

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE MADRID**

**ESCUELA POLITECNICA SUPERIOR**



**PROYECTO FIN DE CARRERA**

**TERMINAL TELEFÓNICO USB, CON SISTEMA  
HARDWARE DE IDENTIFICACIÓN**

**David de Lucas Gómez**

**Noviembre 2013**



# **TERMINAL TELEFÓNICO USB, CON SISTEMA HARDWARE DE IDENTIFICACIÓN**

**AUTOR: David de Lucas Gómez**  
**TUTOR: Guillermo González de Rivera**

**HCTLab**  
**Dpto. Tecnología Electrónica y de Comunicaciones**  
**Escuela Politécnica Superior**  
**Universidad Autónoma de Madrid**  
**Noviembre de 2013**



## ***Resumen***

El presente proyecto fin de carrera se enmarca dentro de la colaboración entre los grupos de Investigación HTCLab y DSLab con la startup tecnológica ionIDE. La colaboración tiene como fin el desarrollo e implementación de la plataforma médica ionPAD. Actualmente existe otro proyecto en marcha, encargado del diseño y de la construcción de un concentrador de equipos médicos para facilitar las labores de toma de medidas y registro de datos de cada paciente.

En este proyecto se desarrolla una aplicación, capaz de simular varias funcionalidades de la plataforma ionPAD, que interactúa con el prototipo de un terminal telefónico que incluye sistemas de identificación (RFID y código de barras), también diseñado en este proyecto. Los sistemas de identificación se implementan con el objetivo de identificar a los pacientes y médicos de un hospital de forma automatizada y sencilla.

En primer lugar se realiza un estudio del estado del arte para conocer el funcionamiento de las tecnologías que se emplean en este proyecto. Después, el proyecto se centra en el diseño del prototipo. Esto implica realizar análisis detallados de las alternativas existentes en el mercado con la finalidad de elegir la opción más adecuada.

Posteriormente se desarrolla una aplicación que se comunica con el prototipo diseñado. La aplicación permite simular una llamada telefónica, identificar a los pacientes por medio de un código de barras y a los médicos vía RFID.

Finalmente se evalúa la aplicación elaborada, verificando que incorpora las funcionalidades de llamada e identificación requeridas al inicio del proyecto.

## ***Palabras Claves***

Teléfono, RFID, Códec, USB, Mifare, Sistema de Identificación, Tag, Etiqueta, Audio, Tasa de Muestreo, Host, Driver, Hub, C++, Codificación



## ***Abstract***

This Project forms part of a partnership between the HTCLab and DSLab research groups and the startup ionIDE. This partnership's main purpose is to develop and implement a medical platform called ionPAD. Currently, there is another project under way to design and build a medical equipment hub which is supposed to simplify the way a doctor measures and stores vital signs.

In this project, we develop an application to emulate part of ionPAD's features. This application is used to control a telephone prototype. This prototype, which is also designed in this project, uses RFID and barcode identification systems to allow patients and doctors to be identified in a more automatized and simplified way.

First, we carried out a research on the state of the art in order to provide an overview of all the technologies deployed in this project. Afterwards the project focuses on designing the prototype by selecting the best option based on a detailed analysis of the market. The Host and the prototype communicate via an application developed specifically for this purpose. Through this application a phone call can be simulated and patients and doctors can be identified using a barcode and a RFID tag.

Finally, the application is evaluated to verify that all the project's initial requirements are met.

## ***Keywords***

Telephone, RFID, Codec, USB, Mifare, Identification System, Tag, Audio, Sampling rate, Host, Driver, Hub, C++, Codification



## *Agradecimientos*

Quiero empezar dando las gracias a mi familia y en especial a mis padres por toda la confianza que siempre han depositado en mí. Gracias por servirme de ejemplo durante toda mi vida y por inculcarme que los objetivos se consiguen a base de esfuerzo, honradez y humildad. Muchas gracias a mi hermana, Patricia, por ser como es y por apoyarme en todo momento.

También me gustaría dar las gracias a mi tutor, Guillermo González de Rivera, por brindarme la oportunidad de realizar este proyecto. Gracias por haberme dado las ideas y las herramientas necesarias para la elaboración de este proyecto.

No quiero olvidarme de mis compañeros y amigos de clase durante estos años, especialmente de los más próximos. Mención aparte merecen Mario y Juanma, con los cuales he compartido muchas prácticas y momentos de sufrimiento.

Quiero agradecer de forma especial a mis amigos de toda la vida por la confianza que siempre han depositado en mí y por su apoyo incansable. Gracias por los momentos inolvidables que hemos vivido a lo largo de estos años que también han ayudado a desconectar de los estudios.

Por último, quiero dar las gracias a todas las personas que se han cruzado conmigo a lo largo de estos años y de una forma u otra han contribuido a llegar a este punto de mi vida.



# INDICE DE CONTENIDOS

1	Introducción.....	1
1.1	Motivación.....	3
1.2	Objetivos.....	5
1.3	Organización de la memoria.....	6
2	Estado del arte.....	7
2.1	Introducción.....	9
2.2	Tecnología RFID .....	10
2.2.1	Funcionamiento de un Sistema RFID.....	10
2.2.2	Frecuencias de los Principales Sistemas RFID .....	10
2.2.3	Tag RFID .....	11
2.2.4	Lector RFID.....	13
2.2.5	Aplicaciones.....	14
2.3	Audio CODEC .....	17
2.3.1	Aplicaciones.....	18
2.3.2	Clasificación .....	18
2.3.2.1	Método de Codificación .....	19
2.3.2.2	Número de Canales .....	20
2.3.2.3	Capacidad de Recuperar la Señal .....	20
2.3.3	Codecs Comerciales.....	21
2.4	Código de Barras.....	22
2.4.1	Estructura .....	22
2.4.2	Tipos de Códigos de Barras.....	23
2.4.3	Escaneros.....	24
2.4.4	Aplicaciones.....	25
2.5	Protocolo USB.....	27
2.5.1	Clasificación .....	27
2.5.2	Compatibilidad y Conectores USB.....	29
2.5.3	Convertidores USB.....	31
2.5.4	Funcionamiento del Protocolo USB.....	32
3	Diseño .....	35
3.1	Introducción.....	37
3.2	Aplicación.....	38
3.3	Sistema de Identificación RFID .....	39
3.3.1	Sistemas RFID Activos vs Sistemas RFID Pasivos .....	39
3.3.2	Frecuencias de Operación .....	41
3.3.3	Etiqueta RFID .....	42
3.3.4	Lector RFID.....	43
3.3.5	Conclusiones.....	46
3.4	CODEC de Audio .....	47
3.5	Código de Barras.....	50
3.5.1	Simbología .....	50

3.5.2 Escáner.....	54
3.6 HUB USB .....	56
4 Desarrollo .....	57
4.1 Introducción.....	59
4.2 Arquitectura.....	60
4.3 Configuración de Elementos Hardware.....	62
4.3.1 Modulo de Lectura RFID IB Technology .....	62
4.3.2 Audio CODEC: EVM PCM2900C Texas Instrumetns .....	64
4.3.3 Escaner de Código de Barras: Marson: MT1095 .....	65
4.4 Aplicación.....	68
4.4.1 Entorno de Desarrollo .....	68
4.4.2 Librerías & Drivers .....	68
4.4.3 Funcionalidades.....	69
4.4.4 Desarrollo .....	72
5 Pruebas y Resultados.....	77
5.1 Identificación porCódigo Barras .....	79
5.2 Identificación por Tecnología RFID.....	82
5.3 Simulación de una Llamada .....	85
6 Conclusiones y Trabajo Futuro .....	87
6.1 Conclusiones.....	89
6.2 Trabajo futuro.....	90
Referencias .....	93
Apéndices .....	95
A. Presupuesto.....	97
B. Diagrama de la Aplicación .....	99
C. Pliego de Condiciones.....	101

# INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 1: LOGO DE LA EMPRESA IONIDE .....	3
FIGURA 1 2: EQUIPO DOTADO DE LA PLATAFORMA IONPAD.....	3
FIGURA 2 1: ESQUEMA DE UN SISTEMA RFID .....	10
FIGURA 2 2: ETIQUETA RFID .....	12
FIGURA 2 3: SISTEMA RFID APLICADO AL TELEPEAJE (IZQUIERDA); FUNCIONAMIENTO RFID APLICADO AL TELEPEAJE.....	16
FIGURA 2 4: DIAGRAMA DEL FUNCIONAMIENTO DEL AUDIO CODEC .....	17
FIGURA 2 5: ESTRUCTURA GENERAL DE UN CÓDIGO DE BARRAS .....	23
FIGURA 2 6: CÓDIGOS DE BARRAS BIDIMENSIONALES .....	24
FIGURA 2 7: LOGOTIPO CERTIFICACIÓN ESTÁNDAR USB 1.1 .....	27
FIGURA 2 8: LOGOTIPO CERTIFICACIÓN ESTÁNDAR USB 2.0.....	28
FIGURA 2 9: LOGOTIPO CERTIFICACIÓN ESTÁNDAR USB 3.0.....	28
FIGURA 2 10: CONECTORES USB ESTÁNDAR.....	30
FIGURA 2 11: HUB TÍPICO.....	32
FIGURA 2 12: HILOS USB.....	33
FIGURA 3 1: UNIVERSAL SOCKET BOARD IB TECHNOLOGY.....	44
FIGURA 3 2: DECODIFICADORES RFID.....	45
FIGURA 3 3: LECTOR RFID SL040 .....	45
FIGURA 3 4: PROCESOS DE UN CODIFICADOR PCM.....	48
FIGURA 3 5: PLATAFORMA DE EVALUACIÓN: EVM PCM2900C .....	49
FIGURA 3 6: SIMBOLOGÍA: UNIVERSAL PRODUCT CODE .....	51

FIGURA 3 7: SIMBOLOGÍA: EUROPEAN ARTICLE NUMBER.....	52
FIGURA 3 8: SIMBOLOGÍA: CODE 39.....	52
FIGURA 3 9: SIMBOLOGÍA: CODE 93.....	53
FIGURA 3 10: SIMBOLOGÍA: CODE 128 .....	53
FIGURA 3 11: SIMBOLOGÍA: POSTNET.....	53
FIGURA 3 12: SIMBOLOGÍA: ENTRELAZADO 2 DE 5.....	54
FIGURA 3 13: ESCANERES DE CÓDIGOS DE BARRAS (IZQUIERDA A DERECHA): MARSON MT1095, METROLOGIC IS4224, CIPHERLAB 1660.....	55
FIGURA 3 14: DIAGRAMA DEL HUB USB2517.....	56
FIGURA 4 1: ESQUEMA DE LA ARQUITECTURA .....	60
FIGURA 4 2: MICRORWD MIFARE.....	62
FIGURA 4 3: MODULO DE LECTURA RFID .....	63
FIGURA 4 4: CONFIGURACIÓN DE LA FRECUENCIA .....	63
FIGURA 4 5: EVM PCM2900C .....	64
FIGURA 4 6: CONECTOR CN002 DE LA PLACA DE EVALUACIÓN.....	65
FIGURA 4 7: CÓDIGO DE BARRAS PARA CONFIGURAR EL LECTOR I.....	65
FIGURA 4 8: CÓDIGO DE BARRAS PARA CONFIGURAR EL LECTOR II.....	66
FIGURA 4 9: CÓDIGO DE BARRAS PARA CONFIGURAR EL LECTOR III.....	66
FIGURA 4 10: CÓDIGO DE BARRAS PARA CONFIGURAR EL LECTOR IV .....	67
FIGURA 4 11: CÓDIGO DE BARRAS PARA CONFIGURAR EL LECTOR V .....	67
FIGURA 4 12: ESCÁNER DE CÓDIGO DE BARRAS MARSON MT1095.....	67
FIGURA 4 13: LOGOTIPO MICROSOFT VISUAL STUDIO .....	68
FIGURA 4 14: VENTANA ESTADO DE LOS DISPOSITIVOS .....	70

FIGURA 4 15: VENTANA MENÚ PRINCIPAL .....	71
FIGURA 4 16: FUNCIÓN CREATEFILE.....	73
FIGURA 4 17: FUNCIÓN WRITEFILE .....	73
FIGURA 4 14: ESTRUCTURA DEL BYTE DE RECONOCIMIENTO .....	74
FIGURA 4 15: FUNCIÓN READFILE .....	74
FIGURA 5 1: BASE DE DATOS DE PACIENTES .....	79
FIGURA 5 2: VENTANA PRINCIPAL DE LA APLICACIÓN .....	79
FIGURA 5 3: NOMBRE DEL PACIENTE .....	80
FIGURA 5 4: PACIENTE NO REGISTRADO .....	80
FIGURA 5 5: PROCESO DE GUARDAR UN PACIENTE .....	81
FIGURA 5 6: BASE DE DATOS ACTUALIZADA .....	81
FIGURA 5 7: BASE DE DATOS DE LOS MÉDICOS DEL HOSPITAL .....	82
FIGURA 5 8: MÉDICO NO REGISTRADO .....	82
FIGURA 5 9: PARTE CENTRAL DE LA VENTANA PRINCIPAL DE LA APLICACIÓN .....	82
FIGURA 5 10: INTRODUCCIÓN DEL NOMBRE DEL MÉDICO I.....	83
FIGURA 5 11: INTRODUCCIÓN DEL NOMBRE DEL MÉDICO II .....	83
FIGURA 5 12: MÉDICO REGISTRADO CORRECTAMENTE .....	83
FIGURA 5 13: BASE DE DATOS ACTUALIZADA .....	83
FIGURA 5 14: IDENTIFICACIÓN DEL MÉDICO DAVID DE LUCAS.....	84
FIGURA 5 15: PARTE IZQUIERDA DE LA VENTANA PRINCIPAL DE LA APLICACIÓNI .....	85
FIGURA 6 1: DISEÑO DE PCB COMO TRABAJO FUTURO.....	91



## INDICE DE TABLAS

TABLA 2 1: FRECUENCIAS DE UN SISTEMA RFID .....	11
TABLA 2 2: TIPOS DE CHIPS .....	13
TABLA 2 3: CODECS COMERCIALES .....	21
TABLA 2 4: TABLA RESUMEN DE CONECTORES USB .....	31
TABLA 3 1: CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS RFID ACTIVOS Y PASIVOS .....	40
TABLA 3 2: FORMATOS MIFARE CLASSIC .....	43
TABLA 3 3: ANÁLISIS DE CODECS DE AUDIO .....	48
TABLA 3 4: ANÁLISIS ESCÁNERES DE CÓDIGOS DE BARRAS .....	55



# **Capítulo 1**

## ***Introducción***



# 1.1 Motivación

El Grupo de Investigación HCTLab de la Universidad Autónoma de Madrid está colaborando activamente con la empresa ionIDe (véase Figura 1-1). Se trata de una empresa de base tecnológica creada como startup que incorpora las capacidades y recursos de I+D de su matriz Quantion. Se dedica al desarrollo de plataformas de vídeo streaming, comunicaciones fijas y móviles, vídeo telefonía, internet y aplicaciones médicas enfocadas exclusivamente al entorno hospitalario.



Figura 1- 1 Logo de la empresa ionIDE

La compañía ionIDE [1] está actualmente desarrollando la plataforma multimedia ionPAD (PAciente y Doctor) que integra aplicaciones de Ocio, gestión médica y adquisición de constantes vitales, para el entorno hospitalario. Además se encuentra dotada de accesibilidad para los usuarios con discapacidades motoras o sensoriales.

El equipo que contiene la plataforma ionPAD (véase Figura 1-2) consta de una pantalla táctil, la cual se instala en cada cama hospitalaria. Dispone de capacidad para su utilización en entornos de tecnologías TriplePlay (datos, voz y televisión). El equipo tiene la finalidad de ser usado por los pacientes y por el personal sanitario.



Figura 1- 2 Equipo dotado de la plataforma ionPAD

El Grupo HCTLab, junto con el Grupo DSLab, colabora en el desarrollo e implementación de dicha plataforma. Actualmente se encarga del diseño y construcción de un concentrador de equipos médicos que facilite al personal sanitario su labor de toma de medidas y registro de los datos de cada paciente. El paciente ingresado contará con un terminal dotado de ionPAD donde podrá ver la televisión y acceder a diferentes servicios mediante Internet. Este terminal será el utilizado por el médico para visualizar las distintas pruebas médicas que consten en su expediente.

## 1.2 Objetivos

---

El objetivo de este Proyecto Fin de Carrera es el desarrollo de un terminal telefónico USB, que se conectará al ionPAD (dispositivo explicado con antelación), capaz de identificar al paciente por medio de un código de barras y a los médicos mediante el uso de la tecnología RFID. Adicionalmente se implementa el dispositivo de audio para el micrófono y el auricular del teléfono.

En este proyecto se pretende:

- Realizar un estudio del estado del arte de terminales telefónicos USB y de los sistemas de identificación que se pretenden emplear, atendiendo a los distintos actuadores y ejemplos existentes.
- Elegir los materiales necesarios para la implementación de un terminal telefónico con sistema Hardware de identificación atendiendo a una serie de restricciones, tanto de presupuesto como de materiales y diseño.
- Diseñar un prototipo del terminal telefónico con sistema Hardware de identificación.
- Desarrollar una aplicación que sea capaz de controlar el prototipo diseñado y ofrecer las siguientes funcionalidades:
  - Simular el funcionamiento de un teléfono durante una llamada.
  - Identificar a los médicos por medio de la tecnología RFID
  - Identificar a los pacientes utilizando un escáner de código de barras
- Escribir y documentar el desarrollo del proyecto

## 1.3 Organización de la Memoria

---

La memoria se ha dividido en los siguientes capítulos:

- **Capítulo 1:** Se explica la motivación y el objetivo de este proyecto.
- **Capítulo 2:** Se realiza un estudio del estado del arte de las tecnologías implementadas en este proyecto.
- **Capítulo 3:** Se centra en el diseño del proyecto. En este apartado se eligen los elementos hardware que se utilizan en el proyecto.
- **Capítulo 4:** Se realiza una descripción detallada del desarrollo del proyecto. Se explica cada aspecto del proyecto de forma separada.
- **Capítulo 5:** Se evalúa el funcionamiento del proyecto realizando unas pruebas determinadas.
- **Capítulo 6:** Se exponen las conclusiones del proyecto y las líneas futuras de trabajo relacionadas con el proyecto realizado.

## **Capítulo 2**

### ***Estado del Arte***



## 2.1 Introducción

---

En esta parte de la memoria se presentan las tecnologías en las que se basa el proyecto. Se divide en cuatro apartados: tecnología RFID, CODECs de audio, códigos de barras y protocolo USB.

Primero se introduce la tecnología RFID con el fin de profundizar más en el conocimiento de este tipo de sistemas. Se explican los diferentes elementos que componen dicho sistema así como las diversas aplicaciones que tiene en la actualidad.

En segundo lugar se introducen los códecs de audio, explicando los tipos que existen y la finalidad que tienen en el mercado actual. También se pretende ofrecer una visión de diversos códecs comerciales que están disponibles hoy en día.

El tercer apartado introduce las bases del funcionamiento del código de barras. Se procura que queden claros los diferentes tipos de códigos de barras y escáneres existentes.

Por último, se expone el protocolo de comunicación USB sobre el que se tienen que comunicar los dispositivos. Existen multitud de posibilidades a la hora de implementar dicho protocolo, las cuales serán valoradas en este último epígrafe.

## 2.2 Tecnología RFID

Los sistemas de RFID (Radio Frequency IDentification) se basan en la tecnología inalámbrica que permite, básicamente, la comunicación entre un lector y una etiqueta (Tag). Se trata de un sistema de identificación por radiofrecuencia que utiliza elementos denominados Tags (etiquetas), lectores y antenas [2]. El propósito de dicho sistema es transmitir la identidad de un objeto mediante ondas de radio.

### 2.2.1 *Funcionamiento de un Sistema RFID*

El funcionamiento de un sistema RFID es bastante sencillo. El lector RFID envía una serie de ondas de radiofrecuencia al Tag RFID (véase Figura 2-1). Dichas ondas son captadas por la antena de la etiqueta RFID activando su microchip, el cual, usando la antena del TAG y mediante ondas de radiofrecuencia, transmite al lector la información que tenga en su memoria. Finalmente, el lector recibe la información que tiene el Tag y lo envía a una base de datos en la que previamente se han registrado las características del producto.

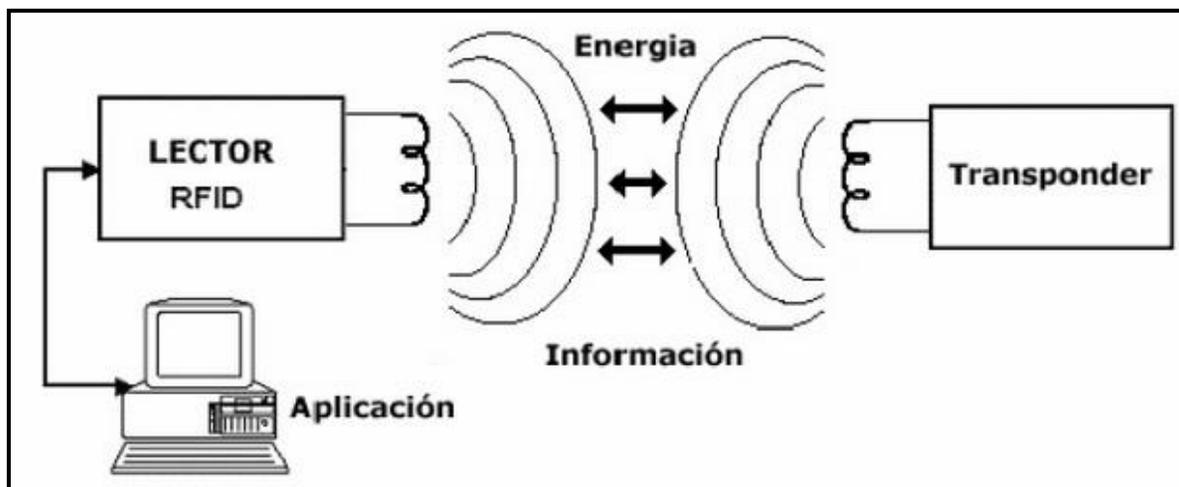


Figura 2- 1 Esquema de un Sistema RFID

### 2.2.2 *Frecuencias de los Principales Sistemas RFID*

Los sistemas RFID se pueden clasificar según el rango de frecuencias en el que operan, es decir, en qué frecuencias se comunica el Tag RFID con el lector RFID. Elegir el rango de frecuencia es uno de los parámetros de diseño más importante a la hora de crear un sistema RFID y se deberá adecuar a la aplicación diseñada. Una mayor frecuencia suele significar una mayor velocidad en la transmisión de datos, aunque también encarece el precio del sistema.

La inmensa mayoría de productos que se encuentran actualmente en el mercado usando la tecnología RFID y un gran número de los nuevos proyectos operan en los siguientes rangos de frecuencia.

