



Universitat Autònoma de Barcelona

Sistema de control de parking basado en RFID

TRABAJO FINAL DE GRADO

TITULACIÓN: Grado en Ingeniería Electrónica de Telecomunicaciones

AUTOR: Marc Guijosa Aranda

DIRECTOR: José López Vicario

FECHA: Julio de 2014

El firmante, ***José López Vicario***,

Profesor de la Escuela de Ingeniería de la UAB,

CERTIFICA:

Que el trabajo al que corresponde la presente memoria ha sido realizado bajo su dirección por

Marc Guijosa Aranda

Y para que conste firma la presente.

Bellaterra, Julio de 2014.

Firmado: ***José López Vicario***

Agradecimientos

Son bastantes los nombres que me vienen a la cabeza a la hora de escribir esta pequeña reseña que me hacía ilusión incluir para poder recuperar buenos recuerdos en el futuro.

El primero de ellos es el de mi tutor del proyecto, José López Vicario, que me ha guiado durante estos meses y me ha ayudado en lo que he necesitado hasta conseguir que este trabajo saliera adelante. Sin él este trabajo no sería una realidad. Otra persona de la que no puedo olvidarme es de Ernesto, que siempre ha estado dispuesto a tender su mano en temas logísticos.

Gracias a los diferentes profesores que me han dado clase durante la carrera estoy aquí hoy, por lo que es de justicia que estén reflejados también. Los conocimientos que me han ido inculcando durante estos cuatro años serán muy valiosos para mi futuro profesional.

Mención especial a mis compañeros de clase y especialmente a los amigos que me llevo de aquí. Ha habido ratos de estudio duros con ellos, pero también muchos de relajación y de desconexión (al menos intentarlo) de aquellos temas más académicos. Me llevo muy buenos recuerdos de ellos.

También recordar a mis compañeros de piso durante estos años, por su ayuda cuando la he necesitado y por los buenos ratos juntos.

Ya en el ámbito más personal, mi familia ha estado siempre ahí apoyándome y orgullosos de mi trabajo; especialmente mi madre con sus constantes ánimos y cariño, y mi padre siempre intentando sacar lo mejor de mí sabiendo como motivarme.

Mis amigos han estado y estarán siempre en las buenas y en las malas. Los buenos ratos con ellos dan mucha fuerza para seguir adelante. No es justo dejar reflejados nombres, pero sus preguntas por cómo llevaba la carrera y sus espontáneos ánimos son muy valiosos.

Gente de Binéfar, de la Peña la Kraba, de la Escuela de Música y un largo etcétera que se han preocupado en algún momento por mí también merecen tener un hueco en estas líneas.

Y en definitiva todas las personas que, en algún momento, han podido pasar por mi vida durante estos cuatro años y que seguro han influido positivamente en lo que soy ahora.

A todos ellos, ¡gracias! Este trabajo es también, en parte, gracias a todos vosotros.

Tabla de contenido

CAPÍTULO 1 - INTRODUCCIÓN	1
1.1 – DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	1
1.2 – OBJETIVOS	1
1.3 – MOTIVACIONES	2
1.4 – ESTRUCTURA DE LA MEMORIA	2
CAPÍTULO 2 - LA TECNOLOGÍA RFID	4
2.1 – LA IDENTIFICACIÓN AUTOMÁTICA	4
2.2 – IDENTIFICACIÓN POR RADIO FRECUENCIA	6
2.2.1 – ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS	7
2.2.2 – COMPONENTES DE UN SISTEMA RFID	10
2.2.3 – ESTÁNDARES Y LEGISLACIÓN	13
CAPÍTULO 3 - DESARROLLO DE LA IDEA	19
3.1 – LA IDEA	19
3.1.2 – EL SISTEMA	19
3.1.2 – EL SERVICIO	20
3.2 – ALTERNATIVA TECNOLÓGICA ESCOGIDA	22
3.3 – LAS HERRAMIENTAS	22
3.2.1 – EL LECTOR: ASTRA-EX	23
3.2.2 – EL SOFTWARE: MERCURY API	24
3.2.3 – LOS TAGS: TE35 GAIN	25
CAPÍTULO 4 - CARACTERIZACIÓN DEL LECTOR	27
4.1 – PROCESO:	27
4.1.1 – CAMPO LEJANO	27
4.1.2 – CONDICIONANTES DEL ENTORNO	28
4.1.3 – DISPOSICIÓN DEL LABORATORIO	29
4.2 – DATOS OBTENIDOS:	30
4.2.1 – DISTANCIA DE DOS METROS	31
4.2.2 – DISTANCIA DE TRES METROS	31
4.2.3 – DISTANCIA DE CINCO METROS	32
4.2.4 – DISTANCIA DE OCHO METROS	32
4.2.5 – DISTANCIA DE ONCE METROS CON OBSTÁCULO	32
4.3 – PARTICULARIDADES DE LAS MEDIDAS	33
4.3.1 – LECTURA DINÁMICA	34

4.4 – DIAGRAMAS	34
4.5 – CONCLUSIONES	36
4.6 – PRUEBAS COMPLEMENTARIAS	37
4.6.1 – MEDIDAS COMPLEMENTARIAS A 3 METROS	37
4.6.2 – APROXIMACIÓN AL SISTEMA FINAL	39
4.7 – SITUACIÓN DEL LECTOR	41
4.7.1 – PARKING DE BARRERAS	41
4.7.2 – PARKINGS DE PUERTA ELEVADORA	42
CAPÍTULO 5 - IMPLEMENTACIÓN DEL SOFTWARE	43
5.1 – CLASES IMPLEMENTADAS	44
5.1.1 – CLASE LECTOR	44
5.1.2 – CLASE CENTINELA	45
5.1.3 – CLASE LOGGER	46
5.1.4 – CLASE ABRIR PUERTA	47
5.1.5 – CLASE COBRAR	47
5.2 – ADAPTIBILIDAD	47
CAPÍTULO 6 - MODELO DE NEGOCIO	48
6.1 – ESTUDIO DE MERCADO	48
6.1.1 – LOS USUARIOS	48
6.1.2 – LOS CLIENTES	49
6.1.3 – EQUILIBRIO USUARIOS-CLIENTES	52
6.1.4 – PROPUESTA DE VALOR	53
6.1.5 – MODELO DE NEGOCIO	54
6.2 – FLUJOS DE CAJA	55
6.2.1 – CONCEPTOS PREVIOS	55
6.2.2 – GASTOS FIJOS	58
6.2.3 – GASTOS VARIABLES	59
6.2.4 – CARTERA DE CLIENTES	61
6.2.5 – PLAN DE INGRESOS	64
6.2.6 – CUENTA DE RESULTADOS	66
CAPÍTULO 7 - CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS	69
7.1 CONCLUSIONES	69
7.2 – LÍNEAS FUTURAS	70
REFERENCIAS	71
BIBLIOGRAFÍA	71
ANEXO I - CÓDIGO DEL LECTOR	72

