

	Prototipo de sistema de localización y alerta en interiores mediante radio	Página 11 de 186
	DOCUMENTO Nº2 MEMORIA	

DOCUMENTO NÚMERO 2: MEMORIA


	Prototipo de sistema de localización y alerta en interiores mediante radio	Página 12 de 186
	DOCUMENTO Nº2 MEMORIA	

ÍNDICE DE MEMORIA

DOCUMENTO NÚMERO 2: MEMORIA	11
ÍNDICE DE MEMORIA.....	13
ÍNDICE DE FIGURAS	16
ÍNDICE DE TABLAS	17
CAPÍTULO 1 - OBJETO DEL PROYECTO.....	19
1.0 Introducción	19
1.1 Descripción	21
1.2 Justificación	22
1.2.1 Posibles dificultades	22
1.2.2 Objetivos fundamentales	23
CAPÍTULO 2 - ALCANCE	24
2.1 Composición del proyecto.....	24
2.2 Conocimientos aplicados	24
CAPÍTULO 3 - ANTECEDENTES	26
CAPÍTULO 4 - NORMAS Y REFERENCIA	28
4.0 Normativa referente al uso de RF.....	28
4.1 Disposiciones legales y normas aplicadas.....	29
4.1.1 Ámbito europeo	29
4.1.2 Ámbito nacional	29
4.1.3 Normas UNE	30
4.2 Programas informáticos para desarrollo	32
4.3 Bibliografía.....	33
4.4 Estado de la técnica.....	36
4.4.1 Modulo RF	36
4.4.2 Arduino y arduino nano.....	40
4.4.3 Acelerómetro	41
CAPÍTULO 5 – DEFINICIONES Y ABREVIATURAS.....	43
CAPÍTULO 6 – PLANIFICACIÓN PREVIA	44
6.1 Estudio de elementos que componen el dispositivo	44
6.2 Búsqueda componentes	44

	Prototipo de sistema de localización y alerta en interiores mediante radio	Página 14 de 186
	DOCUMENTO Nº2 MEMORIA	

6.3 Diseño del dispositivo	45
6.4 Diseño de PCB	45
6.5 Montaje de dispositivo	45
6.6 Pruebas de funcionamiento	46
6.7 Realización de la documentación	46
CAPÍTULO 7 – REQUISITOS DE DISEÑO	47
7.0 Requisitos de los circuitos	47
7.0.1 Alimentación	47
7.0.2 Comunicación	47
7.0.3 Construcción	47
7.0.4 Tamaño	47
7.0.5 Costes	48
7.0.6 Interferencias	48
7.1 Requerimientos de la interfaz informática	48
CAPÍTULO 8 – ANÁLISIS DE SOLUCIONES	49
8.0 Implementación del sistema electrónico	49
8.0.1 Diagrama inicial	49
8.0.2 Módulo emisor	50
8.0.3 Módulo Receptor	53
8.0.4 Diagrama final	55
8.1 Elementos utilizados	56
8.1.1 Modulo RF	56
8.1.2 Arduino y arduino nano	57
8.1.3 Boost convertidor de tensión	58
8.1.4 Cargador de baterías Li-ion	59
8.1.5 Batería Li-ion	59
8.1.6 Acelerómetro	60
8.1.7 Transceptor	61
8.1.8 Shield Ethernet	61
8.1.9 Shield WiFi	62
8.2 Diseños realizados	62
8.2.1 Primer diseño	62
8.2.2 Segundo diseño	65

	Prototipo de sistema de localización y alerta en interiores mediante radio	Página 15 de 186
	DOCUMENTO Nº2 MEMORIA	

8.2.3 Tercer diseño.....	65
8.2.4 Diseño definitivo sobre placa de pruebas	66
8.2.6 Diseño definitivo modificación	68
8.4 Diseños de PCB realizados	68
8.4.1 Primer diseño	69
8.4.2 Segundo diseño.....	70
8.4.3 Tercer diseño.....	71
8.4.4 Diseño Final.....	72
8.4.5 Resultado del Diseño Final.....	73
CAPÍTULO 9 – RESULTADOS FINALES.....	74
9.1 Programación del microcontrolador	74
9.1.1 Realización del archivo del programa.....	75
9.1.2 Volcado del archivo en el microcontrolador	75
9.2 Construcción de la placa del circuito impreso	75
9.2.1 Esquemático.....	76
9.2.2 Diseño EAGLE	76
9.2.3 Listado de componentes emisor.....	77
9.2.4 Fabricación PCB.....	78
9.2.5 Conexiones emisor	78
9.3 Prototipo final.....	79
CAPÍTULO 10 – ESPECIFICACIONES DEL CIRCUITO	81
10.1 Consumo energético.....	81
10.2 Velocidad de envío de señal.....	81
10.3 Tiempo de carga de batería	81
CAPÍTULO 11 – ESTUDIO DE VIABILIDAD ECONÓMICA	82
11.1 Costes de componentes dispositivo emisor	82
11.2 Costes de componentes dispositivo receptor	84
CAPÍTULO 12 – PUEBAS REALIZADAS.....	86
12.1 Pruebas con acelerómetro analógico.....	86
12.2 Pruebas con acelerómetro digital.....	86
12.3 Pruebas de radio de acción en edificio	87
12.4 Pruebas de envío a través del Shield Ethernet.....	100
CAPÍTULO 13 – POSIBLES MEJORAS	101

13.1 Empleo del transceptor para recibir los datos del emisor	101
13.2 Mejora de diseño	101
13.3 Antena del transmisor y del receptor de RF.....	102
13.4 Empleo de componentes SMD	102
13.5 Mejora de software para detección de caídas	102
13.6 Mejora interruptor.....	102


ÍNDICE DE FIGURAS


Figura 1 : Ejemplo metodo de triangulación	20
Figura 2 : Ejemplo de interfaz gráfica de localización en un entorno interior ...	20
Figura 3 : Ejemplo detección caída con acelerómetro	22
Figura 4 : Gama de productos Ekahau.....	26
Figura 5 : Gama de productos Mysphera (baliza receptora y pulsera emisora)	27
Figura 6: Extracto artículo 5 del RR, punto 5.138 [3].....	28
Figura 7: Extracto del artículo 5 del RR, punto 5.150 [3]	28
Figura 8 : ATmega 328P	40
Figura 9 : Ejemplo de acelerómetro	41
Figura 10: Diagrama básico del sistema	49
Figura 11 : Emisor de RF (MX-FS-03V)	51
Figura 12: Diagrama completo de del sistema	55
Figura 13: Módulo emisor y receptor de RF	56
Figura 14: Arduino UNO	57
Figura 15: Arduino Nano	57
Figura 16 : Esquema convertidor Boost número 1 [19]	58
Figura 17 : Convertidor Boost número 2	58
Figura 18 : Convertidor Boost número 3	58
Figura 19: Esquema cargador	59
Figura 20 : Batería recargable.....	59
Figura 21 : Acelerómetro Digital (MMA8452q) [21]	60
Figura 22: Acelerómetro Analógico (MMA7631) [22].....	60
Figura 23 : Transceptor CC1101 [23]	61
Figura 24 : Shield Ethernet.....	61
Figura 25 : Shield WiFi	62
Figura 26 : Esquemático cargador con load-sharing	63
Figura 27 : Esquema del convertidor Boost con LT1370.....	64
Figura 28 : Diseño definitivo del prototipo	66
Figura 29 : Triple conmutador	67
Figura 30 : Porta-pilas	67
Figura 31 : Diseño PCB 1	69

Figura 32: Diseño PCB 2.....	70
Figura 33: Diseño PCB 3.....	71
Figura 34 : Diseño final PCB	72
Figura 35 : PCB resultante del diseño final	73
Figura 36 : Entorno de programación Arduino [18].....	74
Figura 37 : Arduino nano con cable de conexión [18]	78
Figura 38 : Prototipo final	79
Figura 39 : Prototipo final (2)	79
Figura 40 : Prototipos finales.....	80
Figura 41 : Conversor de 5V a 3V	86
Figura 42 : Software empleado en prueba de radio de acción en edificio	87
Figura 43 : Resultados mostrados por pantalla de recepción de la señal	88
Figura 44 : Plano prueba 1	89
Figura 45 : Plano prueba 2	90
Figura 46 : Plano prueba 3.....	91
Figura 47 : Plano prueba 4 planta baja	93
Figura 48 : Plano prueba 4 primera planta	94
Figura 49 : Plano prueba 4 segunda planta	96
Figura 50 : Plano balizas primera planta, sin sectorizado entre plantas.....	97
Figura 51: Plano balizas planta baja con sectorizado entre plantas.....	98
Figura 52 : Plano balizas primera planta con sectorizado entre plantas	98
Figura 53 : Plano balizas segunda planta con sectorizado entre plantas	99
Figura 54 : Resultados prueba envío a través de Shield Ethernet	100

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 : Clasificación de las bandas del espectro.....	36
Tabla 2 : Bluetooth VS ZigBee	38
Tabla 3 : Comparativa de tecnologías RF	39
Tabla 4 : Listado de componentes emisor.....	77
Tabla 5 : Consumo de la placa.....	81
Tabla 6 : Coste 100 prototipos emisores con acelerómetro analógico	82
Tabla 7 : Coste 100 prototipos emisores con acelerómetro digital	83
Tabla 8 : Coste 100 prototipos emisores sin acelerómetro	83
Tabla 9 : Coste 100 prototipos receptores con Shield Ethernet	84
Tabla 10 : Coste 100 prototipos receptores con Shield WiFi.....	84
Tabla 11 : Coste 100 prototipos receptores con Shield WiFi y transceptor	84
Tabla 12 : Coste 100 prototipos receptores con Shield Ethernet y transceptor	85

	Prototipo de sistema de localización y alerta en interiores mediante radio	Página 18 de 186
	DOCUMENTO Nº2 MEMORIA	

	Prototipo de sistema de localización y alerta en interiores mediante radio	Página 19 de 186
	DOCUMENTO Nº2 MEMORIA	

CAPÍTULO 1 - OBJETO DEL PROYECTO

1.0 Introducción

En el ámbito hospitalario, o en casos similares como podría ser el de un geriátrico o un centro de día para cuidados de personas adultas, nos podemos encontrar con la necesidad de mantener cierto control sobre las personas ingresadas. Una de las principales características deseada de tener bajo control es la posición de dichos pacientes, sobre todo aquellos con tendencia a escaparse del complejo.

Para suplir esta necesidad existe un amplio rango de opciones distintas.

Tener control de la posición mediante el empleo de dispositivos emisores y disponiendo de elementos receptores capaces de determinar la localización de dicho emisor parece una solución bastante viable y eficiente.

Una vez establecido la necesidad del empleo de un sistema de comunicación entre un emisor y un receptor toca decidir la forma en la que se va a realizar dicha comunicación. Existen varias tecnologías para ello lo cual requerirá un estudio previo para determinar cual resulta más conveniente para nuestra aplicación.

Una de las tecnologías más comunes empleadas para la localización como es el GPS no es aplicable para el entorno al que se le aplicará nuestro sistema, ya que este no es válido en la localización de interiores.

El empleo de radiofrecuencia (RF) parece ser la opción más apropiada por sus características de coste, consumo y capacidad para atravesar elementos constructivos, las cuales no son muy favorables en los productos que nos podemos encontrar actualmente en el mercado. [1] [2]

De esta forma emitiendo la ID¹ del paciente a través de un emisor de RF y recibéndola a través de unas balizas, las cuales determinan la distancia al emisor, podemos saber la localización exacta del paciente.

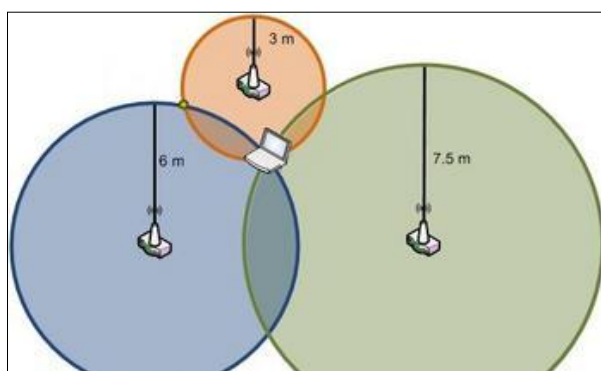


Figura 1 : Ejemplo metodo de triangulación

Como resultado, podría obtenerse una plataforma web, o incluso un programa informático capaz de gestionar la situación de cada paciente con posibilidad de activar una alarma en caso de que un paciente supere los límites del edificio.

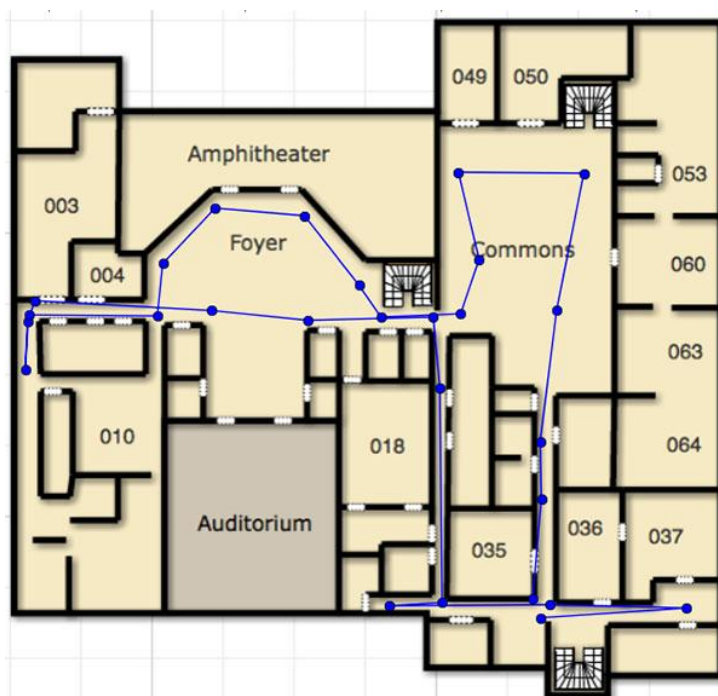



Figura 2 : Ejemplo de interfaz gráfica de localización en un entorno interior

¹ Número de identificación del paciente.

	Prototipo de sistema de localización y alerta en interiores mediante radio	Página 21 de 186
	DOCUMENTO Nº2 MEMORIA	

1.1 Descripción

Este proyecto se dividirá en dos partes dada su ambición y los distintos tipos de técnicas multidisciplinarias que requiere manejar para su conformación. Por ello, mediante la plataforma Sinergia, este proyecto se compondrá de una parte que abarca al emisor de radiofrecuencias y parte del receptor. Por otro lado, se resolverá cierta parte del receptor de radiofrecuencia y el sistema de comunicación hasta presentar los resultados en la pantalla de un ordenador, incluyendo dicha interfaz informática.

El objeto de esta parte del proyecto es precisamente el diseño y fabricación del prototipo de un sistema localizador compuesto por un dispositivo emisor y una baliza² que determine la localización en la que se encuentre dicho emisor. Ambos dispositivos se tratarán como modelos de pruebas funcionales con los que se podrá determinar mejor su uso en ciertos ambientes. Ambos dispositivos se van a tratar de fabricar con el mínimo coste posible.

El dispositivo emisor consistirá en un circuito impreso compuesto por un microcontrolador arduino (Atmega 328P), un emisor de RF de 433MHz, un convertidor *Boost*³, un cargador y una batería. Se encargará de transmitir la ID del paciente. De forma adicional se le incluirá un acelerómetro con el cual se pueda detectar si el portador se ha caído.

La baliza consistirá en un circuito que interconectará un arduino⁴, un receptor o transceptor y un shield de ethernet⁵ o un shield wifi⁶. Será el encargado de recibir la ID del paciente a través de una señal. Esta información será enviada a un servidor que la procesará para obtener la localización del dispositivo emisor.

Como ampliación de la funcionalidad principal se añadirá un acelerómetro que permita detectar e informar de caídas de los portadores del dispositivo emisor.

² Dispositivo receptor de rf que gestiona la señal recibida para obtener además su valor de potencia.

³ Convertidor DC a DC que obtiene a su salida una tensión continua mayor que a su entrada.

⁴ Plataforma de hardware libre, basada en una placa con un microcontrolador y un entorno de desarrollo.

⁵ Permite a un arduino conectarse con internet de forma alámbrica.

⁶ Permite a un arduino conectarse con internet de forma inalámbrica.

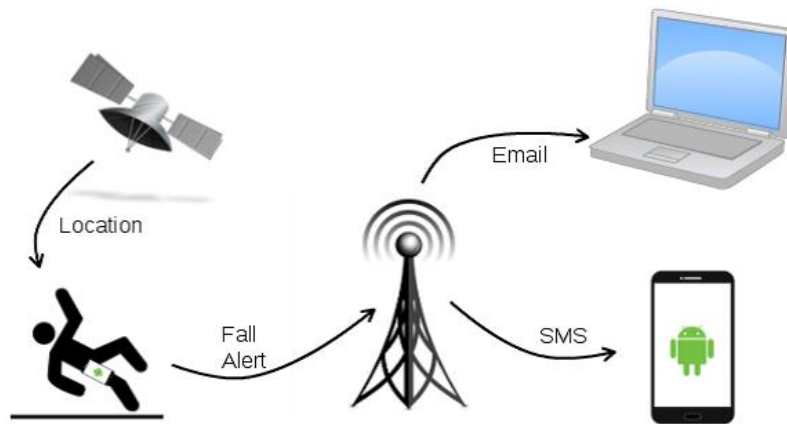


Figura 3 : Ejemplo detección caída con acelerómetro

1.2 Justificación

El resultado final de este proyecto será un sistema capaz de localizar a múltiples pacientes cada pocos segundos. No es requerido una alta precisión, pero si ser capaz de activar una alarma al sobrepasar ciertos límites impuestos. Características requeridas para el sistema serían el ser robusto, barato y de fácil despliegue y mantenimiento.


Ahora bien, su implementación puede resultar compleja en ciertos sentidos. Debe decidirse cómo afrontar su diseño.

1.2.1 Posibles dificultades

Realizar un diseño de un sistema semejante exigirá el uso de numerosos elementos electrónicos interconectados.

El empleo de componentes de bajo coste nos va a limitar las opciones a la hora de buscar una solución para cada requisito.

Por comodidad, el elemento móvil que funciona con una batería vendrá sujeto también a que su consumo sea el menor posible para mejorar su autonomía.

	Prototipo de sistema de localización y alerta en interiores mediante radio	Página 23 de 186
	DOCUMENTO Nº2 MEMORIA	

El hecho de que requiramos que el conjunto tenga el mínimo consumo posible pero la tensión de alimentación alta, hará que el diseño del convertidor *Boost* sea muy específico.

Al pretender hacer el dispositivo localizador un elemento portátil y cómodo para el usuario nos vemos obligados a intentar hacerlo lo más pequeño y ligero posible.


La transmisión de pocos datos a largas distancias y que atraviesen elementos constructivos nos va a limitar a la hora de escoger que tecnología usaremos definitivamente.

Si a la hora de determinar la localización de un paciente se emplea una medida de la potencia de la señal con la que nos llega la señal con el ID del paciente, esto nos obliga a emplear un receptor un poco más específico con mejores características y prestaciones que sea capaz de cumplir dicha función.

1.2.2 Objetivos fundamentales

En resumen, los objetivos serán:

- Profundizar en el funcionamiento de elementos de comunicación de RF.
- Aprender a programar microcontroladores usados por los arduinos para el control de periféricos empleados.
- Aprender a diseñar circuitos impresos.
- Interconectar de forma funcional y eficiente múltiples dispositivos electrónicos.
- Desarrollar un prototipo funcional del sistema planteado con ciertas restricciones en el precio. Inicialmente planteado que salga al mercado con un coste de unos 40\$. Este límite nos deja a nosotros como valor máximo para su coste unos 20\$ teniendo en cuenta que el comerciante suele inflar un 50% el precio para su beneficio.

	Prototipo de sistema de localización y alerta en interiores mediante radio	Página 24 de 186
	DOCUMENTO Nº2 MEMORIA	

CAPÍTULO 2 - ALCANCE

2.1 Composición del proyecto

Diseño y fabricación de un módulo emisor transportable que emita por RF el ID de un paciente y de un módulo receptor capaz de recibir dicha ID y determinar la distancia a la que se encuentra.

Se pretende realizar un prototipo de cada uno de los dispositivos funcionales. No se hará hincapié en su instalación final en cierto emplazamiento dado que esto depende de muchos factores característicos de cada emplazamiento. No obstante se pretenderá optimizar el tamaño del elemento emisor.


En función de la solución a empleada para la detección del emisor podemos considerar como receptor un transceptor⁷ CC1101 ya que consta con un pin *Received Signal Strength Indicator* (RSSI) el cual nos proporciona el valor de la potencia con la que nos llega la señal. Con dicha medida de potencia se podría estimar una medida de distancia aproximada a la que se encontraría el emisor. Como alternativa a este método se propondrá el uso de un sencillo receptor de RF normal.

2.2 Conocimientos aplicados

Este proyecto se sitúa en el ámbito de las comunicaciones industriales, puesto que se pretende construir un sistema de comunicación entre dos dispositivos electrónicos.

Será necesario conocer los principios de funcionamiento de los dispositivos de comunicación por RF así como el lenguaje de programación a emplear para acceder a la información que aporta el pin RSSI del transceptor.

⁷ Dispositivo que cuenta con un transmisor y un receptor que comparten parte de la circuitería o se encuentran dentro de la misma caja.

	Prototipo de sistema de localización y alerta en interiores mediante radio	Página 25 de 186
	DOCUMENTO Nº2 MEMORIA	

Se plantearan múltiples soluciones para un mismo problema, lo cual nos obligará a hacer un estudio independiente de cada opción para poder compararlo con el resto y determinar cuál es preferible para nuestra aplicación.