<b>Banda</b>	<i>Baja frecuencia (LF)</i>	<i>Alta frecuencia (HF)</i>	<i>Ultra-alta frecuencia (UHF)</i>	<i>Microondas</i>
<b>Rango de frecuencias</b>	30-300 KHz	3-30MHz	300 MHz-2GHz	2-30GHz
<b>Frecuencias RFID</b>	125-134 KHz	13.56 MHz	868 MHz (Europa) 915 MHz (USA)	2.45 GHz
<b>Distancias Tags pasivos</b>	<0.5m	Hasta 2m	6m	<i>Tags Pasivos no habitual (Activos: &gt;100m)</i>
<b>Velocidad</b>	<1kbps	25kbps	Hasta 640kbps	-
<b>Ventajas</b>	Buen comportamiento con metal y agua	Buena velocidad, rango de distancia y capacidad anticolidión	Muy alta velocidad (600 tags/s)	-
<b>Inconvenientes</b>	Baja velocidad, poca capacidad anticolidión, corta distancia	Peor comportamiento con agua y metales	Alta sensibilidad al metal y al agua	-
<b>Uso habitual</b>	Coches, ID animal, controles de acceso	Accesos y seguridad, pasaporte, smart cards	Logística	Activos: autopistas, contenedores

Tabla 2- 1 Frecuencias de un Sistema RFID

### 2.2.3 Tag RFID

El tag RFID, también denominado etiqueta RFID o transpondedor, es un dispositivo de pequeño tamaño que puede ser adherido a un producto, animal, persona, etc. de forma similar a una pegatina. Un tag (véase Figura 2-2) está compuesto por un chip y una antena.

El chip almacena un número de identificación, es decir una especie de matrícula única de dicho producto. Cada objeto tendrá un código único que lo diferenciará e identificará no sólo de otros tipos de productos, sino de productos del mismo tipo. El tamaño de las antenas, al contrario que el de los chips, no es tan pequeño. Necesitan ser lo suficientemente grandes como para captar la señal emitida por el lector.

Las antenas son fabricadas con cobre, aluminio u otros materiales utilizando técnicas de disposición de materiales similares a la inyección de tinta sobre una hoja. La cantidad de material conductor utilizado y el tamaño de la antena determinan la sensibilidad de una etiqueta. La sensibilidad del tag es crucial para obtener buenos rangos de lectura y minimizar la influencia de los materiales a los que son aplicadas las etiquetas inteligentes [3].

Una etiqueta es capaz de almacenar tanto la información necesaria para la identificación como información adicional (fecha de nacimiento, fecha de caducidad, fotos...)

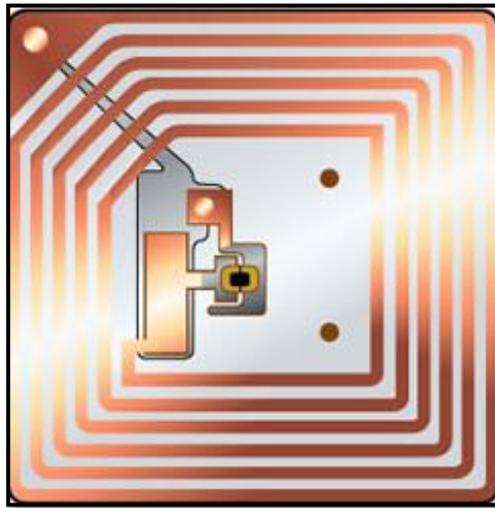


Figura 2- 2 Etiqueta RFID

Existen distintos tipos de etiquetas RFID:

- **Tags Activos**

Poseen su propia fuente autónoma de energía (batería), que utiliza para dar corriente a sus circuitos integrados y propagar su señal al lector. Debido a su fuente de energía son capaces de transmitir señales más potentes que las de los tags pasivos por lo que también son efectivos a distancias mayores pudiendo generar respuestas claras a partir de recepciones débiles (lo contrario que los tags pasivos). Por el contrario, suelen ser mayores en tamaño, más caros y su vida útil es en general mucho más corta.

Los tags activos se usan para aplicaciones de monitorización y localización en tiempo real [4]. Estas etiquetas transmiten información periódicamente enviando un “soy el objeto X y estoy aquí”. Esta información es comunicada a un sistema central.

- **Tags Pasivos**

Son alimentados por medio del campo magnético. La antena recibe el flujo del campo magnético y alimenta al circuito. Cuando el tag recibe la señal del lector, utiliza la energía recibida para responderle al lector con la información solicitada. Los tags pasivos se usan principalmente en aplicaciones de identificación y trazabilidad. Cuando la etiqueta pasiva se aproxima a la antena del lector RFID, el tag se identifica. No son adecuadas para aplicaciones de monitorización y localización porque no tienen la suficiente capacidad para transmitir, a no ser que se aproximen a una antena a pocos centímetros.

Tipo de Tag	Frecuencia	Memoria (bytes)	Baud Rate	Seguridad	Características
<b>Hitag 1</b>	125 KHz	256	Hasta 4k	Si, encriptación de datos	Read/Write
<b>Hitag S256/2048</b>	125 KHz	256	Hasta 4k	Si, encriptación de datos y contraseña	Read/Write
<b>Hitag 2</b>	125 KHz	32	Hasta 4k	Si, intercambio de contraseña	Read/Write
<b>EM4001/4102</b>	125 KHz	8	Hasta 4k	No	Read
<b>MCRF200/123</b>	125 KHz	16	Hasta 4k	No	Read
<b>Mifare 1K Mifare Pro X SmartMX</b>	13.56 MHz	1024	Hasta 106k	Si, multiples Key Codes y encriptación	Read/Write
<b>Mifare 4K</b>	13.56 MHz	4096	Hasta 106k	Si, multiples Key Codes y encriptación	Read/Write
<b>Ultralight</b>	13.56 MHz	64	Hasta 106k	No	Read/Write
<b>ICODE SLI</b>	13.56 MHz	128	Hasta 53k	No	Read/Write

Tabla 2- 2 Tipos de Chips

## 2.2.4 *Lector RFID*

El lector RFID se compone de una antena y un decodificador. El lector envía periódicamente señales para ver si hay alguna etiqueta en sus inmediaciones. Dichas señales transmitirán energía si se utilizan etiquetas pasivas. Cuando capta la señal proveniente de una etiqueta es capaz de obtener la información contenida en su interior.

Existen multitud de lectores RFID en el mercado debido a que, junto a las etiquetas, es uno de los elementos imprescindibles de un sistema RFID. Muchos modelos soportan los mismos protocolos aunque su fabricación y diseño sean completamente distintos. El rendimiento de lectura es una de las características que más distingue a un lector de otro. Otras características a tener en cuenta son el tipo y el número de conexiones con etiquetas que el modelo es capaz de soportar de forma simultánea.

La antena del lector permite el envío de información digital codificada a través de ondas de radiofrecuencia. El circuito receptor que existe en la etiqueta es capaz de detectar el campo modulado, generado por la antena de lector, posteriormente se decodifica la información y usando su propia antena envía una señal con dirección al lector, más débil, a modo de respuesta.

El lector es capaz de realizar multitud de operaciones como puede ser la operación de lectura de su número de identificación, o escribir información de interés en la etiqueta, si ésta lo permite. La información que se obtiene de las etiquetas se transfiere a una aplicación que se encarga de gestionarla.

### 2.2.5 *Aplicaciones*

El uso de la tecnología RFID ha experimentado un progreso espectacular en los últimos años. Los principales campos de aplicación de la tecnología RFID son los siguientes:

- **Logística**

Actualmente, en el sector de la logística [5] se encuentra implantado el uso del código de barras. Sin embargo, el funcionamiento de este sistema requiere que exista una línea de visión para que el código pueda ser leído.

El uso de la tecnología RFID permite tener localizado cualquier producto dentro de la cadena de suministro. Las etiquetas son capaces de ser grabadas por lo que se puede conocer el tiempo que un producto es almacenado y los lugares por donde va pasando. Mediante la implantación de la tecnología RFID se consigue optimizar el manejo de los productos en las cadenas de abastecimiento.

- **Sector Sanitario**

Según un análisis de mercado se estima que en 2016 la inversión en el despliegue RFID en el sector sanitario alcance los 2.1 billones de dólares [6]. Las aplicaciones dentro del ámbito sanitario que pueden contribuir a la proliferación de RFID en este sector son:

- Seguimiento e identificación de pacientes.
- Ayuda a los deficientes visuales.
- Seguimiento de medicamentos para evitar su falsificación.
- Seguimiento de bolsas de sangre.
- Mejora de los flujos de trabajo en los hospitales y centros de salud.

- **Sector transporte**

El uso de los sistemas RFID es muy utilizado en diversas aplicaciones relacionadas con el transporte:

- Es común ver esta tecnología en determinadas autopistas de peaje (véase Figura 2-3). Las tarjetas RFID son leídas mientras los vehículos pasan para disminuir el tráfico causado por las cabinas de peaje. La información de las tarjetas se emplearía para cobrar el peaje de una determinada cuenta [7].
- Las aerolíneas utilizan sistemas RFID para llevar a cabo el seguimiento de equipajes. Es un claro ejemplo de una aplicación que puede reducir costes y tiempo a las compañías aéreas y a los aeropuertos. Se puede sustituir personal si el equipaje es direccionado por toda la cadena mediante sensores que detectan la etiqueta con la información del avión en el cual tiene que ser cargado. Un sistema RFID es mucho más eficaz en esta aplicación que los usados códigos de barras.
- Se ha propuesto la implantación de dispositivos RFID en los pasaportes aunque de momento no se ha llevado a cabo.

- **Sector Seguridad**

Las aplicaciones en este campo son uno de los puntos fuertes de los sistemas RFID. Se trata de sistemas que llevan ya un tiempo usándose en empresas, organizaciones, eventos, recintos o parkings para controlar el acceso al interior.

Es posible mantener un control sobre quien accede a las distintas zonas de un recinto o quien está autorizado a usar las máquinas expendedoras, fotocopiadoras, impresoras, etc. El gran beneficio es la versatilidad de las tarjetas para añadir o disminuir permisos de acceso o para adaptarse a situaciones poco habituales, como visitas o accesos puntuales.



Figura 2- 3 Sistema RFID aplicado al Telepeaje (Izquierda); Funcionamiento RFID aplicado al Telepeaje (Derecha)

## 2.3 Audio Códec

El termino códec es una abreviatura que proviene de codificador-decodificador. Se trata de un dispositivo que es capaz de codificar una señal o un flujo de datos (stream) y recuperarlo o decodificarlo del mismo modo en un formato que se ajuste a cada aplicación.

Un códec de audio es un tipo de códec que es capaz de codificar y decodificar datos auditivos. La codificación y decodificación se implementa en software, hardware o una combinación de ambos.

El funcionamiento [8] de un códec de audio digital se divide en dos etapas:

- **Codificación**

La señal de entrada al códec de audio es analógica. En la codificación se convierte dicha señal en una digital para que se pueda transmitir al receptor. El diseño del codificador deberá tener en cuenta de donde proviene el sonido.

- **Decodificación**

Cuando se quiera escuchar el flujo de datos de audio es necesario volver a transformar la señal digital a una de tipo analógica. En esta etapa es necesario considerar que el audio es escuchado por el oído humano a la hora de tratar de diseñar el decodificador.

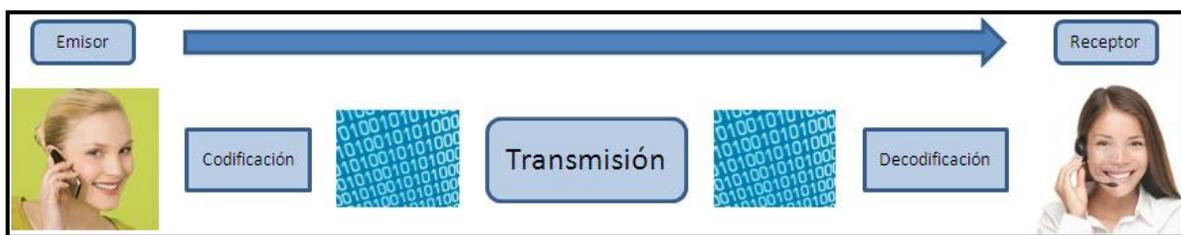


Figura 2- 4 Diagrama del Funcionamiento del Audio Códec

Los objetivos de un códec de audio son:

- Disminuir la cantidad de datos necesarios para representar la señal de audio
- Aumentar la calidad percibida por el destinatario de la señal de audio

Una percepción de mayor calidad implica tasas de información más elevadas. Sin embargo, disminuyendo considerablemente la cantidad de bits que ocupa el flujo de audio, se produce una pérdida casi imperceptible de la calidad. La dificultad a superar es encontrar un punto intermedio entre los dos objetivos, que optimice el uso del códec de audio dependiendo de la aplicación que se le vaya a dar. Cada aplicación necesita un umbral de calidad distinto ya que por ejemplo, es menor la calidad que necesita una llamada telefónica que la que se necesita para la reproducción de música. Hay que tener en cuenta que dicho punto de equilibrio se debe encontrar a un coste razonable.

### 2.3.1 *Aplicaciones*

Se ha mencionado que uno de los objetivos principales de un códec de audio es disminuir la cantidad de datos necesarios para representar una señal de audio. Esta compresión de datos tiene especial relevancia en la transmisión y en el almacenamiento de datos [9].

- **Almacenamiento**

El códec de audio es especialmente útil en dispositivos de reproducción multimedia o de audio almacenado, puesto que a mejor codificación mayor será la compresión y por lo tanto el espacio requerido para almacenarlo es menor. Se utiliza en reproductores de audio digital como reproductores de CD-MP3, reproductores basados en Flash o reproductores basados en disco duro (iPod de Apple, Creative Zen, Commodore eVIC...).

- **Transmisión**

El códec de audio es útil a la hora de enviar información por cualquier tipo de red, puesto que a menor tasa de bits más rápido será el envío. Se utiliza especialmente para videoconferencia y telefonía (IP o celular) y en menor medida para radio digital, podcasts, audio para televisión digital, etc.

### 2.3.2 *Clasificación*

Es cada vez más complejo agrupar los códecs en diferentes categorías debido al constante lanzamiento al mercado de códecs con nuevas funcionalidades. Se pueden clasificar en función determinados factores [10] que se analizan a continuación.

### 2.3.2.1 Método de codificación

Actualmente es posible clasificar los códec en cuatro grandes grupos en función del método de codificación: codificadores perceptuales, codificadores paramétricos, codificadores de forma de onda y codificadores híbridos.

- **Codificadores de Forma de Onda**

Este tipo de codecs tienen como objetivo preservar lo máximo posible las características de la forma de onda de la señal a codificar. Los codificadores de forma de onda operan sin un conocimiento previo de cómo la señal original fue generada. Esto implica que generalmente se diseñan para ser independientes del tipo de señal por lo que funcionan correctamente con todo tipo de señales.

Suelen tratarse de codecs poco complejos. Sin embargo, es necesaria una tasa binaria muy elevada para tener una calidad de señal aceptable. Una forma de reducir la tasa binaria es usar los codecs en combinación con otras técnicas como el enmascaramiento, la redundancia entre distintos canales y la codificación predictiva. Los codificadores PCM (Pulse Code Modulation) y DPCM (Differential Pulse Code Modulation) son ejemplos de codificadores de forma de onda [11].

- **Codificadores Paramétricos**

Se pueden denominar también codecs de fuente o vocoders. Se presupone que la señal de audio es generada usando un modelo controlado por unos parámetros. Los codificadores paramétricos intentan obtener a partir de la señal de entrada los parámetros del modelo usado. Estos parámetros se transmiten al decodificador y la calidad de la señal decodificada depende del modelo usado. La calidad de la señal decodificada es baja para señales que no sean de voz. Los codificadores de predicción lineal (LPC) y los codificadores de predicción lineal de excitación mezclada (MELP) son ejemplos de codificadores paramétricos.

- **Codificadores Híbridos**

Los codificadores híbridos combinan las técnicas empleadas en los codificadores de forma de onda y en los codificadores paramétricos. El objetivo principal de este tipo de codificadores es la obtención de una alta calidad de voz mediante el empleo de tasas de bit reducidas (inferiores a 8kHz). Las técnicas del codificador paramétrico se emplean en la etapa de codificación y las técnicas del codificador de forma de onda se usan en la etapa de decodificación.

- **Codificadores Perceptuales**

Los codificadores perceptuales realizan la codificación basándose en el enmascaramiento y teniendo en cuenta las limitaciones que existen en el sistema auditivo humano. Se intentan introducir ciertos estímulos auditivos para que influyan en la capacidad del cerebro humano para percibir otros estímulos. Este método inevitablemente genera pérdidas en términos de calidad, introduciendo una cierta cantidad de ruido que podría perfectamente caer dentro del rango de la audición humana si se analiza en forma aislada. Sin embargo, la codificación perceptual está diseñada de tal manera que el ruido generado por el codificador cae fuera de los límites de audición humana en presencia de la señal original. Las distintas versiones de MPEG-1, siendo MP3 (MPEG-1 layer3) la más conocida, utilizan este método de codificación.

### *2.3.2.2 Número de canales*

Los codecs se pueden clasificar según el número de canales de los que dispongan. Basándose en este criterio se tienen los siguientes tipos:

- Mono CODECs: compuestos por un solo canal
- Stereo CODECs: compuestos por dos canales
- Multi channel CODECs: formados por múltiples canales

### *2.3.2.3 Capacidad de recuperar la señal*

Los codecs se pueden agrupar atendiendo al criterio de si la señal original se puede recuperar o no después de ser codificada.

- **Codificadores con pérdidas**

Es imposible recuperar la señal original ya que al reducir el tamaño del flujo de datos al codificar se producen pérdidas de información. Dicha pérdida no implica una disminución muy grande de la calidad del audio percibida por el usuario final.

- **Codificadores sin pérdidas**

No es habitual encontrarse con este tipo de CODECs que son capaces de recuperar la señal original. Se usan en aplicaciones de audio de alta calidad donde el tamaño del flujo de bits no es relevante. No es recomendable acumular

codificaciones con pérdidas de forma sucesiva ya que se reduce mucho la calidad del audio.

### 2.3.3 *Codecs Comerciales*

Existen multitud de fabricantes que desarrollan CODECs de audio de diversas características. A continuación se muestran algunos de los codecs más utilizados en el mercado actual [12] [13] [14].

Fabricante	Modelo	ADC/DAC	ADC SNR	DAC SNR	Tasa Muestreo (Max)	Resolución
Texas Instruments	PCM2900C PCM2902C PCM2903C	2/2	89	96	48 KHz	16 bits
Texas Instruments	PCM2912A	1/2	92	92	48 KHz	16 bits
Texas Instruments	PCM2906C	2/2	89	93	48 KHz	16 bits
Analog Devices	SSM2604	2/2	90	100	24 KHz	24
Maxim Integrated	MAX98090	2/2	99	102	96 KHz	24
Maxim Integrated	MAX9860	2/1	83	90	48 KHz	16

Tabla 2- 3 CODECs Comerciales

## 2.4 Código de Barras

---

El uso de código de barras como método para reconocer productos de una forma eficiente tiene ya más de 50 años de antigüedad. La primera patente se registró en octubre de 1952 por los inventores Joseph Woodland, Jordin Johanson y Bernard Silver en Estados Unidos pero no fue hasta principios de 1970 cuando se creó el primer estándar para la identificación de productos. Actualmente, el código de barras está implantado masivamente de forma global.

El código de barras se basa en la representación de un conjunto de líneas paralelas verticales de distinto grosor y espaciado. Este conjunto de líneas son las que en su conjunto contienen la información para la identificación.

La simbología es la relación entre el código y la información que representa. La simbología puede dividirse de dos formas diferentes dependiendo del criterio que se use [15]:

### 1. Continuas o Discretas

**Simbologías continuas:** los caracteres comienzan con un espacio y en el siguiente comienzan con una barra (o viceversa).

**Simbologías discretas:** los caracteres comienzan y terminan con barras y el espacio entre caracteres es ignorado y generalmente de poca anchura.

### 2. Bidimensional o multidimensional

**Simbologías bidimensionales:** las barras pueden ser anchas o estrechas.

**Simbologías multidimensionales:** las barras son múltiplos de una anchura determinada. Se emplean barras con anchura X, 2X, 3X, y 4X.

### 2.4.1 *Estructura*

La estructura general de un código de barras [16] se puede dividir en 4 funciones:

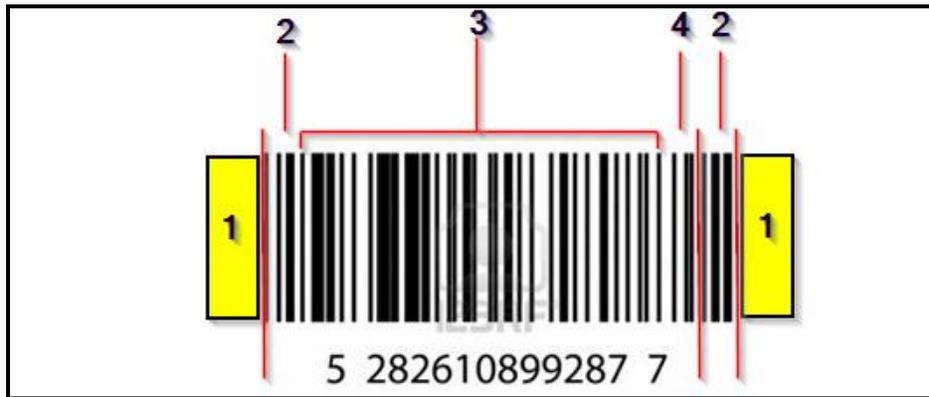


Figura 2- 5 Estructura General de un Código de Barras

1. **Quiet Zone:** zona en blanco que se deja en los extremos del código de barras para distinguir el código correctamente del resto de la superficie.
2. **Caracteres de inicio y terminación:** sirven para señalar el inicio y el final del código de barras.
3. **Caracteres de datos:** se trata de las letras o números que componen el código de barras.
4. **Checksum:** se forma con barras y espacios que se utilizan para validar los caracteres anteriores.

### 2.4.2 Tipos de Códigos de Barras

Los códigos de barras se pueden clasificar en dos grandes grupos [17]:

- **Lineales**

Los códigos lineales se dividen a su vez en cinco clases siendo los más significativos:

1. **Universal Product Code (UPC):** en el estándar de identificación de productos de venta al por menor. Se divide en UPC-A y UPC-E.
2. **European article Number (EAN):** Versión europea del estándar de identificación de productos de venta al por menor.
3. **Código 39:** tiene una baja densidad de información por lo que se requiere más espacio para codificar datos en Code 39 que en Code 128. Tiene un uso difundido en el medio para identificar inventarios y para propósitos de seguimiento en las industrias, es decir esta simbología es actualmente la más usada para aplicaciones industriales y comerciales para uso interno

ya que permite la codificación de caracteres numéricos, letras mayúsculas y algunos símbolos como -, \$, /, +, % y “espacio”. El Código 39 utiliza dos tipos de grosores diferentes.

4. **Código 128:** es un código de barras de alta densidad, usado ampliamente en la industria de envíos y logística cuando el tamaño de la etiqueta es un factor importante. Utiliza cuatro grosores diferentes para los espacios y las barras.
5. **PostNet:** código usado especialmente por EEUU para el manejo del correo
6. **Entrelazado 2 de 5:** excelente para aplicaciones exclusivamente numéricas y es la mejor simbología para lectores de montaje fijo.