Índice de Figuras

Figura 1. Esquema de funcionamiento de un sistema RFID.....	7
Figura 2. Diagrama de sistema RFID con tags pasivos	8
Figura 3. Diagrama de sistema RFID con tags activos (aplicable también a semi-pasivos)	8
Figura 4. Esquema general de un sistema RFID clásico.....	12
Figura 5. Formato del Código Electrónico de Producto de EPC Global.....	14
Figura 6. Algoritmo anticolidión del protocolo EPC Global Class-1 Gen-2.	17
Figura 7. Bandas frecuenciales asignadas a la RFID en la banda UHF.....	18
Figura 8. Esquema de la idea principal del sistema	19
Figura 9. Kit de desarrollo de ThingMagic.....	23
Figura 10. Aspecto físico del tag TE35, de Tracetechn-ID	26
Figura 11. Situación de los elementos condicionantes en el laboratorio	29
Figura 12. Disposición del laboratorio de pruebas.	29
Figura 13. Instantánea tomada en el laboratorio de medidas.....	30
Figura 14. Instantánea de las medidas realizadas a una distancia de once metros.	33
Figura 15. Diagrama de radiación para un ángulo en elevación de 0º.	35
Figura 16. Diagrama de radiación para un ángulo en elevación de 15º.	35
Figura 17. Diagrama de radiación para un ángulo en elevación de -15º.	36
Figura 18. Diagrama de radiación para una distancia de tres metros y varios ángulos en elevación	39
Figura 19. Situación del tag respecto al lector en la aproximación al sistema final (I)	40
Figura 20. Situación del tag respecto al lector en la aproximación al sistema final (II)	40
Figura 21. Parking de barreras no alineadas.	41
Figura 22. Parking de barreras alineadas.	41
Figura 23. Parking de puerta elevadora.	42
Figura 24. Esquema básico del funcionamiento del sistema de lectura de tags	43
Figura 25. Diagrama de funcionamiento de la clase Centinela.....	45
Figura 26. Dependencia directa entre clientes y usuarios	52
Figura 27. Horas de uso de los parkings (oscuro) y horas demandadas (claro).....	64

Índice de tablas

Tabla 1. Comparativa de distintas tecnologías de identificación automática	6
Tabla 2. Comparativa entre la tecnología de tags pasivos y tags activos	9
Tabla 3. Comparativa de las distintas frecuencias de operación de la tecnología RFID	10
Tabla 4. Clasificación de las etiquetas de RFID definidas por EPC Global	14
Tabla 5. Normas ISO aplicables a la tecnología RFID	15
Tabla 6. Legislación que afecta a la tecnología RFID en Europa	18
Tabla 7. Características del lector de RFID Astra-EX.	24
Tabla 8. Medidas obtenidas para una distancia de dos metros.....	31
Tabla 9. Medidas obtenidas para una distancia de tres metros.	31
Tabla 10. Medidas obtenidas para una distancia de cinco metros.....	32
Tabla 11. Medidas obtenidas para una distancia de ocho metros.	32
Tabla 12. Medidas obtenidas para una distancia de once metros.	32
Tabla 13. Valores RSSI para una distancia de tres metros y varios ángulos en elevación.	38
Tabla 14. Valores RSSI (modificados) para una distancia de tres metros y varios ángulos en elevación.	38
Tabla 15. Comparativa de las alternativas de aparcamiento en Barcelona.....	52
Tabla 16. Inversión inicial prevista para poner en marcha la empresa	56
Tabla 17. Evolución del dinero a deber debido al préstamo bancario	57
Tabla 18. Coste de los componentes para la instalación de un sistema.....	60
Tabla 19. Evolución de los usuarios durante los primeros cinco años.....	61
Tabla 20. Alta de nuevos parkings durante los primeros cinco años.....	62
Tabla 21. Horas de uso de parking y horas demandadas por los usuarios	63
Tabla 22. Ingresos según el modelo de parking durante los primeros cinco años	65
Tabla 23. Cuenta de resultados de los primeros cinco años.....	67
Tabla 24. Beneficio acumulado durante los primeros cinco años	68

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

Este proyecto busca analizar todos los factores que intervienen a la hora de realizar una aplicación real de ingeniería. Aprovechando la tecnología RFID, muy en auge en los últimos años, se implementará un parking inteligente que permita aumentar los ingresos del proveedor del parking a la vez que aumenta la satisfacción del cliente.

1.1 – DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Como ya se ha introducido, se quiere implementar un parking basado en RFID. La idea es situar un lector en el parking que se mantendrá a la espera para realizar la lectura de un tag, situado en el coche. Una vez leída la etiqueta, el sistema tiene que ser capaz de saber si ese coche está autorizado a entrar en el aparcamiento y, en caso de ser así, le abrirá la puerta. Paralelamente, se almacenará la hora de entrada y salida al parking con el objetivo de cobrar automáticamente al cliente. De esta forma, el proveedor del parking gana rentabilidad (puede conocer en todo momento cuantos coches hay en su interior) además de una imagen de innovación. Paralelamente, ofrece al cliente un sistema muy cómodo y funcional pues podrá despreocuparse de aspectos como abrir/cerrar la puerta o realizar el pago a la vez que gana tiempo y una mayor información acerca del estado del parking.

1.2 – OBJETIVOS

El principal objetivo de este Trabajo Final de Grado es el diseño de un sistema de parking inteligente completo basado en la tecnología RFID. A partir de este objetivo general, se pueden generar una serie de objetivos específicos que a continuación se enumeran:

- Comprensión y profundización en la tecnología de identificación por radiofrecuencia.
- Estudio de todos los factores que forman parte de un proyecto de ingeniería.
- Caracterización de un sistema de telecomunicaciones como es el lector de RFID.
- Creación de un programa, en Java, que gestione, almacene y filtre la información recogida por el lector.
- Análisis de mercado y estudio de la viabilidad económica de un proyecto ingenieril.
- Aplicación de parte de los conocimientos adquiridos durante la carrera y ampliación de algunos de ellos.

1.3 – MOTIVACIONES

La principal motivación para la realización de este proyecto es la visión comercial que, al fin y al cabo, debe tener todo proyecto de ingeniería. Un ingeniero no solo debe saber resolver los retos tecnológicos que se le planteen, sino tener la capacidad de dar una solución real que pueda ser implementada. Siempre he tenido clara este aspecto de la ingeniería, por lo que ser capaz de proyectar una aplicación que pueda estar en la calle siendo usada es la mayor de las motivaciones.

Siguiendo en este sentido, una motivación secundaria puede ser la realización de un sistema más real que todo aquello hecho hasta ahora en la carrera. Muchas veces, durante los cuatro años de grado universitario se puede tener la sensación de que los conocimientos teóricos son muy amplios pero que no se acaba de comprender como aplicarlo a la vida real. La realización de un proyecto de estas características ayuda a darse cuenta que los conocimientos adquiridos años atrás sí son útiles para la realización de una aplicación real.

Finalmente, una tercera motivación que encuentro es la de profundizar en aspectos de programación, competencia muy demandada en la actualidad y sumamente importante en todo ingeniero de telecomunicaciones por el carácter de conocimiento transversal que poseen. Además, este proyecto permite adentrarme en el lenguaje JAVA, lenguaje que considero importante conocer y que no había tenido la posibilidad de hacerlo hasta el comienzo de este proyecto.

1.4 – ESTRUCTURA DE LA MEMORIA

Esta memoria está estructurada en siete capítulos, con sus correspondientes apartados. Además se incluye un anexo y se especifican las fuentes consultadas.

El primer capítulo se trata de una introducción del proyecto, con su descripción, acotamiento de los objetivos, la motivación personal para su consecución y una explicación de la estructura de la memoria.

En el segundo capítulo se hace un análisis completo de la tecnología RFID, explicando su funcionamiento, los elementos necesarios que la componen y la legislación que la aplica. Se explican las distintas variables tecnológicas que ofrece la identificación por radiofrecuencia para, posteriormente, elegir la más idónea a la aplicación final.

En el capítulo tres se acota el proyecto, explicando en profundidad el funcionamiento del sistema. Además, y atendiendo a las variables técnicas explicadas en el anterior capítulo, se introduce el hardware y el software que se utilizará para la realización del mismo.

Con el cuarto capítulo se busca justificar el lector escogido conforme se ajusta a las necesidades de la aplicación final. Para ello se realizan una serie de pruebas en el laboratorio con el objetivo de conseguir un conjunto de datos que posteriormente podrán ser utilizados para la construcción de unos diagramas de radiación.

