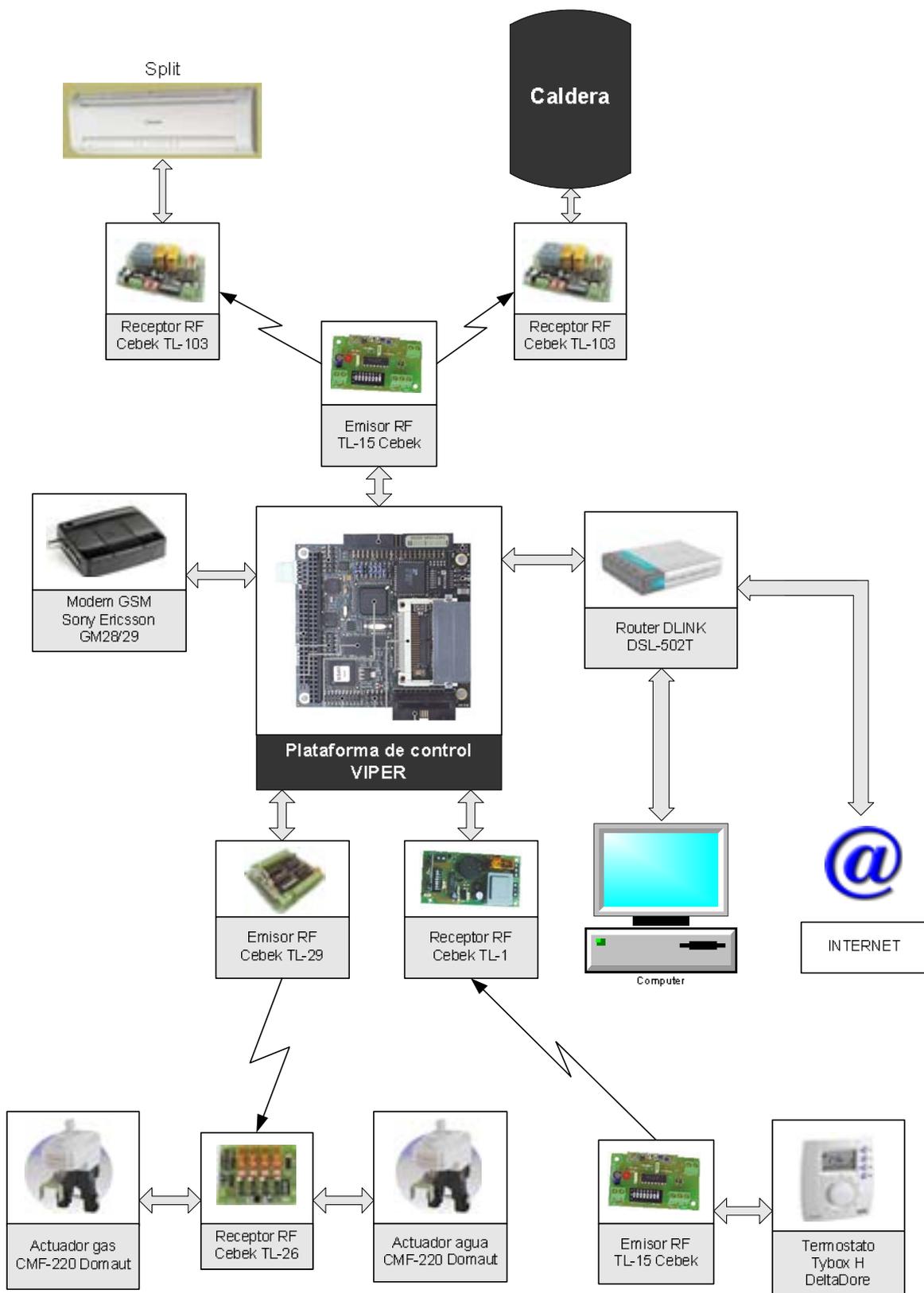


Figura 8.2.- Esquema general de conexión (resto de elementos)



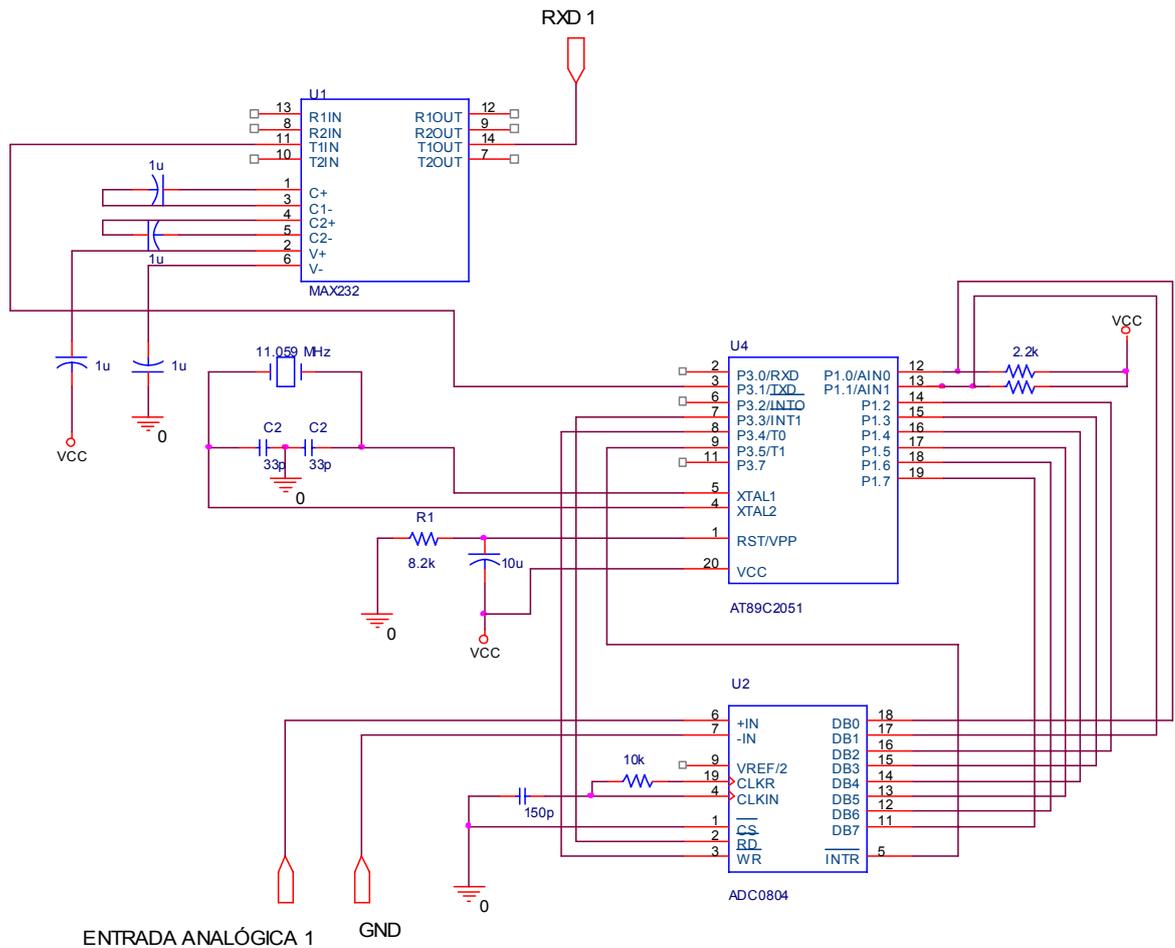


Figura 8.3.- Circuito de conversión de una señal analógica a una entrada serie

El precio de ampliación de la placa VIPER mediante el módulo AIM104-IO32, que amplía el sistema en 32 entradas y salidas digitales es de 159,00 € según el distribuidor español TGA Ingeniería y Electrónica S.A. [12]

Mientras que el coste del circuito de la figura 8.3, considerando el caso de la conversión de 4 señales analógicas a digitales para ser introducidas por el puerto serie es el mostrado a continuación en la tabla 8.3.