- **Bidimensionales**

Los códigos de barras bidimensionales surgen como una alternativa a los lineales ya que permiten un mayor almacenamiento de la información. La información almacenada en este tipo de códigos se realiza en las dos dimensiones del plano, a diferencia de los códigos de barra lineales donde la información se almacenaba en una única dimensión. Esto implica que en una menor región del espacio se pueda almacenar una mayor cantidad de información. Los códigos bidimensionales más conocidos son: PDF 417, QR Code y DataMatrix.

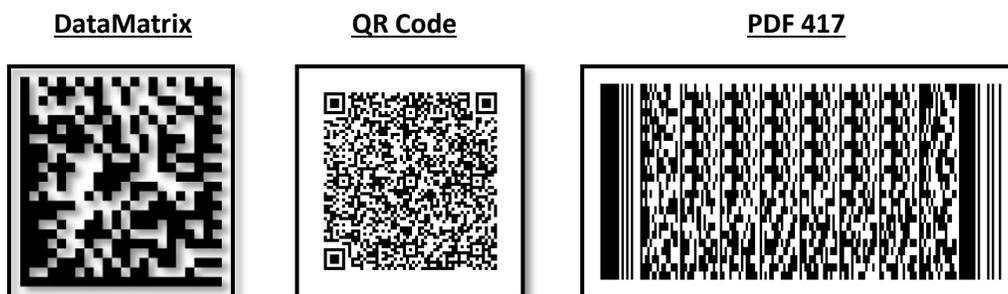


Figura 2- 6 Códigos de Barras Bidimensionales

### 2.4.3 Escáneres

Los escáneres de código de barras se emplean en multitud de situaciones distintas para leer los códigos de barras adheridos a cada producto. La información del artículo relacionado con su código de barras se almacena utilizando un software específico. Es esencial que cada elemento tenga su propio código de barras único. Incluso es posible generar un código de barras utilizando una impresora de código de barras para imprimir el código de un elemento determinado.

Actualmente, los tipos de escáneres de código de barras que más popularidad tienen entre los usuarios son [18]:

### 1. *El analizador de varita*

Se trata del tipo más simple de escáner de código de barras. Tiene forma de una pluma y debe estar en contacto con el código de barras para analizarlo. La luz del escáner se refleja en el código de barras para que el sistema encargado de decodificarlo identifique el producto. Este sistema funciona correctamente la mayor parte del tiempo y en cuanto a precio es el tipo más barato.

La desventaja del analizador de varita es su complejidad cuando se desea operar con él. Si se desea tener éxito en la lectura del código de barras la varita debe ser colocada de una forma perfecta y deslizada a lo largo del código a una velocidad determinada.

### 2. *El escáner CCD*

Los lectores de CCD deben estar en contacto directo con la etiqueta de código de barras para leerlo. La ventaja respecto a la varita es que no se necesita mover el dispositivo sobre el código de barras. Se realiza una fotografía del código de barras para luego ser digitalizado y decodificado por el sistema. Los lectores CCD son más caros que una varita y menos costosos que los escáneres láser.

### 3. *El escáner láser*

Este tipo de escáner analiza por medio de un rayo de luz las etiquetas de código de barras de una forma mucho más rápida y precisa que los demás tipos. Un aspecto a resaltar es que se puede leer el código sin estar en contacto directo con él.

## 2.4.4 *Aplicaciones*

El uso del código de barras forma parte de la cultura de cualquier civilización moderna. Esta tecnología se utiliza en multitud de sectores entre los que destacan:

- Sector empresarial: Los negocios se benefician de esta tecnología ya que permite organizar una gran cantidad de datos. Su uso es muy común en todo tipo de tiendas de todo el mundo ya que ayudan a mantener un control del inventario y a facilitar el proceso de cobro.

- Sector sanitario: Esta tecnología es ampliamente utilizada en el sector hospitalario para la identificación de pacientes y el control de los medicamentos.
- Sector transporte: Este sector requiere un ritmo rápido y una precisión perfecta sin elevar los costes significativamente. Por ello se utiliza el código de barras para el control de equipaje, servicio postal, etc.

## 2.5 Protocolo USB

---

El USB o Universal Serial Bus es un estándar que define los cables, conectores y protocolos usados en un bus para conectar, comunicar y proveer de alimentación eléctrica entre ordenadores, periféricos y dispositivos electrónicos [19].

El estándar fue desarrollado por empresas líderes del sector de las telecomunicaciones y de los ordenadores:

- Intel
- IBM
- Northern Telecom
- Compaq
- Microsoft
- Digital Equipment Corporation
- NEC

El USB se introdujo en el mercado de los PCs y periféricos para mejorar las lentas interfaces serie (RS-232) y paralelo.

### 2.5.1 Clasificación

Los dispositivos USB se pueden clasificar según su velocidad de transferencia de datos:

- **USB 1.1 (Full Speed)**

Es la primera versión que fue ampliamente adoptada cuando se lanzó al mercado en Agosto de 1998. La tasa de transferencia va desde 1,5 Mbit/s (188 kB/s) hasta 12 Mbit/s (1,5 MB/s). Es utilizado en su mayor parte por dispositivos de interfaz humana (Human Interface Devices) como los teclados, los ratones (mouse), las cámaras web, etc. La comunicación es half-duplex siendo el Host el que controla el sentido de la comunicación. Estos dispositivos dividen el ancho de banda de la conexión USB entre ellos, basados en un algoritmo de impedancias LIFO. Los dispositivos certificados por el estándar USB 1.1 llevan el siguiente logotipo:



Figura 2- 7 Logotipo Certificación Estándar USB 1.1

- **USB 2.0(Hi-Speed)**

La velocidad de transmisión es de hasta 480 Mbit/s (60 MB/s) aunque en la práctica la velocidad está limitada a 280 Mbit/s (35 MB/s). Este tipo de puerto está formado por 4 líneas: 2 para alimentación y 2 para datos. Por lo tanto la comunicación es half duplex siendo el Host el que controla el sentido de la comunicación. Cabe también destacar que USB 2.0 nunca llegará a reemplazar completamente a USB 1.1, ya que existen algunos tipos de dispositivos, como los dispositivos de interfaz humana (human interface devices) (HID) (teclados, ratones y joysticks) que no requieren las altas velocidades que alcanza esta versión. Los dispositivos certificados por el estándar USB 2.0 llevan el siguiente logotipo:



Figura 2- 8 Logotipo Certificación Estándar USB 2.0

- **USB 3.0 (Superalta velocidad)**

En octubre de 2009 se lanzó al mercado la primera placa base con puertos USB 3.0. La característica diferenciadora es que velocidad de transmisión es 10 veces superior a la del USB2.0 siendo posible alcanzar tasas de hasta 4.8 Gbit/s (600 MB/s). La existencia de 5 líneas permite que la comunicación sea full dúplex ya que 2 se utilizan para enviar, 2 para recibir y una para suministrar corriente. A su vez el puerto USB 3.0 es capaz de detectar los dispositivos conectados que llevan un tiempo en desuso. Dichos dispositivos pasan directamente al estado de bajo consumo. Los dispositivos certificados por el estándar USB 3.0 llevan el siguiente logotipo:



Figura 2- 9 Logotipo Certificación Estándar USB 3.0

## 2.5.2 *Compatibilidad y Conectores USB*

La compatibilidad entre los puertos USB 1.0, 1.1, 2.0 y 3.0 está garantizada. Los dispositivos USB 3.0 se pueden conectar en puertos USB 2.0 y viceversa. Sin embargo, el uso de un dispositivo USB en un puerto USB de menor velocidad limitará la velocidad de transferencia a la del puerto de menor velocidad.

Se ha conseguido maximizar la compatibilidad entre los conectores USB de todas las compañías debido a las amplias tolerancias mecánicas del estándar USB. Los cables USB transportan datos y también corriente eléctrica, por ello es posible conectar un pendrive, un disco externo o un adaptador Bluetooth a un ordenador y hacerlo funcionar sin necesidad de una fuente de alimentación externa. Debido a esta importante característica, se estableció el esquema de conectores diferentes A/B, para prevenir que una conexión inadecuada por parte del usuario provocara accidentalmente la creación de un circuito eléctrico, situación que posiblemente freiría literalmente los puertos y parte de la placa base de un equipo informático.

Básicamente, el estándar USB se divide en dos tipos [20], el Tipo A y el Tipo B:

- **Tipo A**

Se trata del conector más conocido y reconocido. Su forma es la de un rectángulo aplanado con conexiones internas. Solo existe una manera de conectarlo para evitar circuitos erróneos. Es conveniente diferenciar también las modalidades macho y hembra siendo los conectores hembra los que se pueden observar en cualquier dispositivo (PC, cámara de fotos, etc.). Los conectores macho se pueden localizar en el extremo del cable que se enchufa a cualquier dispositivo vía USB. Existen conectores USB Tipo A macho que sólo disponen de contactos de corriente y tienen los pines de datos anulados. Son muy típicos en conexiones de discos duros externos que necesitan más de un puerto USB para recibir la energía suficiente para funcionar.

Este tipo de conector se utiliza, generalmente, para dispositivos que no requieren demasiado ancho de banda (como el teclado, el ratón, las cámaras Web, etc.)

- **Tipo B**

Los conectores conocidos como tipo B poseen una forma cuadrada y se utilizan principalmente para dispositivos de alta velocidad (discos duros externos, etc.). Suelen ser los conectores que se enchufan al dispositivo que se quiere conectar

con el PC. Existen diversos tipos de conexiones en función de las preferencias o necesidades de cada fabricante y del espacio que tenga para acoplar el puerto al dispositivo externo. Por un lado, existen los llamados Mini USB y, por otro, los denominados Micro USB.

El conector Mini USB es más pequeño que el USB estándar de Tipo A y tiene una forma trapezoidal o rectangular con esquinas achaflanadas, dependiendo de la versión.

El conector Micro USB es muy utilizado últimamente en Smartphones y otros dispositivos de reducidas dimensiones que necesitan de medios de conexión pequeños para ocupar lo menos posible. El Micro USB tiene bastante menos grosor que el Mini USB.

Resumiendo, existen dos tipos de conectores (véase Figura 2-10 y Tabla 2-4), unos son los que generalmente se conectan al PC (Tipo A) y los otros (Tipo B) son los que normalmente se insertan en los dispositivos periféricos (móviles, discos duros, etc.).

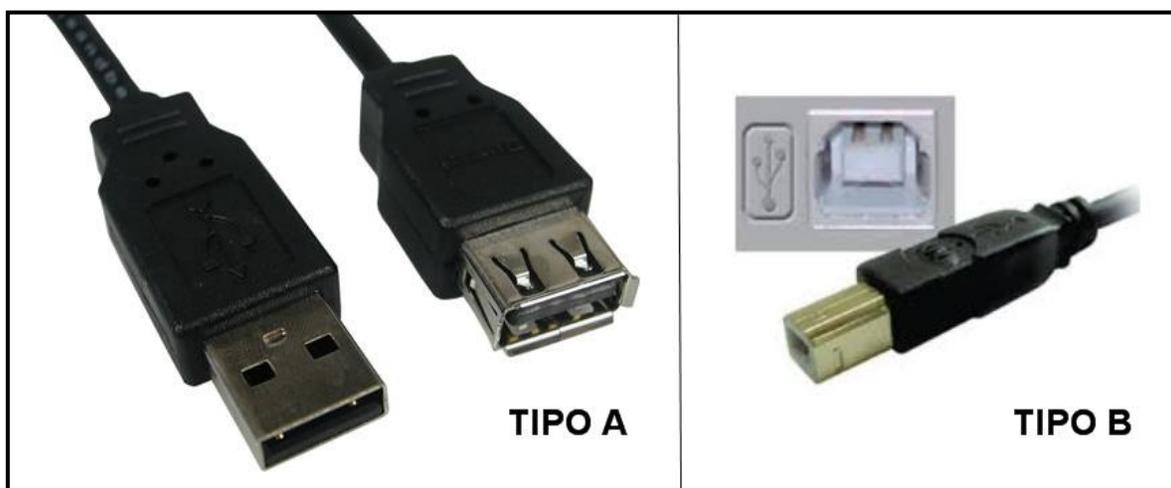


Figura 2- 10 Conectores USB Estándar

	Tipo A		Tipo B	
	Macho	Hembra	Macho	Hembra
USB estándar				
Mini USB 5 pines				
Mini USB 8 pines				
Micro USB				
USB 3.0 estándar				
Micro USB 3.0				

Tabla 2- 4 Tabla Resumen de Conectores USB

### 2.5.3 Conversores USB

La utilización de conversores facilita la conectividad vía USB entre el PC y un hardware. El conversor funciona como una caja negra donde uno de los extremos de la interfaz utilizada es USB y el otro es serial o paralelo, según el conversor en cuestión. De esta forma, para el hardware que se desea conectar es transparente la forma en que los datos llegan al PC. El conversor es visto en general por el PC como un puerto serial y así lo utilizan también las aplicaciones de usuario.

Existe una empresa privada de dispositivos semiconductores conocida por sus siglas FTDI (Future Technology Devices International) que se especializa en tecnología USB. Se encarga del desarrollo, fabricación y soporte de dispositivos y de sus correspondientes controladores de software para la conversión de transmisiones serie a señales USB, con el fin de permitir la compatibilidad entre los distintos dispositivos y las computadoras modernas.

## 2.5.4 Funcionamiento del Protocolo USB

El estándar USB permite a los dispositivos conectarse usando una topología en bus o de estrella. Se utilizan unas cajas denominadas concentradores (Hubs) que se componen de una sola entrada y varias salidas. Existen concentradores activos y pasivos. Los activos suministran energía al dispositivo conectado mientras que en los pasivos la energía es suministrada por el ordenador.

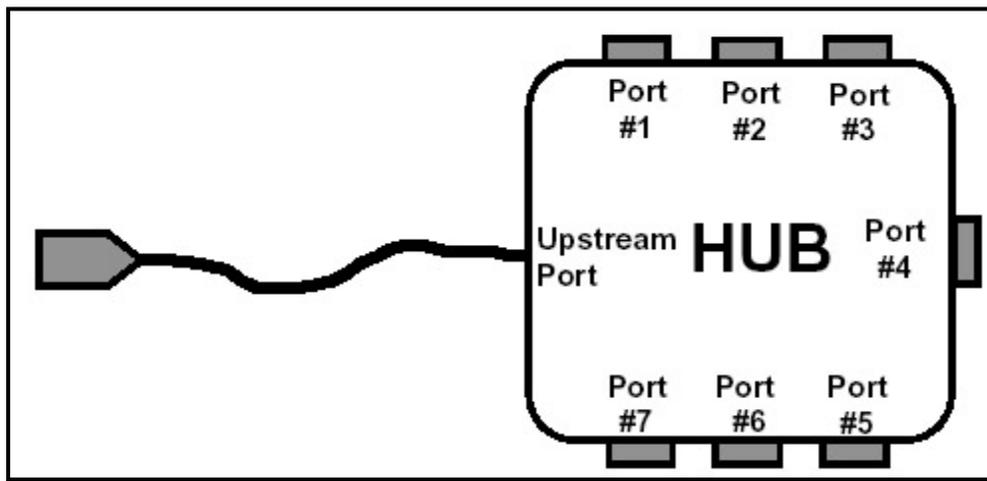


Figura 2- 11 HUB Típico

La comunicación entre el host (equipo) y los dispositivos se lleva a cabo utilizando un protocolo basado en el funcionamiento de la red en anillo. En una red en anillo el ancho de banda se comparte temporalmente entre todos los dispositivos conectados. El host (equipo) emite una señal para comenzar la secuencia cada milisegundo (ms) y durante este intervalo de tiempo se ofrece a cada dispositivo la oportunidad de "hablar". Cuando el host desea comunicarse con un dispositivo, transmite un paquete de datos que contiene la dirección del dispositivo cifrada en 7 bits que designa al dispositivo. Si el dispositivo reconoce su dirección en la red, envía un paquete de datos (entre 8 y 255 bytes) como respuesta. De lo contrario, le pasa el paquete a los otros dispositivos conectados. Estos datos que se intercambian se encuentran cifrados conforme a la codificación NRZI.

Solamente pueden estar conectados 128 dispositivos (2<sup>7</sup>) de forma simultánea a un puerto de estas características ya que la dirección que designa a los dispositivos está compuesta por 7 bits. En la práctica se recomienda reducir esta cifra a 127 debido a que la dirección 0 es una dirección reservada.

Los puertos USB admiten dispositivos Plug and play de conexión en caliente (los dispositivos pueden conectarse sin apagar el equipo). Se puede detectar cuando se está agregando un nuevo elemento al Host gracias a un cambio de tensión entre los hilos D+ y D-. Cuando se produce dicha variación de tensión, el equipo envía una señal de inicialización al dispositivo durante 10 ms y a continuación le suministra corriente eléctrica mediante los hilos GND y VBUS. El dispositivo se apodera temporalmente de la dirección predeterminada (dirección 0) hasta que se le asigna la dirección definitiva (el procedimiento de lista). El equipo se encarga de interrogar a los dispositivos ya conectados para poder conocer sus direcciones y de esta forma asignar una nueva. Una vez que cuenta con todos los requisitos necesarios, el host puede cargar el driver adecuado.

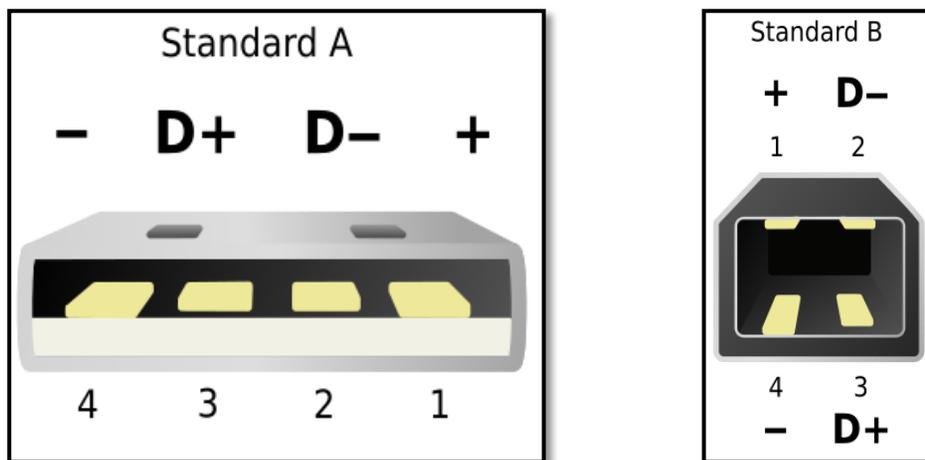


Figura 2- 12 Hilos USB



# **Capítulo 3**

## **Diseño**



## 3.1 Introducción

---

En este apartado se explican las directrices que el proyecto debe seguir. El objetivo es analizar y exponer el diseño del sistema desarrollado en este proyecto.

El proyecto se estructura en las siguientes partes:

- Desarrollo de una aplicación que controle los dispositivos conectados.
- Sistema de Identificación mediante tecnología RFID
- Sistema de Identificación por Código de Barras
- Códec de Audio que realice las funciones propias de un teléfono
- HUB USB donde se conectan los dispositivos hardware

En primer lugar, se describen las funcionalidades que debe incluir la aplicación desarrollada. Posteriormente se deben elegir los materiales que se van a usar ya que de ello dependerá que el sistema funcione de forma óptima. La selección de los materiales se basa en una lista de requisitos que se deben cumplir. Se analizan varias soluciones existentes en el mercado para cada elemento hardware. Por último, se realiza la elección tras el análisis previo realizado.

## 3.2 Aplicación

---

Se requiere desarrollar una aplicación que controle e interactúe con los elementos hardware que se han mencionado a lo largo de esta memoria: códec de audio, sistema RFID y lector de códigos de barras. El diseño de esta aplicación debe realizarse pensando en las funcionalidades y requisitos que debe tener.

La aplicación debe comprobar antes que nada que los dispositivos hardware estén conectados y listos para usar. Posteriormente se pasa a la parte funcional de la aplicación que se puede dividir en 3 partes:

- Sistema RFID

La aplicación debe ser diseñada para controlar el acceso de los médicos a los historiales médicos y demás funcionalidades de la plataforma médica. Cada médico lleva una tarjeta RFID para su identificación. La aplicación debe ser capaz de leer las tarjetas RFID que se aproximen al lector RFID y comprobar si se encuentran dentro de una base de datos. Si se encuentra dentro de la base de datos se notifica que se tiene acceso. También debe existir la posibilidad de registrar a un nuevo médico en la base de datos.

- Códec de Audio

El códec de audio es el encargado de llevar a cabo la función básica del teléfono: la llamada. La aplicación tiene que ser capaz de simular una llamada para comprobar el funcionamiento del códec de audio. Una llamada siempre tiene emisor y receptor por lo que las entradas y salidas del códec de audio deben funcionar correctamente. La llamada se debe poder cortar en cualquier momento como si se colgara el teléfono.

- Lector de Códigos de Barras

La aplicación tiene también como objetivo identificar a los pacientes por medio del código de barras. Esta identificación permite acceder al historial médico de los pacientes, bien sea para su lectura o para añadir contenido nuevo de forma automática. El código se encuentra localizado en la pulsera de cada paciente. La aplicación debe realizar la comprobación empleando una base de datos que contiene la relación entre códigos de barras y pacientes.

## 3.3 Sistema de Identificación RFID

---

El propósito del uso de la tecnología RFID en este proyecto es controlar el acceso de los médicos a las funcionalidades de la plataforma médica de la empresa IONIDE. Se trata de dotar a la plataforma de una alta seguridad para que solo los profesionales de la medicina tengan acceso a los historiales médicos de los pacientes, al uso de los aparatos médicos, etc.

Existen multitud de variables a la hora de implementar un sistema RFID de identificación. En primer lugar es necesario definir la frecuencia a la que se quiere operar. En base a dicha frecuencia se escoge el tipo de Tag que se utiliza. Aún con las restricciones anteriores habrá diversas opciones para el lector RFID. Se deben analizar con profundidad todas las posibilidades del mercado para llegar a una decisión final acertada.

### 3.3.1 *Sistemas RFID Activos vs Sistemas RFID Pasivos*

La elección entre el uso de un sistema activo o pasivo condiciona el resto del diseño del sistema RFID por lo que hay que valorar con detenimiento ambas opciones. La principal diferencia entre los dos tipos de sistemas es la inclusión de alimentación en los Tags.

Los sistemas RFID pasivos utilizan la energía de la señal que envía el lector al tag para alimentar al propio tag para que sea capaz de enviar una respuesta con la información solicitada. El rango de lectura no es muy elevado y por eso se suele usar en aplicaciones en las que no se precise que la etiqueta RFID este alejada del lector. Los Tags correspondientes a este tipo de sistemas tienen una gran durabilidad, si el ambiente no es adverso pueden funcionar correctamente hasta 10 años.

Los sistemas RFID activos necesitan que las etiquetas posean su propia fuente de energía que utilizan para dar corriente a sus circuitos integrados y propagar la señal al lector. Gracias a su fuente de energía propia tienen la capacidad de transmitir señales potentes y efectivas a largas distancias, llegando a tener un rango de lectura de hasta 100 metros.