La implementación del software será desarrollada en el quinto capítulo, donde se explicará el funcionamiento que se le ha dado al sistema teniendo en cuenta posibles problemas en la implementación final que se han intentado mitigar aportando soluciones flexibles que puedan ser ajustadas en una futura fase de implementación piloto del sistema.

En el capítulo número seis se realiza un estudio de mercado con la movilidad y el aparcamiento en la ciudad de Barcelona como protagonistas. Se analizan los distintos competidores y el valor añadido que ofrece este proyecto. Además, se hace un cálculo de los flujos de caja y un plan de retorno de la inversión realizada.

Finalmente, en el capítulo siete se extraen una serie de conclusiones tras el desarrollo de este proyecto. Asimismo se analizan posibles líneas futuras del proyecto una vez alcanzados los objetivos buscados inicialmente.

En el anexo I se incluye el código creado en Java para la implementación del software del sistema.

CAPÍTULO 2

LA TECNOLOGÍA RFID

En este segundo capítulo se realiza una introducción teórica de la tecnología RFID. Se explicará qué es la identificación automática para posteriormente explicar los aspectos más importantes que posee la identificación por radio frecuencia: alternativas tecnológicas, componentes principales, principios tecnológicos o la legislación que le aplica.

2.1 – LA IDENTIFICACIÓN AUTOMÁTICA

La identificación automática, o Auto ID, es un amplio abanico de tecnologías utilizadas para que una máquina pueda identificar ciertos objetos. Lo más habitual es que las empresas busquen poder identificar sus objetos de una forma automática, con tal de tenerlos identificados informáticamente en todo momento sin tener que recurrir a que uno o varios empleados tengan que hacer esa faena manualmente. Se observa, pues, como el principal objetivo de la Auto ID es aumentar la eficiencia, disminuyendo los errores en la introducción de la información y liberando personal para que pueda encargarse de otras faenas.

Como ya se ha comentado, las tecnologías en esta área son muy amplias, siendo las más destacadas las que se explican a continuación.

- **CÓDIGO DE BARRAS:** sistema de codificación creado a través de líneas y espacios paralelos de distinto grosor. Generalmente es utilizado como sistema de control, facilitando la actividad comercial del fabricante pero sin ofrecer información al consumidor. Una de las principales ventajas es que los datos almacenados en un código de barras pueden ser leídos de manera precisa y rápida.

Los códigos de barras se miden en proporción a la barra más delgada y en mils, o 1/1000 de pulgada. Un código de barras de 10 mils, por ejemplo, tiene una barra delgada de 10/1000 de pulgada de ancho. Además, se incluyen zonas silenciosas, o espacios en blanco, a ambos lados del símbolo para garantizar la correcta lectura del código. Su funcionamiento es muy sencillo: un dispositivo emite un rayo de luz directa sobre el código. El dispositivo incorpora a su vez un sensor que detecta la luz reflejada y la convierte en una señal eléctrica que puede ser interpretada y convertida en datos.

- RFID: la identificación por radio frecuencia es un tipo de tecnología inalámbrica que permite la comunicación entre un lector y una etiqueta o tag sin necesidad de que sendos elementos estén en la misma línea de vista. Dicha etiqueta posee una pequeña memoria donde se almacena cierta información (típicamente un número de serie), la cual será enviada al lector cuando este se lo solicite. La tecnología RFID tiene un gran potencial en campos tan diversos como el control de accesos, sistemas de pago (Teletac Via-T) o seguimiento de activos; entre otros. En el siguiente apartado se profundiza en el estudio de esta tecnología.
- RECONOCIMIENTO ÓPTICO DE CARACTERES: el OCR es una tecnología que permite convertir diferentes tipos de documentos (documentos en papel escaneados, archivos PDF o imágenes captadas por una cámara digital) en datos con opción de búsqueda y funcionalidad de editar.

Para reconocer el texto, en primer lugar se analiza la estructura de la imagen del documento. Se divide la página en elementos tales como bloques de texto, tablas, imágenes y etc. Las líneas están divididas en palabras y posteriormente en caracteres. Como los caracteres han sido señalados, el programa los compara con un conjunto de imágenes del patrón. El programa va lanzando una serie de hipótesis sobre estos caracteres y, en base a ellas, analiza diferentes variantes de ruptura de líneas en palabras y palabras en caracteres. Después de procesar un enorme número de tales hipótesis probabilísticas, el programa finalmente toma la decisión.

- TARJETAS INTELIGENTES: las tarjetas inteligentes son una plataforma segura adaptada especialmente para proporcionar una mayor seguridad y privacidad a aplicaciones que se ejecutan en entornos de computación de propósito general. Son capaces de proporcionar funcionalidades de almacenamiento seguro para información sensible como pueden ser claves privadas, números de cuenta, contraseñas o información médica.

Una tarjeta inteligente (smart card) o tarjeta con circuito integrado (TCI), es cualquier tarjeta generalmente del tamaño de una tarjeta de crédito que contiene un circuito integrado con microprocesador que permite ejecutar programas y almacenar datos, e incorporan ciertos mecanismos de seguridad. La energía necesaria para su funcionamiento proviene de un lector de tarjetas inteligentes, a partir de un contacto directo o a muy corta distancia. El uso de tarjetas inteligentes es, hoy en día, muy común en la banca, seguros médicos, monedero (prepago), telefonía móvil, oficinas inteligentes, controles de acceso, etc.

- **SISTEMA BIOMÉTRICOS:** estos sistemas se basan en la idea de identificar a personas mediante la comparación de características, a priori, unívocas. Son capaces de traducir una característica biológica, morfológica o de comportamiento en una fuente de información almacenable para su posterior comparación. Los ejemplos más comunes son los sistemas identificadores por huella dactilar o por pupila, utilizados recientemente para la utilización de móviles, por ejemplo. Otros ejemplos pueden ser la identificación de voz, forma de la cara, forma corporal o el patrón de escritura; entre otros muchos. Muchos sistemas de identificación utilizan varios factores para alcanzar una seguridad mayor: lo que tengo (una tarjeta, por ejemplo), lo que sé (ejemplo: código PIN) y lo que soy (huella dactilar, siguiendo con el ejemplo). Precisamente los sistemas biométricos representan esta última característica: “lo que soy”.

	DISTANCIA IDENTIFICACIÓN	¿LÍNEA DE VISTA DIRECTA?	SEGURIDAD	¿POSIBILIDAD DE MEMORIA?
CÓDIGOS DE BARRAS	MUY BAJA	SI	BAJA	NO
RFID	DEL ORDEN DE METROS	NO	MEDIA	SI
OCR	BAJA	SI	N/A	N/A
TARJETAS INTELIGENTES	CONTACTLESS	SI	MEDIA	SI
SISTEMAS BIOMÉTRICOS	MUY BAJA	SI	MUY ALTA	NO

Tabla 1. Comparativa de distintas tecnologías de identificación automática

En la tabla uno se realiza una comparativa de las posibilidades que ofrece cada tecnología. Este trabajo se centrará en la tecnología RFID debido a las posibilidades potenciales que ofrece, principalmente al permitir la detección de objetos a una cierta distancia sin necesidad que estén a la vista. Precisamente esta es su principal diferencia con su principal competidor: los códigos de barras, donde suele ser necesario que alguien oriente el código de barras al lector perdiendo, por tanto, en automatismo.

2.2 – IDENTIFICACIÓN POR RADIO FRECUENCIA

La Identificación por Radio-Frecuencia, a partir de ahora RFID, es un término genérico que define una serie de tecnologías que emplean ondas radiales para la identificación automática de personas u objetos. Una de las claves es que la recuperación de la información contenida en la etiqueta se realiza vía radiofrecuencia y sin necesidad de que no exista ni contacto físico ni visual.