CAPÍTULO 3 - ANTECEDENTES

Actualmente existen en el mercado diversos sistemas similares al propuesto para el proyecto.

Pueden encontrarse diversos sistemas de comunicación empleados para la localización del paciente:

- Ekahau W4: Este dispositivo emplea Wi-Fi para comunicarse, emplea una batería Li-Po de 530mAh y tiene una autonomía de 500h emitiendo en intervalos de 15s. Dispone de un botón de llamada, alarma de vibración y acelerómetro.

El coste de este sistema es de 4000\$ por cama al año.



Figura 4 : Gama de productos Ekahau

- MYSPHERA, ZENITHAL y GOTOR comunicaciones son otras empresas que proporcionan soluciones similares empleando la RFID⁸ pero llevando esta aplicación a otro nivel permitiendo la detección de una silla de ruedas libre o incluso de que el paciente sea capaz de encontrar al doctor libre más cercano.



Figura 5 : Gama de productos Mysphera (baliza receptora y pulsera emisora)

Por lo general, estas alternativas que presentan dichas empresas ofrecen soluciones muy completas, o que aunque no se solicite, los dispositivos disponen de los recursos necesario para ofrecer servicios más específicos. Todo esto encarece mucho el producto si solo requerimos de una simple localización de los pacientes.

Además, aunque todas utilicen la RFID el ancho de banda empleado puede crear colisiones con otros dispositivos que coincidan en dicho ancho de banda, como puede ser el caso del Wi-Fi, Bluetooth o ZigBee.

⁸ Siglas de *Radio Frequency IDentification*, en español identificación por radiofrecuencia.

CAPÍTULO 4 - NORMAS Y REFERENCIA

4.0 Normativa referente al uso de RF

La base del proyecto se asienta sobre la comunicación empleando RF. Para ello se emplea una de las bandas ISM (*Industrial Scientific Medical*). Estas bandas fueron definidas por la ITU⁹ (*International Telecommunication Union*) en el artículo 5 de las Regulaciones Radio (RR), concretamente puntos 5.138 y 5.150.

5.138	The following bands:	
	6 765-6 795 kHz	(centre frequency 6 780 kHz),
	433.05-434.79 MHz	(centre frequency 433.92 MHz) in Region 1 except in the countries mentioned in No. 5.280 ,
	61-61.5 GHz	(centre frequency 61.25 GHz),
	122-123 GHz	(centre frequency 122.5 GHz), and
	244-246 GHz	(centre frequency 245 GHz)

are designated for industrial, scientific and medical (ISM) applications. The use of these frequency bands for ISM applications shall be subject to special authorization by the administration concerned, in agreement with other administrations whose radiocommunication services might be affected. In applying this provision, administrations shall have due regard to the latest relevant ITU-R Recommendations.


Figura 6: Extracto artículo 5 del RR, punto 5.138 [3]

5.150	The following bands:	
	13 553-13 567 kHz	(centre frequency 13 560 kHz),
	26 957-27 283 kHz	(centre frequency 27 120 kHz),
	40.66-40.70 MHz	(centre frequency 40.68 MHz),
	902-928 MHz	in Region 2 (centre frequency 915 MHz),
	2 400-2 500 MHz	(centre frequency 2 450 MHz),
	5 725-5 875 MHz	(centre frequency 5 800 MHz), and
	24-24.25 GHz	(centre frequency 24.125 GHz)

are also designated for industrial, scientific and medical (ISM) applications. Radiocommunication services operating within these bands must accept harmful interference which may be caused by these applications. ISM equipment operating in these bands is subject to the provisions of No. **15.13**.

Figura 7: Extracto del artículo 5 del RR, punto 5.150 [3]

⁹ La Unión Internacional de Telecomunicaciones es el organismo especializado en telecomunicaciones de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), encargado de regular las telecomunicaciones a nivel internacional entre las distintas administraciones y empresas operadoras.

	Prototipo de sistema de localización y alerta en interiores mediante radio	Página 29 de 186
	DOCUMENTO Nº2 MEMORIA	

En Europa, el uso de las bandas ISM está cubierto por las regulaciones de dispositivos de corto alcance emitidos por la Comisión Europea, basándose en las recomendaciones técnicas de la CEPT (*European Conference of Postal and Telecommunications Administrations*) y las normas del ETSI (*European Telecommunications Standards Institute*).

En Estados Unidos la entidad que regula este campo es la FCC (*Federal Commision of Communications*).

4.1 Disposiciones legales y normas aplicadas


En este punto se mostrarán las diferentes normas aplicadas en distintos ámbitos.

4.1.1 Ámbito europeo

- Directiva 2002/96/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 27 de enero de 2003 sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos.
- Directiva 2002/95/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 27 de enero de 2003 sobre restricciones a la utilización de determinadas sustancias peligrosas en aparatos eléctricos y electrónicos.
- Directiva 2011/65/EU referente a Restricción del uso de sustancias peligrosas en aparatos eléctricos y electrodomésticos (ROHS).
- Directiva 2006/95/CEE referente a Baja tensión (LVD).
- Directiva 2004/108/CEE referente a Compatibilidad Electromagnética (EMC).
- Directiva 1999/5/CE referente a Equipos radioeléctricos y equipos terminales de telecomunicación (RTTE).

4.1.2 Ámbito nacional

- REAL DECRETO 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión.

	Prototipo de sistema de localización y alerta en interiores mediante radio	Página 30 de 186
	DOCUMENTO Nº2 MEMORIA	

- ITC-BT-36 perteneciente al Reglamento electrotécnico de baja tensión: Instalaciones a muy baja tensión (ref. 28).

- Real Decreto 208/2005, de 25 de Febrero, sobre aparatos eléctricos y electrónicos y la gestión de sus residuos.

4.1.3 Normas UNE

- UNE-EN ISO 9000 - Sistemas de Gestión de la calidad. Fundamentos y vocabulario (ISO 9000: 2000).

- UNE 1027 - Dibujos técnicos. Plegado de planos.

- UNE 1032 - Dibujos técnicos. Principios generales de representación.

- UNE 1035 - Dibujos técnicos. Cuadro de rotulación.

- UNE 1039 - Dibujos técnicos. Acotación. Principios generales, definiciones, métodos de ejecución e indicaciones especiales.

- UNE 1089-1 - Principios generales para la creación de símbolos gráficos. Parte 1: Símbolos gráficos colocados sobre equipos.

- UNE 1089-2 - Principios generales para la creación de símbolos gráficos. Parte 2: Símbolos gráficos para utilizar en la documentación técnica de productos.


- UNE 1135 - Dibujos técnicos. Lista de elementos.

- UNE 1166-1 - Documentación técnica de productos. Vocabulario. Parte/: Términos relativos a los dibujos técnicos generalidades y tipos de dibujo.


- UNE-EN ISO 3098-0 - Documentación técnica de productos. Escritura. Requisitos generales. (ISO 3098-0: 1997).

- UNE-EN ISO 3098-2 - Documentación técnica de producto. Escritura. Parte 2: Alfabeto latino, números y signos. (ISO 3098-2:2000).

- UNE-EN ISO 3098-3 - Documentación técnica de producto. Escritura. Parte 3: Alfabeto griego. (ISO 3098-3:2000).

	Prototipo de sistema de localización y alerta en interiores mediante radio	Página 31 de 186
	DOCUMENTO Nº2 MEMORIA	

- UNE-EN ISO 3098-4 - Documentación técnica de producto. Escritura. Parte 4: Signos diacríticos y particulares del alfabeto latino. (ISO 3098-4:2000).
- UNE-EN ISO 3098-5 - Documentación técnica de productos. Escritura. Parte 5: Escritura en diseño asistido por ordenador (DAO), del alfabeto latino, las cifras y lo., signos. (ISO 3098-5: 1997).
- UNE-EN ISO 3098-6 - Documentación técnica de producto. Escritura. Parte 6: Alfabeto cirílico. (ISO 3098-6:2000).
- UNE-EN ISO 5455 - Dibujos técnicos. Escalas. (ISO 5455: 1979).
- UNE-EN ISO 5456-1 - Dibujos, técnicos. Métodos de proyección. Parte 1: Sinopsis. (ISO 5456-1: 1996).
- UNE-EN ISO 5456-2 - Dibujos técnicos. Métodos de proyección. Parte 2: Representaciones ortográficas. (ISO 5456-1: 1996).
- UNE-EN ISO 5456-3 - Dibujos técnicos. Métodos de proyección. Parte 3: Representaciones axonométricas. (ISO 5456-3: 1996).
- UNE-EN ISO 5457 - Documentación técnica de producto. Formatos y presentación de los elementos gráficos de las hojas de dibujo. (ISO 5457: 1999).
- UNE 50132 Documentación. Numeración de las divisiones y subdivisiones en los documentos escritos.
- UNE-EN ISO 6433 - Dibujos técnicos. Referencia de los elementos.
- UNE-EN ISO 10209-2 - Documentación técnica de producto. Vocabulario. Parte 2: Términos relacionados con los métodos de proyección. (ISO 10209-2: 1993).
- UNE-EN ISO 11442-1 - Documentación técnica de productos. Gestión de la información técnica asistida por ordenador. Parte 1: Requisitos de seguridad. (ISO 11442-1: 1993).
- UNE-EN ISO 11442-2 - Documentación técnica de productos. Gestión de la información técnica asistida por ordenador. Parte 1: Documentación original. (ISO 11442-2: 1993).
- UNE-EN ISO 11442-3 - Documentación técnica de productos. Gestión de la información técnica asistida por ordenador. Parte 3: Fases del proceso de diseño de producto., (ISO 11442-3: 1993).
- UNE 82100 partes 0 a 13 Magnitudes y unidades.


	Prototipo de sistema de localización y alerta en interiores mediante radio	Página 32 de 186
	DOCUMENTO Nº2 MEMORIA	

- UNE 20434 Sistema de designación de los cables.
- UNE 21302 partes diversas Vocabulario electrotécnico.
- UNE 21405 partes 1 a 3 Símbolos literales a utilizar en electrotecnia.
- UNE-EN 60617 partes 2 a 13 Símbolos gráficos para esquemas.
- UNE-EN 61082 partes 1 a 3 Preparación de documentos utilizados en electrotecnia.
- UNE-EN ISO 7200 – Documentación técnica de productos: Campos de datos en bloques de títulos y en cabeceras de documentos.
- UNE-EN ISO 9001 – Sistemas de gestión de la calidad: Requisitos
- UNE-EN ISO/IEC 17025 – Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración.

4.2 Programas informáticos para desarrollo


- DesignSpark PCB: Empleado para la realización del diseño para el prototipo de pruebas que alberga varios componentes SMD¹⁰.
- EAGLE: Empleado para la realización del diseño definitivo del dispositivo emisor.
- Arduino IDE: Utilizado tanto para la programación del arduino que controla la baliza como para el microcontrolador incluido en el dispositivo emisor.

¹⁰ Tecnología de montaje superficial, más conocida por sus siglas SMT del inglés *Surface Mount Technology*, es un método de construcción de dispositivos electrónicos.


	Prototipo de sistema de localización y alerta en interiores mediante radio	Página 33 de 186
	DOCUMENTO Nº2 MEMORIA	

4.3 Bibliografía

- [1] Instituto Federal de Acceso a la Información Pública. Dispositivos de localización por radiofrecuencia en hospitales. [Sin fecha]. [Consulta: 25/04/2016]. Disponible en:
http://www.redipd.es/actividades/seminarios_2008/common/ponencia3_280208.pdf.
- [2] Colegio Oficial de Ingenieros de Telecomunicación. Elementos Técnicos para la Gestión de Frecuencias en espacios Complejos: Entornos Sanitarios. [Sin fecha]. [Consulta:25/04/2016]. Disponible en:
http://www.minetur.gob.es/telecomunicaciones/Espectro/NivelesExposicion/Informacin/coit_entornos_sanitarios_2006.pdf.
- [3] Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU). Artículos publicador regulando las actividades de radio "Radio Regulations". [2012]. [Consulta: 18/04/2016]. Disponible en:
http://www.itu.int/dms_pub/itu-s/oth/02/02/S02020000244501PDFE.PDF.
- [4] S. Fernández Arcones. Trabajo Final de Grado. "Posicionamiento 2D5 en interiores mediante comunicaciones inalámbricas RF". [Sin fecha]. [Consulta:25/04/2016]. Disponible en:
<https://www.google.es/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwiY6d2hyovLAhUCtRQKHYW2CucQFggdMAA&url=http%3A%2F%2Fdspace.uah.es%2Fdspace%2Fbitstream%2Fhandle%2F10017%2F20334%2FTFG%2520Fernandez%2520Arcones%25202012.pdf%3Fsequence%3D1%26isAllowe>.
- [5] J. Carrera de Valle Fernández. Proyecto Final de Carrera. "Estudio de un sistema de transmisión de energía por RF". [Sin fecha]. [Consulta:25/04/2016]. Disponible en:
<http://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/3795>.
- [6] M. Á. Tesis Navarro Huerga. "Análisis de medidas de potencia en interiores para su aplicación en sistemas de localización basados en la técnica del fingerprinting". [Sin fecha]. [Consulta:25/04/2016]. Disponible en:
<http://dspace.uah.es/dspace/bitstream/handle/10017/9742/Tesis%20NAVARRO%20HUERGA%20MIGUEL%20%C3%81NGEL.pdf?sequence=1>.
- [7] Universidad de Alcalá. Apuntes RF-LPS. Sistemas de localización de interiores basados en radiofrecuencia. Departamento de Electrónica. Universidad de Alcalá. [Sin fecha]. [Consulta:25/04/2016]. Disponible en:
<http://www.car.upm-csic.es/lopsi/static/publicaciones/docencia/Apuntes%20RF-LPS.pdf>.

	Prototipo de sistema de localización y alerta en interiores mediante radio	Página 34 de 186
	DOCUMENTO Nº2 MEMORIA	

- [8] J. M. Carrera Martín Talavera. Proyecto Final. “Posicionamiento por radiofrecuencia basado en robots colaborativos”. [Sin fecha]. [Consulta:25/04/2016]. Disponible en:
<http://arantxa.ii.uam.es/~jms/pfcsteleco/lecturas/20121107JoseMariaMartínTalavera.pdf>.
- [9] Localización de interiores RDIF ZigBee. [sin fecha]. [Consulta: 21/04/2016]. Disponible en:
<http://www.satec.es/es-ES/NuestraActividad/SectoresdeActividad/Paginas/LocalizaciondeinterioresRFID.aspx>.
- [10] Localización de interiores RDIF WiFi VS Bluetooth. [sin fecha]. [Consulta: 21/04/2016]. Disponible en:
<http://aunclicdelastic.blogthinkbig.com/beacons-bluetooth-como-un-gps-de-interiores/>.
- [11] Definición de acelerómetro. [Sin fecha].[Consulta: 03/05/2016]., Disponible en:
http://www.sensores-de-medida.es/sensing_sl/SENSORES-Y-TRANSDUCTORES_35/Aceler%C3%B3metros---Sensores-de-aceleraci%C3%B3n_49/.
- [12] A. Nishikawa. Proyecto de Fin de Carrera. [08/02/2011]. [Consulta: 25/04/2016]. Disponible en:
<http://www.nishilua.com/alfonso.nishikawa/pfcan/?p=404>.
- [13] M. C. Morales. Tesis doctoral acerca de “Sistemas de detección de caídas en personas de tercera edad para uso en centros geriátricos”. [2011]. [Consulta: 30/03/2016]. Disponible en:
<http://repository.javeriana.edu.co/bitstream/10554/7041/1/tesis486.pdf>.
- [14] Documento descriptivo kit RF 433Mhz. [Sin fecha]. [Consulta:25/04/2016]. Disponible en:
<http://www.veskys.com/Instrucution%20Manual/0113052517088088.zip>.
- [15] Prof. Bolanos D. Electrónica. Modulo de RF para radiocontrol. [Sin fecha]. [Consulta:25/04/2016]. Disponible en:
http://www.bolanosdj.com.ar/TEORIA/MODULOS_DE_RF.pdf.
- [16] C. Rodríguez Rojas. Trabajo Final de Grado Rodríguez Rojas, Carlos. “Prototipo de carga y alimentación de sistemas empotrados para medición de datos ambientales acoplable a bicicletas”. [Sin fecha]. [Consulta:25/04/2016]. Disponible en:
<http://personal.us.es/dcagigas/teaching/final/>.
- [17] Microchip. Datasheet AN1149. [Sin fecha]. [Consulta:25/04/2016]. Disponible en:
<http://ww1.microchip.com/downloads/en/AppNotes/01149c.pdf>.

	Prototipo de sistema de localización y alerta en interiores mediante radio	Página 35 de 186
	DOCUMENTO Nº2 MEMORIA	

- [18] Universidad de Cádiz. Comenzando con Arduino. [Sin fecha]. [Consulta:25/04/2016]. Disponible en:
http://www.uca.es/recursos/doc/Unidades/Unidad_Innovacion/Innovacion_Docente/ANEXOS_2011_2012/22232441_310201212102.pdf.
- [19] Linear Technology. Datasheet 1370fs. [Sin fecha]. [Consulta:25/04/2016]. Disponible en:
<http://www.datasheetarchive.com/dl/Datasheet-050/DSA0019473.pdf>.
- [20] Microchip. Datasheet MCP73831T. [Sin fecha]. [Consulta:25/04/2016]. Disponible en:
<https://www.sparkfun.com/datasheets/Prototyping/Batteries/MCP73831T.pdf>.
- [21] NXP Semiconductors. Datasheet MMA8452Q. [sin fecha]. [Consulta: 21/04/2016]. Disponible en:
http://www.nxp.com/files/sensors/doc/data_sheet/MMA8452Q.pdf.
- [22] Moviltronics. Manual Tarjeta Acelerómetro (MMA7361). [sin fecha]. [Consulta: 21/04/2016]. Disponible en:
[http://www.moviltronics.com.co/Archivos%20MT/Manuales/Manual_Tarjeta_Acelerometro_\(MMA7361\).pdf](http://www.moviltronics.com.co/Archivos%20MT/Manuales/Manual_Tarjeta_Acelerometro_(MMA7361).pdf).
- [23] Texas Instrument. Datasheet CC1101. [Sin fecha]. [Consulta: 25/04/2016]. Disponible en:
<http://www.ti.com/lit/ds/swrs061i/swrs061i.pdf>.
- [24] Fairchild Semiconductor. Datasheet FDFS2P753Z. [Sin fecha]. [Consulta:25/04/2016]. Disponible en:
<https://www.fairchildsemi.com/datasheets/FD/FDFS2P753Z.pdf>.
- [25] International Rectifier. Datasheet IRF7342D2PbF. [Sin fecha]. [Consulta:25/04/2016]. Disponible en:
<http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/132863/IRF/IRF7342D2PBF.html>.
- [26] Proveedor de placas PCBs. [Sin fecha]. [Consulta: 03/05/2016], Disponible en:
<http://dirtypcbs.com/>.

4.4 Estado de la técnica

Se dará una descripción breve de los estudios ya realizados dando un uso similar a los elementos empleados en este proyecto.

4.4.1 Modulo RF

A continuación se procederá a definir y comentar recientes estudios que han aplicado esta tecnología como solución de nuestro sistema o similares.


4.4.1.1 Definición

El término radiofrecuencia (abreviado RF), también denominado espectro de radiofrecuencia, se aplica a la porción menos energética del espectro electromagnético, situada entre 3 hercios (Hz) y 300 gigahercios (GHz).

La radiofrecuencia se puede dividir en las siguientes bandas del espectro:

Nombre de frecuencia	Frecuencia en inglés	Abreviatura inglesa	Banda UIT	Frecuencias	Longitud de onda
-	-	-	-	<3 Hz	>100.000 km
Frecuencia extremadamente baja	<i>Extremely Low Frequency</i>	ELF	1	3-30 Hz	100.000–10.000 km
Super baja frecuencia	<i>Super Low Frequency</i>	SLF	2	30-300 Hz	10.000–1.000 km
Ultra baja frecuencia	<i>Ultra Low Frequency</i>	ULF	3	300–3.000 Hz	1.000–100 km
Muy baja frecuencia	<i>Very Low Frequency</i>	VLF	4	3–30 kHz	100–10 km
Baja frecuencia	<i>Low Frequency</i>	LF	5	30–300 kHz	10–1 km
Media frecuencia	<i>Medium Frequency</i>	MF	6	300–3.000 kHz	1 km – 100 m
Alta Frecuencia	<i>High Frequency</i>	HF	9	3–30 MHz	100 m – 10 m
Muy alta frecuencia	<i>Very High Frequency</i>	VHF	11	30-300 MHz	10–1 m
Ultra alta frecuencia	<i>Ultra High Frequency</i>	UHF	10	300-3000 MHz	1 m–100 mm
Super alta frecuencia	<i>Super High Frequency</i>	SHF	11	3-30 GHz	100–10 mm
Frecuencia extremadamente alta	<i>Extremely High Frequency</i>	EHF	11	30-300 GHz	10–1 mm

Tabla 1 : Clasificación de las bandas del espectro.

	Prototipo de sistema de localización y alerta en interiores mediante radio	Página 37 de 186
	DOCUMENTO Nº2 MEMORIA	

- Usos de la RF en el mundo de las radiocomunicaciones:

Aunque se emplea la palabra “radio”, las transmisiones de televisión, radio, radar y telefonía móvil están incluidas en esta clase de emisiones de radiofrecuencia. Otros usos son audio, vídeo, radionavegación, servicios de emergencia y transmisión de datos por radio digital; tanto en el ámbito civil como militar. También son usadas por los radioaficionados.

- Uso de la RF como radar:

El radar es un sistema que usa ondas electromagnéticas para medir distancias, altitudes, direcciones y velocidades de objetos estáticos o móviles como aeronaves, barcos, vehículos motorizados, formaciones meteorológicas y el propio terreno. Su funcionamiento se basa en emitir un impulso de radio, que se refleja en el objetivo y se recibe típicamente en la misma posición del emisor. A partir de este "eco" se puede extraer gran cantidad de información. El uso de ondas electromagnéticas permite detectar objetos más allá del rango de otro tipo de emisiones. Entre sus ámbitos de aplicación se incluyen la meteorología, el control del tráfico aéreo y terrestre y gran variedad de usos militares.