Se realiza un análisis del sistema RFID que se quiere desarrollar en base a los distintos factores que condicionan el uso de un tipo de sistema u otro:

- **Rango de Lectura:** no es necesario que el rango de lectura sea muy amplio debido a que el médico pasará la tarjeta RFID por los alrededores del lector para identificarse.
- **Duración de las etiquetas:** se trata de que las etiquetas duren lo máximo posible sin tener que ser reemplazadas.

- **Coste de las etiquetas RFID:** el tag es el elemento del sistema RFID que más hay que comprar debido a que todo el personal médico tendrá uno. Por lo tanto conviene que el coste sea el menor posible.
- **Coste del lector RFID:** se trata también de un elemento que será encargado en gran cantidad ya que cada sistema necesitara uno. Aun así el número de unidades necesarias es menor al de las etiquetas.
- **Aplicación:** el uso que se quiere obtener del sistema RFID es similar al de un control de acceso de un edificio. La diferencia es que en lugar de abrirse la puerta para que el usuario pase, permite que el médico haga uso de determinadas funciones de la plataforma médica.

Una vez hecho el análisis se ha llegado a la conclusión de que el sistema RFID pasivo es la mejor opción. Aunque el precio del lector RFID es algo más alto que en los sistemas activos esto se compensa con holgura con el precio de las etiquetas RFID, el cual es más de 10 veces menor en los sistemas pasivos. Además los Tags pasivos tienen una mayor durabilidad lo que implica un menor coste a largo plazo.

El análisis que se ha realizado de forma independiente se ve ratificado con las actuales tendencias del mercado. Existen aplicaciones similares a la que se quiere desarrollar que se han diseñado utilizando un sistema RFID pasivo también.

	<b>Activo</b>	<b>Pasivo</b>
<b>Rango de Lectura</b>	Más de 100 metros	Hasta 6 m
<b>Alimentación de Etiqueta</b>	Batería Incluida	No tiene
<b>Duración de la Etiqueta</b>	3-8 años dependiendo de la tasa de broadcast	Hasta 10 años dependiendo del ambiente en el que se encuentre
<b>Coste de la Etiqueta</b>	\$15-50 dependiendo de la cantidad, configuración y empaquetado	\$0.10-4 dependiendo de la cantidad, configuración y empaquetado
<b>Aplicaciones</b>	Monitoreo a tiempo real de inventario	Identificación, control de acceso, control de inventario diario, mensual, trimestral...
<b>Coste de los Lectores</b>	Bajo	Alto

Tabla 3- 1 Características de los Sistemas RFID Activos y Pasivos [21]

### 3.3.2 Frecuencia de Operación

Se trata de uno de los parámetros de diseño más importante cuando se quiere crear un sistema RFID ya que la frecuencia debe adecuarse a la aplicación en cuestión.

Las etiquetas RFID de baja frecuencia y de alta frecuencia se pueden utilizar de forma global sin necesidad de licencia. El rango UHF (Ultra alta frecuencia) tiene múltiples restricciones como pueden ser límites en la energía de transmisión, bandas de frecuencias restringidas al uso militar, etc.

Se ha hecho una preselección de las posibles frecuencias que son aplicables a nuestro modelo. A continuación con dichas frecuencias se ha procedido a realizar un análisis más detallado para decidir cuál es la opción más conveniente:

- Baja Frecuencia

Las etiquetas de baja frecuencia operan en un rango de 120 a 140 KHz. Dentro de dicho rango la frecuencia más utilizada es 125 KHz. Este tipo de tags utiliza una bobina de inducción en vez de una antena.

La velocidad de transmisión es muy baja y solamente puede manejar aplicaciones que requieran lecturas de pequeñas cantidades de datos. La distancia de lectura es inferior a medio metro por lo que la etiqueta debe estar muy cercana al lector para que se pueda leer.

Los Tags de baja frecuencia tienen un buen comportamiento con el agua, la madera, los tejidos y el metal por lo que se suelen utilizar en la identificación de animales, bibliotecas, control de productos que contengan madera (barriles de cerveza)...

- Alta Frecuencia (13.56 MHz):

La frecuencia de operación a alta frecuencia se define a 13.56 MHz. El rango de lectura es inferior a un metro y la velocidad de transmisión es significativamente mayor a los sistemas de baja frecuencia. Una de las aplicaciones más comunes de las etiquetas de alta frecuencia se encuentra en tarjetas inteligentes y control de acceso de personas utilizando un lector de tarjetas de identificación.

En la actualidad, la mayoría de los sistemas RFID dedicados a la identificación de las personas operan a una frecuencia de 13.56 MHz (alta frecuencia). Esto es debido a que la tasa de transmisión es más alta por lo que la identificación se produce de un modo más rápido. También permiten una mayor distancia de lectura que siempre viene bien.

Siguiendo los modelos actuales se ha optado por un sistema RFID que opere a una frecuencia de 13.56 MHz.

### 3.3.3 *Etiqueta RFID*

El sistema RFID que se implementa es pasivo y opera a una frecuencia de 13.56 MHz tal como se ha decidido. Esto implica que las etiquetas que se deben utilizar deben ser pasivas y ser capaces de operar a alta frecuencia. Se ha mencionado con anterioridad que no es necesario que se puedan leer desde grandes distancias.

Se pretende que los médicos dispongan de una tarjeta para la identificación por lo que el material al que se adhiere la etiqueta o tag es un plástico. En principio solo es necesario que se pueda leer la tarjeta sin necesidad de ser escrita. Sin embargo se opta por una etiqueta en la que se pueda escribir también ya que en el futuro puede ser interesante incluir información adicional de los médicos.

También es imprescindible elegir el tipo de chip que va a tener la etiqueta ya que los lectores RFID elegidos deben soportar su funcionamiento. A continuación se analizan los chips más usados en el mercado de alta frecuencia

- **MIFARE**

Mifare es el chip de proximidad que más se ha vendido en los últimos años. Ha tenido un gran éxito al tratarse de un chip de gran velocidad y seguridad que permite una sencilla escritura y lectura. La frecuencia de comunicación que utiliza la norma Mifare ISO 14443A es 13.56 MHz. Cada tarjeta dispone de un número de serie único propio del cada chip.

La frecuencia de comunicación utilizada en la norma Mifare ISO 14443A es de 13,56 Mhz. La tarjeta con chip Mifare es disponible a partir de 1K de memoria. Existe en versión 4K que permite codificar una foto o una huella dactilar para más seguridad.

Existen diversas variantes del chip Mifare [22] que se analizan a continuación:

- **Mifare Classic**

Se trata de tarjetas que se caracterizan por su capacidad de almacenamiento. La memoria se divide en segmentos y bloques dotados de mecanismos de seguridad sencillos para el control de acceso. Tienen una gran fiabilidad y un coste poco elevado por lo que se utilizan en los

sistemas de control de acceso, en los sistemas de identificación corporativa, en el transporte y en la venta de entradas como monedero electrónico, etc. Está disponible en tres formatos:

	<b>Classic 1K</b>	<b>Classic 4K</b>	<b>Classic Mini</b>
<b>Sectores</b>	16	40	5
<b>Bytes Almacenamiento Bruto</b>	1024	4096	320
<b>Bytes Almacenamiento Neto</b>	752	3440	224
<b>Número de Serie</b>	4 & 7 bytes	4 & 7 bytes	4 & 7 bytes

Tabla 3- 2 Formatos MIFARE Classic

- **MIFARE Ultralight**

Se trata de una variante similar a Mifare Classic pero que se utiliza de forma desechable la mayoría de las veces al ser muy barato. Solamente dispone de 512 bits de memoria. Se emplea en los billetes para un correcto control de viajeros.

- **Mifare Desfire**

Es el chip ideal para las tarjetas que necesiten soportar varias aplicaciones. Son tarjetas que se pueden programar para utilizar en múltiples sistemas de transporte, identificación, etc.

• **ICODE**

Se trata de un chip de Philips que opera a una frecuencia de 13.56 MHz. Se utiliza generalmente en aplicaciones de identificación de paquetes y de maletas pero actualmente se puede emplear también para controles de accesos y etiquetamiento de libros en las bibliotecas.

### 3.3.4 *Lector RFID*

Se pretende desarrollar un prototipo de un sistema de identificación RFID por lo que se necesita elegir un módulo de lectura RFID. Se ha decidido usar módulos RFID ya preparados para conocer cómo funciona el chip y asegurar que el funcionamiento de nuestra aplicación es el correcto. Dicho módulo de lectura permite el desarrollo de la aplicación de

identificación RFID sin la preocupación de tener un fallo en la integración del chip de lectura RFID. En un futuro, una vez desarrollada la aplicación y comprobado su funcionamiento se puede pasar a construir la placa que integre al chip y demás dispositivos. Se han seleccionado varios dispositivos de lectura que pueden ser los idóneos para el diseño del sistema RFID de identificación. Se realiza un análisis detallado de sus características a continuación:

- **IB Technology: Universal RFID Socket Board [23]**

El modelo Universal Socket Board de IB Technology (véase Figura 3-1) dispone de una antena y de una interfaz conversora serie a USB para el chip (MicroRWD) de lectura RFID. La placa dispone de 24 pines a los que se conecta el decodificador que conviene para cada aplicación. Se pueden observar los diversos tipos de decodificadores en la Figura 3-2.

Este modelo también proporciona dos tipos de antena que corresponden con dos frecuencias de operación distintas: 125 KHz (antena de cobre) y 13.56 MHz (antena incluida en el PCB). La fuente de alimentación de 5 V se obtiene de la interfaz USB.

La placa RFID puede ser conectada al puerto USB del ordenador mediante el uso del conversor FTDI. Además de esta forma las aplicaciones de Windows pueden comunicarse con el lector por el puerto COM aunque esté conectado al puerto USB.

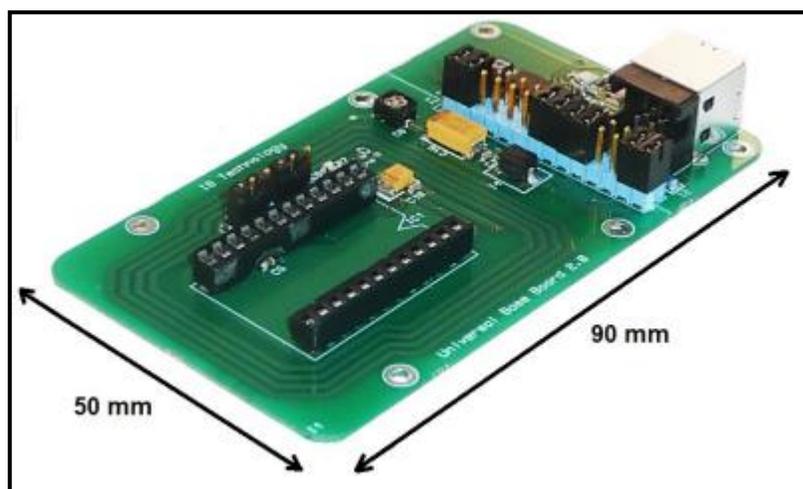


Figura 3- 1Universal Socket Board IB Technology

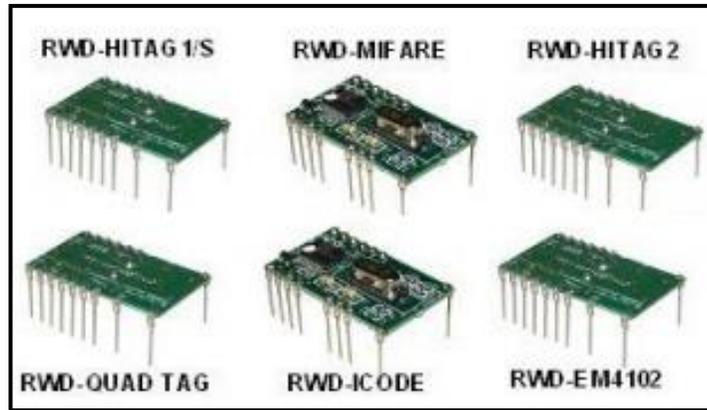


Figura 3- 2 Decodificadores RFID

- **MIFARE™ USB Reader Module SL040 [24]**

El modelo SL040 (véase Figura 3-3) es capaz de leer los números de serie de todas las tarjetas de tipo Mifare y los introduce al ordenador emulando un teclado USB. Solamente permite la lectura por lo que la escritura no es una posibilidad. La frecuencia de operación es única y corresponde con el valor de 13.56 MHz. La interfaz que utiliza es USB y es capaz de leer las siguientes tarjetas: Ultralight, NTAG203, MIFARE Mini, MIFARE™ Classic 1K, MIFARE™ Classic 4K, FM11RF08, \*MIFARE Plus, \*DESFire, \*MIFARE\_ProX.

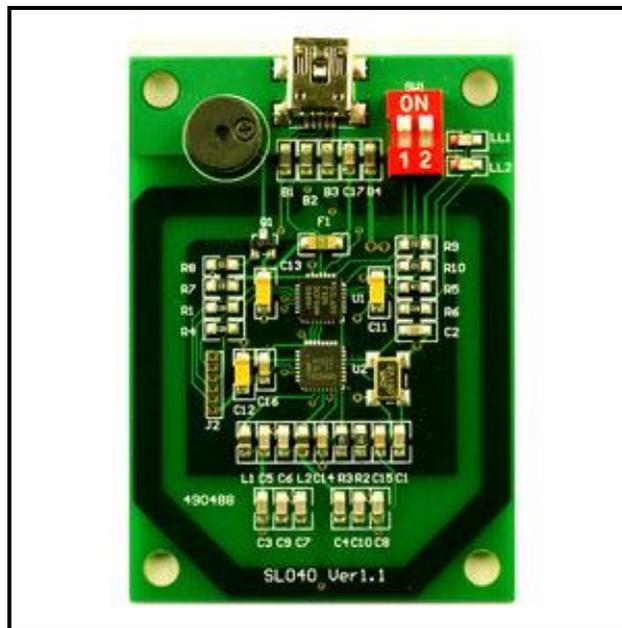


Figura 3- 3 Lector RFID SL040

### 3.3.5 *Conclusiones*

Las dos opciones que se han analizado ofrecen características muy similares por lo que la elección no ha sido trivial. La placa universal de IB Technology es capaz de configurarse para leer diferentes frecuencias y tipos de tarjetas. Sin embargo el modulo de lectura RFID SL040 opera solamente a 13.5 MHz y únicamente lee tarjetas de tipo Mifare. Además no se permite realizar un pedido de una sola unidad del modulo SL040. Por lo tanto la mejor opción para el diseño de nuestro sistema RFID es el uso del modulo de lectura RFID (Universal Socket Board) fabricado por IB Technology.

## 3.4 CODEC de Audio

---

El Códec de audio se utiliza en el proyecto con la finalidad de ser integrado en un sistema de telecomunicaciones: la telefonía. Es importante saber el uso que se le da al códec para poder realizar una elección adecuada.

El códec procesa la voz por lo que hay que estudiar las características de la voz. La inteligibilidad de la voz es cuasi perfecta dentro de un ancho de banda entre 300 y 3400 Hz. Se debe muestrear la señal a una frecuencia al menos dos veces mayor el ancho de banda de la voz para evitar sufrir “aliasing” (Ley de Nyquist). Esto ha obligado a utilizar tradicionalmente una tasa de muestreo de 8 KHz para las señales de voz aunque la tasa mínima necesaria es 6800 Hz.

En telefonía se suelen necesitar 256 intervalos de cuantificación por lo que son necesarias secuencias binarias de al menos 8 bits para representar una muestra cuantificada. Por lo tanto, la tasa binaria mínima a la que se opera es de 64 kbps, calculada a partir de la siguiente ecuación:

$$\textit{Tasa Binaria} = \textit{Número de Bits por muestra} * \textit{Tasa de Muestreo}$$

El objetivo del codificador que se emplea en el proyecto es aumentar la calidad que se percibe de la señal sin tener que aumentar la tasa binaria o reducir la tasa binaria sin que tenga una repercusión negativa en la calidad de la señal. Debido a la pérdida de datos dentro del Códec el audio que se decodifica en casi todos los casos es ligeramente distinto a la señal de voz original. Sin embargo el oído humano es raramente capaz de distinguir esta modificación de la señal.

La modulación por codificación de pulsos (Pulse Code Modulation: PCM) es el método de codificación que se ha decidido que utilice el códec elegido. Un codificador PCM (véase Figura 3-4) consta de tres procesos [25]:

1. **Muestreo:** se toman muestras de la señal analógica a intervalos de tiempo constantes. En este caso se toman 8000 muestras por segundo. Este proceso se denomina PAM: Modulación por Amplitud de Pulsos.
2. **Cuantificación:** consiste en la asignación de un valor discreto dentro de una escala de valores posibles a cada muestra de la señal. Dependiendo del número de bits por muestra que se empleen se tendrán más intervalos o menos en dicha escala. Por ejemplo para 8 bits por muestra se tendrán 256 intervalos y para 16 bits por muestra 2048 intervalos. Un mayor número de intervalos implica una mayor tasa binaria y una mayor calidad.

3. **Codificación:** durante este proceso a cada intervalo de la escala se le asigna un intervalo binario.

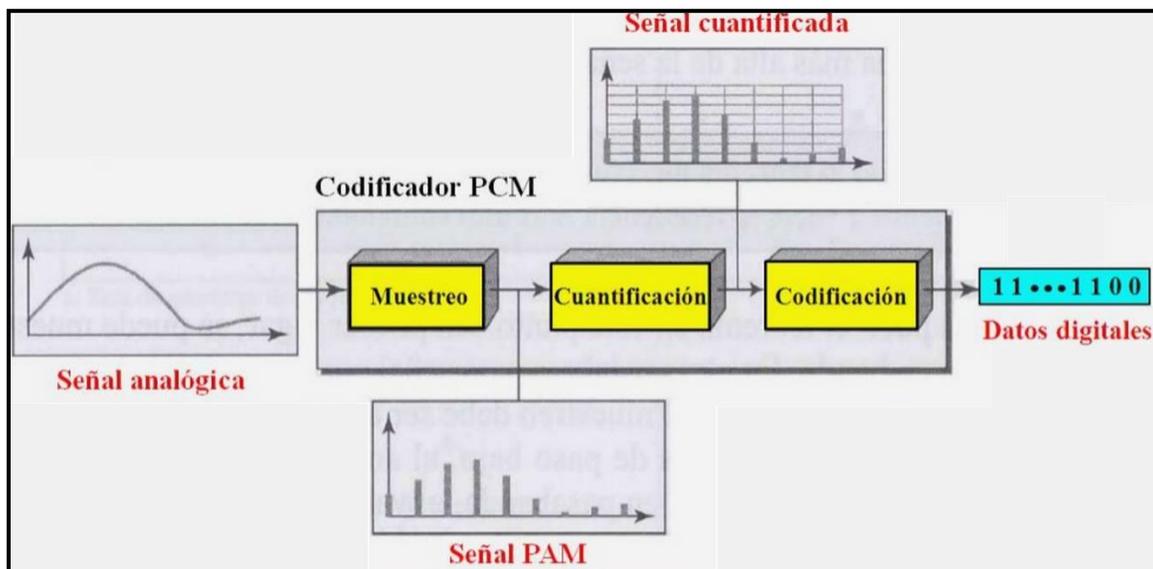


Figura 3- 4 Procesos de un Codificador PCM

La elección del códec a utilizar se ha hecho en base a un análisis más exhaustivo (véase Tabla 3-3) de 3 CODECs comerciales para ver cuál de ellos es más adecuado para el caso que se presenta en este proyecto.

Modelo	PCM2900C/2902C/2903C	UDA1235	MAX9860
Fabricante	Texas Instruments	Philips	Maxim Integrated
Interfaz	USB	USB	USB
ADC/DAC	2/2	2/2	2/1
ADC SNR	89 dB	90 dB	83 dB
DAC SNR	96 dB	95 dB	90 dB
Rango de Muestreo ADC	8-48 KHz	4-48 KHz	8-48 KHz
Rango de Muestreo DAC	32-48 KHz	5- 55 KHz	8-48 KHz
Resolución	16 bits	8/16/24 bits	16 bits
Aplicaciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Interfaz de Audio</li> <li>• Accesorios de Audio</li> <li>• Auriculares</li> <li>• Altavoces</li> <li>• Teléfonos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Altavoces</li> <li>• Micrófonos</li> <li>• Teléfonos</li> <li>• Accesorios de Audio</li> <li>• Contestadoras</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Accesorios de Audio</li> <li>• Auriculares</li> <li>• Teléfonos</li> <li>• Portátiles</li> <li>• GPS</li> </ul>
Plataforma de Evaluación	SI	NO	SI

Tabla 3- 3 Análisis de CODECs de Audio

Se ha decidido utilizar el códec de Audio fabricado por Texas Instruments. Los factores que han influido en la toma de esta decisión son los siguientes:

- Se requiere usar un códec de audio que disponga de una plataforma de evaluación
- La resolución de 16 bits cumple con el requisito de usar al menos una longitud de 8 bits por muestra
- El códec dispone de interfaz USB
- Se puede usar una tasa de muestreo de 8 KHz (mínima) para la voz (ADC) con el fin de reducir el coste computacional sin reducir la calidad de la señal del emisor.
- La tasa de muestreo de lo que se recibe en el teléfono (DAC) puede ser mayor de 8 KHz por lo que permite escuchar la voz proveniente de otro teléfono (tasa mínima necesaria de 8 KHz) y además ofrece la posibilidad de escuchar audios de mayor calidad como pueden ser las canciones o los diversos sonidos provenientes de la plataforma ionPAD.
- El otro códec que dispone de una plataforma de evaluación fabricado por Maxim Integrated tiene unas relaciones señal a ruido peores para la conversión ADC y DAC. Además dicho códec solo tiene una salida DAC en comparación con el de Texas Instruments.

La plataforma de evaluación de Texas Instruments viene por defecto con el modelo de códec PCM2900c (véase Figura 3-5).

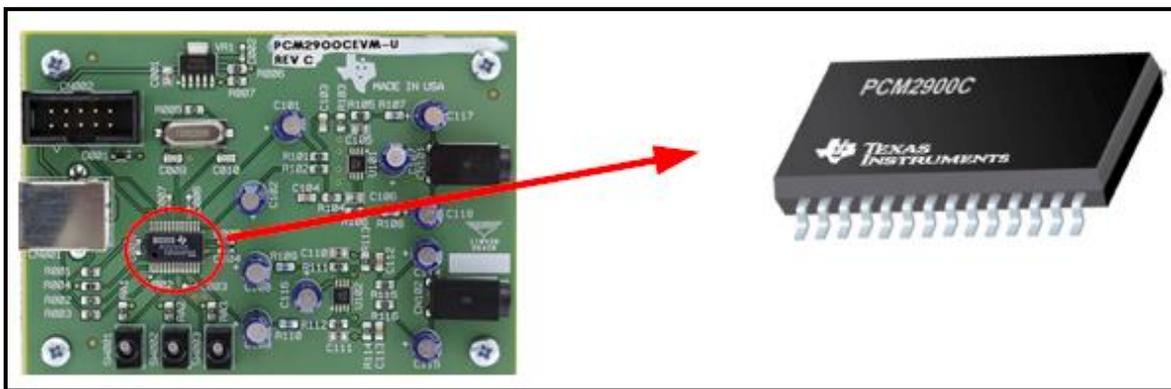


Figura 3- 5 Plataforma de Evaluación: EVM PCM2900C

## 3.5 Código de Barras

---

Se quiere diseñar un lector de código de barras que sirva para identificar a los pacientes de un hospital. La plataforma médica debe ser capaz de reconocer a cada paciente para poder acceder a su historial médico, guardar resultados de pruebas médicas en su historial y demás funcionalidades propias de la plataforma. El código de barras que sirve como medio de identificación se imprime en una pulsera que el paciente lleva durante su ingreso en el hospital.