Se trata de una tecnología de captura e identificación automática de información contenida en etiquetas electrónicas. Cuando estas etiquetas entran dentro de la cobertura de un lector, éste envía una señal para que dicha etiqueta le transmita la información que tenga almacenada en su memoria interna, tal y como se muestra en el esquema general de funcionamiento del sistema RFID de la figura uno.

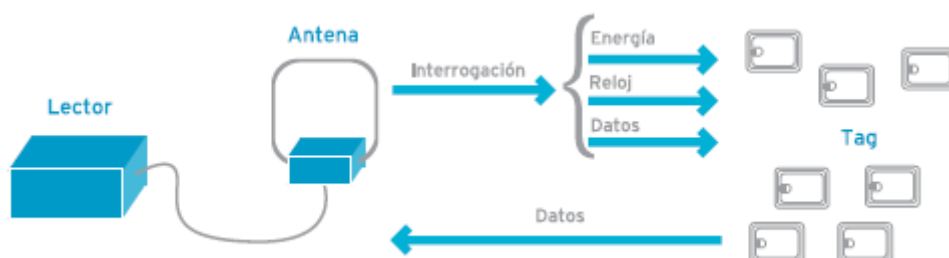


Figura 1. Esquema de funcionamiento de un sistema RFID. [Fuente](#)

Este tipo de tecnología no es nueva, pues lleva funcionando desde hace muchos años; sin embargo es recientemente cuando están empezando a cobrar una importante relevancia, con una mayor aplicación y mayor diversidad sectorial. En los últimos años se ha desarrollado y perfeccionado técnicamente, disponiendo en la actualidad de estándares aceptados a nivel internacional, así como de las Administraciones Públicas responsables de la asignación de las frecuencias. Esta evolución ha supuesto a su vez un notable avance en sus aplicaciones. Mientras que inicialmente su funcionamiento estaba restringido a distancias cortas, actualmente los nuevos estándares UHF permiten lecturas a varios metros con una gran fiabilidad. Además, su impulso desde importantes empresas internacionales ha permitido que cada vez esté más generalizado su uso en cadenas de suministro.

2.2.1 – ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS

Existen varias formas de identificación aunque la más usual es almacenar un número de serie único en un microchip anexo a una antena que permite que el microcircuito transmita la información de identificación única. Al conjunto del microchip junto a la antena se le denomina transpondedor de RFID o etiqueta/tag RFID. Estas etiquetas, y por tanto el sistema RFID en su conjunto, pueden clasificarse según dos criterios: por un lado según la fuente de energía y por otro según la frecuencia de operación.

2.2.1.1 – SEGÚN LA FUENTE DE ENERGÍA

Es una de las características más importantes a tener en cuenta cuando se seleccionen los tags para una aplicación concreta y es uno de los principales factores para determinar el coste y la vida del tag. Atendiendo a esta clasificación, se pueden encontrar tres tipos de etiquetas: pasivas, activas o semi-pasivas.

- **PASIVAS.** Obtienen la energía de la transmisión del lector y son los más comunes, ya que permiten al dispositivo transpondedor trabajar sin necesidad de fuente de alimentación propia, lo que lo hace más económico, de menor tamaño y con un ciclo de vida ilimitado. Su principal desventaja está en la dependencia con el campo electromagnético generado por el dispositivo lector y, por tanto, la correspondiente limitación en la distancia de identificación.

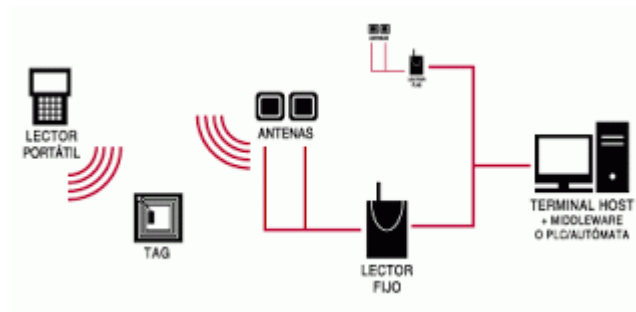


Figura 2. Diagrama de sistema RFID con tags pasivos. [Fuente](#)

- **ACTIVAS.** Tienen su propia batería y su propio transmisor, lo que los hace totalmente independientes a la señal transmitida por el dispositivo lector. La distancia de identificación se incrementa muchísimo respecto a los tags pasivos. Su ciclo de vida estará limitado al ciclo de vida de la propia batería.

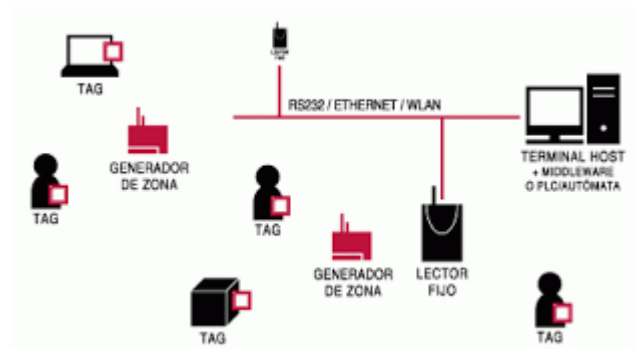


Figura 3. Diagrama de sistema RFID con tags activos (aplicable también a semi-pasivos). [Fuente](#)

- **SEMI-PASIVAS.** Tienen su propia batería, lo que permite aumentar la distancia de identificación. Sin embargo, siguen dependiendo de la señal del dispositivo lector, ya que la necesitan para generar la correspondiente señal de respuesta. De nuevo, el ciclo de vida estará limitado al ciclo de vida de la batería.

Las etiquetas activas y pasivas son las más generalizadas en la actualidad y será importante tener claras sus características y limitaciones para la aplicación final. En la tabla dos se realiza una comparativa-resumen de las características principales de cada tipo de tag.

TAGS PASIVOS	TAGS ACTIVOS
Funciona sin batería	Funciona con batería
Relativamente económico	Relativamente costoso
Ciclo de vida ilimitado	Ciclo de vida limitado por la batería
Poco peso	Mayor peso
Alcance limitado	Gran alcance (hasta 100 metros)
Sensibilidad al ruido	Mayor inmunidad al ruido
Dependencia de la señal con el lector	Transmisor propio
Requiere dispositivos lectores potentes	Relaja el requisito de potencia del lector
Velocidad de transmisión baja	Velocidad de transmisión alta
Lectura simultánea baja	Lectura simultánea alta
Alta sensibilidad de orientación	Menor sensibilidad de orientación

Tabla 2. Comparativa entre la tecnología de tags pasivos y tags activos

2.2.2.2 – SEGÚN LA FRECUENCIA DE OPERACIÓN

Los fundamentos físicos en los que se basa la tecnología RFID implican la aparición de varios modelos de comunicación entre los dispositivos básicos del sistema. Dicha comunicación necesita de una antena RF en cada uno de los dispositivos implicados en la comunicación cuya forma y características depende de la banda frecuencial en la que funcionen. Cada banda frecuencial tiene unas características específicas que confieren elementos diferenciales a la funcionalidad de los dispositivos RFID, por lo que saber elegir la frecuencia de trabajo es un punto fundamental al diseñar una solución RFID. Dependiendo de los requisitos funcionales de la aplicación final, la identificación automática puede requerir, o no, una mayor o menor distancia de identificación, generar la menor interferencia radioeléctrica posible, estabilidad de la señal frente a entornos hostiles o una alta capacidad de penetración en los materiales.