4.4.1.2 Localización de interiores con tecnología RDIF

La localización de interiores ya ha sido previamente sujeto de estudio por muchos proyectos, tanto en trabajos de fin de grado como en tesis doctorales, incluso han sido publicados artículos por entidades como el grupo LOPSI (Localización y Exploración en Entornos Inteligentes). [4] [5]

En todos ellos se presentan soluciones analizando los posibles anchos de banda enlazados con cierta tecnología como podrían ser ZigBee, WiFi o Bluetooth. A su vez se estudia el método a emplear como por ejemplo triangulación o “fingerprinting”. [6]

Dichos estudios presentan, aparte de desarrollos matemáticos referentes a la radiofrecuencia, una serie de gráficas y resultados obtenidos tras múltiples pruebas con distintos equipos y en entornos diferentes. Dichos resultados muestran como de eficiente son estos métodos en relación con todas las características mencionadas previamente. [7] [8]

Se conocen actualmente grupos de investigación acerca de la localización de interiores empleando RDIF con dispositivos ZigBee en lugar de bluetooth. Estos grupos, localizados tanto en Salamanca como en Elche dentro de la UMH, basan sus sistemas en el empleo de balizas con la capacidad de localizar un teléfono móvil en dos dimensiones. Se puede apreciar las diferencias entre estas dos tecnologías en la Tabla 2. [9]

	Bluetooth (v1)	ZigBee
<i>Protocol Stack</i>	250 kb	< 32 kb (4kb)
<i>Range</i>	10 - 100 meters	30 - 100 meters
<i>Link Rate</i>	1 Mbps	250 kbps
<i>Battery</i>	rechargeable	non-rechargeable
<i>Devices</i>	8	2 ¹⁶
<i>Air Interface</i>	FHSS	DSSS
<i>Usage</i>	frequently	infrequently
<i>Network Join Time</i>	long	short
<i>Extendibility</i>	no	yes
<i>Security</i>	PIN, 64 bit, 128 Bit	128 bit, AES

Tabla 2 : Bluetooth VS ZigBee

En otros casos, para el mismo propósito, se emplean tanto WiFi como Bluetooth, dependiendo del área de aplicación que vaya a tener. [10]

En el caso de emplear WiFi:

- Basados en posicionamiento por triangulación.
- Calculo de la potencia de la señal para determinar el posicionamiento.
- No requiere estar conectado a ninguna red.
- El terminal no requiere tener instalado ninguna aplicación.
- Permite aprovechar la infraestructura wifi del edificio.
- No es la solución con mayor precisión.

En el caso de emplear Bluetooth:

- Basado en la colocación de balizas.
- El terminal móvil es el que calcula la posición.
- Requiere la instalación de una aplicación en el terminal.
- Permite una gran precisión en el cálculo de la posición.

A grandes rasgos podemos ver las diferencias entre estas tecnologías en la Tabla 3.

Specifications	NFC	RFID	Bluetooth	wifi
Maximum Coverage Range	10cm	3meter	100meter	100meter
Frequency of operation	13.56MHz	varies	2.4GHz	2.4GHz,5GHz
Communication	2-way	1-way	2-way	2-way
Data rate	106,212,424Kbps	varies	22Mbps	144Mbps
Applications	credit card related payments, e-ticket booking	EZ-Pass, tracking items	communication between phone and peripherals	wireless internet

Tabla 3 : Comparativa de tecnologías RF

4.4.2 Arduino y arduino nano

A continuación se procederá a definir y comentar recientes estudios que han aplicado esta tecnología como solución de nuestro sistema o similares.

4.4.2.1 Definición

Arduino es una plataforma de electrónica abierta para la creación de prototipos basada en software y hardware flexibles y fáciles de usar. Este hardware consiste en una placa con un microcontrolador Atmel AVR y puertos de entrada/salida. Los microcontroladores más usados son el Atmega168, Atmega328, Atmega1280, y Atmega8 por su sencillez y bajo coste que permiten el desarrollo de múltiples diseños. Por otro lado el software consiste en un entorno de desarrollo que implementa el lenguaje de programación Processing/Wiring y el cargador de arranque que es ejecutado en la placa.

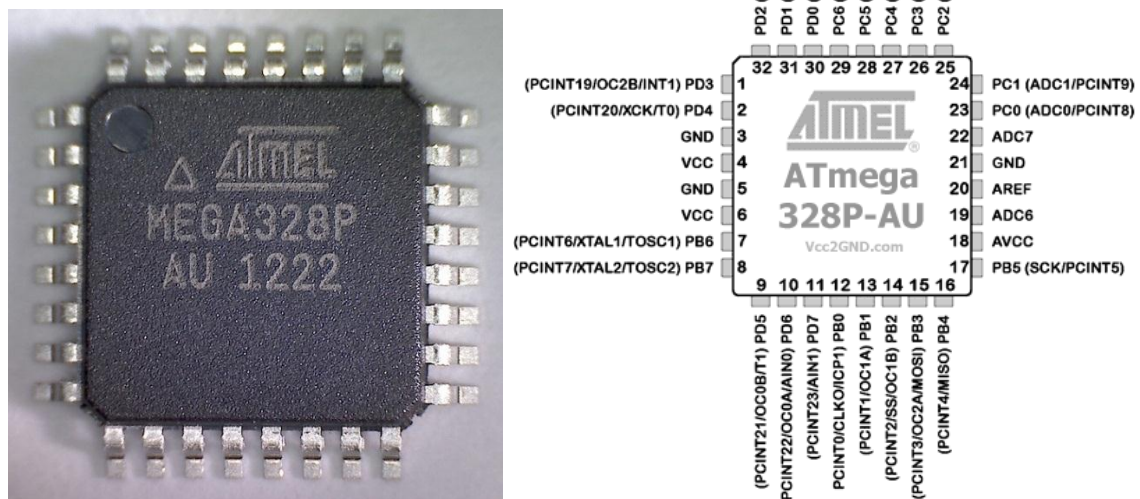


Figura 8 : ATmega 328P

4.4.2.2 Uso en la gestión de dispositivos

Las placas Arduino pueden medir valores ambientales al recibir información de variedad de sensores y afectar sus alrededores controlando luces, motores y otros actuadores.

Las ventajas de usar este dispositivo son varias como: *Open Source* (Plataforma de código y hardware abierto), fácil de programar, documentación y tutoriales en exceso, librerías, diferentes placas, shields y periféricos, precio, variedad de aplicaciones, entre muchas otras.

4.4.3 Acelerómetro

A continuación se procederá a definir y comentar recientes estudios que han aplicado esta tecnología como solución de nuestro sistema o similares.

4.4.3.1 Definición

Los acelerómetros o sensores de aceleración, están pensados para realizar una medida de aceleración o vibración, proporcionando una señal eléctrica según la variación física, en este caso la variación física es la aceleración o la vibración. [11]

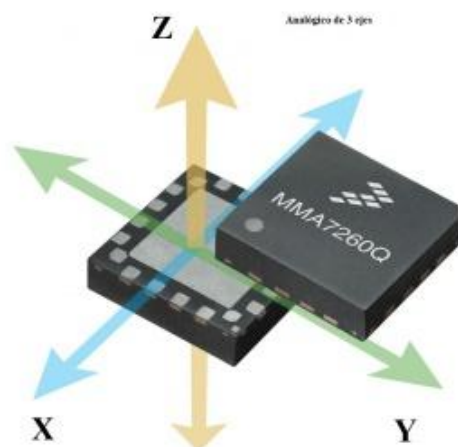




Figura 9 : Ejemplo de acelerómetro

	Prototipo de sistema de localización y alerta en interiores mediante radio	Página 42 de 186
	DOCUMENTO Nº2 MEMORIA	

4.4.3.2 Empleo en detección de caídas

Actualmente existen varios estudios acerca del algoritmo a emplear para la detección de caídas con acelerómetros. Claro ejemplo de esto es el proyecto de fin de carrera de Alfonso Nishikawa: Algoritmos de detección de caídas, en el que se clasifican los empleos del acelerómetro para detectar inclinación, colisiones, caídas, incluso sistemas de navegación inercial. [12]

Otro ejemplo de estudio de este campo es la tesis doctoral de Martha Cano Morales acerca de “Sistemas de detección de caídas en personas de tercera edad para uso en centros geriátricos”. [13]

	Prototipo de sistema de localización y alerta en interiores mediante radio	Página 43 de 186
	DOCUMENTO Nº2 MEMORIA	

CAPÍTULO 5 – DEFINICIONES Y ABREVIATURAS

RF: Radiofrecuencia.

Arduino: Plataforma de hardware libre, basada en una placa con un microcontrolador y un entorno de desarrollo, diseñada para facilitar el uso de la electrónica en proyectos multidisciplinarios.

ATmega 328P: El Atmega328 AVR 8-bit es un circuito integrado de alto rendimiento que está basado un microcontrolador RISC, combinando 32 KB ISP flash una memoria con la capacidad de leer-mientras-escribe, 1 KB de memoria EEPROM, 2 KB de SRAM, 23 líneas de E/S de propósito general, 32 registros de proceso general, tres temporizadores flexibles/contadores con modo de comparación, interrupciones internas y externas, programador de modo USART, una interface serial orientada a byte de 2 cables, SPI puerto serial, 6-canales 10-bit conversor A/D (8-canales en TQFP y QFN/MLF packages), "watchdog timer" programable con oscilador interno, y cinco modos de ahorro de energía seleccionables por software. El dispositivo opera entre 1.8 y 5.5 voltios. Por medio de la ejecución de poderosas instrucciones en un solo ciclo de reloj, el dispositivo alcanza una respuesta de 1 MIPS, balanceando consumo de energía y velocidad de proceso.


Shield WiFi: Permite la conexión con internet del Arduino de forma wireless (inalámbrica).

Shield Ethernet: Permite la conexión con internet del Arduino de forma alámbrica.

RSSI: Escala de referencia para medir el nivel de potencia de las señales recibidas por un dispositivo en las redes inalámbricas.

RDIF: Sistema de almacenamiento y recuperación de datos remoto que usa dispositivos determinados.

Transceptor CC1101: Transceptor diseñado para funcionar en aplicaciones inalámbricas de muy baja potencia. El circuito principalmente funciona con señales de frecuencias ISM y SRD (Short Range Device) tales como 315, 433, 868 y 915 MHz, pero puede ser programado fácilmente para trabajar con otras frecuencias entre 300-348 MHz, 387-464 MHz y 779-928 MHz.

	Prototipo de sistema de localización y alerta en interiores mediante radio	Página 44 de 186
	DOCUMENTO Nº2 MEMORIA	

CAPÍTULO 6 – PLANIFICACIÓN PREVIA

En este capítulo se presentará la estrategia previa para abordar los distintos problemas, indicando el tiempo estimado que se prevé que requerirá alcanzar una solución satisfactoria que cumpla todos nuestros requisitos.

6.1 Estudio de elementos que componen el dispositivo

Lo primero que hace requiere plantearse es la finalidad principal del dispositivo y teniendo bien definido los requerimientos buscar elementos que trabajando de forma conjunta sean capaces de cumplir con la función establecida. Para ello será necesario un estudio de las diferentes tecnologías existentes y el uso de ellas mismas en el campo que estamos trabajando.

Este paso implica un consumo de tiempo considerable dado a que un error en esta fase puede acarrear una inversión de tiempo y dinero superior en el futuro del proyecto.


Para ello se calcula que dedicándole a este proceso un total de 40 horas será suficiente para tener bien definido los componentes necesarios.

6.2 Búsqueda componentes

Una vez bien definidos los componentes requeridos para que nuestro dispositivo cumpla con su finalidad debemos buscar dichos componentes en el catálogo de diferentes proveedores para determinar cual nos ofrece al mismo producto a un mejor precio.

Este proceso es simple por la comodidad de poder emplear internet y buscar rápidamente en la web de dichos vendedores.

Para este proceso se calcula que habrá que dedicar 8 horas para determinar donde adquirir los componentes y realizar la compra de los necesarios para crear un prototipo de nuestro dispositivo.

	Prototipo de sistema de localización y alerta en interiores mediante radio	Página 45 de 186
	DOCUMENTO Nº2 MEMORIA	

6.3 Diseño del dispositivo

Este proceso implica el montaje del prototipo del dispositivo interconectando todos los componentes de forma que se pueda comprobar si verdaderamente el diseño del mismo cumple con la funcionalidad prevista. Este es el proceso posiblemente donde cualquier problema implique la sustitución de algún componente con lo cual requerirá un nuevo estudio de la parte a sustituir.

Debido a esta posibilidad, probablemente conlleve una cantidad de tiempo superior. Se estima que habrá que dedicar 80 horas.

6.4 Diseño de PCB


En esta fase del proyecto no solo implica hacer el diseño de circuito impreso sino que previamente hay que aprender a controlar debidamente la herramienta que se va a emplear para ello. Lo que se pretenderá en esta parte del proyecto será ensamblar todos los componentes que componen el dispositivo en una placa pequeña y compacta que permita su portabilidad cómodamente.

Para completar esta fase se estima que se empleará 16 horas.

6.5 Montaje de dispositivo

Una vez estén todos los componentes y la placa PCB estén finalizados se procederá al montaje que implica soldar todos los componentes a la placa de circuito impreso y ésta a posteriori fijarla dentro de una caja.

Este proceso se calcula que puede durar 8 horas.

	Prototipo de sistema de localización y alerta en interiores mediante radio	Página 46 de 186
	DOCUMENTO Nº2 MEMORIA	

6.6 Pruebas de funcionamiento


Una vez finalizado el prototipo del dispositivo se procederán a hacer una serie de pruebas para poder determinar sus características finales, como es su rango de acción en un edificio concreto.

Para realizar dichas pruebas se requerirá aproximadamente 10 horas.

6.7 Realización de la documentación

Por último se redactará un documento que recoja toda la información acerca de cada fase del proyecto, de forma que quede registrado el proceso llevado para la finalización del proyecto.

Se estima que la documentación de todo esto requerirá una inversión de tiempo de unas 80 horas.

	Prototipo de sistema de localización y alerta en interiores mediante radio	Página 47 de 186
	DOCUMENTO Nº2 MEMORIA	

CAPÍTULO 7 – REQUISITOS DE DISEÑO

7.0 Requisitos de los circuitos

Estos requisitos afectan a múltiples elementos de los dispositivos los cuales comprometen la elección de estos mismos para nuestro modelo.

7.0.1 Alimentación

Se empleará una batería la cual permita una autonomía óptima, que no sea ni voluminosa, ni pesada.

Adecuada para cumplir las especificaciones de todos los componentes a los que vaya a suministrar.

7.0.2 Comunicación


El emisor será capaz de transmitir datos, tanto el ID del paciente como los parámetros recogidos por el acelerómetro. Consiguiendo que la distancia entre emisor y receptor sea adecuada para el sistema.

7.0.3 Construcción

Se fabricará una placa de circuito impreso que alberque todos los componentes.

7.0.4 Tamaño

Se requiere que todo el conjunto que componen el dispositivo emisor sea lo más pequeño y ergonómico posible.

	Prototipo de sistema de localización y alerta en interiores mediante radio	Página 48 de 186
	DOCUMENTO Nº2 MEMORIA	

7.0.5 Costes

Se pretenderá hacer que el sistema aparte de ser totalmente funcional su precio sea lo más económico posible, de unos 20\$ aproximadamente. De esta forma se facilitará el uso de estas tecnologías para cualquier entorno que lo requiera.

7.0.6 Interferencias

Otro de los requisitos a afrontar será la elección de un medio de comunicación que nos favorezca en el sentido de las interferencias, tanto en relación con otras señales como a la hora de atravesar elementos constructivos.

7.1 Requerimientos de la interfaz informática

Permitirá la visualización de las medidas de distancias aproximadas o se indicará la zona donde se ha localizado el emisor. De forma adicional se ofrecerán los datos recogidos por el acelerómetro.

CAPÍTULO 8 – ANÁLISIS DE SOLUCIONES

Se explican y justifican las decisiones iniciales para llevar a cabo el diseño del sistema electrónico.

Partiendo de estas decisiones, las soluciones finales se desarrollan de forma completa en el próximo capítulo.

8.0 Implementación del sistema electrónico

Decisiones preliminares para afrontar el diseño del circuito eléctrico del sistema.

8.0.1 Diagrama inicial

La composición básica del sistema es la indicada en la Figura 10

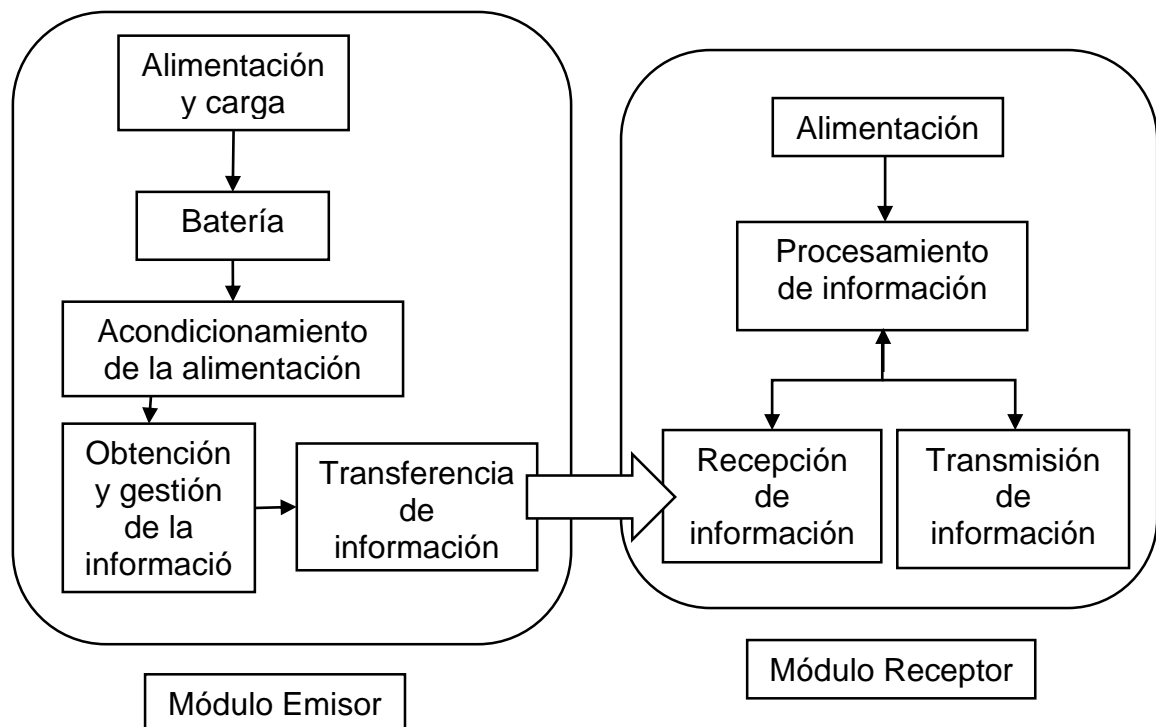



Figura 10: Diagrama básico del sistema

	Prototipo de sistema de localización y alerta en interiores mediante radio	Página 50 de 186
	DOCUMENTO Nº2 MEMORIA	

Deben tomarse una serie de decisiones para concretar cómo se abordará la implementación del sistema:

- Dispositivo que satisfaga nuestra necesidad de acondicionamiento de la alimentación.
- Cargador de batería adecuado y batería que nos ofrezca la autonomía requerida.
- Dispositivo que nos facilite los datos requeridos para la detección de caídas.
- Método de recepción de información apto para nuestra aplicación.

Una vez decididos estos aspectos se podrá obtener un diagrama más completo y se procederá a realizar cada bloque por separado.

8.0.2 Módulo emisor

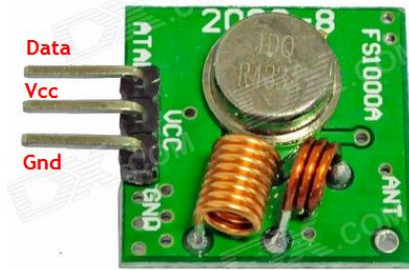
Encargado de mandar el identificador y datos requeridos del paciente que lo porte.

8.0.2.1 Transferencia de Información

Su objetivo es comunicarse con la baliza receptora transmitiéndole los datos del ID del paciente, así como la información requerida para determinar si dicho paciente ha sufrido una caída.

Para ello se empleará un módulo emisor de RF el cual trabaja en el ancho de banda de los 433MHz (modelo: MX-FS-03V), el cual permite una distancia en función de la tensión de alimentación tal que alimentado a 3.5V su alcance es de 20 metros y si es alimentado a 12V dicho alcance puede llegar hasta 200 metros. [14] [15]

Otras opciones para la transferencia de datos serían el empleo de WiFi, Bluetooth, ZigBee, pero como se comentó en el capítulo 3, estas tecnologías han sido empleadas por otras empresas y de manera previa sabemos que tienen un consumo muy superior al que deseamos, lo que afectaría a la autonomía de nuestro dispositivo.



TRANSMITTER MODULE PARAMETERS:

Model: MX-FS-03V
 Transmission Distance :20-200 m (dependent on supply voltage)
 Operating Voltage :3.5-12V
 Dimensions: 19 * 19mm
 AM transfer rate: 4KB / S
 Transmission power: 10mW
 Emission frequency: 433M

Figura 11 : Emisor de RF (MX-FS-03V)


Esta solución ha sido tomada dado a que cumple y se adapta a nuestros requerimientos de precio, tamaño, peso, evasión de colisiones con otros dispositivos como el Wifi y alimentación.