		Cantidad	Precio unitario (€)	Total (€)
Integrados	Circuito integrado interfaz MAX232	4	0,57	2,31
	Microcontrolador 8-bits 89C2051	4	1,47	5,88
	Convertor A/D 8 bits ADC0804	4	1,93	7,72
Componentes discretos	Condensadores	36	0,05	1,80
	Resistencias	16	0,01	0,16
	Cristal 11.059MHz	4	1,16	4,64
Otros costes	Caja de plástico	1	2,00	2,00
	Conectores	1	2,00	2,00
	Tornillería	1	0,50	0,50
	Placa baquelita 35µm	1	4,50	4,50
Montaje	Coste montaje total	1	14,51	14,51
			Coste total	46,02

Tabla 8.3.- Coste total del circuito convertor analógico/digital

Los costes de los componentes de la tabla 8.3 han sido obtenidos de la distribuidora de componentes electrónicos OndaRadio S.A. [16].

El coste del montaje se ha estimado teniendo en cuenta que según el INE [13], el coste medio de un empleado del sector industrial en el primer trimestre del 2005 fue de 2.322 €/mes, por lo que considerando un tiempo de montaje de 1 hora, tenemos

$$2322 \frac{\text{€}}{\text{mes}} \times \frac{1\text{mes}}{20\text{días}} \times \frac{1\text{día}}{8\text{h}} \times \frac{1\text{h}}{1\text{módulo}} = 14,51 \frac{\text{€}}{\text{módulo}}$$

Por tanto, entre las dos posibles opciones, nos decantamos por la opción de realizar el circuito ya que su coste es menor.

8.1.3. Esquema eléctrico de la plataforma de control

En las figuras 8.4 y 8.5 se muestran con detalle las conexiones eléctricas de los elementos conectados a la placa VIPER. El receptor MCR-308 consta de 8 salidas digitales, que van conectadas directamente con las entradas digitales de la placa VIPER, concretamente en el conector PL9 que corresponde a las entradas GPIO (General Purpose Input and Output), en el caso de las entradas en los pines del 3 al 10.



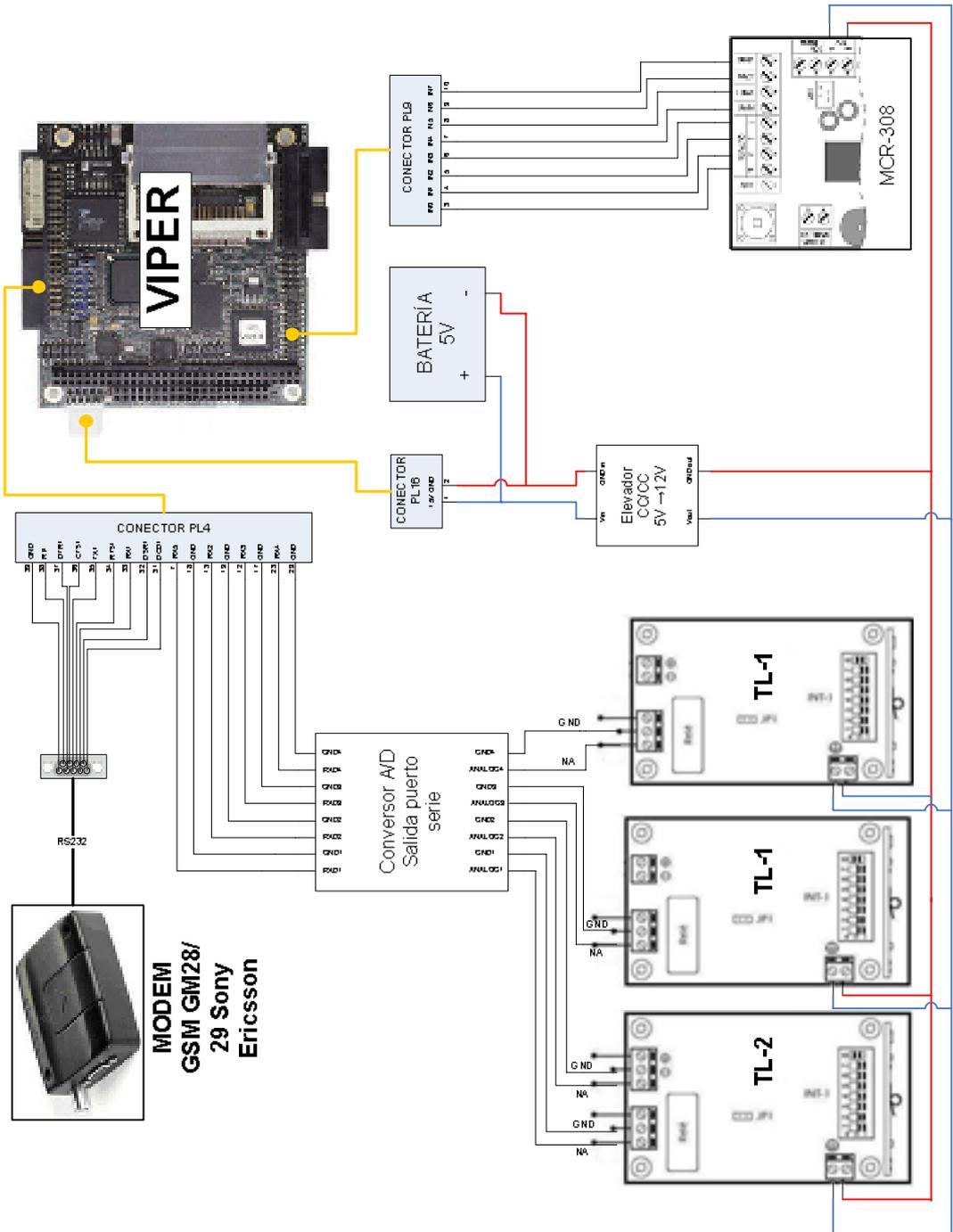


Figura 8.4.- Esquema eléctrico de conexión de la placa VIPER (1)