El diseño del lector código de barras debe tener en cuenta los siguientes factores:

- La simbología del código de barras
- Los distintos escáneres existentes en el mercado actual

### 3.5.1 *Simbología*

El termino simbología se refiere a la forma en la que codifica la información en un código de barras. El tipo de codificación depende de los espacios y las barras que integren el símbolo de código de barras.

Existen muchas simbologías de diferentes tipos que se emplean para aplicaciones muy variadas. Siempre van surgiendo problemas nuevos que las simbologías existentes no pueden resolver. Cuando se da el caso se diseña un nuevo tipo de simbología que satisface las nuevas necesidades y por esta razón existen una gran variedad de simbologías.

La selección de la simbología depende del tipo de aplicación donde se debe emplear el código de barras. El tipo de carácter, numérico o alfanumérico, la longitud de los caracteres, el espacio que debe ocupar el código o la seguridad, son algunos de los factores que determinan la simbología a emplear.

Existen códigos de barras lineales y bidimensionales. La aplicación que va a emplear utiliza códigos de barras lineales ya que son más sencillos y no se requiere que los códigos contengan una elevada cantidad de información.

A continuación se realiza un estudio detallado de los principales códigos de barras lineales para determinar cuál es la simbología que mejor se adapta a la aplicación que se va a usar:

- **Universal Product Code (UPC)**

Se trata del símbolo más utilizado en el comercio minorista de los Estados Unidos. Los símbolos UPC tienen una longitud de doce dígitos:

- **Primer dígito:** se denomina “numero del sistema” e indica generalmente si el producto tiene un peso y tamaño variable o fijo
- **Segundo al sexto dígito:** se utilizan para representar el número del fabricante. Este número es único para cada fabricante y lo asigna un organismo rector.
- **Séptimo al undécimo dígito:** se denomina “número del producto” y es asignado por el fabricante a cada uno de sus productos.
- **Duodécimo dígito:** se emplea para verificar la correcta lectura de los dígitos anteriores. El duodécimo dígito resulta de la aplicación de un algoritmo a los once valores previos.



Figura 3- 6 Simbología: Universal Product Code

- **European Article Number (EAN)**

Se trata de un símbolo creado en Europa pero de aceptación mundial. El código EAN más difundido es EAN-13 y se compone de 13 dígitos, solamente uno más que el símbolo UPC. La estructura del símbolo es la siguiente:

- **Tres primeros dígitos:** se utilizan para identificar al país donde pertenece la empresa.
- **Cuarto al noveno dígito:** se relacionan con la empresa a la que pertenece el producto. Es asignado por la asociación de fabricantes y distribuidores (AECOC)
- **Decimo al duodécimo dígito:** sirven para identificar al producto.
- **Decimotercero dígito:** se utiliza para otorgar seguridad al sistema, el valor se obtiene a partir de un algoritmo que se basa en la cadena de cifras que lo precede.



Figura 3- 7 Simbología: European Article Number

- **Code 39**

Se trata de un tipo de código que surgió ante la necesidad que existía en determinadas industrias por codificar el alfabeto y números en un código de barras. Se suele emplear para controlar el inventario y es la simbología más extendida para el uso interno en la industria y el comercio. El código tiene una longitud variable según el número de caracteres que se quieran incluir. No existe dígito de comprobación al final de la cadena de caracteres. Un gran inconveniente es su baja densidad de información ya que implica una etiqueta de una considerable longitud. Por lo tanto no es la simbología más apropiada para productos pequeños.



Figura 3- 8 Simbología: Code 39

- **Code 93**

Se diseñó en 1982 con el fin de conseguir mayor densidad de datos que en el Code 39. A diferencia de este incluye caracteres de checksum. Sin embargo también es alfa numérico y de longitud variable. Se utilizó primordialmente para dar servicio al sistema de correos canadiense.

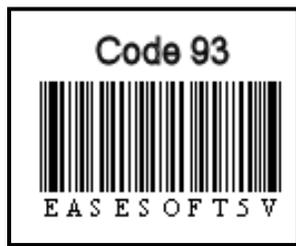


Figura 3- 9 Simbología:  
Code 93

- **Code 128**

Esta simbología se diseñó para mejorar el código Code 39. Se trata de un símbolo mucho más compacto y denso. Esto es clave cuando la etiqueta debe tener un tamaño reducido. También dispone de una selección de caracteres más amplia que la del Code 39. Se utiliza en industrias donde el tamaño de la etiqueta es un factor determinante.



Figura 3- 10  
Simbología: Code 128

- **PostNet**

Se usa exclusivamente en el servicio postal de Estados Unidos para ayudar a procesar de una forma más rápida los paquetes. Mediante su uso se ofrece un mejor servicio postal a los ciudadanos ya que se consigue que el tiempo de entrega sea menor.



Figura 3- 11 Simbología: PostNet

- **Entrelazado 2 de 5**

Se trata de una simbología exclusivamente numérica capaz de codificar cualquier número par de dígitos. Si se quiere codificar un valor impar se soluciona colocando un cero al principio del código. Se suele añadir un carácter de verificación al final de la etiqueta para incrementar la seguridad de lectura. Se utiliza de forma extendida en la industria del almacenaje



Figura 3- 12 Simbología: Entrelazado 2 de 5

Se ha comprobado en este análisis que todos los tipos de simbologías sirven para nuestra aplicación debido a que se trata de asignar una etiqueta única a cada paciente. Todos los tipos de etiquetas cumplen ese requisito. Por lo tanto hay que valorar otros aspectos.

La etiqueta debe ir impresa en las pulseras que llevan puestas los pacientes. Se puede observar en la figura X que las pulseras no son muy amplias y no disponen de espacio suficiente para una etiqueta grande. Esto implica que se debe tener en cuenta el tamaño de la etiqueta como factor fundamental a la hora de elegir el tipo de simbología a usar.

Se ha optado por la simbología Code 128 para diseñar el sistema de identificación por código de barras. El uso de este tipo de etiqueta permite que se pueda imprimir el código en las pulseras sin problema de espacio ya que es muy compacto y denso. Además tiene un valor añadido debido a que es capaz de codificar el alfabeto aparte de los números, ofreciendo múltiples posibilidades.

### **3.5.2 Escáner**

El escáner o lector de código de barras es el elemento fundamental a la hora de diseñar el sistema y hay que valorar todos los detalles con detenimiento para tomar la decisión correcta.

El código de barras debe ser leído de una pulsera, la cual estará en la muñeca de los pacientes, por lo que la lectura debe poder llevarse a cabo sin estar en contacto directo con el código. El tipo de escáner que mejor se ajusta a este requisito es el laser. El escáner laser es el tipo más rápido y preciso del mercado, la lectura se lleva a cabo analizando el código de barras por medio de un rayo de luz.

Se ha desarrollado la Tabla 3-4 para un análisis más detallado de tres escáneres diferentes con el fin de tener la máxima información posible antes de decantarse por un lector u otro.

Fabricante	Modelo	Tamaño (mm)			Simbología Soportada	Velocidad de Escaneo	Interfaz	Peso
		Largo	Ancho	Alto				
Metrologic	IS4225	70	49	24	Todos los estándares de códigos Lineales	52 scans/s	RS232, USB (low speed)	105 g
CipherLab	1660	95	35	20	Todos los estándares de códigos Lineales	100 scans/s	USB	50 g
Marson	MT1095	42	18	13	Todos los estándares de códigos Lineales	240 scans/s	USB (HID)	8.9 g

Tabla 3- 4 Análisis Escáneres de Códigos de Barras

Después de realizar el análisis se ha visto que el **modelo MT1095 del fabricante Marson** es el que más se adecua a los intereses del sistema. Se trata del lector de código de barras más pequeño que se ha encontrado en el mercado y su peso es significativamente menor al resto de escáneres analizados. Estos son dos factores determinantes teniendo en cuenta que debe formar parte de un teléfono.

Su velocidad de escaneo es más rápida que el resto de escáneres aunque esta característica no es decisiva en la elección porque los pacientes se escanearan uno a uno. Soporta la simbología que se ha decidido usar: Code128. Cumple el requisito indispensable de comunicarse vía USB con la aplicación. Tampoco requiere de drivers propios ya que emula el funcionamiento de un teclado HID.



Figura 3- 13 Escaneres de Códigos de Barras (Izquierda a derecha): Marson MT1095, Metrologic IS4224, CipherLab 1660

## 3.6 HUB USB

El HUB USB es necesario para conectar todos los dispositivos hardware a un solo puerto USB. En este caso se ha elegido un HUB para su implementación en la placa PCB que estaba previsto construir en este proyecto. Sin embargo por falta de tiempo se ha realizado solamente un diseño de dicha placa PCB que se detalla mediante un esquemático en el último capítulo de la memoria.

El HUB USB es un elemento simple por lo que la elección de uno de ellos ha sido sencilla. Únicamente debe cumplir el requisito de disponer de más de 5 puertos USB de entrada por si en un futuro se quieren añadir más funcionalidades al terminal telefónico.

Finalmente se ha optado por el HUB USB2517 de la familia SMSC (véase Figura 3-14). Se caracteriza por ser un hub de 7 puertos que soporta dispositivos USB de baja velocidad, alta velocidad y súper alta velocidad. Está compuesto por 64 pines (paquete QFN-64 de 9mm x 9 mm ). Se trata de un hub especialmente diseñado para conectar periféricos con funciones distintas.

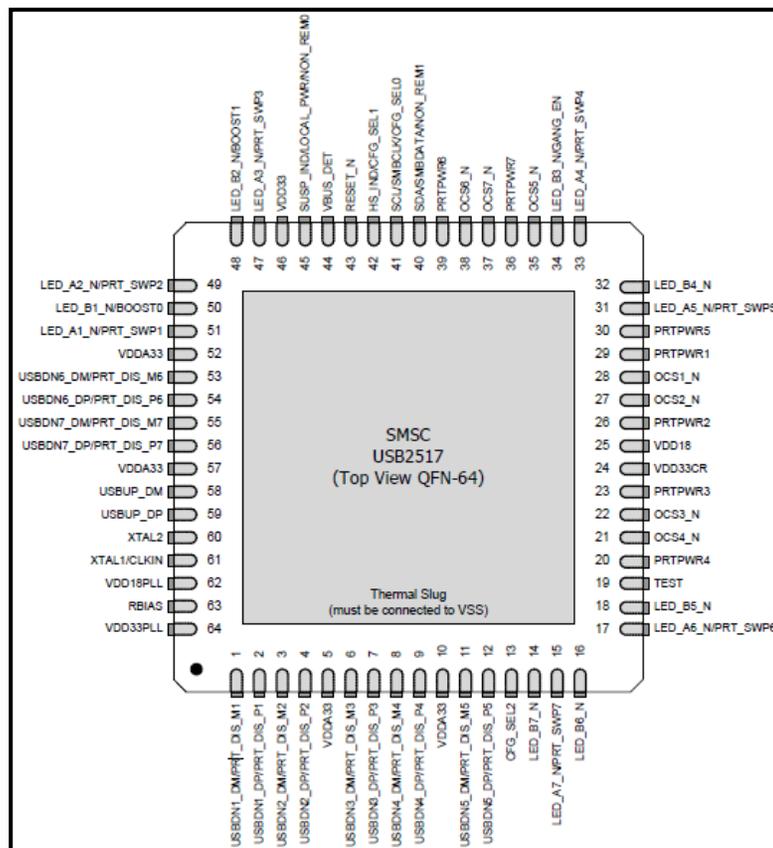


Figura 3- 14 Diagrama del HUB USB2517

# **Capítulo 4**

## **Desarrollo**



## 4.1 Introducción

---

El capítulo 3 se ha centrado en el diseño del teléfono USB con sistemas de identificación. Se han propuesto varias soluciones para las diferentes tecnologías involucradas en el proyecto: sistema RFID, lector de código de barras, códec de audio y HUB USB. También se ha realizado un diseño de la aplicación que se debe desarrollar para controlar todos estos elementos hardware.

En este capítulo se ha comenzado explicando los requisitos que debe cumplir la aplicación que controla todos los dispositivos hardware conectados al ordenador por medio de un HUB USB. A continuación se ha procedido con una explicación detallada de los pasos seguidos para el desarrollo de la aplicación. También se habla de la estructura de la aplicación, del lenguaje de programación usado y de las librerías necesitadas.

Por último se ha considerado importante mostrar el funcionamiento total de la aplicación desde la primera hasta la última funcionalidad.

## 4.2 Arquitectura

La arquitectura del terminal telefónico USB con sistemas hardware de identificación se puede observar en la Figura 4-1 y es esencial para entender el desarrollo del proyecto.

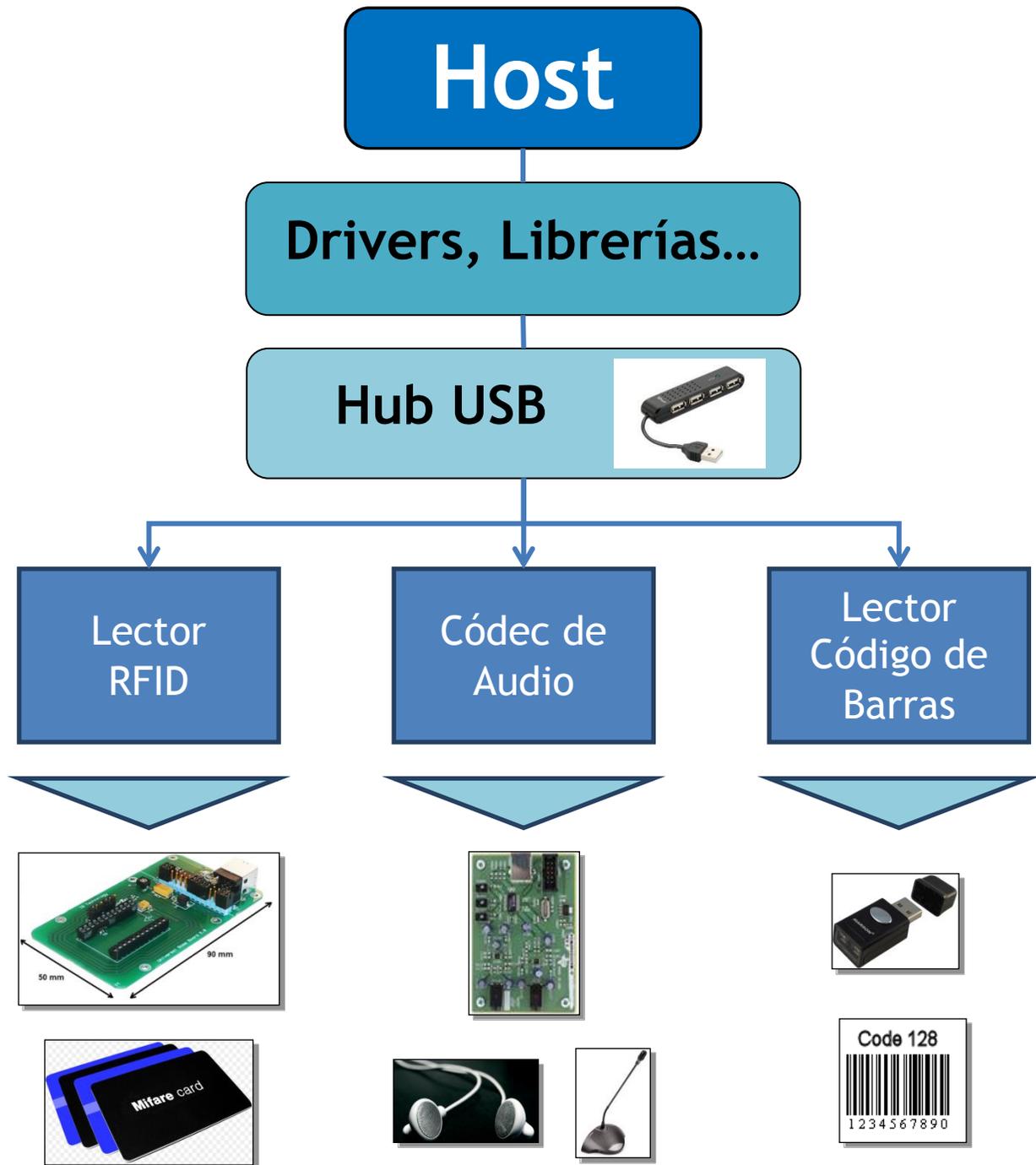


Figura 4- 1 Esquema de la Arquitectura

Los distintos elementos que conforman la arquitectura son:

- **Host:** se trata de la aplicación instalada en el ordenador. Se encarga de proveer los servicios necesarios para que los dispositivos conectados al PC puedan ser utilizados correctamente. Además lleva a cabo el control de los dispositivos hardware conectados al hub USB.
- **Drivers y Librerías:** se trata de un elemento esencial dentro de la arquitectura ya que sin él no funciona el hardware. Permite que el Host pueda interactuar con los periféricos a través del hub USB. Los drivers o controladores de dispositivos son algo parecido a un manual de instrucciones que ofrece indicaciones acerca del control y comunicación de un dispositivo por parte del Host.
- **Hub USB:** es el elemento que permite concentrar múltiples puertos USB, permite la conexión de varios dispositivos USB a un solo puerto USB del ordenador. En este caso permite conectar el códec de audio, el lector de código de barras y el lector RFID al mismo puerto USB del PC.
- **Lector RFID:** es el encargado de leer y decodificar las tarjetas RFID que se aproximen al lector.
- **Lector de Código de Barras:** su función es leer e interpretar los códigos de barras.
- **Códec de Audio:** su función es procesar el sonido de una llamada en un terminal telefónico. Se conecta un micrófono para simular el sonido emitido por uno de los participantes en la llamada y unos auriculares o altavoces para escuchar el sonido que proviene del otro participante en la llamada.

## 4.3 Configuración de Elementos Hardware

La configuración del terminal telefónico USB con sistema hardware de identificación debe realizarse por partes. Cada dispositivo (lector RFID, lector de código de barras y el códec de audio) debe ser configurado previamente antes de ser conectado al hub USB. A continuación se detallan los pasos realizados para configurar los elementos hardware y conseguir el funcionamiento deseado.

### 4.3.1 *Módulo de Lectura RFID: IB Technology*

El lector RFID debe ser configurado mediante los jumpers que se colocan en la placa. El modulo que se utiliza es capaz de operar a dos frecuencias distintas: 125 KHz y 13.56 MHz.

La frecuencia que se ha decidido usar para la implementación del sistema RFID es la correspondiente al valor 13.56 MHz, por lo tanto es necesario unir las conexiones AN3- AN1 y AN4-AN2 situadas en J8 (véase Figura 4-4).

Se requiere que el lector se conecte al ordenador mediante un interfaz USB por lo que se debe colocar un jumper en J4 y J5 para que la placa sea alimentada vía USB. Gracias al conversor FTDI presente en el módulo de lectura, el Host se puede comunicar con el puerto USB como si fuera un puerto serie. Se debe emplear una tasa de 9600 baudios con una longitud de palabra de 8 bits, sin paridad y sin bit de parada. Además las conexiones realizadas en J9 vienen por defecto de fábrica e indican la configuración de potencia y comunicación de la placa. No se debe modificar esta configuración.

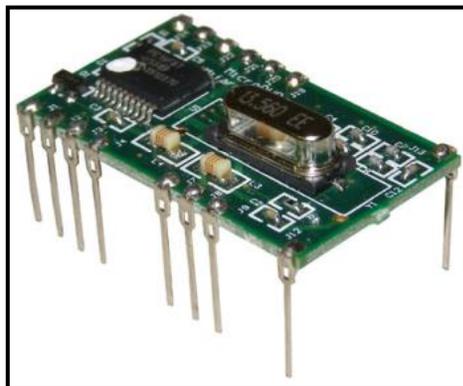


Figura 4- 2 MicroRWD MIFARE

Se debe conectar el chip MicroRWD MIFARE (véase Figura 4-2) a la placa (véase Figura 3) para ser capaz de leer las tarjetas MIFARE 1K que emplean los médicos. Las tarjetas MIFARE

1K tienen un número de serie único. Dicho número es el que se utiliza para llevar a cabo la identificación de los médicos. El número de serie está compuesto por 4 bytes.

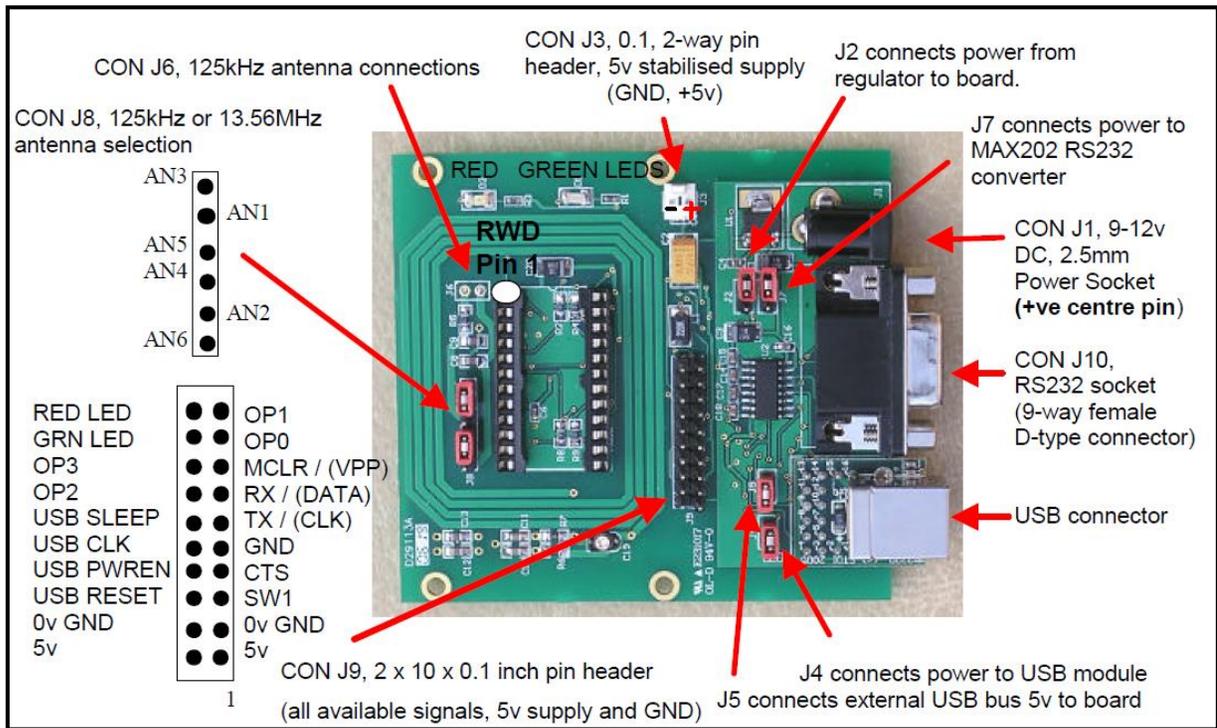


Figura 4- 3 Modulo de Lectura RFID

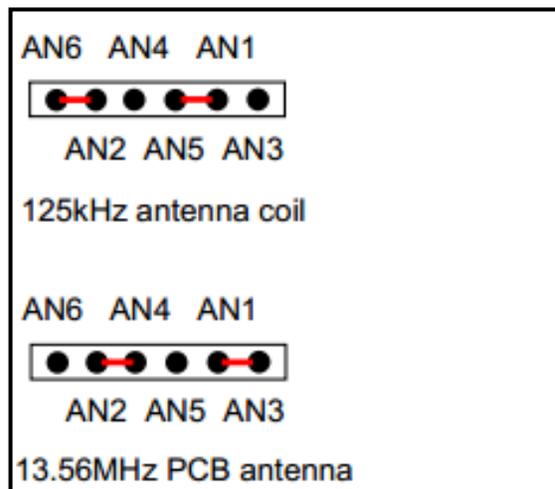


Figura 4- 4 Configuración de Frecuencia

### 4.3.2 Audio Codec: EVM PCM2900C Texas Instruments

La configuración de la placa de evaluación, que contiene el códec de audio PCM2900 (véase Figura 4-5), que viene de fábrica debe ser ligeramente modificada para que funcione correctamente. Se precisa colocar jumpers en el conector CN002 tal como muestra la Figura 4-6.