8.0.2.2 Obtención y gestión de la Información

Para la obtención de datos que necesitamos para la detección de caídas se empleará un acelerómetro. Este puede ser tanto analógico como digital. Aunque el digital dispone de múltiples ventajas frente al analógico como es el consumo y el uso de interrupciones, se facilitará una conexión para que pueda conectarse un acelerómetro analógico o incluso cualquier otro dispositivo que requiera de conexiones analógicas.

Estos sensores que nos proporcionan información serán controlados por un microcontrolador el cual a su vez gestionará la transmisión de dichos datos. Para ello se empleará un arduino nano dado a la facilidad que aporta para su uso y programación, y a su vez cumple los requisitos impuestos previamente.

Dada su comodidad, previamente explicada en el capítulo 4 de este mismo documento, se empleará para dicha función un arduino nano. Pero a grandes rasgos su elección se ha visto condicionada por su facilidad de adquisición, su precio y por la gran soporte por parte de la comunidad.

	Prototipo de sistema de localización y alerta en interiores mediante radio	Página 52 de 186
	DOCUMENTO Nº2 MEMORIA	

8.0.2.3 Acondicionamiento de la alimentación y Batería

Dado al requerimiento de que el dispositivo emisor transmita lo más lejos posible nos vemos obligados a alimentar tanto el emisor como el arduino nano con 12V, y este último a su vez tendrá que proporcionar alimentación al acelerómetro.

Para ello emplearemos un convertidor *Boost* que sea capaz de elevarnos tensión hasta los 12 voltios.


Debido a esto, nuestra batería está condicionada no solo por el precio y por el tamaño, sino que debemos encontrar una batería con gran capacidad, que nos proporcione una tensión lo mayor posible y además para comodidad del usuario que sea recargable. Por ello se ha escogido una pila recargable de 3.7V y 1200mAh.

Otra posibilidad puede ser el empleo de una batería que ofrezca un voltaje más cercano al deseado pero por tema de precio y tamaño se descartan estas opciones.

Con todo esto podemos determinar ya que requerimos que nuestro convertidor *Boost* debe de pasar de 3.7V a 12V.

8.0.2.4 Alimentación y carga

Para recargar la batería se requiere de un circuito que lo gestione. Se empleará un circuito que emplea un chip cargador inteligente MCP73831 el cual aprovechará uno de los pines del arduino nano que entregan 5 voltios para cargar la batería. [16] [17]

	Prototipo de sistema de localización y alerta en interiores mediante radio	Página 53 de 186
	DOCUMENTO Nº2 MEMORIA	

8.0.3 Módulo Receptor

Encargado de recibir la información del emisor y reenviarla al servidor.

8.0.3.1 Recepción de Información

En este punto se nos plantea dos opciones. Se podría emplear un transceptor el cual es capaz de medir la potencia con la que se recibe la señal y relacionando esta con la distancia a la que se encuentra el receptor. Utilizando varias balizas receptoras se podría aplicar un método como el de triangulación para determinar la posición del paciente.

Por otra parte, empleando simplemente receptores existe otra opción que sería la de sectorizar el edificio donde se instale el sistema. De esta manera seríamos capaz de determinar en qué zona se encuentra el paciente.


Independientemente de la opción a emplear la transmisión y recepción de datos que provienen del acelerómetro se puede efectuar perfectamente.

8.0.3.2 Procesamiento de información

Esta información será tomada y gestionada por un microcontrolador, el cual sea capaz de prepararla y enviarla empleando un periférico para que llegue hasta un servidor. Para ello se empleará un Arduino en su versión UNO, debido a su versatilidad, su facilidad para programar y la cantidad de periféricos que se le pueden conectar, hacen que sea un elemento idóneo para prototipos.

8.0.3.3 Transferencia de Información

Esta transferencia de información, por la cual el arduino UNO manda información al servidor, se hará mediante un periférico ya sea un Shield de Ethernet o un Shield WiFi. Ambos permiten la conexión del microcontrolador con internet. El único requerimiento que nos haga escoger entre si usar un periférico u otro será

	Prototipo de sistema de localización y alerta en interiores mediante radio	Página 54 de 186
	DOCUMENTO Nº2 MEMORIA	

si pretendemos hacer nuestra baliza se encuentra distante de un router wifi¹¹, en cuyo caso necesitaremos el Shield WiFi o en caso contrario donde emplearemos el Shield Ethernet.

Su finalidad es tener 2 sistemas diferentes, de forma que se puede aprovechar las conexiones USB y Ethernet de un router WiFi para conectarle una baliza receptora con Shield Ethernet, aprovechando dichas conexiones para su alimentación y transferencia de datos. Y en el caso de no tener un punto de acceso similar en otros emplazamientos, se empleará una baliza receptora con Shield WiFi, requiriendo solo una conexión de alimentación.

¹¹ Dispositivo que proporciona conectividad a nivel de red

8.0.4 Diagrama final

Una vez determinado los elementos que se encargarán de cada función de nuestro sistemas podemos determinar mucho mejor cada bloque del diagrama.

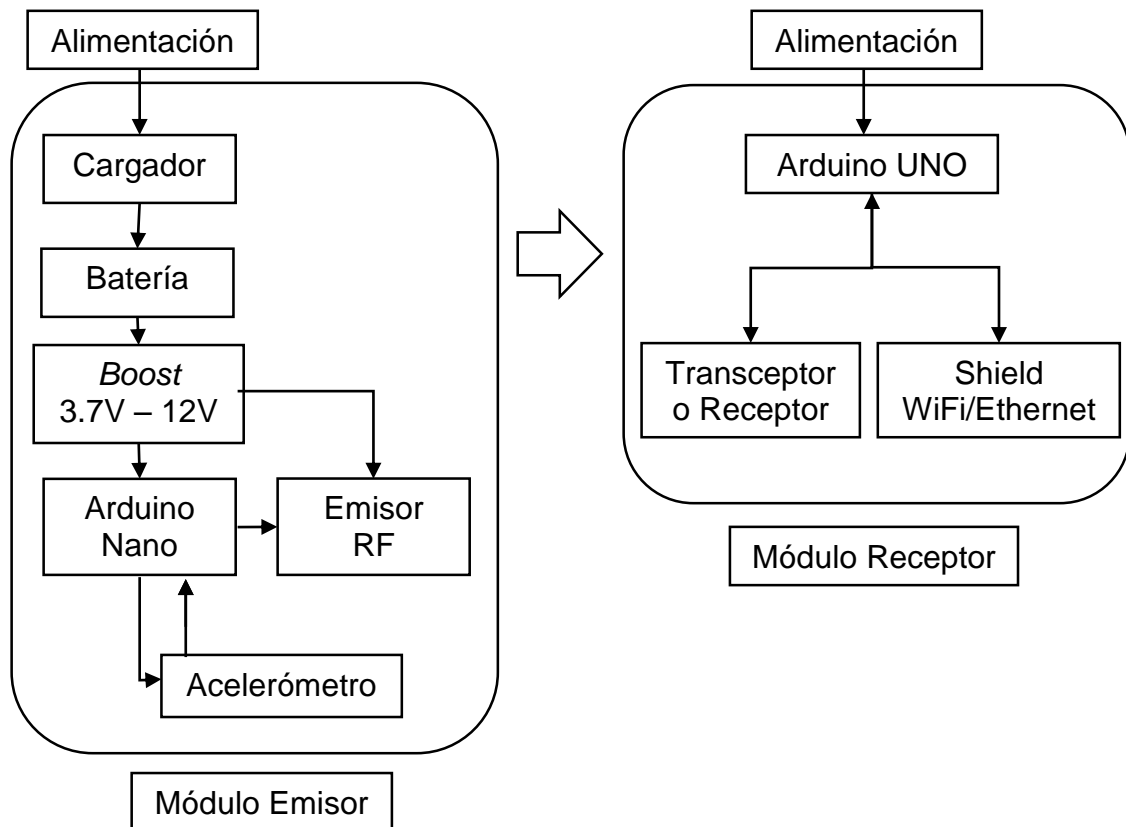


Figura 12: Diagrama completo de del sistema

8.1 Elementos utilizados

Para especificar los requisitos de diseño, primero será necesario conocer las características de los principales elementos que se utilizarán en el proyecto.

8.1.1 Modulo RF

Como ya se explicó en los apartados anteriores, se utilizará un módulo RF que trabaja en la banda de frecuencias de 433MHz tanto para emitir como para recibir. [14] [15]

El receptor será empleado en el caso de detectar al emisor por sectores en lugar de obtener la distancia mediante la potencia de la señal.

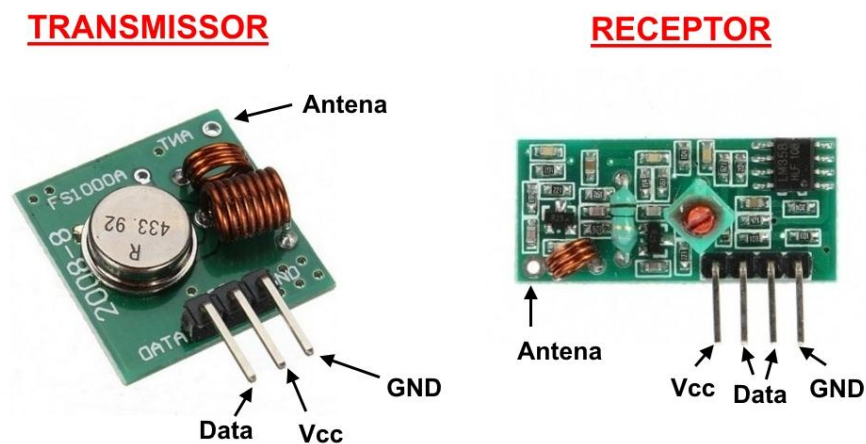



Figura 13: Módulo emisor y receptor de RF

	Prototipo de sistema de localización y alerta en interiores mediante radio	Página 57 de 186
	DOCUMENTO N ^o 2 MEMORIA	

8.1.2 Arduino y arduino nano

Para el dispositivo emisor se empleara un arduino nano dada la conveniencia de sus características como son su tamaño y versatilidad.

Para el receptor se empleará un arduino UNO¹².

Ambos disponen del mismo microcontrolador, ATmega 328P, la cual es una buena opción para la implementación del sistema. [18]



Figura 14: Arduino UNO



Figura 15: Arduino Nano

¹² Modelo específico de placa fabricado por arduino

8.1.3 Boost convertidor de tensión

Para la alimentación de los elementos que componen el dispositivo emisor se dispondrá de un *Boost* convertidor de 3.7V a 12V dada las características de alimentación que requieren tanto el arduino nano como el emisor de RF.

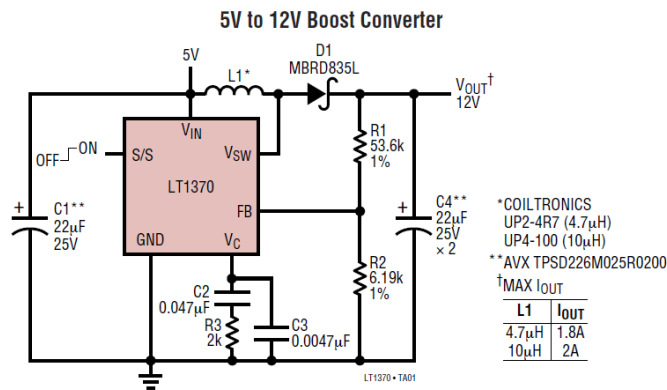


Figura 16 : Esquema convertidor Boost número 1 [19]

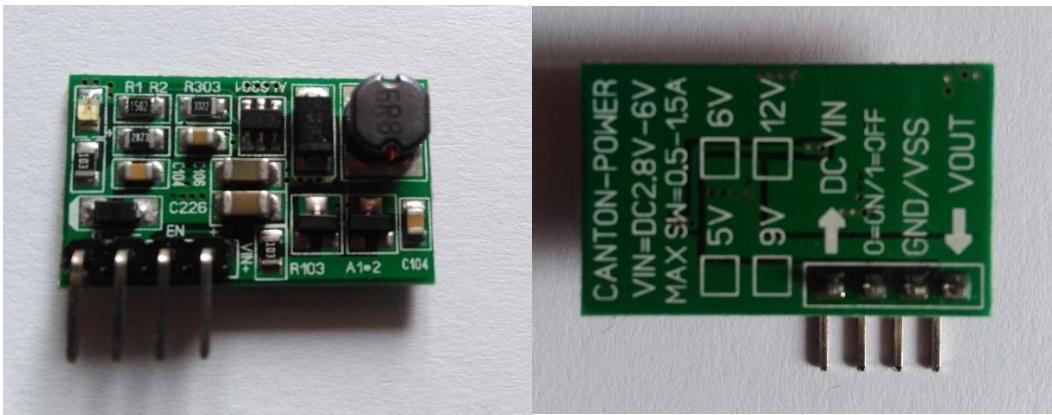


Figura 17 : Convertidor Boost número 2

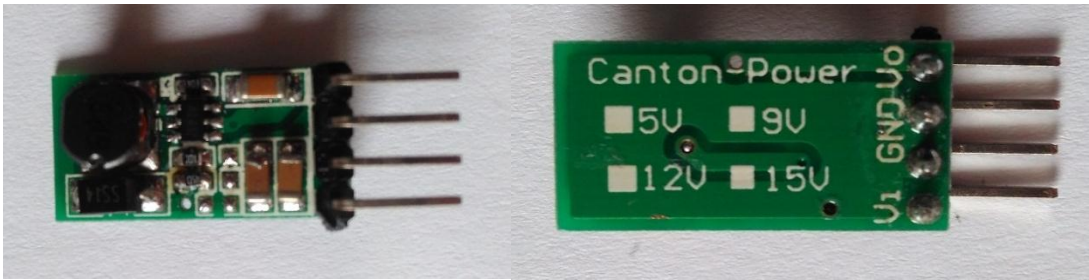


Figura 18 : Convertidor Boost número 3

8.1.4 Cargador de baterías Li-ion

El dispositivo emisor consta de una batería de Li-ion, con lo cual se incluye este circuito al diseño con la finalidad de poder cargar dicha batería una vez está se haya descargado. [17] [20]

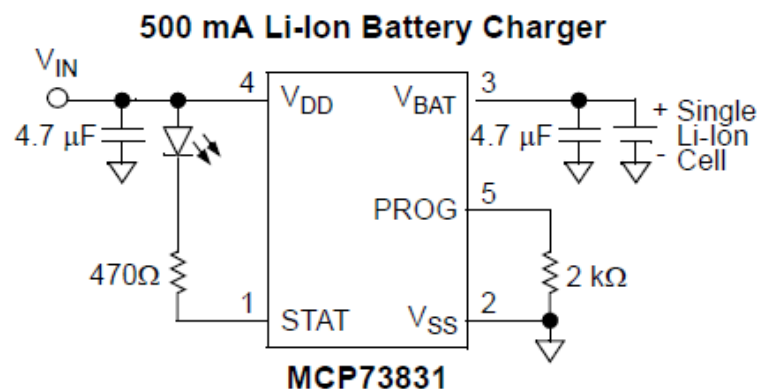


Figura 19: Esquema cargador

8.1.5 Batería Li-ion

El dispositivo emisor tiene como característica principal el ser portátil, con lo cual se requiere de un sistema de alimentación acorde a su necesidad. Dado este requerimiento una batería recargable parece ser la mejor opción para este requerimiento.



Figura 20 : Batería recargable

8.1.6 Acelerómetro

Este dispositivo se incluye de forma adicional al diseño permitiendo al dispositivo detectar cuando un paciente se ha caído. Se ofrece la posibilidad de conectar tanto un acelerómetro digital como uno analógico.

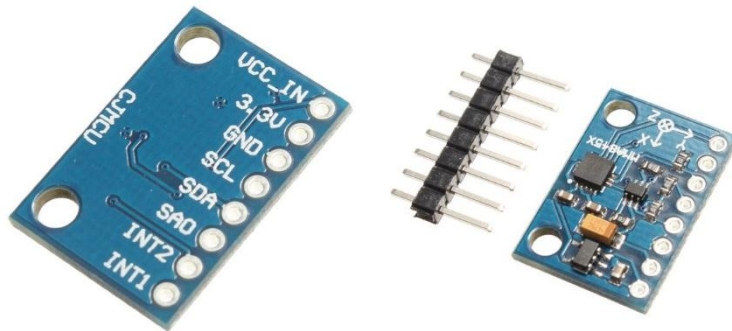


Figura 21 : Acelerómetro Digital (MMA8452q) [21]

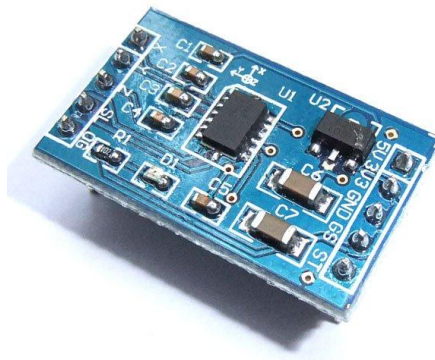


Figura 22: Acelerómetro Analógico (MMA7631) [22]

8.1.7 Transceptor

Para recibir la señal del emisor, el dispositivo receptor constará de un transceptor el cual, además de recibir la señal, es capaz de medir la potencia con la que se recibe.



Figura 23 : Transceptor CC1101 [23]

8.1.8 Shield Ethernet

Este módulo permite conectar el arduino UNO con un router wifi, de forma que podrá tomar acceso a internet y enviar sus datos al servidor correspondiente.

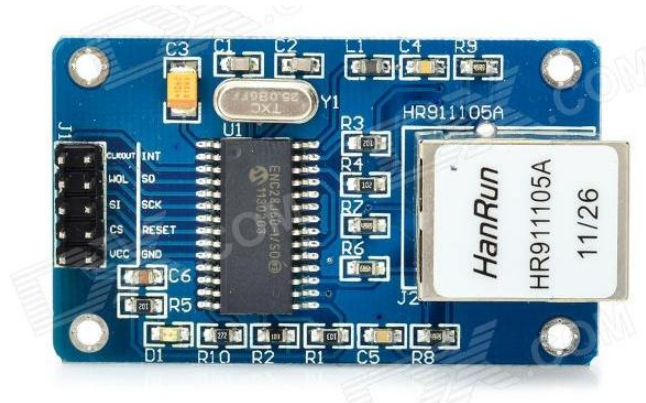



Figura 24 : Shield Ethernet

	Prototipo de sistema de localización y alerta en interiores mediante radio	Página 62 de 186
	DOCUMENTO N ^o 2 MEMORIA	

8.1.9 Shield WiFi

Este Shield WiFi permite al arduino UNO conectarse a un router wifi vía Wireless.

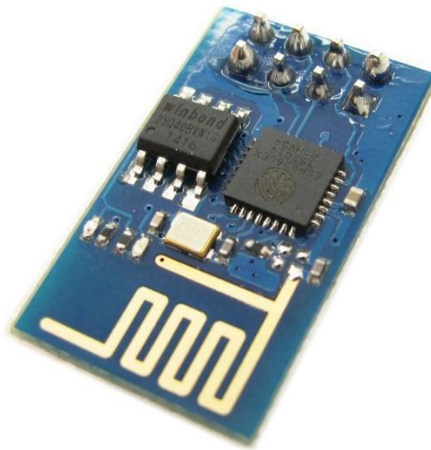


Figura 25 : Shield WiFi

8.2 Diseños realizados

A continuación se va a analizar los distintos diseños que se han ido conformando dando explicaciones acerca de sus fallos y motivos por los que tuvieron que ser alterados.

8.2.1 Primer diseño

Referente al módulo receptor, su composición viene dada por un arduino UNO, un Shield Ethernet o WiFi y un receptor corriente, como el que se incluye en los módulos emisor-receptor de 433MHz. Este dispositivo no será alterado en ninguno de los próximos diseños.

Respecto al módulo emisor se compone de un arduino nano, un emisor de RF de 433MHz, un cargador empleando un microchip MCP73831 y un convertidor *Boost* empleando un microchip LT1370.

Este diseño tiene como finalidad comprobar que los componentes de los esquemáticos (cargador y *Boost*) funcionan correctamente junto con el resto de los elementos (arduino nano, emisor, etc), habiendo confirmado el correcto funcionamiento de estos previamente.

Para la comprobación del arduino nano y del emisor simplemente se programará tanto el arduino nano como emisor y el arduino UNO como receptor, conectando el emisor y el receptor de RF respectivamente. A continuación se le alimentará vía USB de forma que se confirmará su correcto funcionamiento.

El esquema propuesto para la fabricación del cargador se muestra en la Figura 26. Este diseño funciona sin problemas, pero debido al hecho de que no se requiere alimentar al dispositivo a la vez que se carga la batería, cierta parte del diseño será alterada. De tal forma se consigue un ahorro en componentes y de espacio para el diseño definitivo de la PCB¹³. [16] [17] [20] [24] [25]

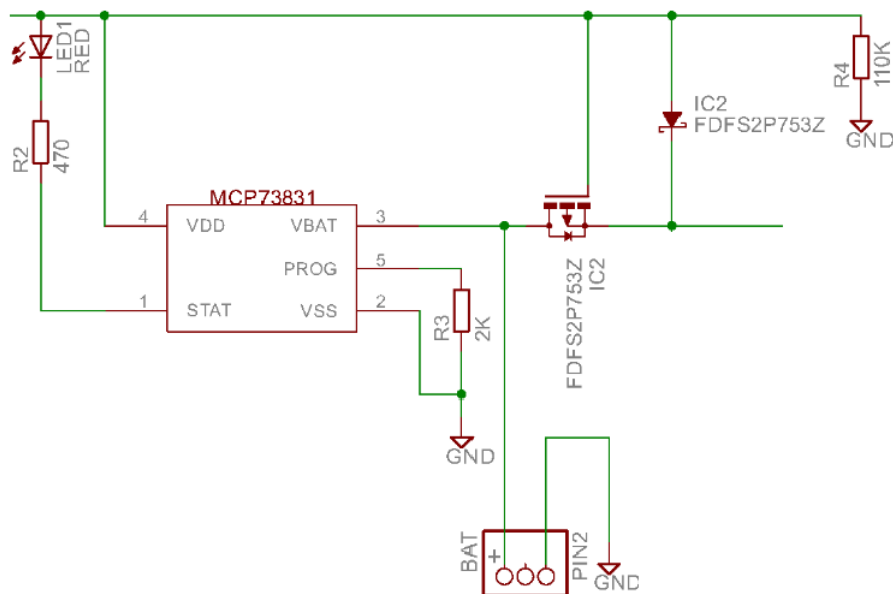


Figura 26 : Esquemático cargador con load-sharing

¹³ Siglas de *Printed Circuit Board*, referido al circuito impreso

Para el convertidor *Boost* se propone otro esquema que funciona con un microchip LT1370, Figura 27. Tras varias pruebas se aprecia que puede alterarse para que trabaje de 3V a 12V, dicho cambio se basa en el cambio de una resistencia para alterar la realimentación del dispositivo.