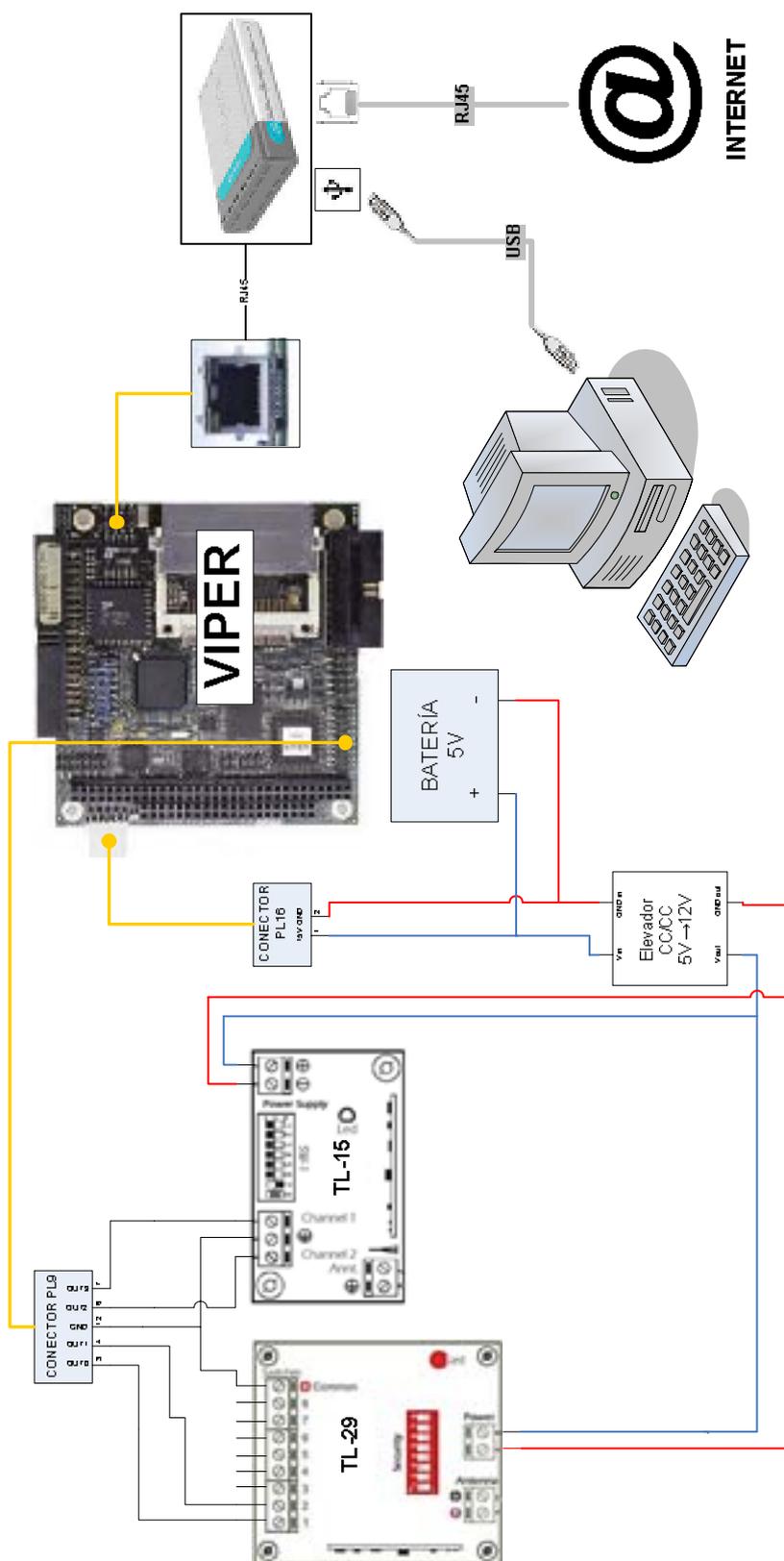


Figura 8.5.- Esquema eléctrico de conexión de la placa VIPER (2)



8.1.4. Sistema operativo

La plataforma VIPER al tratarse de un sistema empotrado dispone de un tipo de arquitectura igual al de un PC, por lo que el sistema operativo utilizado es una versión modificada de un sistema operativo normal.

Los dos sistemas operativos más utilizados actualmente disponen de versiones especiales para este tipo de sistemas, en concreto Microsoft's Windows tiene el Windows CE y por su parte Linux, ha creado el Linux Embedded.

El Windows CE, abreviado a veces como WinCE, es una versión minimizada para sistemas empotrados, optimizado para dispositivos que tienen el almacenamiento mínimo; el kernel del Windows CE puede funcionar incluso con menos de un megabyte de memoria. Y puede ser configurado como un sistema cerrado, que una vez grabado ya en la memoria ROM no se puede modificar.

Muchos de los dispositivos que utilizamos diariamente utilizan Windows CE, no sólo PDA's sino que muchas plataformas se han basado en el núcleo de funcionamiento del sistema del Windows CE, incluidas Handheld PC, Pocket PC, Smartphone PC e incluso versiones del Windows CE fueron hechas para funcionar en la Sega Dreamcast.

El Linux Embedded por su parte es la versión de Linux para sistemas empotrados como teléfonos móviles, PDA's, dispositivos de reproducción y otros productos electrónicos de consumo.

En el pasado el desarrollo de un sistema empotrado era realizado sobre todo usando el código propietario escrito en ensamblador. Los desarrolladores tenían que desarrollar todo los drivers e interfaces del hardware partiendo de cero.

Con la aparición del kernel de Linux, combinado con un pequeño grupo de otras utilidades de software libre, podía ser introducido en el espacio limitado del hardware de los sistemas empotrados. Una instalación típica con Linux Embedded ocupa aproximadamente 2 megabytes.

El Linux Embedded en comparación con el Windows CE, ofrece las siguientes ventajas:

- Código libre
- Footprint pequeño (Windows CE necesita alrededor de 21 MB comparados con los 2 MB para Linux Embedded), el footprint es la porción de recursos necesarios que requiere para funcionar. Normalmente referido a RAM, CPU y espacio en disco.



- No se pagan royalties
- Sistema operativo estable y con más de diez años de funcionamiento en todo tipo de dispositivos.



8.2. Solución propuesta nº 2: Sistema de bajo coste

El sistema de bajo coste se ha planteado con el objetivo de conseguir un sistema lo más económico posible, utilizando lógicamente los elementos que nos permiten obtener el precio más competitivo posible, esto supone utilizar sensores y actuadores cableados ya que su precio es menor en gran parte de los casos.

El inconveniente que plantea esta opción es realizar la comunicación de forma inalámbrica, para poder hacer esto hemos decidido utilizar los interfaces de radiofrecuencia que se diseñaron en el apartado 7.1.

8.2.1. Componentes seleccionados

Los componentes seleccionados finalmente son los mostrados en la tabla siguiente, su elección se ha realizado basándonos en motivos económicos. El conjunto de dispositivos queda reflejado en la tabla 8.3.

		Cantidad	Modelo	Marca
Plataforma de control		1	Barebone Pundit	Asus
Sensores	Sensor de presencia	2	EL-100	Electronics line
	Sensor de detección de gases	1	DSC-280	DSC
	Sensor de detección de humos	1	SHD-698	Domaut
	Sensor de puerta cerrada	1	C-205	M.C.Electronica
	Sensor de rotura de cristal	1	5150	GE-Interlogix
	Sensor de humedad	1	SI-750	Domaut
	Termostato	1	Tybox H	DeltaDore
Actuadores	Actuador sobre válvula de gas	1	CMF-220	Domaut
	Actuador sobre válvula de agua	1	CMF-220	Domaut
	Actuador sobre caldera	1	Interfaz remoto RF	
	Actuador sobre aire acondicionado	1		
Interfaz GSM		1	GM28/29	Sony Ericsson
Interfaz Internet		1	DSL-502T	DLINK
Interfaz Vídeo		1	Mini cámara color	Área integral
Interfaz de radiofrecuencia	Receptores	10	Interfaz remoto RF	
	Emisores	1	Interfaz plataforma de control RF	



Tabla 8.3.- Componentes seleccionados para el sistema de bajo coste

8.2.1.1. Plataforma de control

En el sistema de bajo coste, a diferencia de la solución anterior donde primaba la fiabilidad se ha escogido como plataforma de control el Barebone Pundit de ASUS ya que su precio es menor.

Además nos ofrece una ventaja añadida respecto a la placa VIPER al permitir la edición de video. De esta forma nos permite realizar todas aquellas funciones donde era necesario el procesamiento de video, como son por ejemplo la grabación de imágenes por temas de seguridad, visualizar imágenes de la vivienda mediante Internet desde cualquier parte del mundo, actuar como video portero o mediante la salida de supervideo de que dispone el Barebone, conectar la plataforma de control al televisor actuando de interfaz con el usuario.

8.2.1.2. Sensores

Los sensores escogidos son los que disponen de salidas o control cableados, ya que se tratan de los más económicos. La mayoría de ellos están formados por una salida de alarma en forma de contacto normalmente abierto o cerrado que cambia de estado durante varios segundos dependiendo del sensor. Y algunos de ellos una segunda salida, llamada Tamper encargada de cambiar de estado como en el caso de la señal de alarma, cuando se intenta manipular el sensor desde el exterior.