La placa de evaluación contiene varios conectores e interruptores que conviene explicar con la finalidad de operar el códec de la forma más óptima posible:

- CN001: conector USB tipo B
- CN101: Audio LINE OUT (stereo minijack, 1.98 VPP full scale)
- CN102: Audio LINE IN (stereo minijack, 1.98 VPP full scale)
- SW001: controla el volumen (función MUTE)
- SW002: controla el volumen (sube el volumen)
- SW003: controla el volumen (disminuye el volumen)

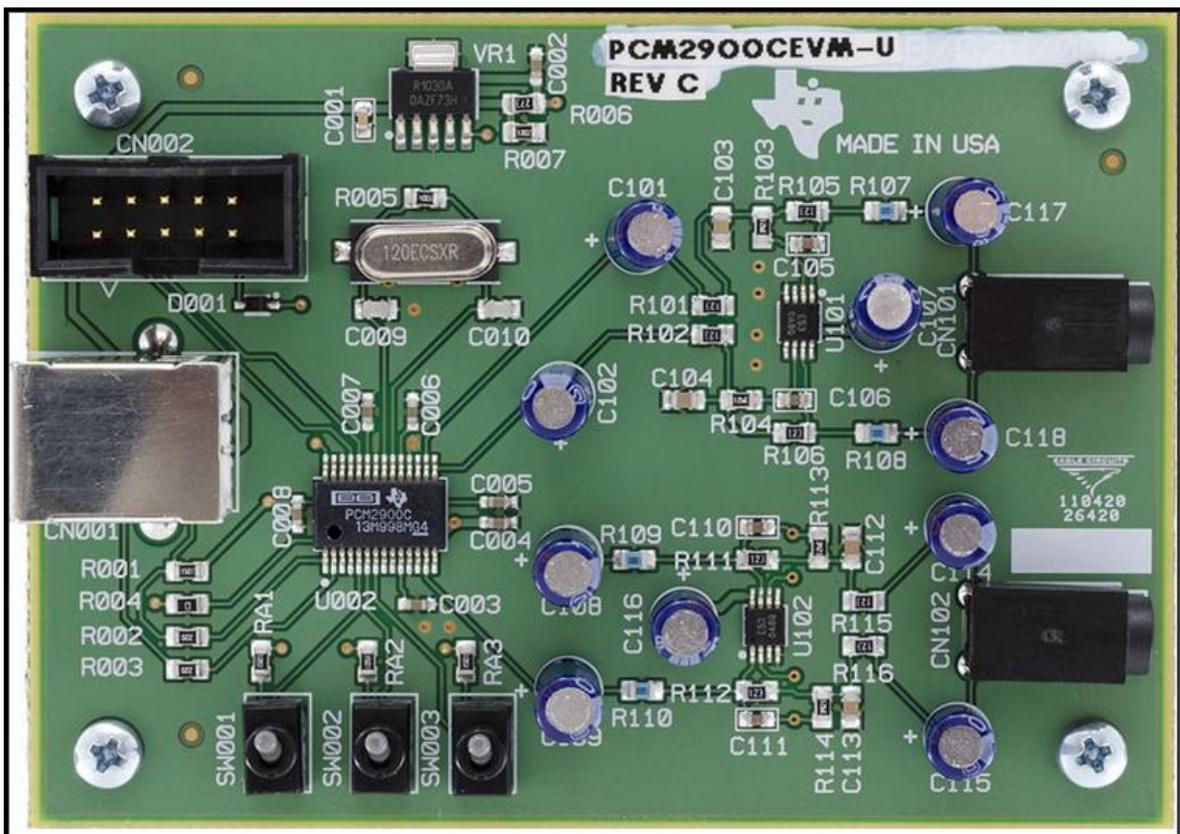


Figura 4- 5 EVM PCM2900C

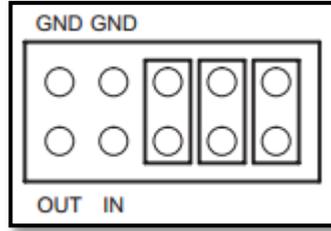


Figura 4- 6 Conector CN002 de la Placa de Evaluación

### 4.3.3 Escáner de Código de Barras: Marson MT1095

El lector de código de barras tiene varias posibilidades a la hora de ser configurado. La primera opción es configurarlo mediante una aplicación que proporciona el fabricante. La otra variante es utilizar unos códigos de barras especiales que vienen en el manual de instalación y que si se escanean son capaces de configurar distintos aspectos relacionados con el lector de código de barras Marson.

Se ha optado por configurar el lector código de barras utilizando el manual de instalación. Permite configurar las siguientes propiedades del lector:

- **Habilitación de Simbologías**

Se puede elegir el tipo de código de barras que se permite que el lector pueda leer. Esto se hace si se quiere limitar la aplicación a un solo tipo de simbología. Se ha optado por escanear el código de barras (véase Figura 4-7) que permite leer todas las simbologías. Esto implica que la aplicación es capaz de leer la simbología CODE128, elegida para nuestro sistema de identificación.



Figura 4- 7 Código de Barras para Configurar el Lector I

- **Interfaz**

La interfaz que debe usar el escáner de código de barras es: USB. Para activar dicha interfaz es necesario que el escáner lea el siguiente código de barras:



Figura 4- 8 Código de Barras para Configurar el Lector II

- **Carácter de Fin de Código**

El escáner a medida que lee el código envía los caracteres a la aplicación como si se estuvieran introduciendo por teclado. Es necesario saber el momento en el que se ha producido la transmisión completa del código para poder proceder a la identificación del paciente.

El escáner ofrece la posibilidad de enviar un carácter específico cuando se ha realizado la lectura completa del código de barras. Se ha configurado el escáner para que introduzca el carácter correspondiente a la pulsación de la tecla ENTER al finalizar la lectura del código de barras. La configuración se ha llevado a cabo escaneando el siguiente código de barras:



Figura 4- 9 Código de Barras para Configurar el Lector III

- **Sonido**

Una propiedad característica del escáner es la posibilidad de emitir un sonido característico (BEEP) cuando se ha leído un código de barras. Existe la opción de desactivar el sonido escaneando la Figura 4-10. Sin embargo se ha querido mantener dicho sonido para poder saber con total seguridad cuando alejar el escáner de la pulsera del paciente sin tener que estar mirando la pantalla constantemente.



Figura 4- 10 Código de Barras para Configurar el Lector IV

- Modo de Lectura

La activación del láser que se encuentra del escáner para poder realizar la lectura se puede realizar de formas muy diferentes. Se ha configurado (véase Figura 4-11) el escáner para que el láser entre en funcionamiento solo cuando se mantiene pulsado un botón (véase Figura 12).



Figura 4- 12 Código de Barras para Configurar el Lector V



Figura 4- 11 Escáner de Código de Barras Marson MT1095

## 4.4 Aplicación

---

### 4.4.1 *Entorno de Desarrollo*

El entorno de desarrollo integrado que se ha decidido usar para el desarrollo de la aplicación es **Microsoft Visual Studio**. Se trata de un entorno para sistemas operativos Windows capaz de trabajar con varios lenguajes de programación distintos: Visual C#, Visual C++, Visual J#, Visual Basic .NET... Es un entorno especialmente usado para crear aplicaciones, sitios y aplicaciones web [26]. Se ha utilizado la última versión disponible: Microsoft Visual Studio 2012 (véase Figura 4-13).

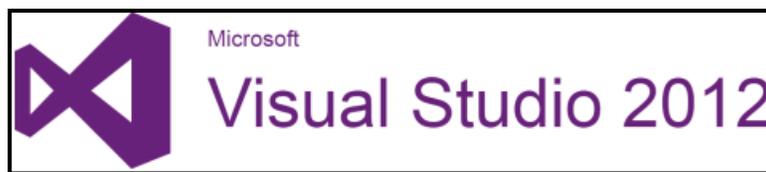


Figura 4- 13 Logotipo Microsoft Visual Studio

Se ha optado por el lenguaje de programación **Visual C++** para la realización de la aplicación. Dicho lenguaje cuenta con su propio compilador e incluye entre otras las bibliotecas de Windows (WinApi) y las bibliotecas MFC. Se pueden añadir las bibliotecas requeridas para cada aplicación como en otros entornos. La principal razón de optar por este lenguaje es que ya tenía conocimientos en C y la sintaxis es muy similar.

### 4.4.2 *Librerías & Drivers*

La inclusión de librerías adicionales [27] que no vienen incluidas por defecto es indispensable para lograr el objetivo de interactuar con los diferentes dispositivos hardware. El lector de tarjetas RFID y el códec de audio han precisado de librerías adicionales. El lector de códigos de barras, al tratarse de un dispositivo con el mismo funcionamiento que un teclado, no ha necesitado la inclusión de nuevos drivers.

- **RFID**

La interacción del software con el lector RFID es posible realizarla correctamente gracias a la inclusión del fichero de cabecera windows.h.

El fichero de cabecera windows.h es específico del sistema operativo Windows para la programación en C y contiene declaraciones de todas las funciones en el API (Application Programming Interface) de Windows. También contiene todas las

macros comunes utilizadas por Windows, y todos los tipos de datos utilizados por las múltiples funciones y subsistemas.

Las funciones más destacadas que sirven para interactuar con el lector RFID y que necesitan la inclusión de la librería Windows.h para ser implementadas son:

- **CreateFile:** Abre la comunicación con el modulo RFID
  - **WriteFile:** Envía comandos al Lector RFID para que lleve a cabo determinadas acciones.
  - **ReadFile:** Lee la información que proviene del modulo RFID y que va en dirección al Host.
  - **CloseHandle:** Cierra la comunicación con el modulo RFID.
- **Códec de Audio**

El uso del códec de audio en este proyecto tiene la finalidad de simular una llamada. Para comprobar que el códec realiza las funciones propias de un teléfono que son emitir y recibir señales se realizan dos acciones:

- Reproducir por los auriculares un archivo de música como si fuera el sonido que recibimos de la otra persona.
- Grabar por el micrófono sonido en un archivo de audio. Esto permite comprobar que lo que se habla en nuestra parte de la conversación se procesa adecuadamente y por lo tanto que el códec realiza su función.

La reproducción y la grabación de sonidos descrita anteriormente solo es posible si se incluye la librería winmm.dll y el fichero de cabecera mmsystem.h al proyecto.

### 4.4.3 *Funcionalidades*

La aplicación que se ha desarrollado se encarga de interactuar con los elementos hardware conectados vía USB al ordenador. La aplicación tiene que simular el mismo comportamiento que ofrece la plataforma ionPAD. El objetivo de la aplicación es comprobar el funcionamiento del prototipo de terminal telefónico con sistemas hardware de identificación. En el futuro esta aplicación ayudara en el desarrollo de una placa PCB que tenga el mismo comportamiento que el prototipo.

La aplicación dispone de dos ventanas:

### **1. Estado de los dispositivos**

El propósito de esta ventana (véase Figura 4-14) es mostrar al usuario el estado de los dispositivos hardware usados: lector RFID, lector código de barras y códec de audio. Se comprueba que los elementos hardware están conectados y preparados para usarse. Si alguno de los dispositivos no se encuentra preparado para funcionar correctamente se puede volver a actualizar el estado de los dispositivos o pasar al menú principal sabiendo que las funciones correspondientes a ese elemento no van a funcionar.

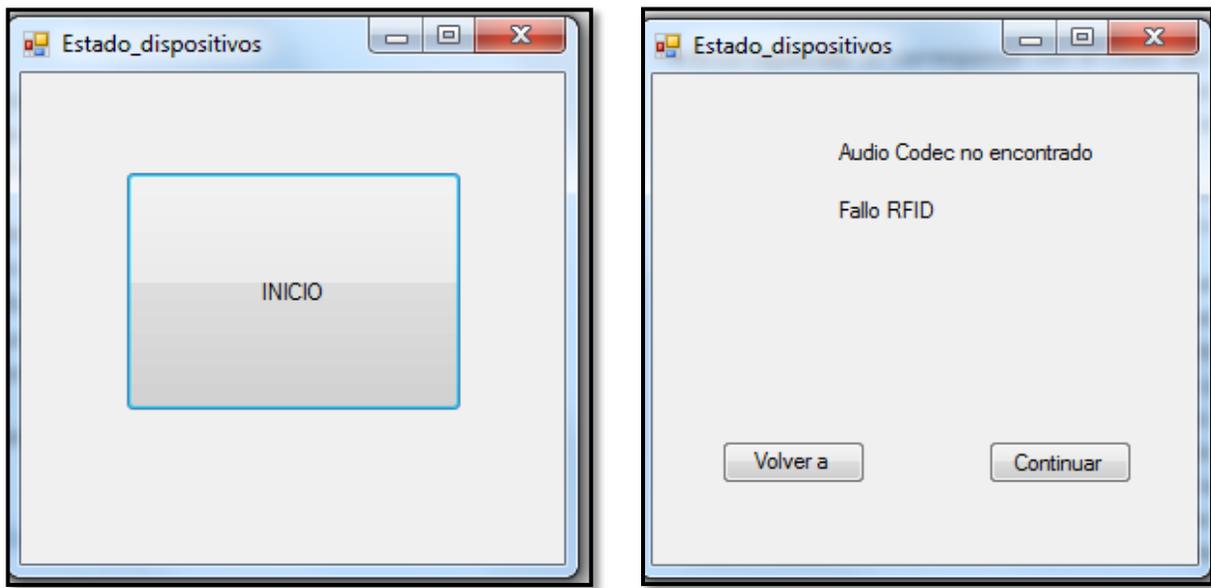


Figura 4- 14 Ventana Estado de los Dispositivos

### **2. Menú Principal**

Se trata de la ventana desde la cual se puede acceder a todas las funciones de los dispositivos. El espacio se ha dividido en tres espacios (véase Figura 4-15): funciones correspondientes al códec de audio, sistema de identificación por RFID, sistema de identificación por código de barras. A continuación se explican en detalle cada una de estas regiones de la ventana:

- **Área Izquierda:** se corresponde con el códec de audio y se encarga de simular una llamada. Una vez que se pulsa el botón SIMULAR LLAMADA:

- Se guarda el audio que entra al códec por medio de un micrófono en un archivo con formato .wav
  - Se reproduce el sonido correspondiente a un archivo de audio por unos auriculares conectados a la salida del códec.
- **Área Central:** esta parte de la ventana tiene como función realizar la identificación del médico una vez que se pulse el botón REGISTRO MEDICO y pase su tarjeta RFID por las inmediaciones al lector. Una vez registrado, el médico tendría acceso a los historiales de los pacientes, a introducir nuevos resultados del paciente, etc. Si el médico no se encuentra en la base de datos del hospital es posible añadirlo presionando NUEVO MEDICO e introduciendo el nombre del médico. Al acabar de introducir el nombre se tiene que aceptar la operación para que quede guardado en la base de datos. Si este procedimiento ha tenido éxito se informa al usuario.
  - **Área Derecha:** el usuario de la aplicación utiliza esta región para identificar al paciente por medio del código de barras. Se puede proceder a escanear el código de barras cuando se haya pulsado IDENTIFICAR PACIENTE. Si el paciente aún no está registrado en el sistema se ofrece la posibilidad de abrirle un expediente médico relacionado con el código de barras que se le escanee.

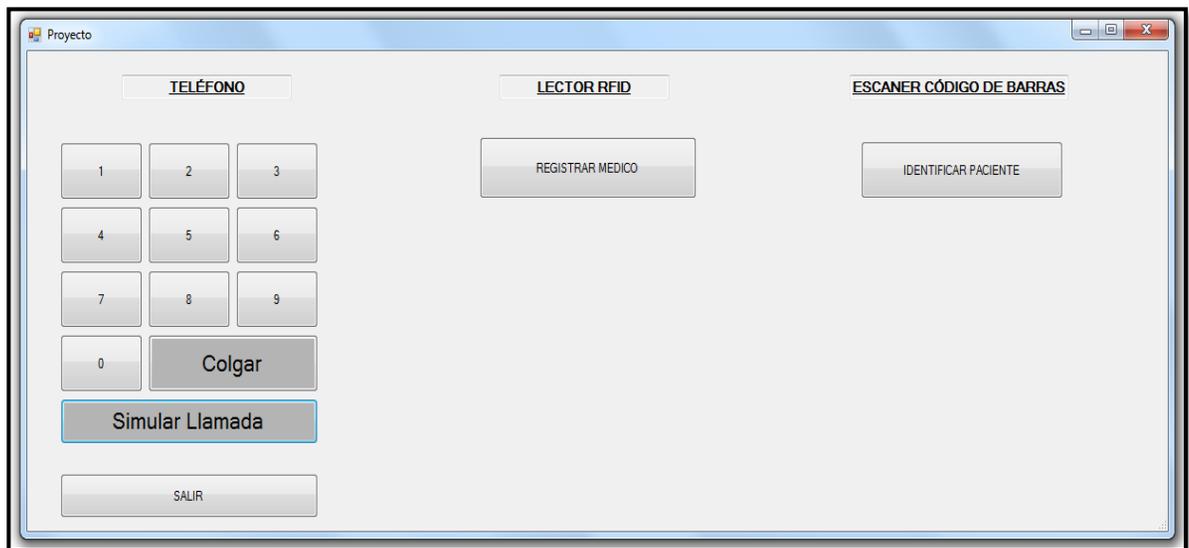


Figura 4- 15 Ventana Menú Principal

#### 4.4.4 Desarrollo

El desarrollo de la aplicación se ha llevado a cabo en 2 fases. Primero se realizó una aplicación para cada elemento hardware de forma independiente para simplificar los procesos. Posteriormente se juntó todo en una sola aplicación. La metodología seguida ha permitido ir aislando los problemas y construir la aplicación de abajo a arriba.

Se procede a explicar el desarrollo de la aplicación para cada dispositivo de forma separada a continuación:

- **Lector RFID**

La aplicación hace uso del fichero de cabecera windows.h, para comunicarse con el dispositivo RFID. La identificación de los médicos vía tarjeta RFID se lleva a cabo en los siguientes pasos:

1. **Apertura de la Comunicación con el Dispositivo:** se abre la comunicación con el lector RFID y se obtiene su HANDLE para accesos futuros. Hace uso de la función CreateFile (véase Figura 4-16). Los parámetros que se definen en la función para este caso son:
  - **lpFileName="\\\\.\\COM4":** Puerto donde se conecta el lector RFID.
  - **dwDesiredAccess= GENERIC\_READ | GENERIC\_WRITE:** Se configure para tener acceso de Lectura y Escritura al dispositivo.
  - **dwShareMode=0:** El dispositivo no se puede volver a abrir hasta que sea cerrado de nuevo, una vez abierto.
  - **lpSecurityAttributes=NULL:** cuando se abre un dispositivo existente la función CreateFile ignora este atributo.
  - **dwCreationDisposition=OPEN\_EXISTING:** abre el lector RFID solamente si existe.
  - **dwFlagsAndAttributes= FILE\_ATTRIBUTE\_NORMAL**
  - **hTemplateFile:=0:** cuando se abre un dispositivo existente la función CreateFile ignora este atributo.

```

HANDLE WINAPI CreateFile(
    _In_      LPCTSTR lpFileName,
    _In_      DWORD dwDesiredAccess,
    _In_      DWORD dwShareMode,
    _In_opt_ LPSECURITY_ATTRIBUTES lpSecurityAttributes,
    _In_      DWORD dwCreationDisposition,
    _In_      DWORD dwFlagsAndAttributes,
    _In_opt_ HANDLE hTemplateFile
);

```

Figura 4- 16 Función CreateFile

2. **Envío de comando al dispositivo:** se envía un comando al dispositivo mediante el uso de la función WriteFile (véase Figura 4-17) para leer las tarjetas RFID en las inmediaciones del lector RFID. Los parámetros que se pasan a la función WriteFile son los siguientes:

- **hFile:** se pasa el HANDLE del dispositivo que se ha obtenido en la función CreateFile.
- **lpBuffer=0x55:** valor correspondiente al comando que ordena al dispositivo a devolver el número de serie de la tarjeta RFID que se lea.
- **nNumberOfBytesToWrite=sizeof(0x55):** Se especifica el número de bytes que se envían al dispositivo.
- **lpNumberOfBytesWritten:** Variable que devuelve el número de bytes que se han enviado finalmente al dispositivo.
- **lpOverlapped=NULL**

```

BOOL WINAPI WriteFile(
    _In_      HANDLE hFile,
    _In_      LPCVOID lpBuffer,
    _In_      DWORD nNumberOfBytesToWrite,
    _Out_opt_ LPDWORD lpNumberOfBytesWritten,
    _Inout_opt_ LPOVERLAPPED lpOverlapped
);

```

Figura 4- 17 Función WriteFile

3. **Respuesta del dispositivo:** El dispositivo devuelve un byte de reconocimiento (Acknowledgment Byte) (véase Figura 4-18) y el número de serie correspondiente a la tarjeta RFID leída. Si no hay una tarjeta RFID legible en las inmediaciones del lector, el dispositivo solo devolverá el byte de reconocimiento. La aplicación es capaz de leer los datos enviados por el

dispositivo haciendo uso de la función ReadFile (véase Figura 4-19) que está formada por los siguientes parámetros:

- **hFile:** se pasa el HANDLE del dispositivo que se ha obtenido en la función CreateFile.
- **lpBuffer:** variable que se rellena con los datos que envía el dispositivo.
- **nNumberOfBytesToRead:** Se especifica el número de bytes de los que envía el dispositivo que se quieren leer.
- **lpNumberOfBytesReadn:** Variable que devuelve el número de bytes que la aplicación ha recibido finalmente del dispositivo.
- **lpOverlapped=NULL**

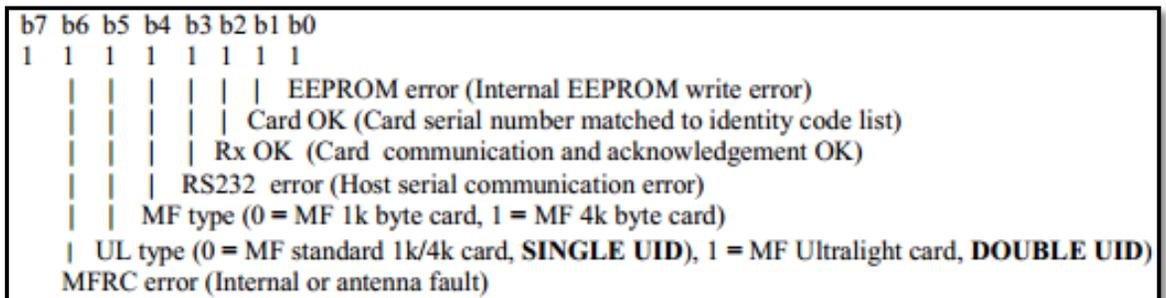


Figura 4- 18 Estructura del Byte de Reconocimiento

```

BOOL WINAPI ReadFile(
    _In_      HANDLE hFile,
    _Out_    LPVOID lpBuffer,
    _In_      DWORD nNumberOfBytesToRead,
    _Out_opt_ LPDWORD lpNumberOfBytesRead,
    _Inout_opt_ LPOVERLAPPED lpOverlapped
);

```

Figura 4- 19 Función ReadFile

4. **Autenticación del médico:** En caso de haber recibido un número de serie valido en el paso anterior se procede a su comparación con los que están almacenados en la base de datos. De esta forma se logra saber si el usuario de la tarjeta RFID es realmente un médico del hospital.
5. **Cierre de Comunicación con el dispositivo:** Se finaliza la comunicación con el dispositivo cerrando el HANDLE que se ha utilizado para su acceso.