Dentro de la tecnología RFID se pueden distinguir cuatro bandas frecuenciales diferenciadas:

- **BAJA FRECUENCIA (LF).** Con una frecuencia típica entre los 125 KHz y los 134 KHz, permiten un corto alcance no mayor al medio metro así como una baja velocidad de lectura.
- **ALTA FRECUENCIA (HF).** La frecuencia de operación se sitúa sobre los 13,56 MHz, lo que permite un alcance de hasta tres metros y una velocidad de lectura algo mejor respecto a LF.

- ULTRA ALTA FRECUENCIA (UHF). Su frecuencia de operación está fijada entre los 860 y los 960 MHz con lo que permite distancias de lectura de hasta diez metros. Su velocidad de lectura puede considerarse alta.
- FRECUENCIA DE MICROONDAS. Con una frecuencia de 2,45 GHz y 5,8 GHz permiten unas distancias de detección muy elevadas. Además, su velocidad de transmisión es también muy elevada.

En la tabla tres se realiza un resumen de las características y aplicaciones típicas para cada banda frecuencial utilizada en RFID.

BANDAS FRECUENCIALES	CARACTERÍSTICAS	APLICACIONES
LF (Baja Frecuencia) 125 kHz – 134 kHz	Corto alcance (hasta 45 centímetros) Poca velocidad de transmisión Relativamente económico Gran penetración en los materiales Trabaja bien junto a metales	- Control de acceso - Identificación de animales - Control de inventario - Antirrobo - Llaves de coche
HF (Alta Frecuencia) 13,56 MHz	Corto/medio alcance (1 a 3 metros) Velocidad de transmisión moderada Puede leer a través de líquidos Problemático junto a metales Moderadamente caro	- Control de acceso - Tarjetas inteligentes - Gestión de almacén - Control de equipajes - Gestión de lavandería - Identificación de pacientes
UHF (Ultra HF) 860 MHz – 960 MHz	Medio alcance (de 3 a 10 metros) Alta velocidad de transmisión Mecanismos de anticolidión Problemático con líquidos y metales Moderadamente caro	- Gestión de artículos - Gestión de cadena de suministro - Gestión de almacén - Gestión de expediciones - Trazabilidad
Microondas 2,45 GHz – 5,8 GHz	Largo alcance (más de 10 metros) Similar a UHF pero con mayor velocidad de transmisión Mayor precio	- Control ferroviario - Peajes de autopista - Localización

Tabla 3. Comparativa de las distintas frecuencias de operación de la tecnología RFID

2.2.2 – COMPONENTES DE UN SISTEMA RFID

Como ya se ha visto, las etiquetas serán las que delimiten las características tecnológicas que deberá tener el sistema RFID que se quiera implementar. Sin embargo, además de los tags, existen otros componentes que también son de vital importancia para la creación de un sistema de identificación por radiofrecuencia. A continuación se explican los distintos componentes que participan de un sistema RFID.

2.2.2.1 – EL TAG

Las etiquetas, o tags, de RFID son las que almacenan la información que será enviada a un lector a través de ondas de radio. También se las conoce como transpondedores por el carácter de transmisor y respondedor (contestador) que poseen. Están compuestas por una antena, un transductor radio y un microchip. La primera es la encargada de transmitir la información que identifica al tag cuando el lector así lo solicita. Por su lado, el transductor es el que convierte la información que transmite la antena.

En el microchip existe una memoria interna donde se almacena el identificador de la etiqueta y, en algunos casos, cierta información adicional; por lo que la capacidad de esta memoria varía según el modelo. La información que son capaces de almacenar los más básicos, que no incluyen chip, está contenida en 24 bits. Actualmente tienen unos precios muy asequibles (céntimos de euro) y con unas dimensiones a partir de 0,4 mm² por lo que están preparadas para su integración en todo tipo de objetos.

2.2.2.2 – EL LECTOR

El lector actúa como estación de identificación transmitiendo señales de petición hacia los tags y recibiendo las respuestas a estas peticiones. Es un dispositivo receptor/transmisor radio, que incorpora además de los subsistemas de transmisión y recepción, un procesador de señales digitales que lo dota de mayor funcionalidad y complejidad en sus operaciones. Un dispositivo lector, necesitará de una o varias antenas RF para transmitir la señal generada y recibir la respuesta del tag. Es posible encontrar lectores con la antena RF integrada en su propio hardware y lectores con conectores de antena RF externos.

La funcionalidad y/o complejidad de cálculo y operaciones de un dispositivo lector, es totalmente proporcional al tamaño del hardware. La capacidad de proceso, memoria y velocidad requiere hardware adicional y por tanto el tamaño del dispositivo va en aumento. Podemos encontrar desde lectores del tamaño de una tarjeta PCMCIA para acoplarlos a una PDA, hasta lectores robustos para entornos hostiles que requieren protección física, mayor velocidad de lectura y multiplexación entre antenas y procesamiento de información, cuyo tamaño aumenta considerablemente respecto a los primeros.

De forma similar al caso de las antenas de los tags, las antenas RF conectadas al dispositivo lector, variarán de forma y de tamaño según la frecuencia de operación del sistema.

2.2.2.3 – BASE DE DATOS Y MIDDLEWARE

La base de datos es una plataforma software adicional que permite almacenar, de forma organizada, la información de identificación que genera el subsistema hardware (tag y lector). La importancia de este subsistema software radica en que una aplicación cliente sería incapaz de gestionar la información que genera un dispositivo lector. Antes de este paso es necesario almacenar la información de identificación en un formato común para que cualquier aplicación cliente, de nivel superior, pueda trabajar y acceder a esta información.

Entre la base de datos y el dispositivo lector es necesario un interfaz middleware que ejecute un tratamiento previo sobre los datos en bruto que genera el lector. Según lo citado con anterioridad, el propio dispositivo lector dispone de una unidad de procesamiento inteligente que, dependiendo del grado de complejidad de su diseño, implementará este interfaz dentro del propio lector. En otros casos será necesario el diseño externo de este interfaz middleware. La gráfica siguiente muestra la idea de un sistema RFID básico.

2.2.2.4 – PROGRAMADORES RFID

Son los dispositivos que realizan la escritura de información sobre la etiqueta RFID, es decir, son capaces de codificar diferentes datos en un microchip situado dentro de un tag RFID. Esta programación de las etiquetas se realiza una única vez si las etiquetas son de solo lectura, o varias veces si son de lectura/escritura. Es por ello que los programadores de RFID son un elemento prescindible en ciertas aplicaciones donde únicamente sea necesaria la lectura de la información que contiene el tag. Como es natural, la potencia necesaria para escribir en las etiquetas es superior a la potencia necesaria para leerlas. Debido a esto, en la mayoría de casos es necesario un contacto directo entre el programador y la etiqueta.

En la figura cuatro se representa el esquema general que cualquier sistema RFID suele cumplir.