Estas salidas se pueden conectar directamente a las líneas de entrada de datos del interfaz remoto de radiofrecuencia ya que son salidas de relé que en caso de valor nulo, nos llega un "0" lógico y el valor de alta tensión lo interpreta como un "1" lógico, estas señales se deben conectar a las líneas Ds6 y Ds7.

El único sensor que funciona de una forma diferente es el termostato, que como ya se comentó se activa la salida en caso de que la temperatura del ambiente no sea la adecuada. Su salida se debe conectar a la línea Ds6 de su interfaz remoto correspondiente.

8.2.1.3. Actuadores

Los actuadores se deben poner en funcionamiento cuando llegue la señal desde la plataforma de control, esta señal llega al interfaz remoto de radiofrecuencia que activa los actuadores. La salida del interfaz remoto es una señal lógica que se debe convertir para poder accionar los actuadores que funcionan a mayor potencia.



El adaptador que se propone es el mostrado en la figura 8.6, donde se adapta la salida mediante un biestable tipo D que permite mantener el dato estable hasta que llegue un nuevo valor; junto con un transistor con colector abierto que nos permite conectar el actuador.

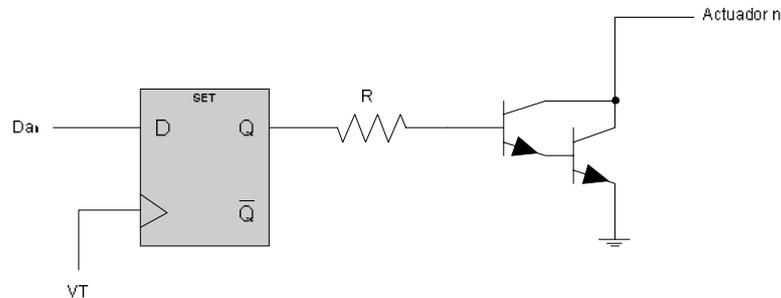


Figura 8.6.- Adaptador hacia los actuadores

Como biestable se puede usar el integrado 74HC175 formado por 4 biestables y para los transistores NPN Darlington se puede usar el BD675 que soporta hasta 4A entre colector y emisor.

8.2.1.4. Interfaz de radiofrecuencia

Como interfaz de radiofrecuencia se ha escogido la opción de la fabricación de nuestros propios módulos de radiofrecuencia, desarrollados en el apartado 7.1, consistente en un módulo conectado a la plataforma de control, y un interfaz remoto conectado a cada uno de los sensores o actuadores. Con este interfaz se pretende reducir costes ya que ahora tan sólo se dispone de un módulo conectado a la plataforma de control, pero aparece el problema de la conectividad del interfaz de radiofrecuencia con la plataforma de control.

En el caso anterior donde se había elegido como plataforma de control la placa VIPER, la conexión de las señales lógicas era directa ya que disponía de entradas y salidas digitales, pero en el caso del Barebone no dispone de éstas.

Por tanto, para poder conectar el interfaz de radiofrecuencia se ha optado como solución más adecuada hacerlas llegar mediante el bus paralelo del Barebone.

El puerto paralelo está formado por 25 líneas donde algunas de ellas son líneas de entrada, salida y entrada/salida configurables según nos interese mediante el bit de control C5 (no accesible a través del conector DB25). En nuestro caso debemos conectar 10 líneas de salida y 5 líneas de entrada; para ello se debe fijar el bit C5 de control a 0. En la tabla 8.4 se



puede ver la relación entre los pines del conector DB25 con la señal a la que corresponde y la configuración de entrada o salida posible.

Pin DB25	Señal	Registro y bit	Entrada/Salida
1	\overline{STROBE}	C0	Salida
2	Dato 0	D0	Entrada/Salida
3	Dato 1	D1	Entrada/Salida
4	Dato 2	D2	Entrada/Salida
5	Dato 3	D3	Entrada/Salida
6	Dato 4	D4	Entrada/Salida
7	Dato 5	D5	Entrada/Salida
8	Dato 6	D6	Entrada/Salida
9	Dato 7	D7	Entrada/Salida
10	\overline{ACK}	S6	Entrada
11	BUSY	S7	Entrada
12	PAPER END	S5	Entrada
13	SELECT	S4	Entrada
14	$\overline{AUTOFEED}$	C1	Salida
15	\overline{ERROR}	S3	Entrada
16	\overline{INIT}	C2	Salida
17	\overline{SELECT}	C3	Salida
18-25	GND		

Tabla 8.4.- Configuración del conector DB25

La correspondencia entre los pines del conector DB25 de la plataforma de control junto con el interfaz de radiofrecuencia se muestra en la tabla siguiente (tabla 8.5), donde se especifica la señal a la que hace referencia, el tipo de señal que es y el pin al que corresponde.



Pin DB25	Registro y bit	Configuración	Señal Interfaz RF
1	C0	Salida	TE
2	D0	Salida	A1
3	D1	Salida	A2
4	D2	Salida	A3
5	D3	Salida	A4
6	D4	Salida	A5
7	D5	Salida	Da6
8	D6	Salida	Da7
9	D7	Salida	Da8
10	S6	Entrada	Ds6
11	S7	Entrada	Ds7
12	S5	Entrada	Ds8
13	S4	Entrada	Ds9
14	C1	Salida	Da9
15	S3	Entrada	VT
16	C2	Salida	-
17	C3	Salida	-

Tabla 8.5.- Correspondencia de pines entre el DB25 y el interfaz de radiofrecuencia de la plataforma de control

Utilizar este sistema de comunicación inalámbrica, nos ofrece una ventaja añadida ya que mediante estos módulos podemos integrar en el sistema muchos dispositivos. Por ejemplo, en el caso de que se desee poder subir o bajar las persianas, bastaría con conectar un interfaz de radiofrecuencia remoto al motor del eje de la persiana. De esta forma, se obtendría un sistema abierto a muchas posibilidades.

8.2.1.5. Interfaz GSM

Como en la solución de alta fiabilidad se ha escogido el módulo GSM GM28/29 de Sony Ericsson, ya que nos permite conectarlo directamente a la plataforma de control mediante el puerto serie y no existen problemas de incompatibilidad de software.



8.2.1.6. Interfaz de video

El interfaz de video consiste en una mini cámara que nos permite la entrada de imágenes al sistema, con la condición de que la comunicación sea inalámbrica.

Al analizar las diferentes posibilidades de que se dispone, tenemos una primera opción consistente en utilizar una cámara con comunicación Wi-Fi que hace llegar la señal a una tarjeta Wi-Fi que se debe instalar en el Barebone y una segunda utilizando una cámara que dispone de su propio receptor con salida de video.

Se ha escogido la segunda opción por ser su precio inferior, en concreto se ha encontrado una mini cámara inalámbrica color de 1.3" junto con su receptor y los diferentes cables de alimentación por 72 € en Área Integral [15]. Esta mini cámara además de la captación de video, permite la captación de audio.

8.2.2. Esquemas de conexión

A continuación se muestran los esquemas de conexión del sistema, en la primera figura 8.7 se muestra el esquema de conexión con el conjunto de sensores y en la segunda figura 8.8 aparece la conexión con el resto de elementos.