- **Lector Código de Barras**

El lector no requiere de librerías especiales para poder funcionar correctamente. El lector de código de barras se ha configurado para que escanee solo cuando se presione el botón presente en su parte superior.

Su funcionamiento es idéntico al de un teclado, enviando los valores que se escanean de la misma forma. Por ello cuando se ha diseñado en la aplicación un botón (IDENTIFICAR PACIENTE) que al ser pulsado espera la recepción del valor de un código de barras. Se sabe que se ha finalizado de leer un código de barras cuando se recibe un carácter de salto de línea (ENTER). Una vez reconocido el final del código de barras se puede proceder a almacenar el valor en una variable que luego se sirve para compararla con una base de datos. Esto permite identificar al paciente por medio del código de barras presente en su pulsera.

Si el paciente no se encuentra registrado en el sistema, la aplicación ofrece la posibilidad de escribir el nombre del paciente para guardarlo asociado al código de barras escaneado en la base de datos.

- **Códec de Audio**

Se ha utilizado la librería winmm.dll y el fichero de cabecera mmsystem.h para interactuar con el códec de audio. Es necesario tratar al códec como dos dispositivos separados: uno de entrada de audio y otro de salida de audio.

1. Salida de Audio: el propósito es reproducir un archivo de sonido .wav para emular la recepción del audio correspondiente al otro participante en la llamada. Se utilizan las siguientes funciones para lograr la reproducción del sonido:
  - WaveOutGetNumDevs: Se usa para obtener el número de elementos de salida de audio conectados.
  - WaveOutGetDevCaps: Se utiliza para obtener las características principales de los todos los elementos de salida de audio conectados. De esta forma se sabe cuál es el índice de dispositivo de salida de audio que corresponde con el códec que se usa.
  - WaveOutOpen: Esta función abre la comunicación con el elemento de salida de audio correspondiente al códec que se usa. Hace uso del índice que se ha obtenido en la función WaveInGetDevCaps.
  - PlaySound: Reproduce el sonido de un archivo de audio.
  - WaveOutClose: Cierra la comunicación con el elemento de salida de audio que se ha abierto anteriormente.

- 2. Entrada de Audio:** La finalidad de la entrada de audio del códec es codificar el sonido (voz normalmente) procedente del micrófono. Así se emula el comportamiento de la otra mitad de una llamada: transmitir sonido. El sonido que capta el micrófono se graba en un archivo de formato .wav. Se utilizan las siguientes funciones y clases para lograr grabar el sonido que entra por el códec de audio:
- `WaveInGetNumDevs`: Se usa para obtener el número de elementos de entrada de audio conectados.
  - `WaveInOpen`: Abre el dispositivo de entrada de audio con el fin de grabar.
  - `WaveInPrepareHeader`: Prepara un buffer para la entrada de audio.
  - `WaveInAddBuffer`: Envía un buffer al dispositivo de audio para que sea rellenado. Una vez rellenado, la aplicación es notificada.
  - `WaveInStart`: Empieza la grabación de lo que entra por el códec de audio.
  - `WaveInUnprepareHeader`: Función que es necesaria realizar antes de liberar el buffer. Limpia toda la preparación que se llevo a cabo con la función `WaveInPrepareHeader`.
  - `Fstream`: Clase que se utiliza para operar con archivos.

# **Capítulo 5**

## ***Pruebas y Resultados***



## 5.1 Identificación por Código de Barras

Se ha realizado una prueba para comprobar el correcto funcionamiento de la aplicación a la hora de identificar a los pacientes por medio un código de barras situado en su pulsera. Se evalúan dos situaciones:

### 1. El paciente está registrado en la base de datos del hospital (véase Figura 5-1)

98765432,Jaime Gonzalez,
12345678,David de Lucas,
12348677,David Gomez,
56989655,Juan Alonso,

Figura 5- 1 Base de Datos de Pacientes

- Se pulsa el botón IDENTIFICAR PACIENTE, localizado en la parte derecha de la ventana principal.

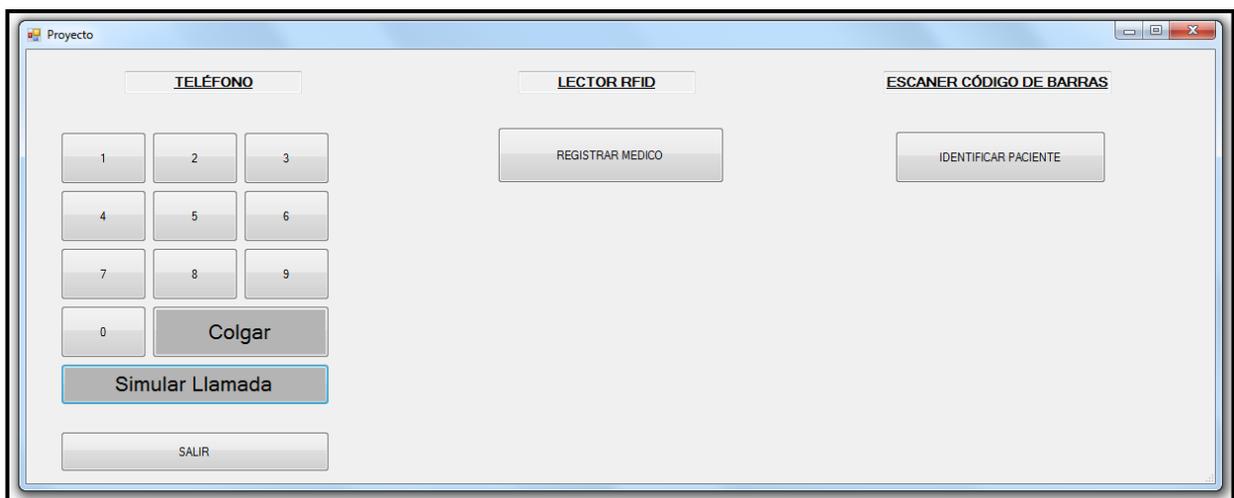


Figura 5- 2 Ventana Principal de la Aplicación

- Se pulsa el botón, localizado en la parte superior del código de barras para activar el laser. Una vez activado el laser se puede leer el código de un paciente. En este caso el paciente si se encuentra dentro de la base de datos por lo que se muestra su nombre y los valores correspondientes a su código de barras (véase Figura 5-3)

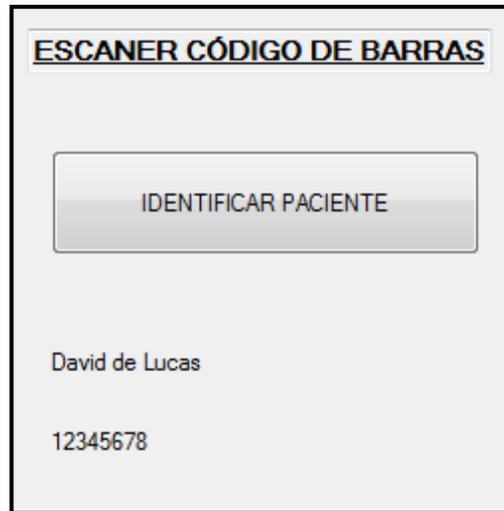


Figura 5- 3 Nombre del Paciente

2. El paciente no se encuentra en la base de datos del hospital.
  - Se informa al usuario y se le da la opción de agregar al paciente

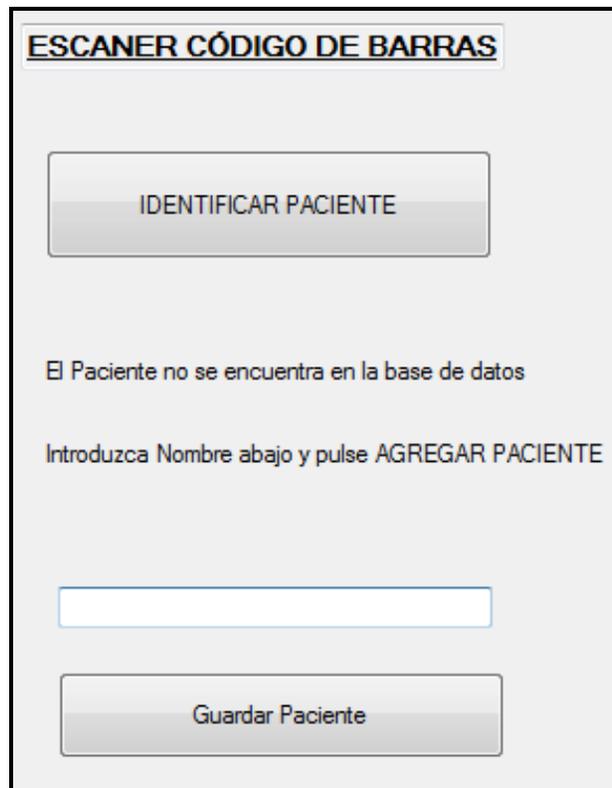


Figura 5- 4 Paciente no registrado

- Se introduce el nombre del paciente y se pulsa el botón GUARDAR PACIENTE. Al hacer esto se agrega el paciente en la base de datos (vease Figura 5-6)

**ESCANER CÓDIGO DE BARRAS**

IDENTIFICAR PACIENTE

El Paciente no se encuentra en la base de datos

Introduzca Nombre abajo y pulse AGREGAR PACIENTE

Mario Jimenez

Guardar Paciente

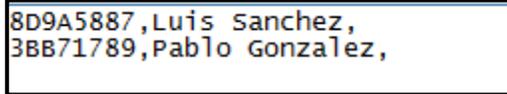
Figura 5- 5 Proceso de Guardar un paciente

```
98765432,Jaime Gonzalez,  
12345678,David de Lucas,  
12348677,David Gomez,  
56989655,Juan Alonso,  
1234567890,Mario Jimenez,
```

Figura 5- 6 Base de Datos Actualizada

## 5.2 Identificación por Tecnología RFID

Se procede a utilizar una tarjeta RFID para evaluar la aplicación. La tarjeta pertenece al médico David de Lucas, el cual no está registrado en la base de datos del sistema (véase Figura 5-7).



8D9A5887	Luis Sanchez,
3BB71789	Pablo Gonzalez,

Figura 5- 7 Base de Datos de los Médicos del Hospital

- Se pulsa el botón REGISTRAR MEDICO y se pasa la tarjeta por el lector RFID. El médico no pertenece a la base de datos del hospital por lo que se le da la opción al usuario de añadirle a la base de datos o no. Se pulsa el botón NUEVO MEDICO para proceder a registrar al médico.



Figura 5- 9 Parte Central de la Ventana Principal de la Aplicación

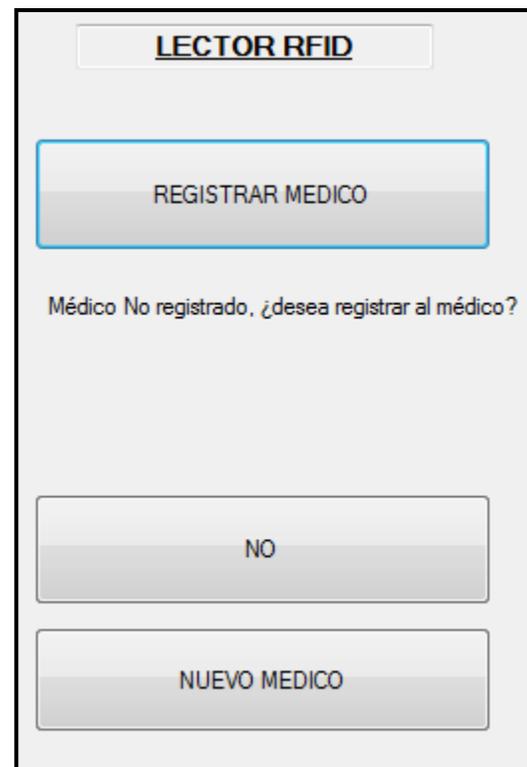


Figura 5- 8 Médico No Registrado

- Se pulsa el boton NUEVO MEDICO para a continuación introducir el nombre del médico que se quiere registrar: David de Lucas

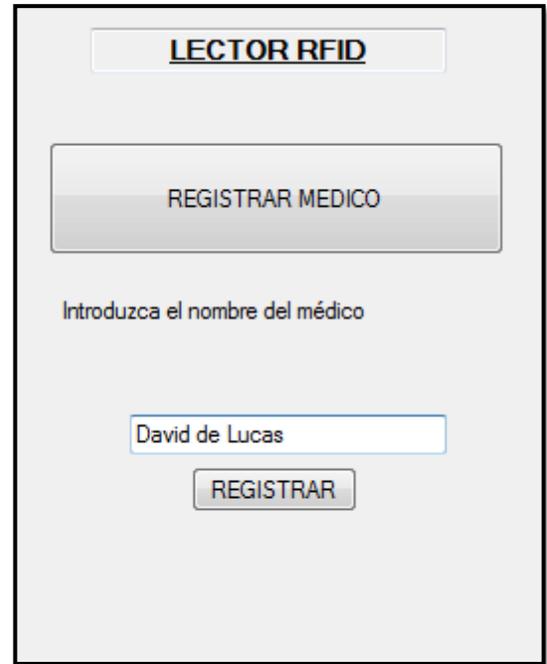


Figura 5- 10 Introducción del Nombre del Médico I

Figura 5- 11 Introducción del Nombre del Médico II

- Una vez que se pulsa el botón REGISTRAR se informa al usuario si el médico se ha guardado con éxito en la base de datos.



Figura 5- 12 Médico Registrado correctamente

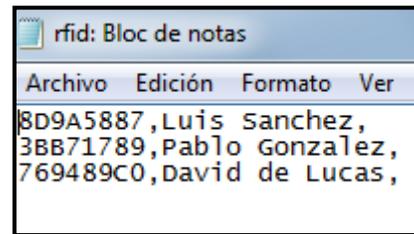


Figura 5- 13 Base de Datos Actualizada

- Se procede a comprobar que se identifica correctamente la tarjeta RFID del médico David de Lucas, previamente registrado.

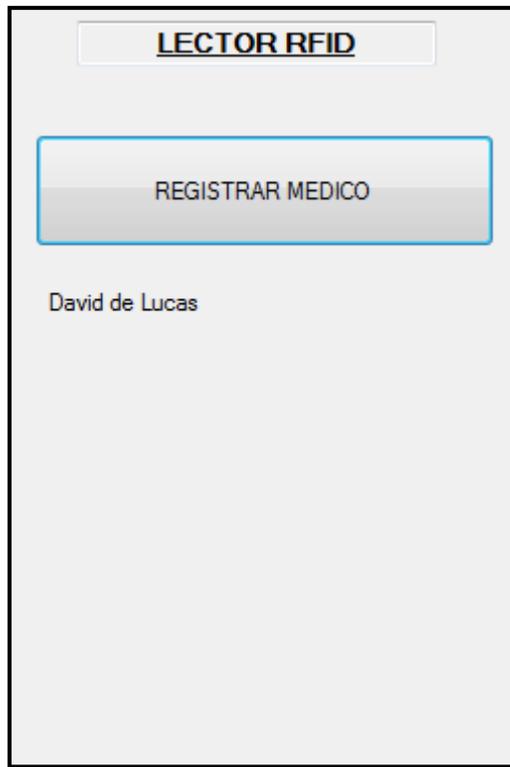


Figura 5- 14 Identificación del Médico David de Lucas

## 5.3 Simulación de una Llamada

Se prueba el funcionamiento del códec de audio haciendo uso de la aplicación que se ha desarrollado. La parte izquierda de la ventana principal (vease Figura 5-15) es la que debe usarse para evaluar el comportamiento del códec.

Al pulsar el botón SIMULAR LLAMADA ocurre lo siguiente de forma simultánea:

- Se reproduce por la salida del códec el sonido correspondiente a un archivo .wav. Es posible escuchar el sonido gracias al uso de auriculares.
- Se graba el sonido que se introduce por la entrada del códec haciendo uso de un micrófono. El sonido se graba en un archivo de formato .wav.

Si se pulsa el botón Colgar, la reproducción del audio por los auriculares se detiene emulando el comportamiento de un teléfono cuando se cuelga (se deja de recibir el sonido al cortarse la comunicación).

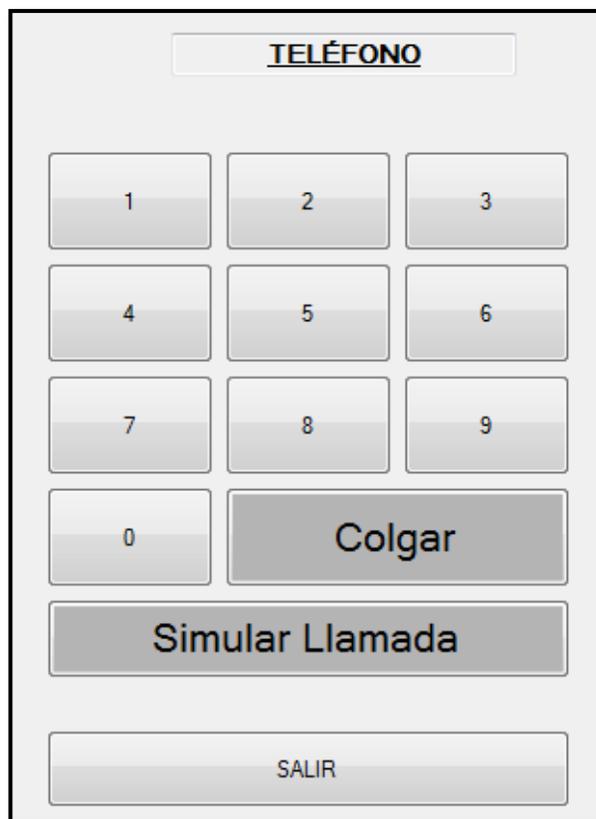


Figura 5- 15 Parte Izquierda de la Ventana Principal de la Aplicación



# **Capítulo 6**

## ***Conclusiones y Trabajo Futuro***



## 6.1 Conclusiones

---

El proyecto que se ha realizado no ha resultado ser simple ni sencillo. Se ha realizado una aplicación que controla el prototipo de un terminal telefónico USB que dispone de Sistemas de identificación. Se decidió en su momento que este proyecto no incluiría la construcción de una placa PCB compuesta por todos los elementos hardware del prototipo.

En las primeras fases del proyecto hubo que entender correctamente la visión que tenía la empresa ionIDE acerca de él. Una vez comprendidos los requisitos del proyecto se procedió a investigar las soluciones que ya existen en el mercado. Se realizó un estudio de estado del arte de terminales telefónicos USB y de los sistemas de identificación RFID y de código de barras.

El diseño del prototipo de un terminal telefónico con sistema Hardware de identificación implicó la elección del hardware usado a lo largo del proyecto. Se trató de un proceso fundamental para que el proyecto tuviera éxito, además de muy extenso. Se prolongó más de lo esperado esta fase del proyecto ya que hubo problemas con el suministro de los materiales. Sin embargo, se logró aprovechar este tiempo para investigar más a fondo las siguientes etapas del proyecto.

Las decisiones que se tomaron no estuvieron exclusivamente relacionadas con el hardware ya que también hubo que pensar detenidamente otros aspectos del prototipo como por ejemplo: tipo de tarjeta RFID, frecuencia de operación del sistema RFID, tasa de muestreo de códec de audio, simbología de los códigos de barras, etc. Las elecciones que se tuvieron que tomar han resultado ser correctas ya que se han cumplido los requisitos del proyecto.

El desarrollo de la aplicación que controla los elementos hardware ha sido el núcleo de este proyecto. Se ha diseñado una aplicación que es capaz de simular una llamada, identificar a los médicos por medio de la tecnología RFID e identificar a los pacientes utilizando un escáner de código de barras.

Se puede concluir que el objetivo de este proyecto de fin de carrera se ha cumplido. El prototipo del terminal telefónico USB con sistema Hardware de Identificación ha demostrado poder identificar a los pacientes por medio de un código de barras, leer tarjetas RFID para controlar el acceso de los médicos y simular el funcionamiento de un teléfono.

## 6.2 Trabajo Futuro

---

Una vez realizado el proyecto quedan abiertas varias líneas de trabajo. El desarrollo de la aplicación que controla al prototipo diseñado abre la posibilidad de otro proyecto también relacionado con la empresa ionIDE.

La siguiente fase es integrar el prototipo en una placa PCB para reducir el tamaño y coste total. Se propone usar los chips y elementos hardware empleados a lo largo de este proyecto para facilitar el diseño de la placa (véase Figura 6-1). De esta forma el núcleo central de este proyecto se puede utilizar para comprobar el funcionamiento de la placa. Además cualquier problema o complicación que surja se puede aislar sabiendo que el software no es el problema.

También existe la posibilidad de añadir alguna funcionalidad nueva al sistema RFID. Se puede intentar grabar una foto del médico en cada tarjeta RFID para que no sea necesario tener una base de datos independiente con las fotos en cada plataforma. Actualmente todos los datos se encuentran en el Host. Con esta nueva funcionalidad se intentaría descentralizar la información.