Al conectar el arduino nano y el emisor de RF la demanda que requieren estos dispositivos es tan pequeña que el propio *Boost* no detecta que tiene carga con lo cual la tensión de salida cae. Este problema requiere escoger un *Boost* que tenga una tensión mínima de funcionamiento inferior al consumo que se le imponga. [16] [19]

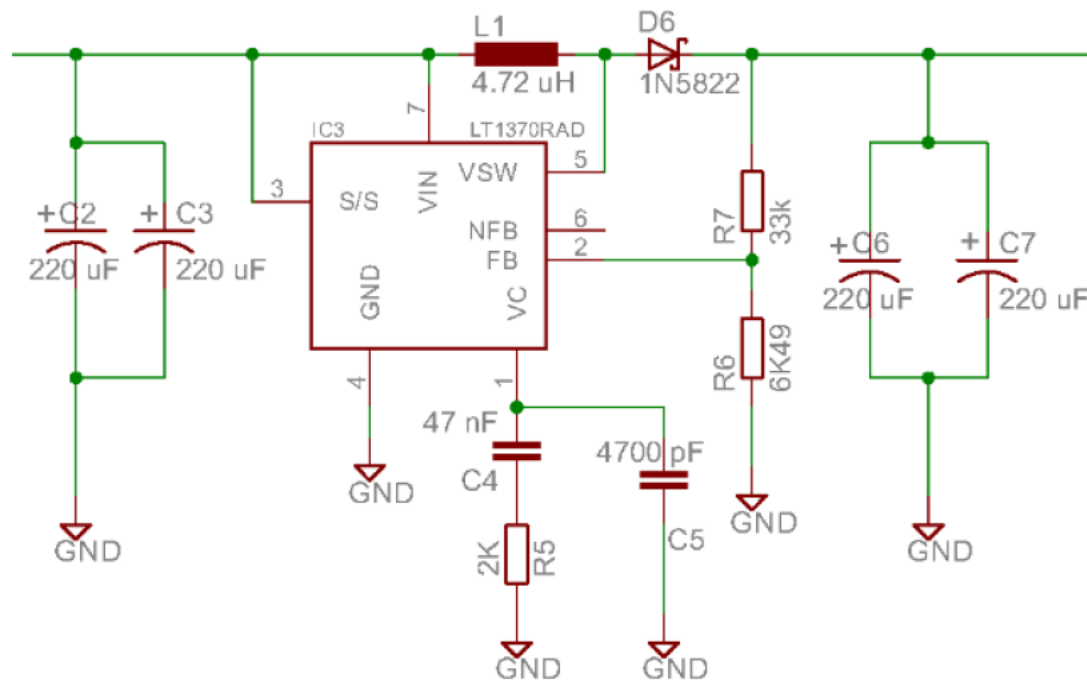



Figura 27 : Esquema del convertidor *Boost* con LT1370

Bajo todas estas demandas se realizará otro estudio generando otro diseño. Para ello se implementará un cambio en el cargador y un cambio de convertidor *Boost* que detecte carga aunque su consumo sea mínimo.

	Prototipo de sistema de localización y alerta en interiores mediante radio	Página 65 de 186
	DOCUMENTO Nº2 MEMORIA	

8.2.2 Segundo diseño

Este diseño está compuesto de un arduino nano, un emisor de RF de 433MHz, un cargador con un microchip MCP73831 sin load-sharing¹⁴ y un convertidor *Boost*.

Este diseño consta con un cargador que sigue el esquema que se presenta en el datasheet¹⁵ del componente, Figura 19.

Al probarlo se apreciará una elevación en la temperatura del microchip considerable. Para solucionarlo se aplica una alteración en la resistencia de 2K, sustituyendo esta por una de 8K2. De esta manera, la intensidad con la que carga la batería pasa de ser de 500mAh a ser de 125mAh. Con esto conseguimos que el microchip se caliente mucho menos alargando así la vida útil de dicho cargador.

En este caso se empleará el convertidor *Boost* 2, Figura 17, el cual prueba su correcto funcionamiento dado que es capaz de alimentar una carga que demanda un bajo consumo.

El estudio realizado posterior al primer diseño nos lleva a otro convertidor *Boost* el cual parece funcionar de manera similar al convertidor *Boost* 2 pero con la característica de que su tamaño es inferior. Se realizará un tercer diseño para estudiar su funcionamiento dentro del conjunto.


8.2.3 Tercer diseño

Este diseño está compuesto por un arduino nano, un emisor de RF de 433MHz, un cargador basado en el microchip MCP73831 y un convertidor *Boost*.

Esta vez el convertidor *Boost* empleado es el convertidor *Boost* 3, Figura 18, el cual presenta un funcionamiento ligeramente mejor que el convertidor *Boost* 2 además de tener un tamaño mejor.

¹⁴ Sistema capaz de controlar la dirección de la corriente permitiendo alimentar tanto la batería como la carga

¹⁵ Documento que resume el funcionamiento y las características de un componente

	Prototipo de sistema de localización y alerta en interiores mediante radio	Página 66 de 186
	DOCUMENTO N°2 MEMORIA	

Con esto ya se puede conformar un diseño incluyendo el acelerómetro. De esta forma nos acercamos cada vez más a un diseño final.

8.2.4 Diseño definitivo sobre placa de pruebas

Este diseño está compuesto por un arduino nano, un emisor de RF de 433MHz, un cargador basado en el MCP73831, el convertidor *Boost* 3 y un acelerómetro analógico.

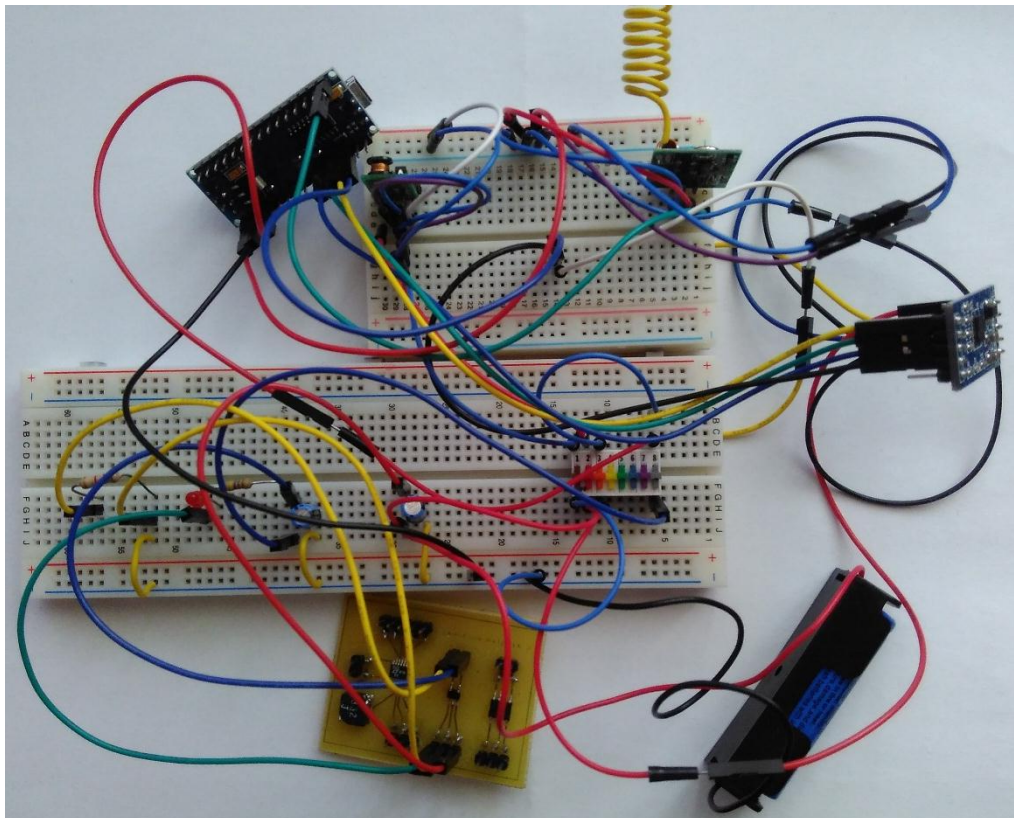



Figura 28 : Diseño definitivo del prototipo

Este diseño presenta un consumo mayor, dado que el acelerómetro funciona de forma analógica y transmite continuamente datos al arduino nano el cual se encarga de enviarlos por el emisor de RF.

	Prototipo de sistema de localización y alerta en interiores mediante radio	Página 67 de 186
	DOCUMENTO Nº2 MEMORIA	

Este diseño permite sustituir el acelerómetro analógico por uno digital. Esta mejora implica un ahorro de coste y una mejora en el consumo del dispositivo. De forma que se podrá emplear las interrupciones que genera para mantenerse en estado de bajo consumo (sleep) hasta que se produzca algún cambio y se vuelva a enviar la localización y los datos que recoja el acelerómetro.

Este diseño incluirá un triple conmutador de forma que además de encender y apagar el circuito permitirás aislar el circuito cargador del resto evitando cualquier problema de que transmita corriente y genere un mal funcionamiento del dispositivo. Esto permite cargar la batería una vez se encuentre apagado el dispositivo.

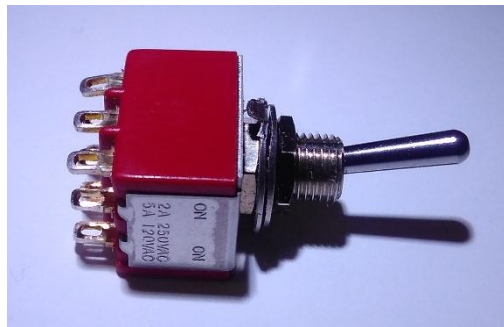



Figura 29 : Triple conmutador

Para la batería se empleará un porta-pilas para que la sujete y facilite las conexiones.



Figura 30 : Porta-pilas

	Prototipo de sistema de localización y alerta en interiores mediante radio	Página 68 de 186
	DOCUMENTO Nº2 MEMORIA	

8.2.6 Diseño definitivo modificación

Al apreciar que el consumo del dispositivo no supera los 0.1mA y teniendo una batería de 1200mAh se calcula una autonomía de 500 días. Esto permitiría la eliminación del cargador, obligando al consumidor a cambiar las baterías cada año y medio aproximadamente.

8.4 Diseños de PCB realizados

En este apartado se mostraran los diseños realizados de la PCB para los diseños del prototipo presentados en el apartado anterior.

8.4.2 Segundo diseño

Este diseño corresponde al diseño definitivo del dispositivo con el *Boost 3*.

Para ahorrar espacio en el circuito impreso se sustituye el *Boost 2* por el *Boost 3* de forma que, tal y como se aprecia, se deja un mayor espacio libre.

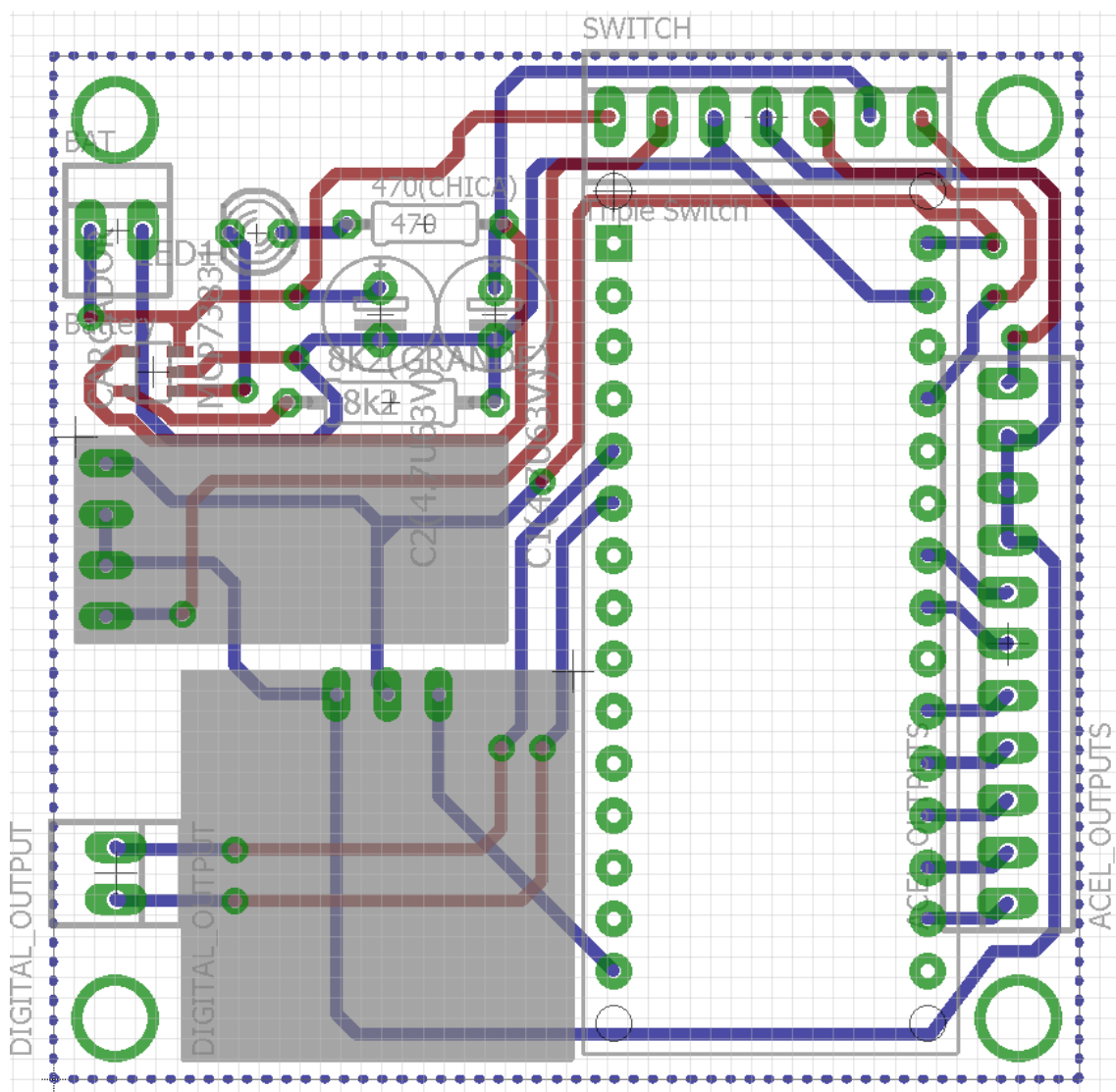


Figura 32: Diseño PCB 2

8.4.3 Tercer diseño

Tras hacer ciertas pruebas pasando los archivos de .brb¹⁶ a GERBERS¹⁷, para que el fabricante pueda generar las placas sin problemas, se descubrieron ciertos fallos en los diseños además se pudieron realizar ciertas mejoras tanto en el diseño como en su presentación. Por ello se realizó ciertos cambios en algunas huellas de los componentes.

Además se implementó una mejora en la presentación del circuito impreso mejorando tanto la fuente como el tamaño de las letras de los indicativos de los componentes.

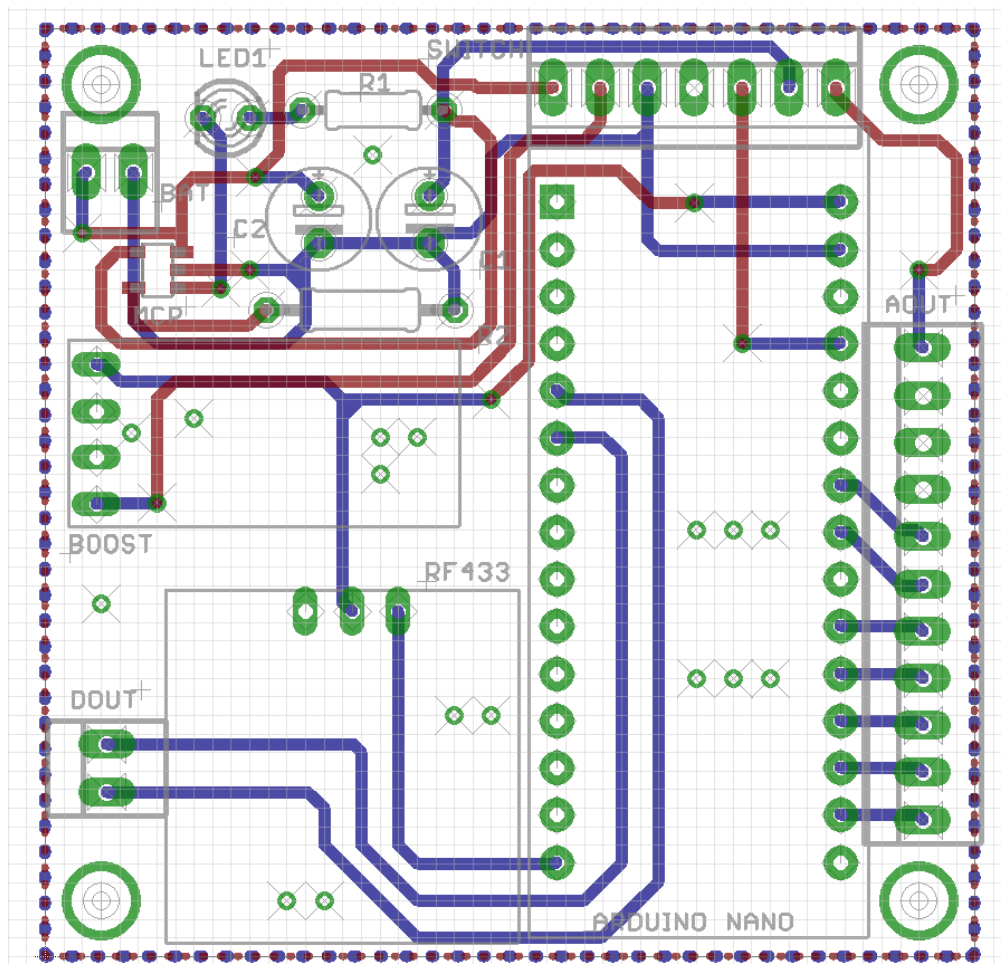


Figura 33: Diseño PCB 3

¹⁶ Formato de archivo que genera EAGLE con el diseño de una PCB

¹⁷ Conjunto de archivos que proporcionan la información necesaria en un formato específico para que la maquinaria del fabricante entienda perfectamente cómo debe de generar la PCB

Este diseño aún no es el definitivo porque para que encaje en una caja protectora hay que tomar medidas de los taladros para poder fijar la PCB, además de añadir ciertos datos informativos.

8.4.4 Diseño Final

Este diseño ya incluye toda la información necesaria que tiene que llevar la placa además de tener las medidas necesarias tanto de los taladros como del puerto mini USB el cual se empleara para la carga de la batería. Ha sufrido un cambio general del layout debido a la necesidad de colocar los taladros y el USB en sitios específicos.

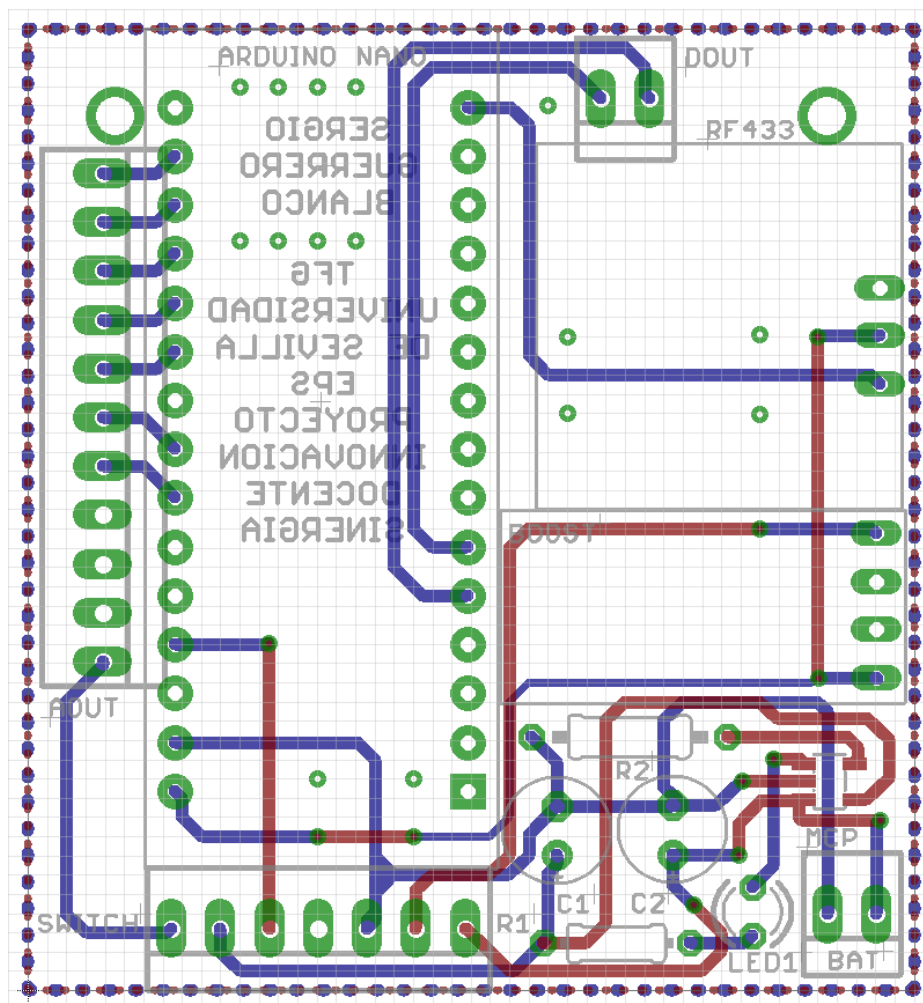


Figura 34 : Diseño final PCB

8.4.5 Resultado del Diseño Final

El producto final generado a través de los diseños mostrados de muestran en la Figura 35.