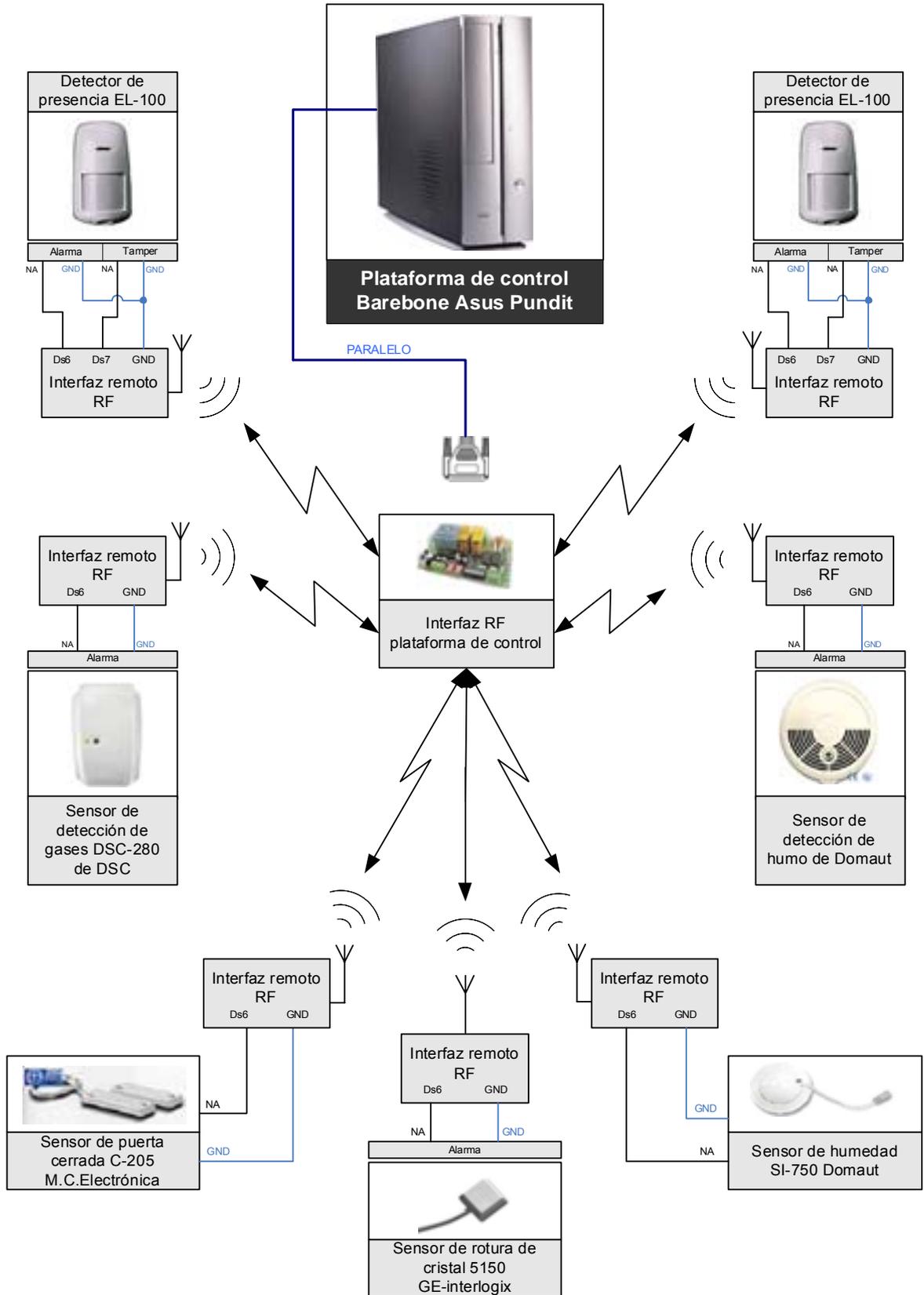


Figura 8.7.- Esquema de conexión del sistema de bajo coste (sensores)



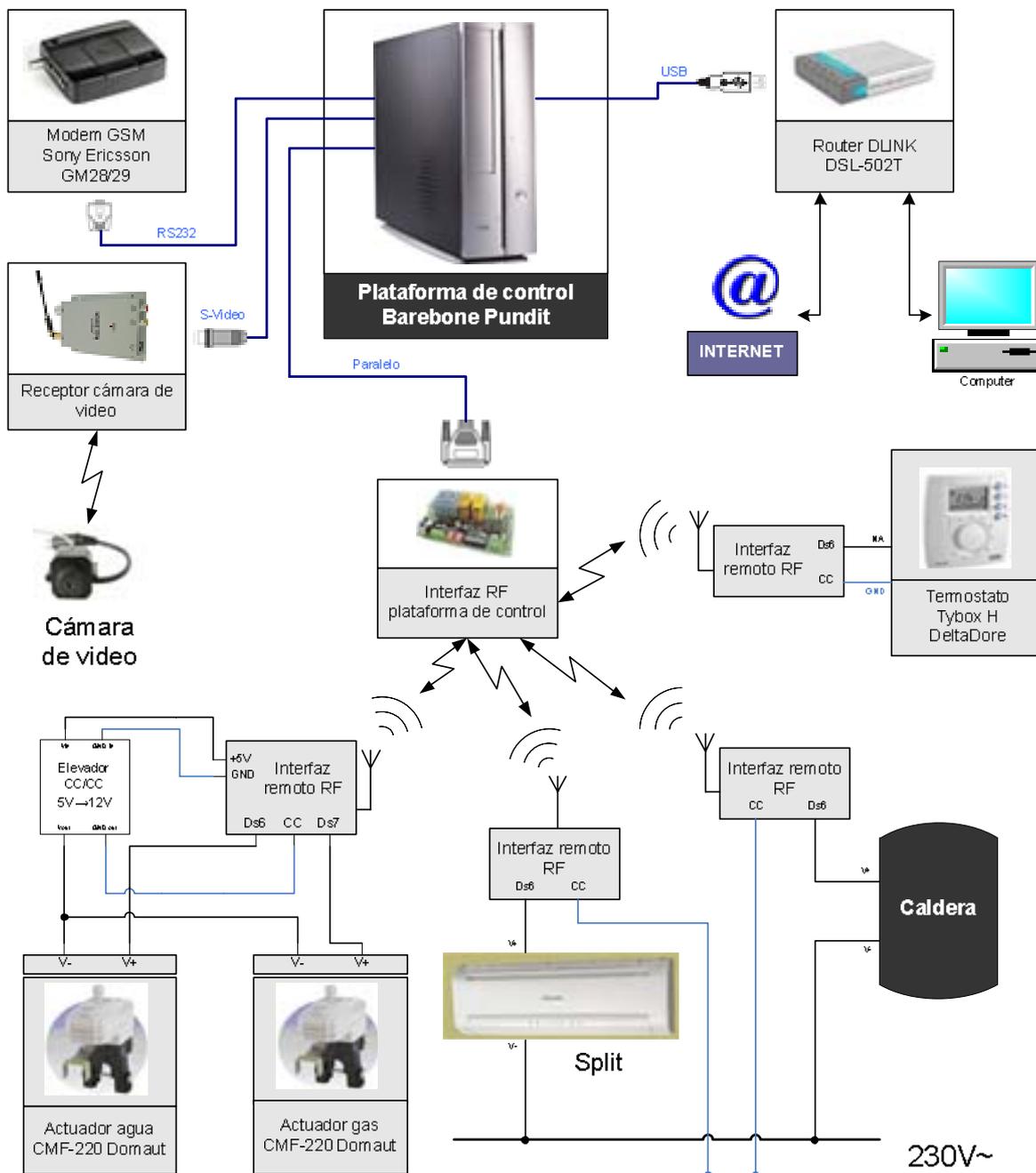


Figura 8.8.- Esquema de conexión del sistema de bajo coste (resto de elementos)



8.2.3. Sistema operativo

En el sistema de bajo coste el sistema al tratarse de un sistema como un PC, el sistema operativo a utilizar es mucho más sencillo que en la placa VIPER. Los posibles sistemas a instalar son alguna versión de Microsoft Windows o Linux.

Para este sistema se debe realizar una aplicación que permita gestionar el sistema, al tratarse de un entorno Windows o Linux, esta tarea es bastante sencilla debido a que es compatible con cualquier entorno de programación.