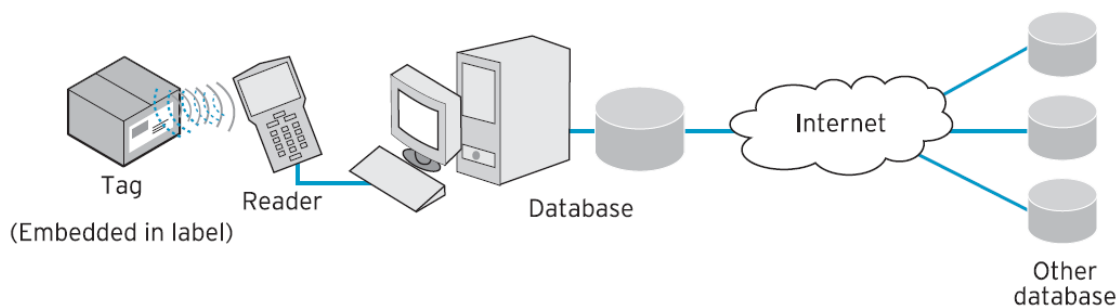


Figura 4. Esquema general de un sistema RFID clásico. [Fuente](#)

2.2.3 – ESTÁNDARES Y LEGISLACIÓN

La llegada de estándares a la tecnología RFID posibilitó, como en toda tecnología, su implantación en multitud de empresas; ya que permitió la interoperabilidad entre aplicaciones y que diferentes productos no interfieran entre sí. Antes de que se regulara, cada compañía poseía su propio sistema por lo que etiquetas de cierto fabricante solo podían ser leídas por lectores del mismo fabricante. La estandarización de esta tecnología llegó a partir de la competencia entre dos grupos competidores: EPC Global e ISO. En el año 2006, ISO reconoció al estándar promovido por EPC Global para el desarrollo de despliegues RFID en la cadena de suministro EPC Gen 2 Class 1 UHF como un estándar ISO con validez mundial. Fue incorporando como una enmienda a su estándar referido a la utilización de dispositivos para operar en entornos RFID UHF (860-960 MHz) 18000-6, quedando reflejado finalmente como ISO 18000-6C. Si bien gracias a estas dos organizaciones la estandarización de RFID es un hecho, aun ahora los estándares actuales no son interoperables al cien por cien ni entre sí ni con otras tecnologías.

Los estándares de la identificación por radiofrecuencia abarcan las siguientes áreas:

- PROTOCOLO DE LA INTERFAZ: especifica el protocolo con el cual etiquetas y lector se comunican entre sí.
- CONTENIDO DE LOS DATOS: detalla el formato y semántica de la información intercambiada entre lector y tags.
- CERTIFICACIÓN: diferentes pruebas que los productos con tecnología RFID deben cumplir con tal de garantizar los requisitos del estándar.
- APLICACIONES: diferentes usos que se le puede dar a la tecnología RFID.

2.2.3.1 – EPC GLOBAL

Esta organización mundial sin ánimo de lucro es la que asigna los distintos códigos RFID a las entidades y empresas; asegurándose que cada número asignado sea único. Además de regular el sistema, es la encargada de asesorar y homologar las diferentes aplicaciones existentes. Fue creada y apoyada por la industria para que se mantuviera como el estándar mundial para la identificación automática de objetos en la cadena de suministro. EPC Global define estándares para RFID a cinco niveles distintos:

- CÓDIGO ELECTRÓNICO DE PRODUCTO (EPC): se trata del código numérico estandarizado que identifica un objeto de forma unívoca. Este código está formado por 96 bits que no contienen ningún tipo de información adicional del producto. En la figura cinco se muestra el formato que toma el código.

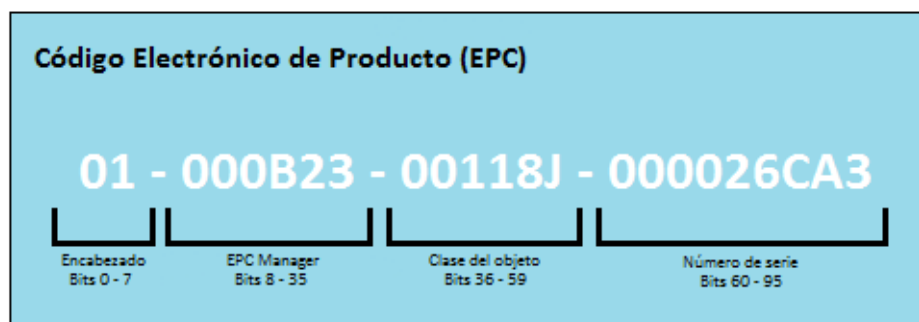


Figura 5. Formato del Código Electrónico de Producto de EPC Global

- **PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN:** el estándar EPC Global realiza una clasificación de los tags según el nivel de complejidad y capacidad de los mismos. En la tabla 4 hay un resumen de los distintos tipos de etiquetas definidas por este estándar.

TIPO DE CLASE	DEFINICIÓN	PROGRAMACIÓN
CLASE 0	Tag pasivo de sólo lectura	Programada como parte del semiconductor en la fabricación
CLASE 0+	Permite una única escritura. Versión mejorada de la Clase 0.	Programada una única vez para posteriormente ser bloqueada
CLASE 1	Mejora la Clase 0+. También es de una única escritura.	
CLASE 1 – GEN 2	Permite múltiples escrituras e incrementa la velocidad de transmisión de datos.	Puede ser reprogramado varias veces
CLASE 2	Tags reescribibles	
CLASE 3	Tags semi-pasivos	
CLASE 4	Tags activos	
CLASE 5	Lectores	No aplica

Tabla 4. Clasificación de las etiquetas de RFID definidas por EPC Global

- **MIDDLEWARE EPC:** se trata de uno de los elementos críticos dentro de EPC Global debido a que debe asegurar la integración entre equipos de distintas empresas y, además, porque facilita a los sistemas de la empresa los datos recogidos por los lectores. Un lector puede recoger datos de cientos de tags a la vez por lo que se hace necesario un proceso de filtrado y consolidación de esta gran cantidad de datos para posteriormente poder ser enviados de una forma ordenada.
- **SERVICIO DE INFORMACIÓN EPC (EPCIS):** se encarga de hacer de pasarela entre aplicaciones remotas que intercambian información. Existe un repositorio central de datos compartidos que se actualiza constantemente por los distintos agentes que forman la red. La comunicación se realiza por servicios web (SOAP) mediante el lenguaje de marcado físico. De esta forma cualquier aplicación local puede comunicarse con sistemas remotos.

- **SERVIDOR DE NOMBRE DE OBJETOS (ONS):** su función es identificar, dentro de la red EPC Global, el servidor que contiene la información necesaria por una aplicación. Para ello utiliza la información del código EPC con tal de obtener la localización de un servicio perteneciente a un servidor EPCIS. Para su diseño se han utilizado conceptos de los servidores DNS para conseguir escalabilidad y funcionalidades similares.

2.2.3.2 – ISO

La Organización Internacional para la Estandarización (ISO) es una organización internacional no gubernamental formada por una completa red de institutos nacionales de más de 160 países sobre la base igualitaria de un miembro por país. Es el organismo encargado del desarrollo de normas internacionales de fabricación, comercio y comunicación. En la tabla cinco se muestra un resumen de las normas ISO que aplican a la tecnología RFID, con su denominación y una pequeña descripción.

DENOMINACIÓN	BREVE DESCRIPCIÓN DE LA NORMA
ISO/IEC 11784-11785, ISO 10536, ISO 18000	Sobre la privacidad y seguridad de los datos.
ISO 14223/1	Identificación por radiofrecuencia de animales, transpondedores avanzados e interfaz radio.
ISO 14443	Sistemas de pago electrónico y documentación personal. Estándar HF.
ISO 15693	Estándar HF, utilizado en tarjetas sin contacto de crédito y débito.
ISO 18000-7	Estándar industrial para UHF (para productos basado en RFID activa).
ISO 18185	Estándar industrial para el seguimiento de contenedores.
ISO/IEC 15961	Define el protocolo de datos e interfaz de aplicación.
ISO/IEC 15962	Protocolo de codificación de datos y funcionalidades de la memoria.
ISO/IEC 15963	Trata el sistema de trazado y monitorización que afecta al tag RFID.
ISO 19762-3	Términos y definiciones únicas de RFID en el campo de la AutoID y captura de datos técnicos.
ISO 23389	Estándar para los contenedores (normas de lectura/escritura).
ISO 24710	Técnicas AIDC para gestión de objetos con interfaz ISO 18000.

Tabla 5. Normas ISO aplicables a la tecnología RFID

Aunque las especificaciones y la terminología se van actualizando constantemente, los estándares creados por ISO establecen todos los requisitos reguladores a nivel internacional. Es competencia de los gobiernos de cada país regular las frecuencias permitidas, así como las emisiones y otras características de funcionamiento.