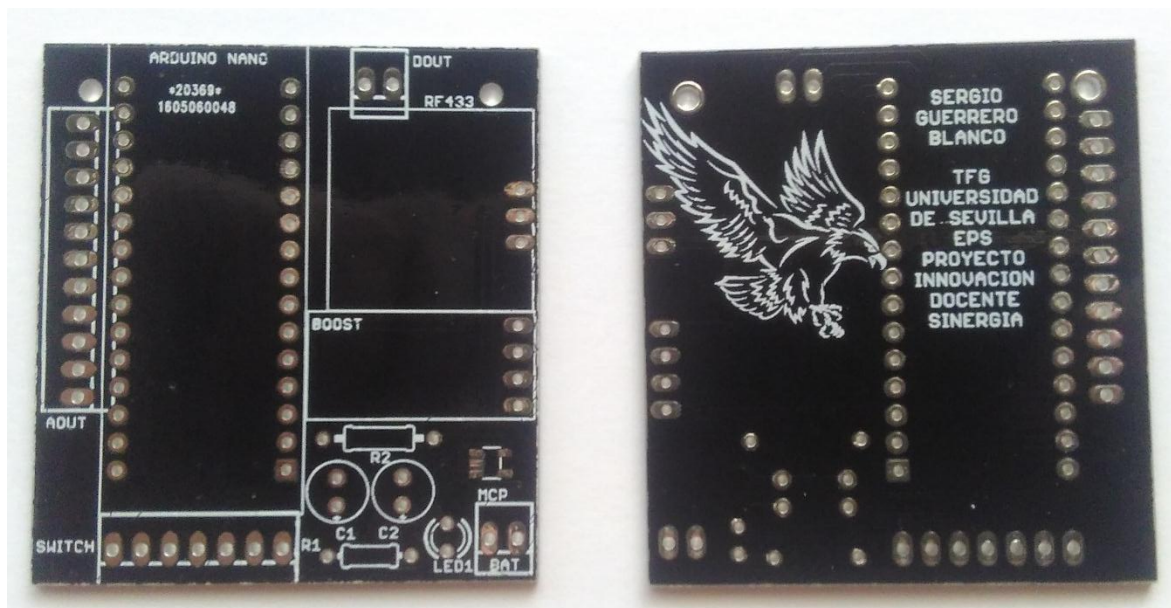


Figura 35 : PCB resultante del diseño final

CAPÍTULO 9 – RESULTADOS FINALES

En este capítulo se explicarán los pasos necesarios para reproducir el objeto del este proyecto en su totalidad.

Se desea conocer la justificación de alguna de las decisiones tomadas, puede verse en el capítulo 8 del presente documento.

Las operaciones básicas que se realizarán serán:


- Programación del microcontrolador, tanto del emisor como del receptor
- Fabricación de la placa del circuito impreso para el emisor.

9.1 Programación del microcontrolador

Para ello emplearemos un ordenador con el sistema operativo (SO) Linux donde se generará un archivo de código fuente en C con el entorno de programación que ofrece arduino.



Figura 36 : Entorno de programación Arduino [18]

	Prototipo de sistema de localización y alerta en interiores mediante radio	Página 75 de 186
	DOCUMENTO Nº2 MEMORIA	

9.1.1 Realización del archivo del programa

El proceso se encuentra en el anexo 1.

El resultado es un archivo de extensión “.ino”.

9.1.2 Volcado del archivo en el microcontrolador

Para el volcado se debe de emplear el mismo software empleado para la programación del archivo. Pero para ello requiere que desde la consola de comandos de Linux abramos el programa con los privilegios del administrador.


Se realiza la conexión del arduino UNO o el arduino nano desde el mini USB de estos al USB del ordenador.

A continuación en el apartado de herramientas del programa debemos realizar ciertos cambios:

- En el apartado donde pone placa debemos escoger el modelo de placa escogido para programar. En nuestro caso “Arduino Nano” o “Genuino/Genuino Uno”.
- En el apartado donde pone procesador debemos escoger el que tenga nuestra placa arduino, en nuestro caso ATmega328.
- En el apartado puerto debemos seleccionar el puerto USB del ordenador en el que está conectado el arduino.

9.2 Construcción de la placa del circuito impreso

Se diseñará la placa empleando el software EAGLE.
Posteriormente se conectarán todos los componentes a la placa.
Por último, se programará el microcontrolador.

	Prototipo de sistema de localización y alerta en interiores mediante radio	Página 76 de 186
	DOCUMENTO Nº2 MEMORIA	

9.2.1 Esquemático

El esquemático puede verse en el plano 1.

9.2.2 Diseño EAGLE

A partir del esquemático del plano 1, se ha realizado su traslación a una PCB de doble cara. Se ha sustituido cada elemento del circuito por su “huella” (footprint).

Se han realizado varios planos, como se muestran en ciertas figuras del capítulo anterior.

En el plano 2 se muestran la distribución de los elementos sobre la placa.

En el plano 3 se muestran dos figuras:

- Placa Superior A: Elementos y pistas: aparecen superpuestos los elementos (que aparecen en el plano 2) y las pistas de cobre superiores con su correspondiente plano de masa. Es meramente ilustrativo, para mostrar las conexiones de las pistas a los componentes.
- Placa Superior B: Pistas: aparecen solo los bordes de la placa y las pistas superiores. Esto es lo que se imprimirá finalmente en la cara superior de cobre de la placa.

En el plano 4 se muestran dos figuras:

- Placa Inferior A: Elementos y pistas: aparecen superpuestos los elementos (que aparecen en el plano 2) y las pistas de cobre inferiores.
- Placa Inferior B: Pistas: aparecen solo los bordes de la placa y las pistas inferiores. Esto es lo que se imprimirá finalmente en la cara inferior de cobre de la placa.

En el plano 5 se muestran dos figuras:

- Placa superior info: Se muestra la información que se imprimirá en la parte superior de la placa indicando el emplazamiento de los componentes.
- Placa inferior info: Se muestra la información que se imprimirá en la parte inferior de la placa indicando el nombre del diseñador y propósito de la placa.

9.2.3 Listado de componentes emisor

En la Tabla 4 se enumera y describen todos los componentes electrónicos que forman el circuito electrónico.

NOMBRE	DESCRIPCIÓN	CARACTERÍSTICAS
LED	LED	Rojo
R1	Resistencia de carbón	Resistencia: 470 omh Potencia máx: 1/4 W
R2	Resistencia de carbón	Resistencia: 8k2 ohm Potencia máx: 1/4 W
C1	Cond. electrolítico	Capacidad: 4.7 uF Voltaje máximo: 63V
C2	Cond. Electrolítico	Capacidad: 4.7 uF Voltaje máximo: 63V
ARDUINO NANO	Microcontrolador	
CONV. BOOST	Convertidor de tensión	
MÓDULO EMISOR	Emisor de RF	
MCP73831	Gestor de carga	500mAh máx.
TRIPE CONMUTADOR	Interruptor múltiple	9 pines (se emplean 7)
BATERÍA		
PORTAPILAS AA		
ACEL. DIGITAL	Sensor acel. Digital	
ACEL. ANALÓGICO	Sensor acel. Analógico	

Tabla 4 : Listado de componentes emisor

9.2.4 Fabricación PCB

Para la fabricación de la PCB se enviará el diseño definitivo, con los archivos GERBERS, a un fabricante que nos proporcionará las placas impresas con un alto nivel de calidad. El proveedor escogido para esto es DirtyPCBs. [26]

9.2.5 Conexiones emisor

Se empleará para ello un cable de conexión de micro USB a USB.

- Alimentación: Para ello se asegurará de que el dispositivo permanece apagado de forma que se permitirá la carga de la batería a través del puerto micro USB.
- Programación: De manera similar al proceso anterior se conectará a un ordenador por micro USB, una vez el dispositivo esté apagado, y se le podrá volcar el programa que debe ejecutar.



Figura 37 : Arduino nano con cable de conexión [18]

9.3 Prototipo final

Como resultado final de todos los procesos explicados tanto en el capítulo presente como en el capítulo anterior obtendremos algo similar a lo que se presenta en la Figura 38.

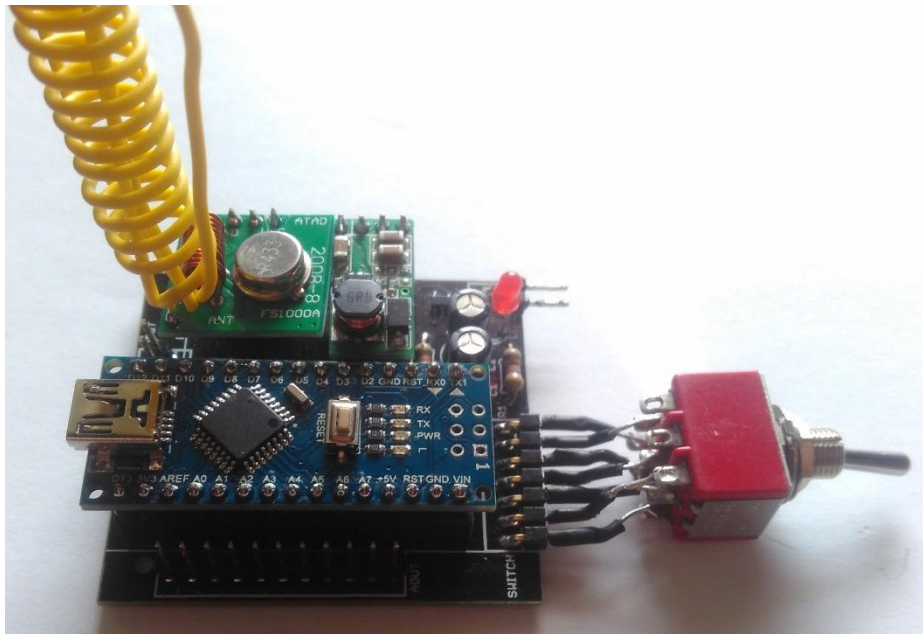


Figura 38 : Prototipo final

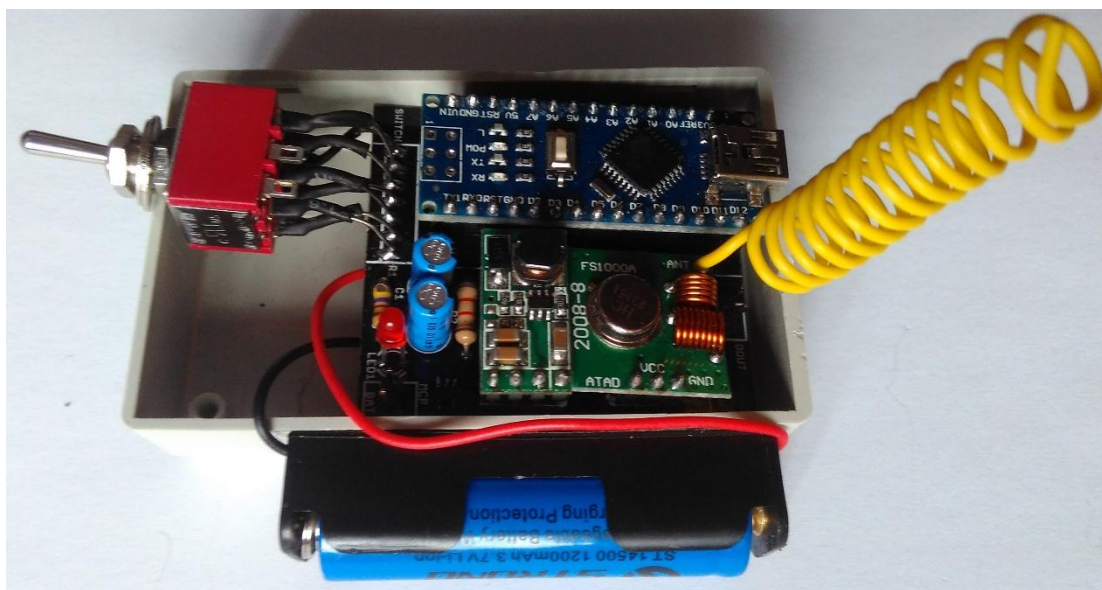


Figura 39 : Prototipo final (2)

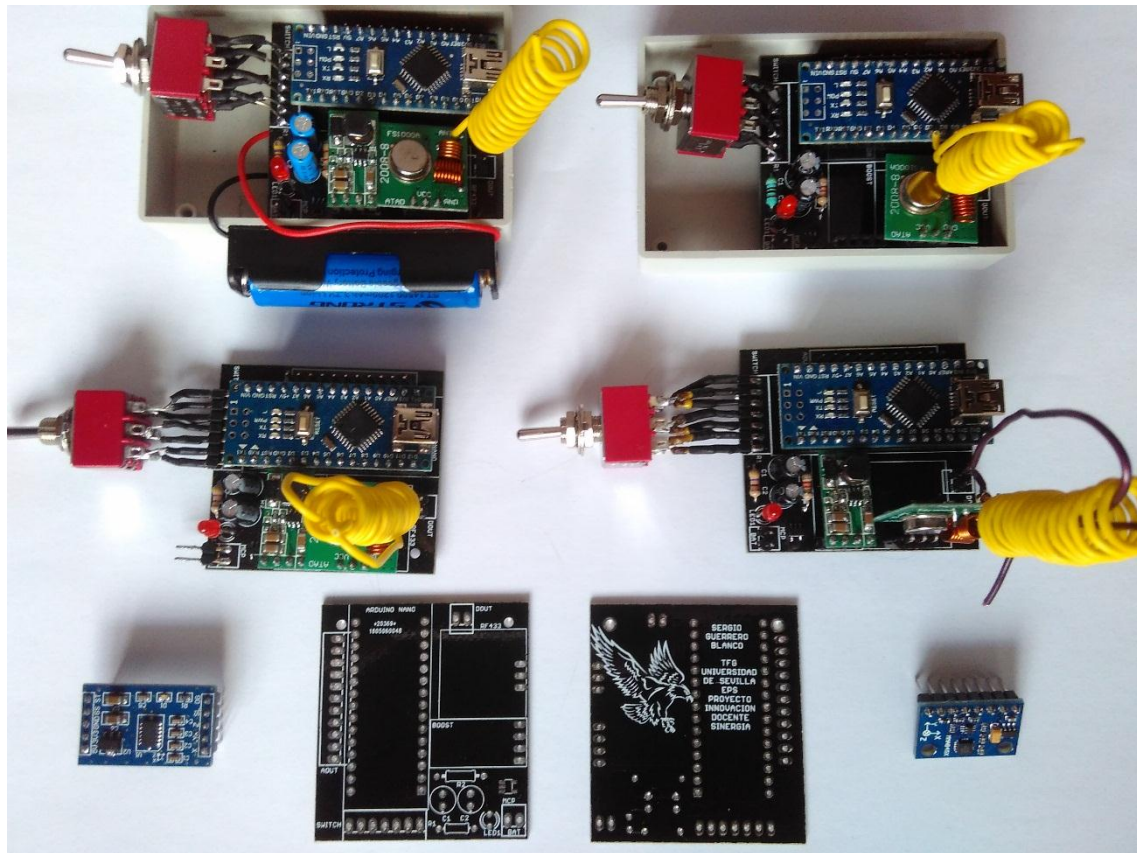


Figura 40 : Prototipos finales

CAPÍTULO 10 – ESPECIFICACIONES DEL CIRCUITO

10.1 Consumo energético

La intensidad requerida y la potencia consumida por la placa para distintos modos de funcionamiento se recogen en la Tabla 5.

Tensión alimentación (V)	Acelerómetro Analógico en Movimiento		Acelerómetro Analógico Parado		Acelerómetro Digital en Movimiento		Acelerómetro Digital Parado		Sin Acelerómetro	
	Intensidad (mA)	Potencia (mW)	Intensidad (mA)	Potencia (mW)	Intensidad (mA)	Potencia (mW)	Intensidad (mA)	Potencia (mW)	Intensidad (mA)	Potencia (mW)
3.7	0.012	0.044	0.010	0.037	0.011	0.041	0.009	0.033	0.005	0.019

Tabla 5 : Consumo de la placa

10.2 Velocidad de envío de señal

Para tener un control adecuado y reducir el consumo del circuito se procederá a enviar datos por parte del emisor cada 10 segundos.

10.3 Tiempo de carga de batería

Para comprobar el tiempo que tarda nuestro circuito cargador en cargar la batería se agotó dicha batería hasta dar un voltaje de unos 3,65V y a continuación se cargó hasta tomar un valor de unos 3,80V. El tiempo transcurrido en este proceso fue de 75 minutos.

CAPÍTULO 11 – ESTUDIO DE VIABILIDAD ECONÓMICA

En este capítulo se expondrá un estudio presentando los costes de fabricación de un lote de 100 prototipos para hacer pruebas.

11.1 Costes de componentes dispositivo emisor

La Tabla 6 presenta el coste de 100 dispositivos emisores con acelerómetro analógico.

Componente	Cantidad (ud.)	Precio para 100 ud. (€)
Arduino nano	1	179,97
Convertidor <i>Boost</i>	1	240
Módulo emisor - receptor de RF	1	55,40
MCP73831	1	32,75
Condensador electrolítico 4.7uF 63V	2	16,22
Resistencia 8K2	1	0,27
Resistencia 470	1	0,61
Led rojo	1	0,61
Triple conmutador	1	203,02
Batería 3,7V 1200mAh	1	136,50
Porta-pilas AA	1	16
Acelerómetro analógico	1	326,71
Caja protectora	1	50
PCB	1	248
TOTAL		1506,06

Tabla 6 : Coste 100 prototipos emisores con acelerómetro analógico

La Tabla 7 presenta el coste de 100 dispositivos emisores con acelerómetro digital.

Componente	Cantidad (ud.)	Precio para 100 ud. (€)
Arduino nano	1	179,97
Convertidor <i>Boost</i>	1	240
Módulo emisor - receptor de RF	1	55,40
MCP73831	1	32,75
Condensador electrolítico 4.7uF 63V	2	16,22
Resistencia 8K2	1	0,27
Resistencia 470	1	0,61
Led rojo	1	0,61
Triple conmutador	1	203,02
Batería 3,7V 1200mAh	1	136,50
Porta-pilas AA	1	16
Acelerómetro digital	1	301,28
Caja protectora	1	50
PCB	1	248
TOTAL		1480,63

Tabla 7 : Coste 100 prototipos emisores con acelerómetro digital

La Tabla 8 presenta el coste de 100 dispositivos emisores sin acelerómetro.

Componente	Cantidad (ud.)	Precio para 100 ud. (€)
Arduino nano	1	179,97
Convertidor <i>Boost</i>	1	240
Módulo emisor - receptor de RF	1	55,40
MCP73831	1	32,75
Condensador electrolítico 4.7uF 63V	2	16,22
Resistencia 8K2	1	0,27
Resistencia 470	1	0,61
Led rojo	1	0,61
Triple conmutador	1	203,02
Batería 3,7V 1200mAh	1	136,50
Porta-pilas AA	1	16
Caja protectora	1	50
PCB	1	248
TOTAL		1147,85

Tabla 8 : Coste 100 prototipos emisores sin acelerómetro

12.2 Costes de componentes dispositivo receptor

La Tabla 9 presenta el coste de fabricación de 100 prototipos de balizas con Shield Ethernet.

Componente	Cantidad (ud.)	Precio para 100 ud. (€)
Arduino UNO	1	315,89
Módulo emisor - receptor de RF	1	55,40
Shield Ethernet	1	545,12
Caja protectora	1	200
TOTAL		1116,41

Tabla 9 : Coste 100 prototipos receptores con Shield Ethernet

La Tabla 10 presenta el coste de fabricación de 100 prototipos de balizas con Shield WiFi.

Componente	Cantidad (ud.)	Precio para 100 ud. (€)
Arduino UNO	1	315,89
Módulo emisor - receptor de RF	1	55,40
Shield WiFi	1	241
Caja protectora	1	200
TOTAL		812,26

Tabla 10 : Coste 100 prototipos receptores con Shield WiFi

La Tabla 11 presenta el coste de fabricación de 100 prototipos de balizas con Shield WiFi y transceptor en lugar de receptor.

Componente	Cantidad (ud.)	Precio para 100 ud. (€)
Arduino UNO	1	315,89
Shield WiFi	1	241
Caja protectora	1	200
Transceptor CC1101	1	611
TOTAL		1367,89

Tabla 11 : Coste 100 prototipos receptores con Shield WiFi y transceptor

La Tabla 12 presenta el coste de fabricación de 100 prototipos de balizas con Shield Ethernet y transceptor en lugar de receptor.

Componente	Cantidad (ud.)	Precio para 100 ud. (€)
Arduino UNO	1	315,89
Shield Ethernet	1	545,12
Caja protectora	1	200
Transceptor CC1101	1	611
TOTAL		1672,01

Tabla 12 : Coste 100 prototipos receptores con Shield Ethernet y transceptor

CAPÍTULO 12 – PUEBAS REALIZADAS

12.1 Pruebas con acelerómetro analógico

Se ha procedido a conectar el acelerómetro analógico al arduino nano. A este último se le ha cargado un programa de lectura de los parámetros X, Y, Z, un valor que determina la orientación y un valor de fuerza que se obtiene mediante una formula.