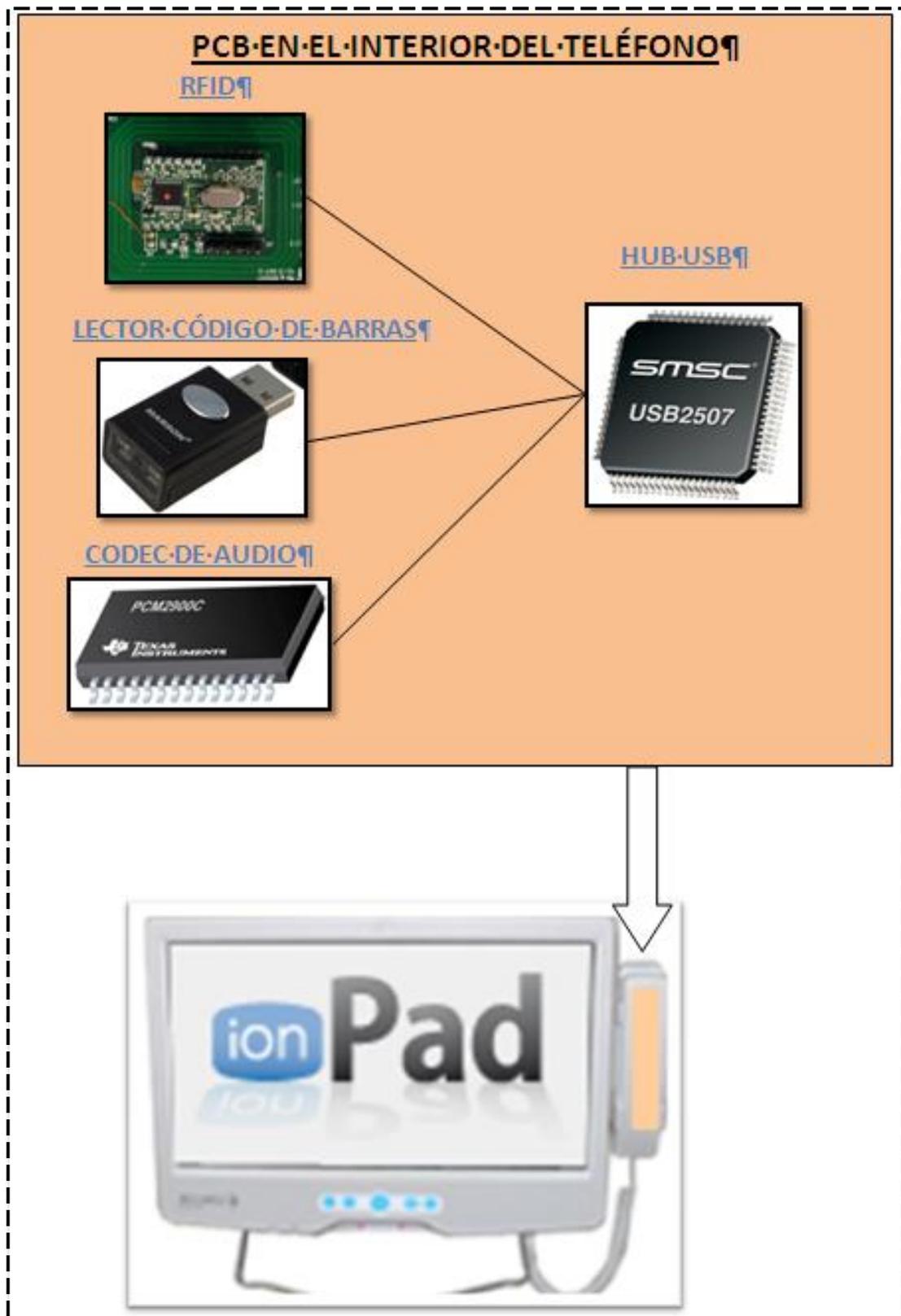


Figura 6- 1 Diseño de PCB como Trabajo Futuro



# Referencias

---

- [1] Sitio Web Oficial de la empresa ionIDE: <http://ionide.es/>
- [2] Klaus Finkenzeller; Dörte Müller: "RFID Handbook: Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards, Radio Frequency Identification and Near-Field Communication". Editorial: Wiley; Third edition (August 10, 2010); ISBN-13: 978-0470695067
- [3] Bill Glover; Himanshu Bhatt: "RFID Essentials". Editorial: O'Reilly Media; First edition (January 26, 2006); ISBN-13: 978-0596009441
- [4] Blog de la empresa ICN Technologies: RFID, cuándo utilizar un tag pasivo o un tag active (Julio 2012)
- [5] Roberto de Jesús Urbina Ruiz: "Tutorial sobre circuitos RFID". Tesis profesional, Universidad de las Américas Puebla (12 Mayo 2011)
- [6] Roberto Cristina Fernández: "Estudio De La Tecnología Rfid Y Desarrollo De Una Aplicación Para La Localización De Personas"; Proyecto Fin de Carrera, Universidad Carlos III de Madrid (Julio 2009)
- [7] Sitio Web Oficial SicTranscore: <http://www.sicsa.com.ar/Lector%20RFID.html>
- [8] Jesús Marcos Zamarreño: "Implementación de un Códec de Voz propietario para Aplicaciones de codificación de voz en Banda Ancha con Baja Relación Señal a Ruido"; Proyecto Fin de Carrera, Universidad Autónoma de Madrid (Julio 2009)
- [9] Gretchen Siegchrist: "Codec", <http://desktopvideo.about.com/od/glossary/g/codec.htm>
- [10] José Antonio Pérez Fonseca & Carlos Velasco Niño: "Clasificación de Códec"; Material docente de Ingeniería de las Ondas I, Universidad de Valladolid (2007-2008)
- [11] Mario Gutiérrez: "Sistema multicanal de captura y codificación de audio con micrófonos digitales y DSPs"; Proyecto Fin de Carrera, Universidad Autónoma de Madrid (Septiembre 2011)
- [12] Sitio Web Oficial de Texas Instruments: <http://www.ti.com/>
- [13] Sitio Web Oficial de Maxim Integrated: <http://www.maximintegrated.com/>
- [14] Sitio Web Oficial de Analog Devices: <http://www.analog.com/en/index.html>
- [15] Edwin Orlando Grisales Clavijo: "Sistema inalámbrico de lectura de códigos de barras"; Trabajo de Grado, Universidad Distrital Francisco José De Caldas - Bogotá D.C (Octubre 2010)
- [16] Jesús López Morales: "Estudio De La Tecnología De Códigos Bidimensionales Y Desarrollo De Aplicaciones"; Proyecto Fin de Carrera, Universidad de Sevilla (Septiembre 2008)

[17] Roger C. Palmer: The Bar Code Book: A Comprehensive Guide to Reading, Printing, Specifying, Evaluating, and Using Bar Code and Other Machine-Readable Symbols. Editorial: Trafford Publishing; 5th edition (September 12, 2007); ISBN-13: 978-1425133740

[18] Howard Brule: "Estado del arte en escáneres de código de barras"; [www.ArticleSphere.com](http://www.ArticleSphere.com)

[19] Seebach, Peter: "Standards and specs: The ins and outs of USB"; Sitio Web Oficial de IBM (April 26, 2005)

[20] Jonathan Préstamo Rodríguez: "No te pierdas con los conectores USB"; Blog Teknoplof (Agosto 2010)

[21] Sitio Web Oficial de inLogic: "Passive vs Active Comparison"

[22] Sitio Web Oficial A3M Auto-ID: <http://www.a3m.eu/es/tarjetas-plasticas/tarjetas-de-proximidad-rfid/tarjeta-desfire.html>

[23] Sitio Web Oficial de IBTechnology: <http://www.ibtechnology.co.uk/>

[24] Sitio Web Oficial de StrongLink: <http://www.stronglink-rfid.com/en/rfid-modules/sl040.html>

[25] Edison Coimbra: "Digitalización PCM"; [www.coimbraweb.com](http://www.coimbraweb.com) (Febrero 2011)

[26] Lars Powers, Mark Snell: "Microsoft Visual Studio 2012 Unleashed (2nd Edition)". Editorial: Pearson Education, Inc. (November 2012); ISBN-13: 978-0672336256

[27] Microsoft Developer Network: <http://msdn.microsoft.com/en-US/>

# **Apéndices**



# APENDICE A: PRESUPUESTO

---

## 1) Ejecución Material

- Compra de ordenador personal (Software incluido)..... 2.000 €
- Alquiler de impresora láser durante 6 meses ..... 50 €
- Material de oficina..... 150 €
- Audio CODEC EVM..... 150 €
- IB Technology RFID BOARD ..... 100 €
- Lector Código de Barras..... 85 €
- Total de ejecución material ..... 2.535 €

## 2) Gastos generales

- 16 % sobre Ejecución Material ..... 405,6 €

## 3) Beneficio Industrial

- 6 % sobre Ejecución Material ..... 152,1 €

## 4) Honorarios Proyecto

- 640 horas a 15 € / hora..... 9600 €

## 5) Material fungible

- Gastos de impresión ..... 60 €
- Encuadernación ..... 200 €

## 6) Subtotal del presupuesto

- Subtotal Presupuesto ..... 12395 €

## 7) I.V.A. aplicable

- 21% Subtotal Presupuesto..... 2602,95 €

## 8) Total presupuesto

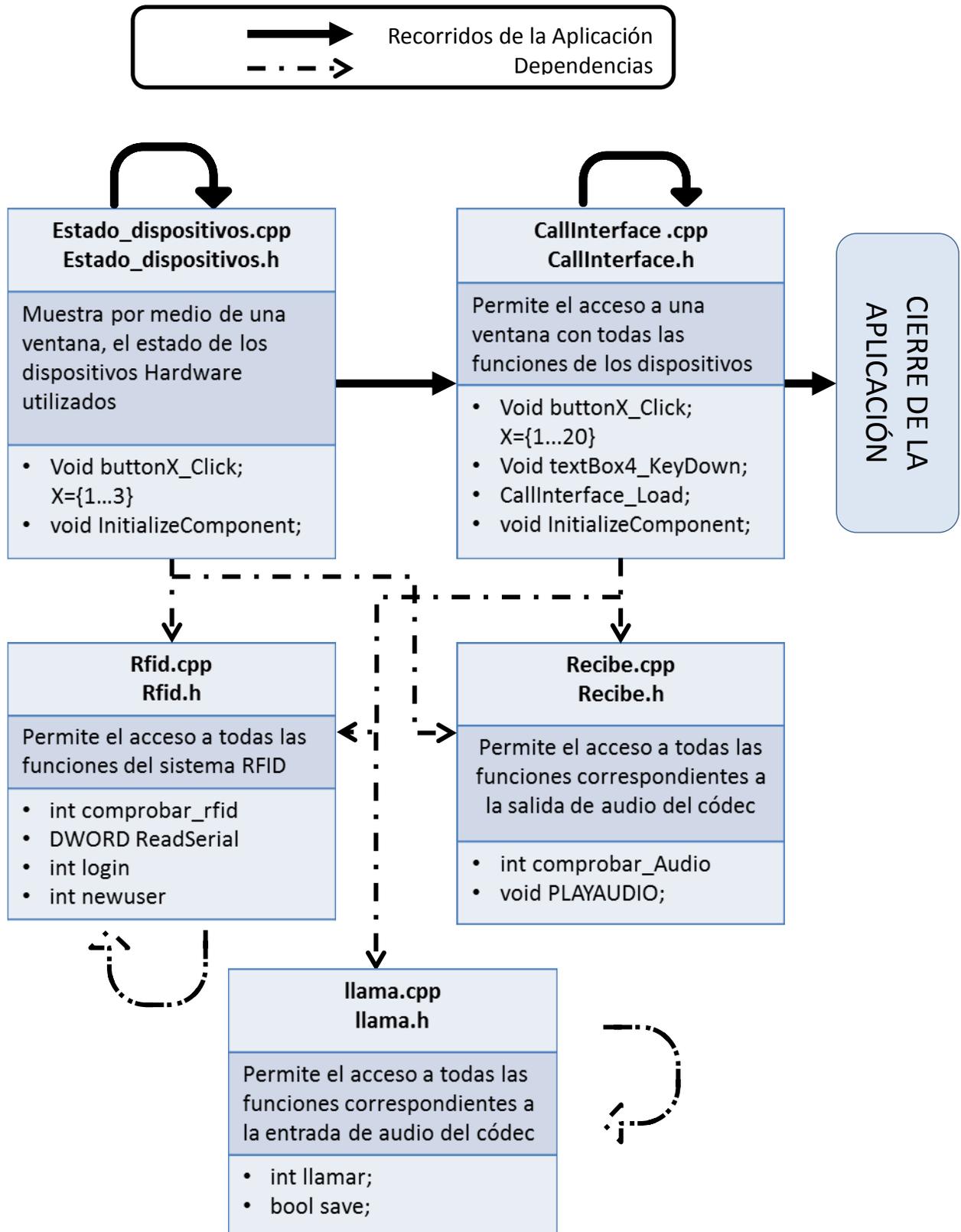
- Total Presupuesto..... 15555,65 €

Madrid, Octubre de 2013

El Ingeniero Jefe de Proyecto

Fdo.: David de Lucas Gómez  
Ingeniero Superior de Telecomunicación

# APENDICE B: Diagrama De La Aplicación





# APENDICE C: PLIEGO DE CONDICIONES

---

Este documento contiene las condiciones legales que guiarán la realización, en este proyecto, de un <<Terminal Telefónico USB con Sistema Hardware de Identificación>>. En lo que sigue, se supondrá que el proyecto ha sido encargado por una empresa cliente a una empresa consultora con la finalidad de realizar dicho sistema. Dicha empresa ha debido desarrollar una línea de investigación con objeto de elaborar el proyecto. Esta línea de investigación, junto con el posterior desarrollo de los programas está amparada por las condiciones particulares del siguiente pliego.

Supuesto que la utilización industrial de los métodos recogidos en el presente proyecto ha sido decidida por parte de la empresa cliente o de otras, la obra a realizar se regulará por las siguientes:

## **Condiciones generales**

1. La modalidad de contratación será el concurso. La adjudicación se hará, por tanto, a la proposición más favorable sin atender exclusivamente al valor económico, dependiendo de las mayores garantías ofrecidas. La empresa que somete el proyecto a concurso se reserva el derecho a declararlo desierto.
2. El montaje y mecanización completa de los equipos que intervengan será realizado totalmente por la empresa licitadora.
3. En la oferta, se hará constar el precio total por el que se compromete a realizar la obra y el tanto por ciento de baja que supone este precio en relación con un importe límite si este se hubiera fijado.
4. La obra se realizará bajo la dirección técnica de un Ingeniero Superior de Telecomunicación, auxiliado por el número de Ingenieros Técnicos y Programadores que se estime preciso para el desarrollo de la misma.
5. Aparte del Ingeniero Director, el contratista tendrá derecho a contratar al resto del personal, pudiendo ceder esta prerrogativa a favor del Ingeniero Director, quien no estará obligado a aceptarla.

6. El contratista tiene derecho a sacar copias a su costa de los planos, pliego de condiciones y presupuestos. El Ingeniero autor del proyecto autorizará con su firma las copias solicitadas por el contratista después de confrontarlas.

7. Se abonará al contratista la obra que realmente ejecute con sujeción al proyecto que sirvió de base para la contratación, a las modificaciones autorizadas por la superioridad o a las órdenes que con arreglo a sus facultades le hayan comunicado por escrito al Ingeniero Director de obras siempre que dicha obra se haya ajustado a los preceptos de los pliegos de condiciones, con arreglo a los cuales, se harán las modificaciones y la valoración de las diversas unidades sin que el importe total pueda exceder de los presupuestos aprobados. Por consiguiente, el número de unidades que se consignan en el proyecto o en el presupuesto, no podrá servirle de fundamento para entablar reclamaciones de ninguna clase, salvo en los casos de rescisión.

8. Tanto en las certificaciones de obras como en la liquidación final, se abonarán los trabajos realizados por el contratista a los precios de ejecución material que figuran en el presupuesto para cada unidad de la obra.

9. Si excepcionalmente se hubiera ejecutado algún trabajo que no se ajustase a las condiciones de la contrata pero que sin embargo es admisible a juicio del Ingeniero Director de obras, se dará conocimiento a la Dirección, proponiendo a la vez la rebaja de precios que el Ingeniero estime justa y si la Dirección resolviera aceptar la obra, quedará el contratista obligado a conformarse con la rebaja acordada.

10. Cuando se juzgue necesario emplear materiales o ejecutar obras que no figuren en el presupuesto de la contrata, se evaluará su importe a los precios asignados a otras obras o materiales análogos si los hubiere y cuando no, se discutirán entre el Ingeniero Director y el contratista, sometiéndolos a la aprobación de la Dirección. Los nuevos precios convenidos por uno u otro procedimiento, se sujetarán siempre al establecido en el punto anterior.

11. Cuando el contratista, con autorización del Ingeniero Director de obras, emplee materiales de calidad más elevada o de mayores dimensiones de lo estipulado en el proyecto, o sustituya una clase de fabricación por otra que tenga asignado mayor precio o ejecute con mayores dimensiones cualquier otra parte de las obras, o en general, introduzca en ellas cualquier modificación que sea beneficiosa a juicio del Ingeniero Director de obras, no tendrá derecho sin embargo, sino a lo

que le correspondería si hubiera realizado la obra con estricta sujeción a lo proyectado y contratado.

12. Las cantidades calculadas para obras accesorias, aunque figuren por partidaalzada en el presupuesto final (general), no serán abonadas sino a los precios de la contrata, según las condiciones de la misma y los proyectos particulares que para ellas se formen, o en su defecto, por lo que resulte de su medición final.

13. El contratista queda obligado a abonar al Ingeniero autor del proyecto y director de obras así como a los Ingenieros Técnicos, el importe de sus respectivos honorarios facultativos por formación del proyecto, dirección técnica y administración en su caso, con arreglo a las tarifas y honorarios vigentes.

14. Concluida la ejecución de la obra, será reconocida por el Ingeniero Director que a tal efecto designe la empresa.

15. La garantía definitiva será del 4% del presupuesto y la provisional del 2%.

16. La forma de pago será por certificaciones mensuales de la obra ejecutada, de acuerdo con los precios del presupuesto, deducida la baja si la hubiera.

17. La fecha de comienzo de las obras será a partir de los 15 días naturales del replanteo oficial de las mismas y la definitiva, al año de haber ejecutado la provisional, procediéndose si no existe reclamación alguna, a la reclamación de la fianza.

18. Si el contratista al efectuar el replanteo, observase algún error en el proyecto, deberá comunicarlo en el plazo de quince días al Ingeniero Director de obras, pues transcurrido ese plazo será responsable de la exactitud del proyecto.

19. El contratista está obligado a designar una persona responsable que se entenderá con el Ingeniero Director de obras, o con el delegado que éste designe, para todo relacionado con ella. Al ser el Ingeniero Director de obras el que interpreta el proyecto, el contratista deberá consultarle cualquier duda que surja en su realización.

20. Durante la realización de la obra, se girarán visitas de inspección por personal facultativo de la empresa cliente, para hacer las comprobaciones que se crean

oportunas. Es obligación del contratista, la conservación de la obra ya ejecutada hasta la recepción de la misma, por lo que el deterioro parcial o total de ella, aunque sea por agentes atmosféricos u otras causas, deberá ser reparado o reconstruido por su cuenta.

21. El contratista, deberá realizar la obra en el plazo mencionado a partir de la fecha del contrato, incurriendo en multa, por retraso de la ejecución siempre que éste no sea debido a causas de fuerza mayor. A la terminación de la obra, se hará una recepción provisional previo reconocimiento y examen por la dirección técnica, el depositario de efectos, el interventor y el jefe de servicio o un representante, estampando su conformidad el contratista.

22. Hecha la recepción provisional, se certificará al contratista el resto de la obra, reservándose la administración el importe de los gastos de conservación de la misma hasta su recepción definitiva y la fianza durante el tiempo señalado como plazo de garantía. La recepción definitiva se hará en las mismas condiciones que la provisional, extendiéndose el acta correspondiente. El Director Técnico propondrá a la Junta Económica la devolución de la fianza al contratista de acuerdo con las condiciones económicas legales establecidas.

23. Las tarifas para la determinación de honorarios, reguladas por orden de la Presidencia del Gobierno el 19 de Octubre de 1961, se aplicarán sobre el denominado en la actualidad "Presupuesto de Ejecución de Contrata" y anteriormente llamado "Presupuesto de Ejecución Material" que hoy designa otro concepto.

## **Condiciones particulares**

La empresa consultora, que ha desarrollado el presente proyecto, lo entregará a la empresa cliente bajo las condiciones generales ya formuladas, debiendo añadirse las siguientes condiciones particulares:

1. La propiedad intelectual de los procesos descritos y analizados en el presente trabajo, pertenece por entero a la empresa consultora representada por el Ingeniero Director del Proyecto.

2. La empresa consultora se reserva el derecho a la utilización total o parcial de los resultados de la investigación realizada para desarrollar el siguiente proyecto, bien para su publicación o bien para su uso en trabajos o proyectos posteriores, para la misma empresa cliente o para otra.
3. Cualquier tipo de reproducción aparte de las reseñadas en las condiciones generales, bien sea para uso particular de la empresa cliente, o para cualquier otra aplicación, contará con autorización expresa y por escrito del Ingeniero Director del Proyecto, que actuará en representación de la empresa consultora.
4. En la autorización se ha de hacer constar la aplicación a que se destinan sus reproducciones así como su cantidad.
5. En todas las reproducciones se indicará su procedencia, explicitando el nombre del proyecto, nombre del Ingeniero Director y de la empresa consultora.
6. Si el proyecto pasa la etapa de desarrollo, cualquier modificación que se realice sobre él, deberá ser notificada al Ingeniero Director del Proyecto y a criterio de éste, la empresa consultora decidirá aceptar o no la modificación propuesta.
7. Si la modificación se acepta, la empresa consultora se hará responsable al mismo nivel que el proyecto inicial del que resulta el añadirla.
8. Si la modificación no es aceptada, por el contrario, la empresa consultora declinará toda responsabilidad que se derive de la aplicación o influencia de la misma.
9. Si la empresa cliente decide desarrollar industrialmente uno o varios productos en los que resulte parcial o totalmente aplicable el estudio de este proyecto, deberá comunicarlo a la empresa consultora.
10. La empresa consultora no se responsabiliza de los efectos laterales que se puedan producir en el momento en que se utilice la herramienta objeto del presente proyecto para la realización de otras aplicaciones.
11. La empresa consultora tendrá prioridad respecto a otras en la elaboración de los proyectos auxiliares que fuese necesario desarrollar para dicha aplicación

industrial, siempre que no haga explícita renuncia a este hecho. En este caso, deberá autorizar expresamente los proyectos presentados por otros.

12. El Ingeniero Director del presente proyecto, será el responsable de la dirección de la aplicación industrial siempre que la empresa consultora lo estime oportuno. En caso contrario, la persona designada deberá contar con la autorización del mismo, quien delegará en él las responsabilidades que ostente.