2.2.3.3 – EPC GLOBAL CLASS-1 GEN-2

EPCglobal Class-1 Gen-2 es un estándar de la institución EPCglobal, publicado en 2005, ampliamente adoptado por los fabricantes de sistemas RFID (siendo el principal protocolo en la actualidad) y centrado en el desarrollo de estándares industriales para EPC. Su mecanismo es similar al del protocolo Aloha Ranurado¹. Los tags son dispositivos simples y toda la complejidad del algoritmo de identificación (como la sincronización) la lleva a cabo el lector. Las razones que han llevado a su generalización son las siguientes:

- Es simple y robusto: la complejidad del protocolo se encuentra en el lector.
- Los tags que se comercializaban cumplían los requisitos mínimos para su implementación por lo que no supone un coste adicional hardware.
- Es ideal para sistemas RFID donde el lector no tiene un conocimiento a priori de los tags que hay dentro de su cobertura.
- El lector puede adaptar el tamaño de ciclo en cada ciclo mediante un algoritmo sencillo, obteniendo mejores resultados en tiempo medio de identificación, utilización del canal y probabilidad de colisión.

Antes de que comience un ciclo de identificación, el lector envía un paquete *Broadcast*² a la población de tags que se encuentran dentro de su cobertura. Uno de los campos que posee este paquete indica si las diferentes etiquetas deben identificarse o no. Los N tags que reciben el paquete responden, produciéndose entonces una colisión múltiple que el lector es capaz de detectar.

Es en este punto cuando comienza un ciclo de identificación, iniciándose con el envío de un paquete tipo *Query*; incluyendo en uno de sus campos 4 bits, que indican el valor del tamaño del ciclo Q (2^Q slots). Cuando los tags en cobertura lo reciben, generan un número aleatorio r dentro del intervalo $[0, 2^Q-1]$, que representa el slot de ese ciclo en el que el tag transmitirá su identificador. En cada ciclo, el comienzo de un nuevo slot lo indica el lector por medio del paquete *QueryRep*, excepto el slot 0, que se inicia automáticamente tras el envío del paquete *Query*.

Los tags competirán para identificarse, para ello utilizan un contador interno (counter=r) para contabilizar los slots que les quedan hasta alcanzar el elegido y enviar su identificador. Cada vez que les llega un paquete *QueryRep*, decrementan el contador y si éste alcanza el valor 0, envían su identificador ID, que corresponde al valor obtenido r, es decir, el slot elegido en el ciclo. Después de que un tag transmita su identificador pueden ocurrir dos cosas.

¹ *Aloha Ranurado* se trata de un protocolo del nivel de enlace de datos para redes de área local con topología de difusión. Tiene dos principios básicos: si hay datos por enviar, se envían ya; y si el mensaje colisiona, se reenvía más tarde. Las estaciones solo pueden transmitir en ciertos slots.

² El *broadcast* es una forma de transmisión simultánea de información desde un nodo emisor a una serie de nodos receptores, sin necesidad de que el emisor tenga información del resto de nodos.

- Si dos o más tags eligen el mismo slot para transmitir su ID se produce una colisión. El lector la detecta y reacciona enviando un nuevo paquete. Al recibirlo, aquel tag que ya había transmitido asume que ha habido una colisión y actualiza su contador a $counter = 2^Q - 1$, evitando volver a competir para identificarse en ese ciclo.
- Si el lector recibe un ID correcto, responde con un paquete ACK. Los tags en cobertura reciben el paquete, pero sólo el tag que envió su ID contesta enviando un paquete Data.
 - Si el lector recibe el paquete correctamente responde con un nuevo paquete QueryRep comenzando un nuevo slot. El tag identificado finaliza su proceso.
 - Si el lector no recibe el paquete *Data* correctamente, o en un tiempo establecido, envía un paquete *Nack*. Únicamente el tag que envió los datos reacciona estableciendo su contador a $counter = 2^Q - 1$ evitando así que vuelva a competir por identificarse en ese ciclo. Tras el paquete *Nack* el lector envía de nuevo un paquete *QueryRep*.

Cuando el contador de slots del lector alcanza el valor $2^Q - 1$ finaliza un ciclo. El lector envía un nuevo paquete *Query* o un paquete *QueryAdjust* en caso de que implemente algún algoritmo de ajuste dinámico de la Q. Todos los tags que aún estén sin identificar volverán a competir eligiendo un nuevo slot.

En la figura seis está representado el algoritmo de anticolisión explicado con anterioridad, con las distintas posibilidades que pueden darse.

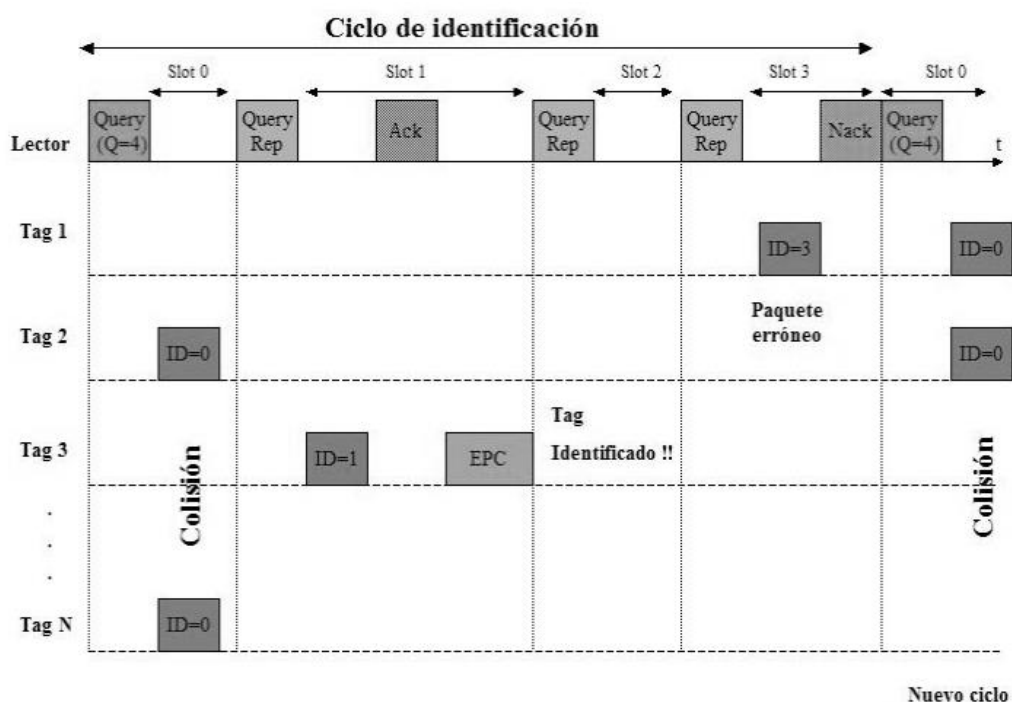


Figura 6. Algoritmo anticolisión del protocolo EPC Global Class-1 Gen-2. [Fuente](#)

2.2.3.4 – LEGISLACIÓN

Además de la estandarización existen una serie de consideraciones legales a nivel internacional que afectan directamente a la tecnología RFID. Para baja y alta frecuencia existe una legislación homogénea en todo el mundo mientras que para bandas superiores no se ha conseguido una homogeneización. En Europa existen restricciones en la potencia y ancho de banda debido a la coincidencia de la banda UHF con la utilizada por los móviles con tecnología GSM. Las normas consensuadas en Europa que afectan a los dispositivos con tecnología RFID están resumidas en la tabla seis.