Se pudo leer a través del mismo software de programación para el arduino los valores medidos por el acelerómetro.

12.2 Pruebas con acelerómetro digital

Se intentó conectar el acelerómetro digital al arduino nano, cargando en este último un software apropiado para la detección de caídas.

Como resultado no se obtuvo un comportamiento deseado dado a que daba error al identificar el dispositivo. Esto nos permitió descubrir que los pines de entrada del arduino digital requieren que la tensión máxima sea de unos 3 voltios, mientras que los pines de salida del arduino nano dan un valor de hasta 5 voltios. Esto implica que se requiere un regulador de tensión entre la conexión del arduino nano y el acelerómetro digital.

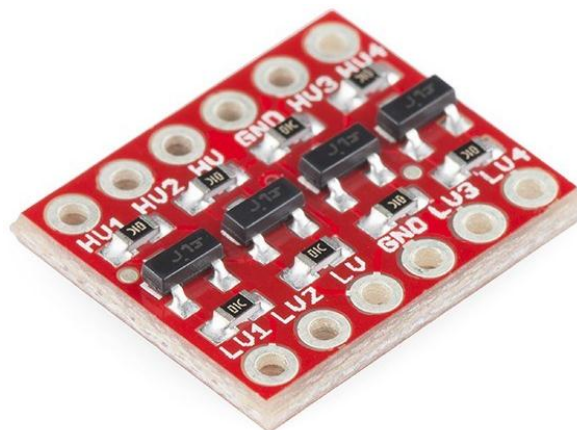


Figura 41 : Conversor de 5V a 3V

12.3 Pruebas de radio de acción en edificio

Para realizar esta prueba se tomó tanto una baliza receptora como un dispositivo emisor, los cuales fueron probados en la EPS (escuela politécnica superior) de ingeniería de la US (Universidad de Sevilla).

La prueba consistió en dejar en diferentes puntos de la facultad la baliza receptora, mientras que el dispositivo emisor se aleja de esta. De esta manera se determina un radio de acción del sistema. Esto se verá condicionado por las paredes, por las puertas, e incluso los elementos metálicos o electrónicos que tenga que atravesar la señal de un dispositivo a otro.

El software empleado para dicha prueba inicialmente fue enviar una señal que encendiera y apagara un led. Posteriormente este fue cambiado para que enviara 2 bytes con los caracteres "I" y "D" de forma que si por pantalla se recibía algo distinto implicaba una pérdida de paquetes de información en la transmisión.

```

ethernet $
{
  // start serial com
  Serial.begin(9600);
  // start the Ethernet and UDP:
  Serial.println("Initializing");
  Ethernet.begin(mac, ip);
  Udp.begin(localPort);
  // start the RF:
  vw_set_rx_pin(8);
  vw_setup(2000);
  vw_rx_start();
}

void loop()
{
  if (vw_get_message(message, &messageLength))
  {
    if (Udp.beginPacket(dst, 9876)){
      Udp.write((char *)message);
      Serial.println((char *)message);
      if (Udp.endPacket())
      {
        Serial.println("Packet sent");
      }
      else
      {
        Serial.println("Error sending");
      }
    }
  }
}

```

Subido

El Sketch usa 11.978 bytes (37%) del espacio de almacenamiento de programa. El máximo es 32.256 bytes. Las variables Globales usan 597 bytes (29%) de la memoria dinámica, dejando 1.451 bytes para las variables locales.

35 Arduino/Genuino Uno on /dev/ttyUSB0

Figura 42 : Software empleado en prueba de radio de acción en edificio

- Primera prueba: En un pasillo abierto sin obstáculos.

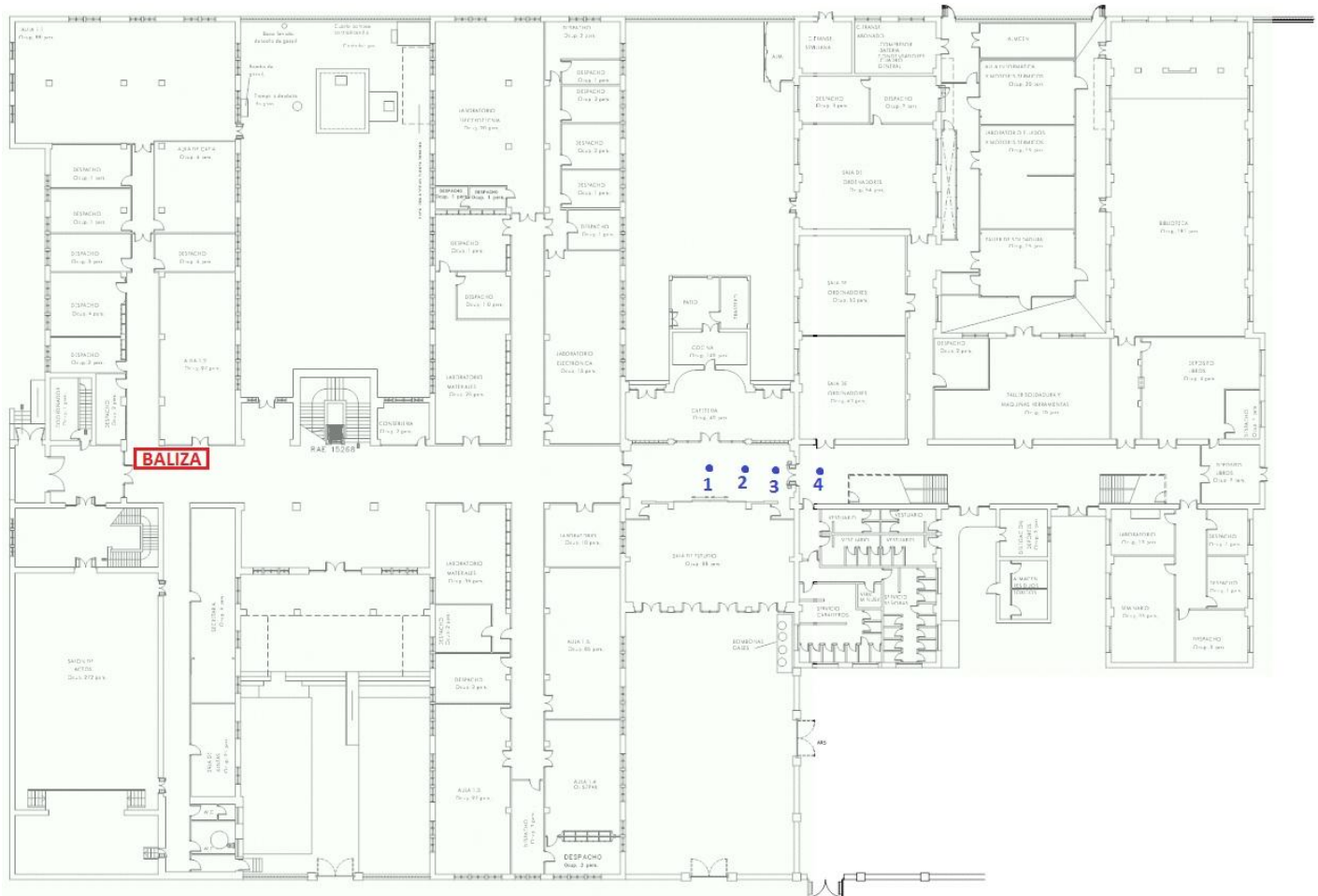


Figura 44 : Plano prueba 1

- Punto 1: La señal se recibe sin pérdidas.
- Punto 2: La señal se recibe con pérdidas esporádicas.
- Punto 3: La señal se recibe con grandes pérdidas.
- Punto 4: No se recibe señal.

- Segunda prueba: Atravesando varias paredes.

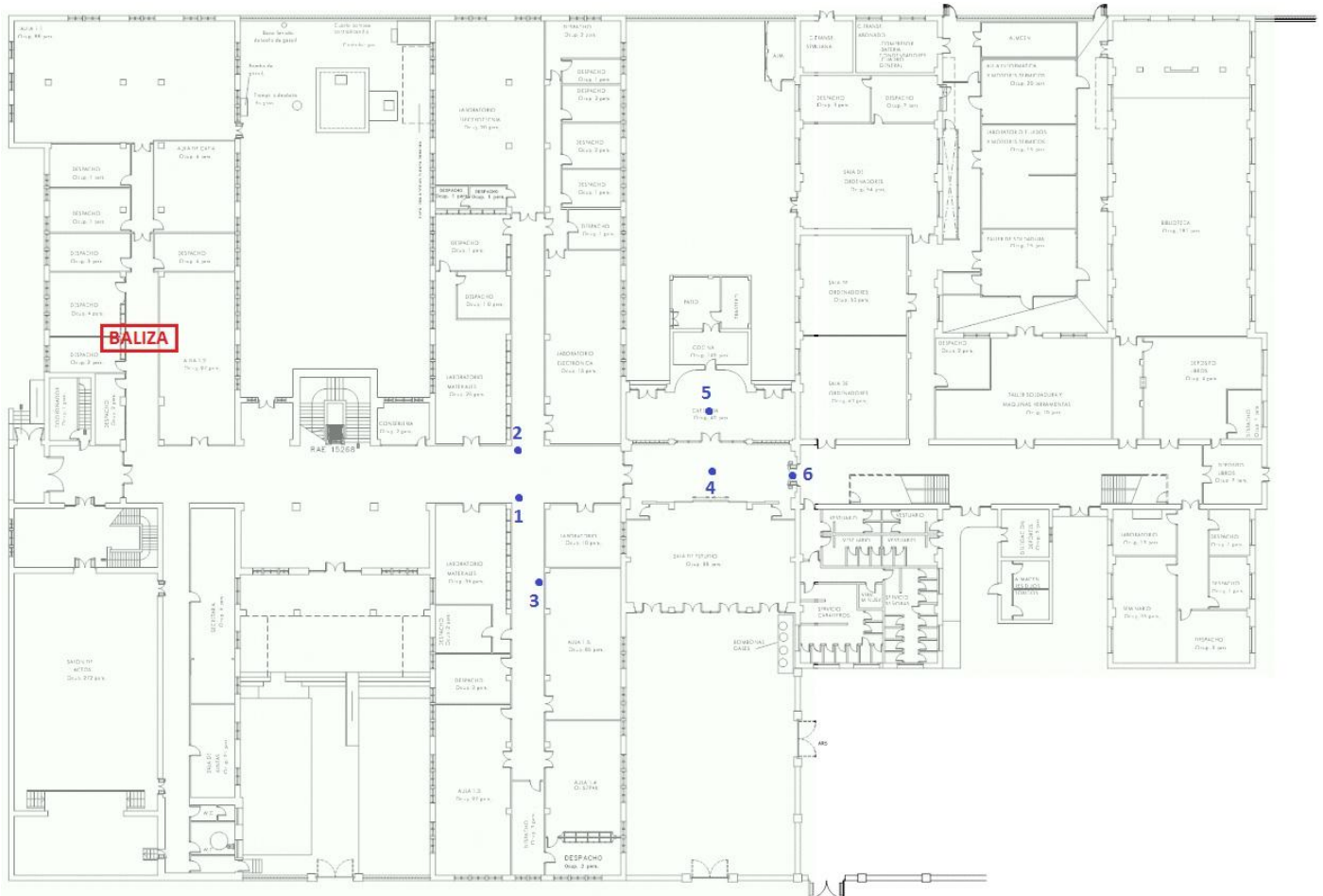


Figura 45 : Plano prueba 2

- Punto 1: La señal se recibe con pérdidas esporádicas.
- Punto 2: La señal se recibe con grandes pérdidas.
- Punto 3: No se recibe señal.
- Punto 4: La señal se recibe con pérdidas esporádicas.
- Punto 5: No se recibe señal.
- Punto 6: No se recibe señal.

DOCUMENTO Nº2 MEMORIA

- Tercera prueba: Atravesando múltiples paredes y varias puertas.

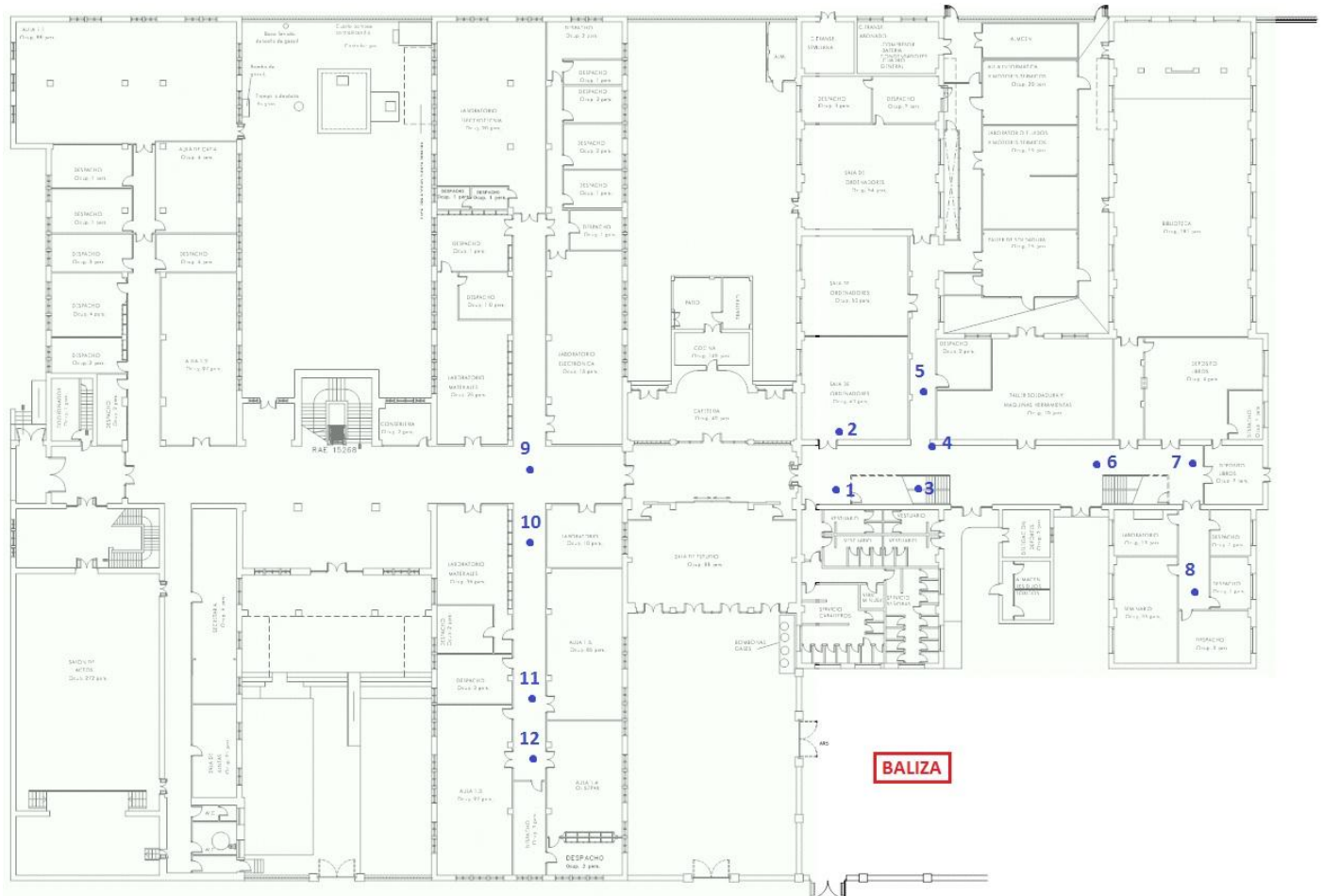



Figura 46 : Plano prueba 3

- Punto 1: No se recibe señal.
- Punto 2: La señal se recibe con pérdidas esporádicas.
- Punto 3: La señal se recibe con pérdidas esporádicas.
- Punto 4: La señal se recibe sin pérdidas.
- Punto 5: No se recibe señal.
- Punto 6: La señal se recibe sin pérdidas.

	Prototipo de sistema de localización y alerta en interiores mediante radio	Página 92 de 186
	DOCUMENTO Nº2 MEMORIA	

- Punto 7: La señal se recibe sin pérdidas.
- Punto 8: La señal se recibe sin pérdidas.
- Punto 9: La señal se recibe con pérdidas esporádicas.
- Punto 10: La señal se recibe con grandes pérdidas.
- Punto 11: La señal se recibe sin pérdidas.
- Punto 12: La señal se recibe con pérdidas esporádicas.

- Cuarta prueba: Entre plantas.

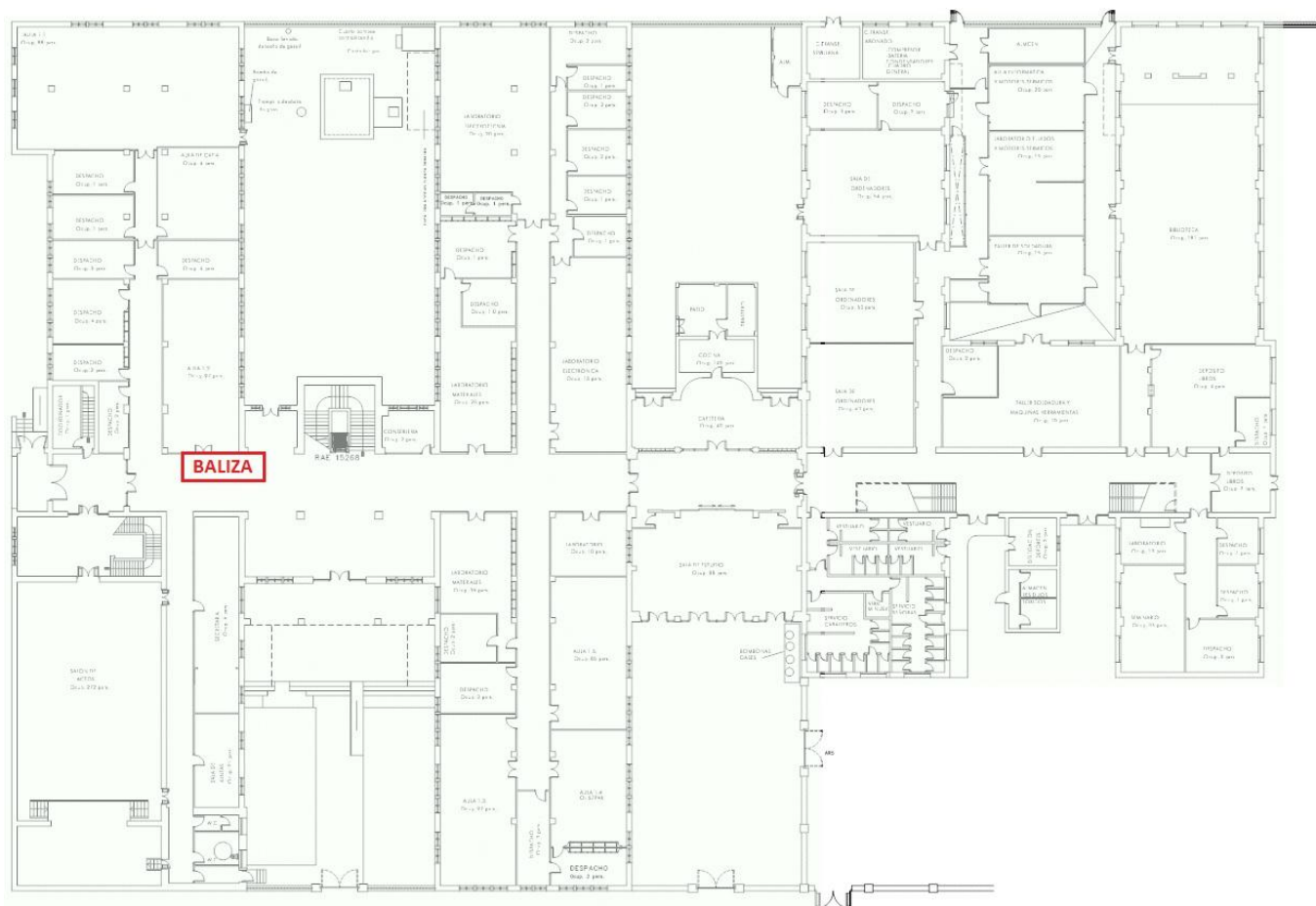


Figura 47 : Plano prueba 4 planta baja

En la planta baja se dejó fija la baliza.