Por lo que la realización de una aplicación que haga funcionar el sistema es sencilla y lo que es más importante permite realizar una aplicación muy completa, ya que el sistema planteado dispone de todos los elementos necesarios para realizar un sistema de altas prestaciones.





9. Estudio Económico

A lo largo de este capítulo se estima el precio de las dos soluciones planteadas, mediante los costes individuales de cada uno de los componentes que lo forman. Las dos soluciones incluyen el precio de todos los sensores y actuadores necesarios, ya que se han querido mostrar dos sistemas tipo que sean capaces de realizar las funciones más usuales.

9.1. Sistema de alta fiabilidad

Los costes del sistema son los que se muestran en la tabla siguiente, tabla 9.1, en ella aparecen el módulo central que se ha denominado así al conjunto que forman la placa de control, el conjunto de conectores necesarios el convertor analógico/digital necesario para introducir las señales mediante el puerto serie y el elevador de tensión que permite alimentar al conjunto de elementos que rodean a la plataforma de control.

		Qty	Modelo	Marca	Precio (€) 1unidad	Precio total (€)
Módulo central	Plataforma de control	1	VIPER	Arcom	627,00	627,00
	Módulo elevador 5/12V	1	MCC0512	OndaRadio	12,00	12,00
	Convertor A/D	1	Fabricación propia		46,02	46,02
	Conector hembra RS232	1	HB232-CO	OndaRadio	1,34	1,34
	Conector RJ45	1	RJ45	OndaRadio	1,45	1,45
	Conectores PL9/PL16/PL4	1	PL9/PL16/PL4	Arcom	42,00	42,00
Sensores	Sensor de presencia	2	Pir Next MCW	Visonic	75,00	150,00
	Sensor de detección de gases	1	MCT-440	Visonic	125,00	125,00
	Sensor de detección de humos	1	MCT-425	Visonic	99,88	99,88
	Sensor de puerta cerrada	1	C-205	M.C.Electronica	14,70	14,70
	Sensor de rotura de cristal	1	5150	GE-Interlogix	15,35	15,35
	Sensor de humedad	1	SI-750	Domaut	42,41	42,41
	Termostato	1	Tybox H	DeltaDore	60,00	60,00
Actuadores	Actuador válvula de gas	1	CMF-220	Domaut	59,00	59,00
	Actuador válvula de agua	1	CMF-220	Domaut	59,00	59,00
	Actuador sobre caldera	1	TL-103*	Cebek	49,55	49,55
	Actuador aire acondicionado	1	TL-103*	Cebek	49,55	49,55



		Qty	Modelo	Marca	Precio (€) 1unid	Precio total (€)
Interfaz GSM		1	GM28/29	Sony Ericsson	138,00	138,00
Interfaz Internet		1	DSL-502T	DLINK	39,99	39,99
Interfaz de radiofrecuencia	Receptores	1	MCR-308	Visonic	109,00	109,00
		1	TL-26	Cebek	39,95	39,95
		1	TL-1	Cebek	32,65	32,65
	Emisores	1	TL-2	Cebek	40,75	40,75
		1	TL-29	Cebek	32,50	32,50
		5	TL-15	Cebek	26,35	131,75
					Coste total	2.018,84

Tabla 9.1.- Costes individuales del sistema de alta fiabilidad

El coste total aproximado del sistema de alta fiabilidad es de 2.018,84 € incluyendo todos los dispositivos necesarios y considerando los precios adquiriendo una unidad de cada elemento que lo integra.

El elevador de tensión, el conector RJ45 y el conector hembra conexión serie se pueden encontrar en cualquier tienda de electrónica, en este caso se han escogido los ofrecidos por OndaRadio [16].

El resto de elementos (sensores, actuadores e interfaces) son los mostrados a lo largo del capítulo 7, cabe recordar que el precio que allí se mostró y que es el mismo de la tabla 9.1 corresponde al precio de compra de una unidad. El precio de muchos de los elementos mostrados disminuiría considerablemente en caso de la fabricación de más unidades.

El sistema lo podemos dividir en las diferentes partes que lo integran, diferenciando entre los costes que vienen derivados de la unidad de control, sensores, actuadores y el resto de elementos que se encargan de realizar las comunicaciones. En el gráfico 9.1 se muestra la distribución en porcentajes del coste que representa cada parte.



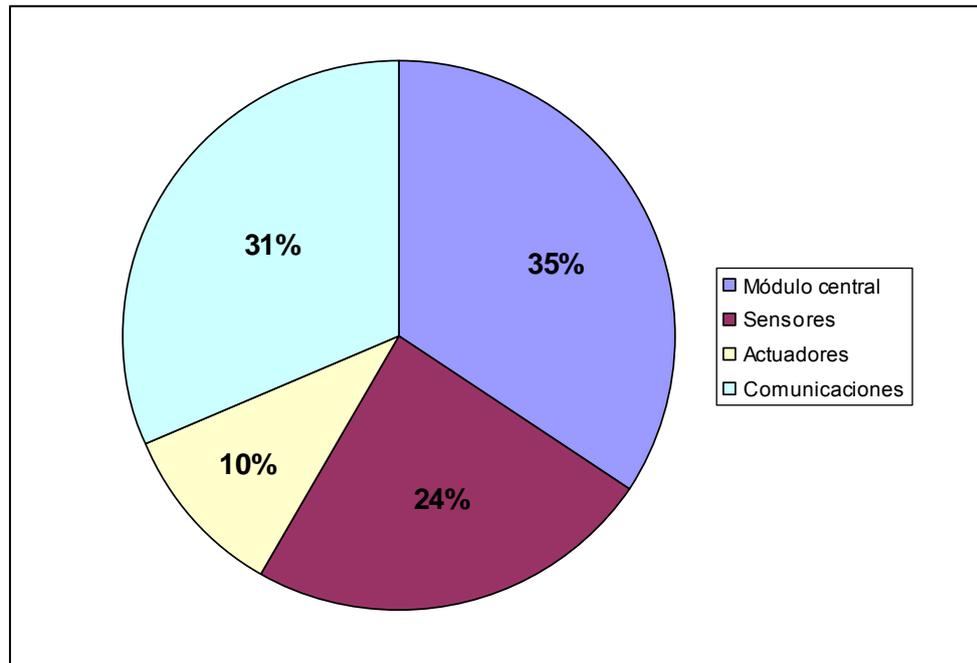


Figura 9.1.- Distribución de los costes totales del sistema de alta fiabilidad

Según el gráfico 9.1 el mayor coste corresponde al del módulo central, esto se debe al elevado precio de la placa VIPER al haber considerado una unidad tan sólo. Según la distribuidora el precio al comprar 10 unidades pasaba de 627,00 € a 433,00 €, con lo que el precio del conjunto se reduce en un 30% aproximadamente, con una reducción en el coste total de 194,00 € al suponer 10 unidades.

9.2. Sistema de bajo coste

El sistema de bajo coste estudiado en el apartado 8.2, tal como su nombre indica ha sido diseñado con el claro objetivo de llegar a conseguir el sistema más barato posible. El conjunto de elementos que lo integran es el mostrado en la tabla 9.2.



		Qty	Modelo	Marca	Precio (€) / 1 unid	Precio total (€)
Módulo central	Plataforma de control	1	Barebone Pundit	Asus	285,36	285,36
	Módulo elevador 5/12V	1	MCC0512	OndaRadio	12,00	12,00
	Conector S-Video	1	S-Video Connector	OndaRadio	1,26	1,26
	Conector paralelo macho	1	DB25	OndaRadio	1,07	1,07
Sensores	Sensor de presencia	2	EL-100	Electronics line	21,24	42,48
	Sensor de detección de gases	1	DSC-280	DSC	49,00	49,00
	Sensor de detección de humos	1	SHD-698	Domaut	44,08	44,08
	Sensor de puerta cerrada	1	C-205	M.C.Electronica	14,70	14,70
	Sensor de rotura de cristal	1	5150	GE-Interlogix	15,35	15,35
	Sensor de humedad	1	SI-750	Domaut	42,41	42,41
	Termostato	1	Tybox H	DeltaDore	60,00	60,00
Actuadores	Actuador sobre válvula de gas	1	CMF-220	Domaut	59,00	59,00
	Actuador sobre válvula de agua	1	CMF-220	Domaut	59,00	59,00
	Interfaz GSM	1	GM28/29	Sony Ericsson	138,00	138,00
	Interfaz Internet	1	DSL-502T	DLINK	39,99	39,99
	Interfaz video	1	Mini cámara color	Área Integral	72,00	72,00
Interfaz de radiofrecuencia	Interfaz plataforma de control	1	Diseño propio		41,16	41,16
	Interfaz remoto	11	Diseño propio		40,27	442,97
					Coste total	1.419,83

Tabla 9.2.- Costes individuales del sistema de bajo coste

El precio total aproximado del sistema de bajo coste es de 1.419,83 €, considerando los precios adquiriendo una unidad, por lo que en caso de hacer compras más numerosas, se reduciría el coste total. También es importante mencionar que gran parte del coste de este sistema se debe a que incluye todo el conjunto de sensores y actuadores necesarios.

Al precio del Barebone que se escogió como sistema más económico debemos sumarle el precio de los conectores necesarios para conectar el resto de elementos, estos son conectores usuales de conexión de PC's como son el cable paralelo, USB o la entrada de súper video.

Como en la solución anterior, también podemos dividir los costes de cada parte del sistema dependiendo de su función dentro del sistema.



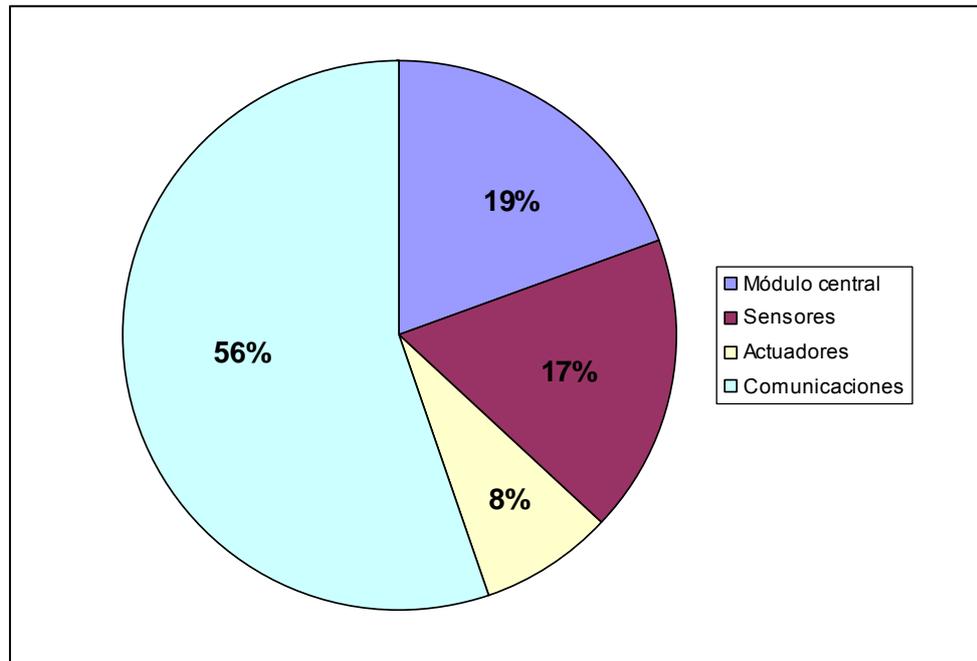


Figura 9.2.- Distribución de los costes totales del sistema de bajo coste

Tal como muestra la figura 9.2 la mayor parte del coste del sistema (56%) es aquella denominada como comunicaciones y es la formada por los diferentes interfaces necesarios: interfaz GSM, Internet, video y radiofrecuencia. Los interfaces de GSM, Internet y video son productos existentes en el mercado por lo que el precio se podría reducir buscando productos similares con mejor precio o comprando un número elevado de unidades, reduciendo por tanto su coste.

La otra posibilidad consiste en reducir el precio de los módulos de fabricación propia encargados del control mediante radiofrecuencia. Mejorando los módulos diseñados, utilizando por ejemplo microcontroladores o reduciendo el coste por unidad mediante la fabricación de un gran número de unidades. Además si se estimara fabricar por ejemplo unas 1.000 unidades del sistema, serían necesarios en este caso 10.000 módulos de radiofrecuencia remotos aproximadamente ya que el sistema esta formado por muchos, por tanto su precio se reduciría considerablemente.



9.3. Comparación con sistemas similares del mercado

Los sistemas más similares a las soluciones obtenidas son aquellos sistemas domóticos que cubren las áreas de seguridad, control energético, comunicaciones y multimedia. Por lo que los sistemas que se estudiaron a lo largo del apartado 4.2, que tan sólo se encargan del apartado de seguridad quedan alejados de nuestros sistemas.

Según el estudio que realizó el CEDOM sobre la domótica en diciembre de 2004 y que se analiza a lo largo del anexo A, los sistemas más parecidos serían aquellos que cubren 3 o 4 zonas. Estos sistemas oscilan entre los 2700 € y 3400 € el coste del material, a lo que hay que añadirle el coste de instalación que va de unos 500 a 900 €, por lo que el precio es superior en ambas soluciones obtenidas. Cabe recordar que nuestro sistema está concebido de forma que no sea necesaria una instalación compleja, con el fin de ahorrarnos los costes derivados de la instalación.

A continuación se muestra un sistema domótico similar con el fin de comparar con más detalle sus características y precio.

9.3.1. Sistema domótico Domo-Plus

Existen diversas empresas que se encargan de ofrecer instalaciones domóticas para viviendas o edificios completos. Todas ellas ofrecen sistemas muy parecidos a nivel de prestaciones aunque generalmente se suelen diferenciar en la forma de realizar la comunicación entre los diferentes elementos del sistema.

Cada sistema suele utilizar su propio protocolo cerrado o algún estándar como puede ser el del sistema que se estudia a continuación, donde el control se realiza mediante el protocolo EIB, que intenta ser el protocolo estándar de algunos de los fabricantes de productos domóticos más importantes de Europa.

El sistema analizado es el sistema domótico Domo-Plus que reúne unas funcionalidades similares a las nuestras, este sistema desarrollado por Domótica Viva [17] está pensado para una vivienda de tipo medio.

Sus principales características son las siguientes:

- Comunicación mediante el protocolo EIB.
- Control de la iluminación de dos zonas mediante dimmers.
- Infodisplay para controlar todas las posibles alarmas, temperaturas de zonas, cerrar electroválvulas, etc.



- Alarmas técnicas: incluyendo 1 detector de fuga de gas, 1 detector de humo, 1 detector de fuego y 3 detectores de fuga de agua. Al detectarse fuga de gas o de agua, el sistema cortará automáticamente el suministro correspondiente.
- Seguridad anti-intrusión: incluyendo 2 detectores volumétricos y 1 sirena interior.
- Central bidireccional local y remotamente para conexión para Central Receptora de Alarmas (RCA), 16 códigos de conexión-desconexión, comunicador telefónico, funciones de telecontrol, etc.
- Control de la calefacción y aire acondicionado.

El importe total de este sistema es de 4.143,39 €, donde se incluye el precio del conjunto más el coste de la instalación. La mayoría de sistemas que podemos encontrar en el mercado con las mismas prestaciones tienen un coste total muy parecido al precio del sistema Domo-Plus, por lo que la mayoría de sistemas tienen un precio superior al nuestro.