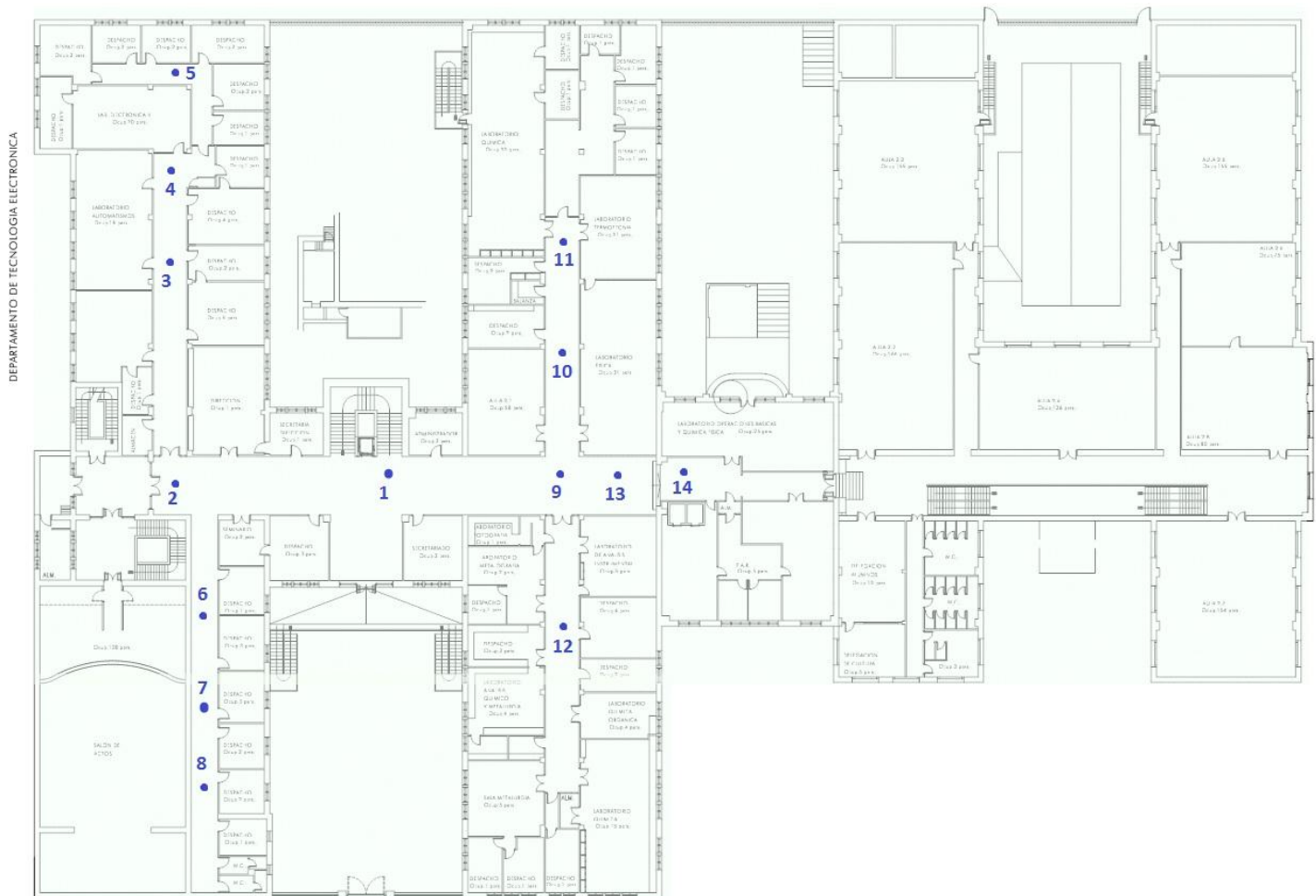



Figura 48 : Plano prueba 4 primera planta

Primera planta

- Punto 1: La señal se recibe sin pérdidas.
- Punto 2: La señal se recibe sin pérdidas.
- Punto 3: La señal se recibe sin pérdidas.
- Punto 4: No se recibe señal.
- Punto 5: No se recibe señal.
- Punto 6: La señal se recibe con pérdidas esporádicas.

Sergio Guerrero Blanco

	Prototipo de sistema de localización y alerta en interiores mediante radio	Página 95 de 186
	DOCUMENTO Nº2 MEMORIA	

- Punto 7: La señal se recibe con grandes pérdidas.
- Punto 8: No se recibe señal.
- Punto 9: La señal se recibe sin pérdidas.
- Punto 10: La señal se recibe con grandes pérdidas.
- Punto 11: No se recibe señal.
- Punto 12: La señal se recibe con pérdidas esporádicas.
- Punto 13: La señal se recibe con pérdidas esporádicas.
- Punto 14: La señal se recibe con grandes pérdidas.

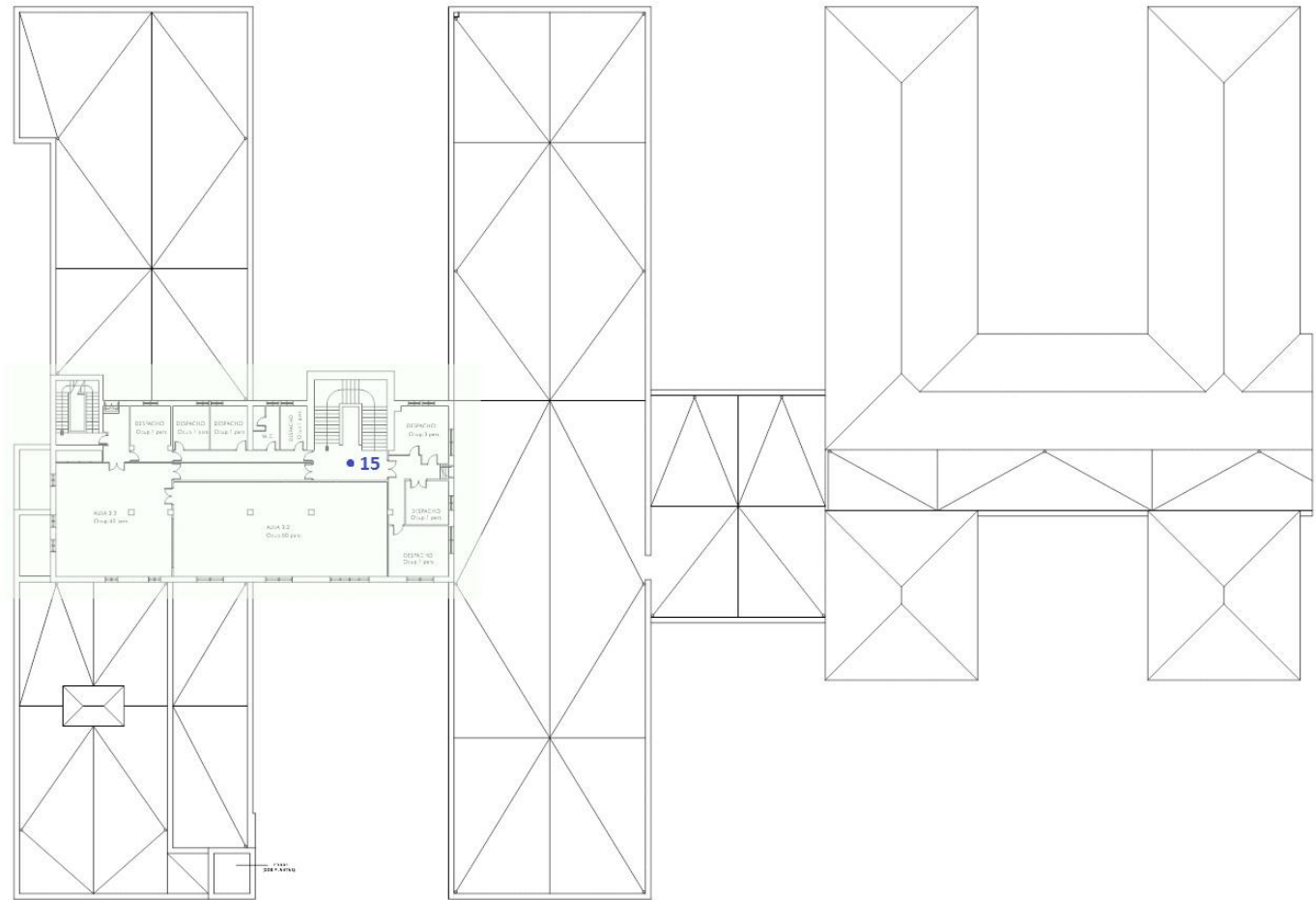


Figura 49 : Plano prueba 4 segunda planta

Segunda Planta

- Punto 15: La señal se recibe sin pérdidas.

Gracias a estas pruebas se pudo analizar mucho mejor el sistema obteniéndose las siguientes conclusiones:

- La antena de transmisión y de recepción juega un papel muy importante en la comunicación. Dependiendo de la calidad de esta, puede pasar de transmitir como máximo a un metro de distancia, a transmitir hasta 60 metros con una mejora simple.
- Los elementos metálicos u electrónicos que se interpongan en el camino de la señal reducen y dificultan mucho la comunicación entre ambos dispositivos. En las pruebas se pudo apreciar una disminución de esta al acercarse a puertas metálicas y al profundizar en el pasillo del departamento de electrónica.
- Se muestra también que los elementos constructivos no provocan un gran impedimento a la transmisión de la señal. Esto pudo apreciarse en la prueba donde se transmitía la señal a través de diferentes plantas.
- De forma aproximada se deduce que para un edificio como este podría cubrir todas las zonas con 5 balizas receptoras situadas en la primera planta. Pero si se quiere sectorizar por plantas se requerirá un total de 10 balizas, 5 para la planta baja, 4 para la primera planta y una para la segunda planta.

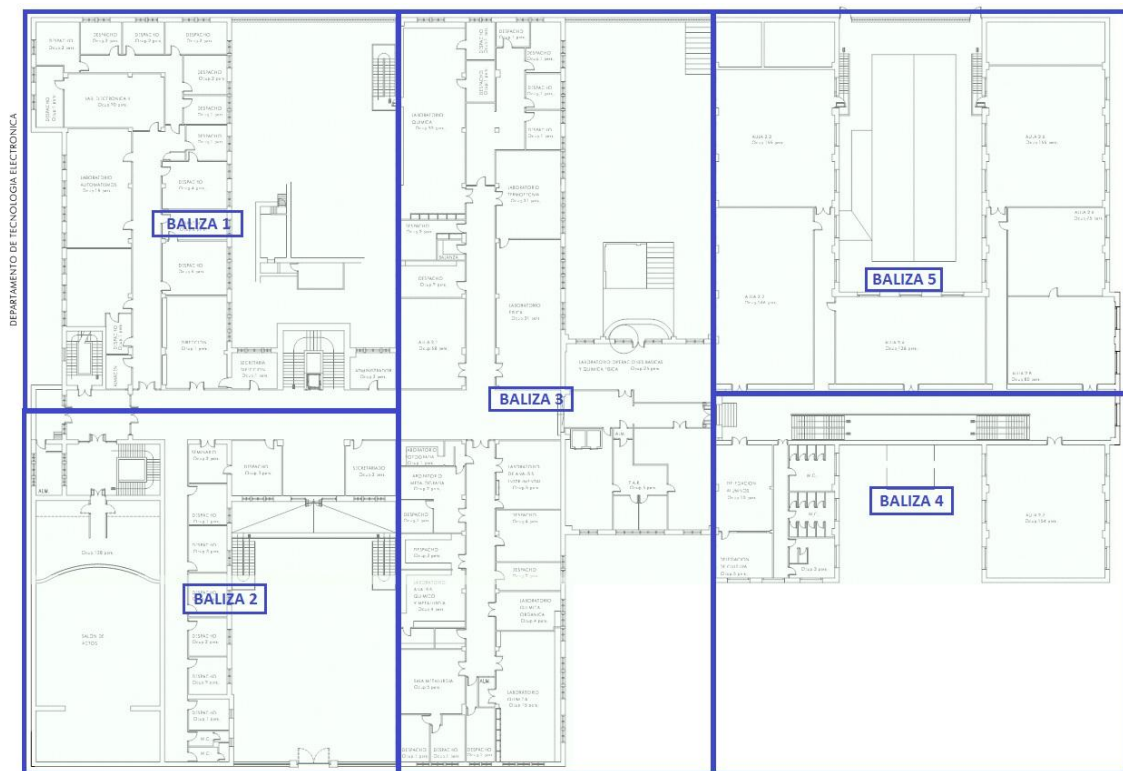


Figura 50 : Plano balizas primera planta, sin sectorizado entre plantas

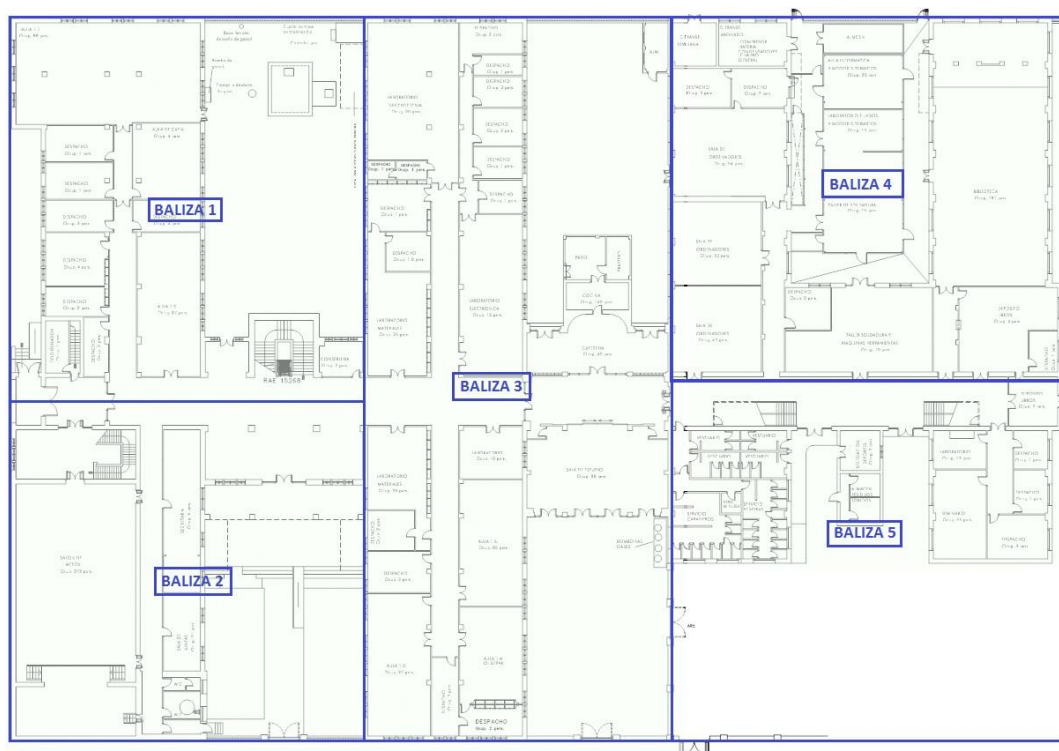


Figura 51: Plano balizas planta baja con sectorizado entre plantas

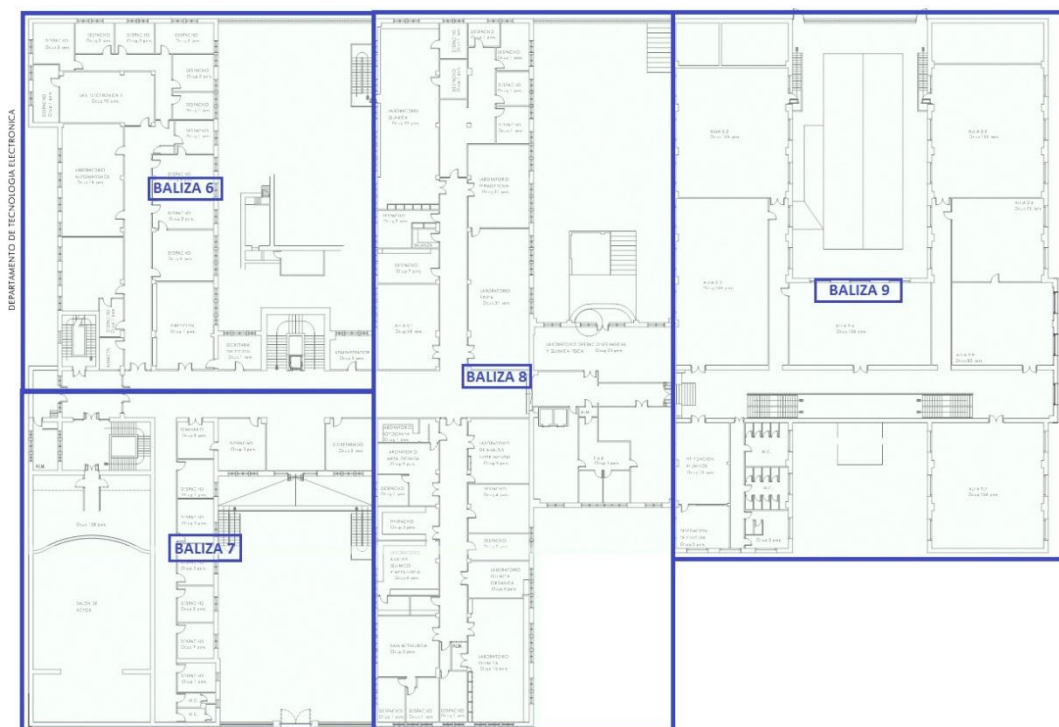


Figura 52 : Plano balizas primera planta con sectorizado entre plantas

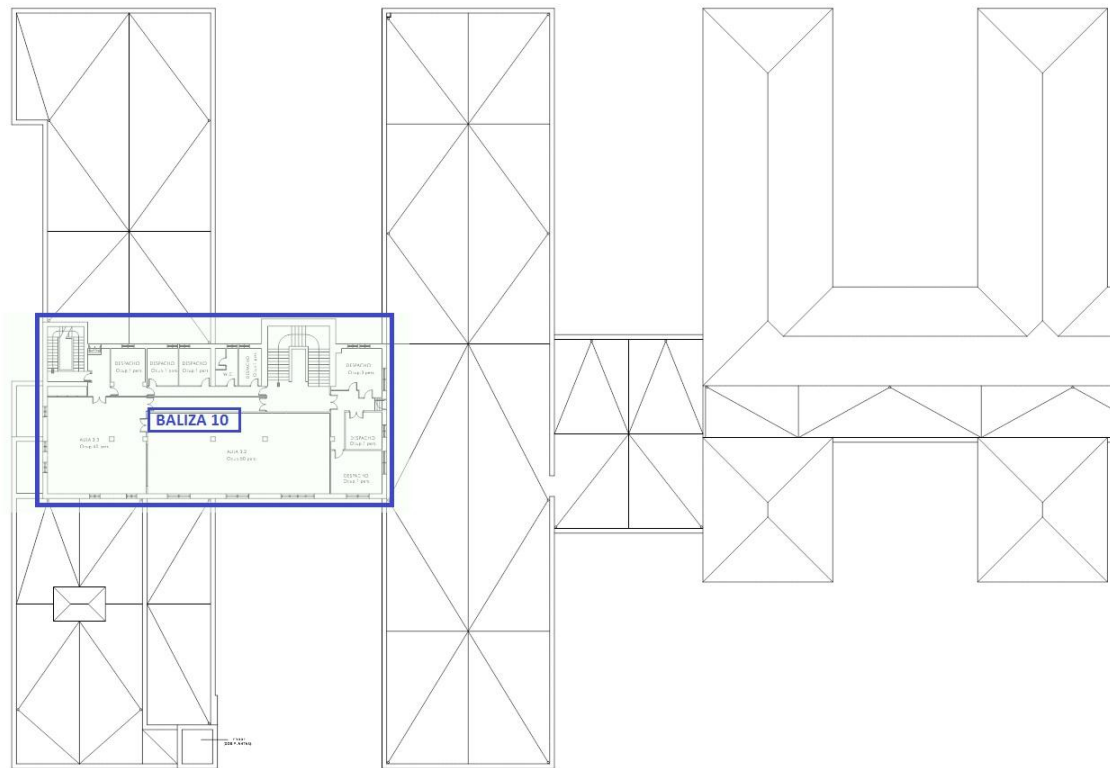



Figura 53 : Plano balizas segunda planta con sectorizado entre plantas

	Prototipo de sistema de localización y alerta en interiores mediante radio	Página 101 de 186
	DOCUMENTO Nº2 MEMORIA	

CAPÍTULO 13 – POSIBLES MEJORAS

En este capítulo se detallan algunas mejoras para el proyecto que no han podido ser realizadas por falta de tiempo y/o medios, pero que podrían ser implementadas en el futuro.

13.1 Empleo del transceptor para recibir los datos del emisor

Esta mejora implica un estudio más exhaustivo de la configuración del transceptor CC1101 con el cual podría transmitir al arduino UNO una medida de la potencia con la que se recibe la señal del emisor. De esta manera se podría determinar la distancia a la que se encuentra este emisor.


Con los mismos datos proporcionados por otras dos balizas se podría determinar con una mayor precisión la localización del paciente empleando algún método matemático como podría ser la triangulación.

13.2 Mejora de diseño

Se podría mejorar el diseño del dispositivo emisor sustituyendo el arduino nano por simplemente el microcontrolador y los componentes requeridos para que funcione en nuestra aplicación.

Esta mejora no solo afecta al tamaño que podría tener, el cual se vería reducido considerablemente, sino también repercutiría en un mejor consumo y precio.

El resultado de esto sería similar al de un mando de RF empleado para la apertura y cierre de puertas de garajes. El único impedimento sería la batería la cual habría que sustituir por una de botón, esto disminuiría considerablemente su autonomía.

	Prototipo de sistema de localización y alerta en interiores mediante radio	Página 102 de 186
	DOCUMENTO Nº2 MEMORIA	

13.3 Antena del transmisor y del receptor de RF

Como sujeto de estudio podría encontrarse la antena que emplea el emisor y el receptor, de tal forma que podría investigarse tanto la longitud y la forma que fuera más adecuada para la transmisión de datos.

Esta mejora sumada a la planteada previamente acerca del uso de transceptores podría implicar un ahorro en costes debido al empleo de menos balizas dada la ampliación del campo de acción.

13.4 Empleo de componentes SMD


Empleando este tipo de componentes, resistencias y condensadores, se puede reducir el tamaño del circuito cargador además de reducir el coste de fabricación.


13.5 Mejora de software para detección de caídas

Otra de las posibles mejoras para este proyecto sería el estudio de un sistema mejor y más fiable para la detección de caídas, tanto para el acelerómetro analógico como para el digital. Un sistema que evite la detección en casos de movimientos bruscos o similares.

13.6 Mejora interruptor

En lugar de emplear un triple conmutador, éste puede ser sustituido por un interruptor simple y una serie de diodos o transistores. Con estos componentes se puede crear un sistema que realice la misma función.

	Prototipo de sistema de localización y alerta en interiores mediante radio	Página 103 de 186
	DOCUMENTO Nº2 MEMORIA	

	Prototipo de sistema de localización y alerta en interiores mediante radio	Página 104 de 186
	DOCUMENTO Nº2 MEMORIA	