Conclusiones

Una vez finalizado todo el estudio y desarrollo de un sistema domótico, vemos como una de las primeras conclusiones, la interesante penetración que puede tener la domótica en el mercado de la construcción. La domótica ofrece actualmente la posibilidad de incorporar un abanico de nuevas funcionalidades para el hogar y puede ser la puerta de entrada del uso de la tecnología en la vivienda.

A lo largo de este proyecto se ha hecho una búsqueda exhaustiva de componentes y subsistemas que permiten diseñar un sistema domótico desde la perspectiva de integración de sistemas, para ello se han analizado más de 500 componentes diferentes. Siempre con la mentalidad de que el sistema sea capaz de realizar un conjunto de funciones fundamentalmente de gran utilidad y sin necesidad de instalación. El sistema más adecuado al que se llegó como conclusión, fue el de realizar un sistema centralizado modular debido a que nos permite por un lado realizar una gestión muy potente a nivel de software y al ser modular se puede adaptar a la vivienda en la que vaya a ser instalado.

Una vez escogido el tipo de arquitectura más adecuado como un sistema de tipo centralizado modular, se han desarrollado dos posibles soluciones. Una primera opción consistente en un sistema más orientado a la seguridad y fiabilidad del sistema, por lo que se escogieron elementos ya existentes en el mercado pero con un coste mayor. Y una segunda opción donde se buscó realizar un sistema de bajo coste, basándonos en la posibilidad de reducir los costes mediante un sistema propio de comunicación con los dispositivos necesarios de forma inalámbrica. Resultando un sistema abierto que permite conectar distintos tipos de elementos.

Vistas las dos soluciones propuestas, el sistema de bajo coste es una opción muy interesante debido a la flexibilidad de comunicación por radiofrecuencia que permite, siempre que se pueda realizar un sistema fiable y robusto. Además el coste se podría reducir aún más en el caso de reducir los costes de los módulos de radiofrecuencia ya que suponen una parte importante del coste total.

Por tanto, el diseño final corresponde a un sistema de altas prestaciones para la vivienda, con un coste menor a los sistemas domóticos actuales estudiados, que permite realizar un número importante de funciones. Todas ellas quedan controladas desde una unidad central de control que a nivel software permite realizar un gran número de aplicaciones.





Agradecimientos

A Lucas García Deiros, por su colaboración en el desarrollo de los módulos de radiofrecuencia.

A Josep Bordonau Farrerons, por su ayuda a lo largo de todo el proyecto.

A Silvia, en la que he encontrado toda la ayuda y apoyo necesario para poder llegar a su fin.





Bibliografía

Referencias bibliográficas

- [1] EL PERIODICO DE CATALUNYA. Artículo aparecido el 16 de Enero de 2005. “*La evolución en el negocio de la seguridad*”
- [2] SECURITAS AB. *Resumen del Informe Anual 2003*. Estocolmo, 2003.
- [3] <http://www.securitasdirect.es> Securitas Direct. Grupo Securitas, 2005.
- [4] <http://www.proseguralarmas.es> Grupo Prosegur, división alarmas, 2005.
- [5] <http://www.gunnebo.com> Gunnebo Group, enero de 2005.
- [6] <http://www.security.honeywell.com> Honeywell Security, enero de 2005.
- [7] <http://www.ademco.es> Ademco, Honeywell Security España y Portugal, enero de 2005.
- [8] <http://www.aurelwireless.com> Aurel Wireless, empresa dedicada a la venta de soluciones inalámbricas. Enero de 2005.
- [9] <http://www.endrich.com> Endrich, distribuidora de componentes electrónicos en España. Febrero de 2005.
- [10] <http://www.pcgreen.com> Tienda dedicada a la venta de productos informáticos. Marzo de 2005.
- [11] <http://www.deltadore.es> DeltaDore, proveedora de productos dedicados al control de la energía. Mayo de 2005.
- [12] <http://www.tga.es> TGA Ingeniería y Electrónica S.A. Sistemas industriales y embebidos. Febrero de 2005.
- [13] <http://www.ine.es> Instituto Nacional de Estadística. Julio de 2005.
- [14] <http://www.domolandia.com/tienda> Domolandia, tienda on-line de productos domóticos. Agosto de 2005.



- [15] <http://www.area-integral.net> Área Integral Soluciones Informáticas S.L, tienda infromática. Septiembre de 2005.
- [16] <http://www.ondaradio.es> OndaRadio S.A, empresa dedicada a la venta de productos electrónicos. Marzo de 2005.
- [17] <http://www.domoticaviva.com> Domótica Viva, empresa de servicios de instalación e integración de sistemas tecnológicos, aplicados al sector inmobiliario residencial. Octubre de 2005.

Bibliografía complementaria

- [18] <http://www.wikipedia.org>
- [19] <http://www.x-10.com>
- [20] <http://www.ce.org>
- [21] <http://www.echelon.com>
- [22] <http://www.batibus.com>
- [23] <http://www.eiba.com>
- [24] <http://www.ehsa.com>
- [25] <http://www.hbs.ne.jp>
- [26] <http://www.bell.colorado.edu/sc25wg1>
- [27] <http://www.konnex.org>
- [28] <http://www.cebus.org>
- [29] <http://www.nahb.com>
- [30] <http://www.homepna.com>
- [31] <http://www.homeplug.com>
- [32] <http://www.wi-fi.org>



- [33] <http://www.homerf.com>
- [34] <http://www.bluetooth.com>
- [35] <http://www.sonyericsson.com>
- [36] <http://siemens.com/wm>
- [37] Renato J.C. Nunes. *An Internet Application for Home Automation*. 10th Mediterranean Electrotechnical Conference 2000, Vol I.
- [38] Sang-Min Baek, Kyung-Bae Chang, Il-Joo Shim, Gwi-Tae Park. *Implementation of Smart Home Control using LabVIEW and PDA*. Consumer Electronics, International Symposium on Sept. 1-3, 2004 Pages:558-562. IEEE 2004.
- [39] Tan K. K. , Soh C. Y. *Internet home control system using Bluetooth over WAP*. Engineering Science and Education Journal, Vol. 11, Issue 4. August 2002.
- [40] N. Noury, G. Virone, P. Barralon, J. Ye, V. Rialle. *New Trends in Health Smart Homes*. 5th International Workshop Healthcom. IEEE 2003.
- [41] A. Araujo, D. Fraga, J.M. Moya, O. Nieto-Taladriz. *Domotic Platform Based on Multipurpose Wireless Technology With Distributed Processing Capabilities*. 15th IEEE International Symposium Personal, Indoor and Mobile Radio Communications. IEEE 2004.
- [42] D. Rose. *Revolution in Home Security*. Communications Engineer, February 2003.
- [43] D. H. Stefanov, Z. Bien, Won-Chul Bang. *The Smart House for Older Persons and Persons With Physical Disabilities: Structure, Technology Arrangements, and Perspectives*. IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering, Vol. 12, No. 2, June 2004.
- [44] Chung-Hsien Kuo, Fang-Chun Huang, Keng-Liang Wang. *Design and Implementation of Internet-Based In-House Healthcare and Home Automation Systems*. IEEE International Conference Systems, Man and Cybernetics. IEEE 2003.
- [45] W. St. Moscibrodzki, A. Malinowski. *A Reference Implementation of the Internet-supported Home Security System*. IECON: The 27th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society. IEEE 2001.



- [46] Yo-Ping Huang, Po-Nan Cheng. *Using Fuzzy Inference Method to Automatically Detect and Identify Intruders from the Security System*. Proceedings of the 2004 IEEE.
- [47] J. Bravo, M. Ortega, F. Verdejo. *Planning in Problem Solving: A case Study in Domotics*. Frontiers in Education Conference, 30th Annual, Vol. 1. Pages T2D/11 – T2D/16. IEEE 2000.