DENOMINACIÓN	BREVE DESCRIPCIÓN DE LA NORMA
EN 300 330	Sistemas y equipos radios en el rango 9 KHz – 25 MHz y de acoplamiento inductivo 9 KHz – 30 MHz. Relevante para bajas y altas frecuencias en RFID.
EN 300 220	Sistemas y equipos radios en el rango 25 MHz – 1000 MHz con niveles de potencia hasta 500 mW. Relevante para RFID en UHF.
EN 302 208	Dispositivos en frecuencia UHF a 100 mW, 500 mW y 2 W en la banda 865 - 868 MHz con canales de 200 KHz. Relevante para RFID en UHF.
EN 300 440	Sistemas y equipos radios en el rango 1 GHz – 40 GHz con niveles de potencia hasta 500 mW. Relevante para RFID en frecuencia de microondas.
EN 302 328	Sistemas de transmisión en banda ancha, equipos de transmisión de datos a frecuencia de 2,4 GHz. Relevante para RFID en frecuencia de microondas
EN 300 674	Equipos de transmisión de tipo DSCR (500 y 250 kbit/s) operando en banda frecuencial de 5,8 GHz. Relevante para RFID en frecuencia de microondas.

Tabla 6. Legislación que afecta a la tecnología RFID en Europa

Como se ha comentado, para algunas bandas frecuenciales no se ha conseguido una legislación común a nivel internacional, por lo que cada país o zona decide en qué rango de frecuencias podrán operar los sistemas basados en RFID. En la figura siete se realiza un resumen de la potencia y las frecuencias para las zonas más importantes de la tierra.

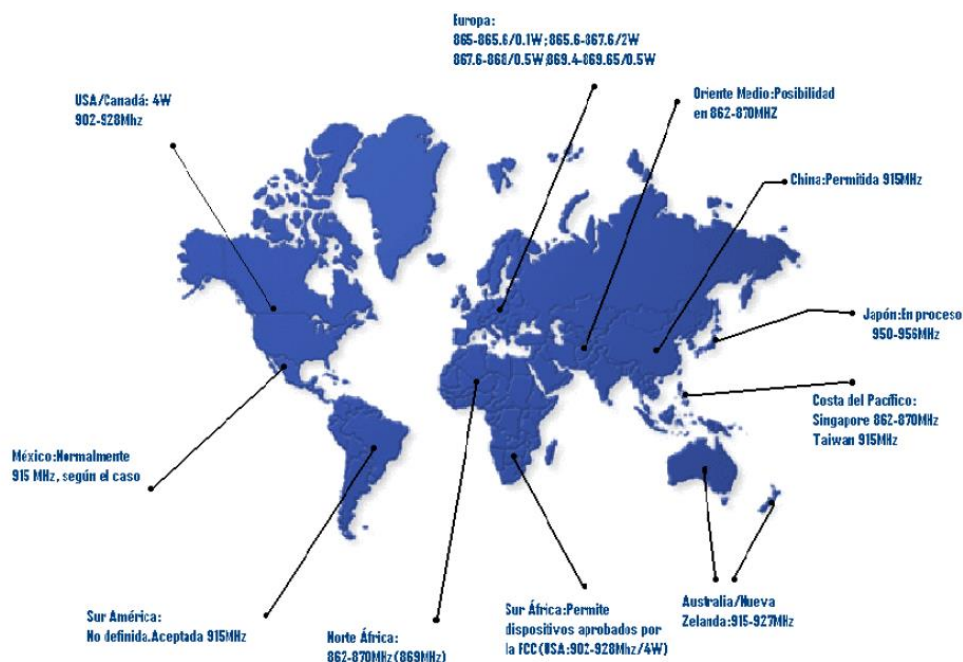


Figura 7. Bandas frecuenciales asignadas a la RFID en la banda UHF.

CAPÍTULO 3

DESARROLLO DE LA IDEA

En este capítulo se detalla el funcionamiento del sistema. Cómo debe funcionar, qué características se esperan de él y qué es necesario para su correcto funcionamiento. En este último punto se incluye una justificación de la alternativa tecnológica escogida así como una descripción del hardware utilizado.

3.1 – LA IDEA

3.1.2 – EL SISTEMA

Ya se ha introducido que la idea es la creación de un parking que permita la entrada de los vehículos de forma automática. El sistema estará formado por un lector que estará conectado a una base de datos y que tendrá que estar en espera a que un tag entre en su área de cobertura.

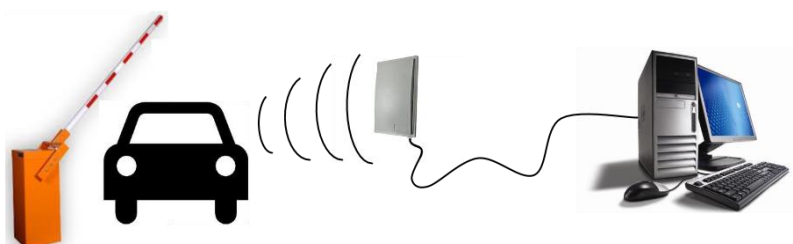


Figura 8. Esquema de la idea principal del sistema.

Este lector estará situado a la entrada del aparcamiento, en una posición que posibilite la lectura de las etiquetas tanto a la entrada como a la salida del vehículo, tal y como se explicará más adelante. Una vez el tag haya sido identificado se deberá comprobar si está dado de alta en la base de datos con tal de saber si se le puede abrir la puerta. Por lo tanto la decisión de la situación del lector será un punto importante con tal de poder ofrecer una buena cobertura que dote al parking de un servicio cómodo y fiable. La lectura se realizará de forma asíncrona y cada cierto tiempo, con el objetivo de evitar un consumo alto o un calentamiento excesivo del lector.

El tag también será una parte importante del sistema. La idea original es que sea situado en la parte posterior del retrovisor interior del vehículo, de tal forma que su orientación sea en todo momento hacia el exterior. En principio se evitará su situación en el parabrisas, con tal de evitar que pueda ser mojado al haber condensación en caso de lluvia y, por otro, porque se cree que es más estético y se evita que quede una marca cuando tenga que retirarse.

El lector estará conectado a un sistema informático, el cual tendrá acceso a una base de datos de tags global que estarán dados de alta en el sistema. Estas etiquetas podrán tener acceso global o únicamente a determinados parkings. En este proyecto, sin embargo, se trabajará únicamente con un sistema local, donde la información de las etiquetas que están dadas de alta estará contenida en un archivo local que podrá ser leído por el sistema. Estos archivos serán clasificados por días, de tal forma que cada día se podrá tener una lista de tags permitidos.

Mediante software se será capaz de conocer si un vehículo está entrando o saliendo del parking. Esto se explicará con mayor detalle en el capítulo cinco, sin embargo la idea se basa en almacenar, y por tanto conocer, todos los coches que se encuentran dentro del parking. Si uno que estaba dentro es detectado, significará que estará intentando salir del parking. En cambio, si se sabe que no se encontraba aparcado dentro querrá decir que está intentando acceder.

3.1.2 – EL SERVICIO

El servicio que se propone es que los usuarios puedan darse de alta en el sistema, a partir de lo cual tendrán acceso a la red de parkings. Esta red de parkings podrá estar formada tanto por particulares como por empresas.

3.1.2.1 – SERVICIO A PARTICULARES

El modelo que se propone para particulares es el de reaprovechamiento de su plaza de parking cuando ésta esté desocupada. Hoy en día, el modelo de consumo colaborativo está creciendo cada vez más, debido por un lado al ritmo de vida actual y a la situación económica por otro. Es por ello que cada vez más particulares ceden su plaza de aparcamiento a otros usuarios durante las horas que está desocupada a cambio de cierta remuneración o a cambio de otros servicios. La idea es facilitar y fomentar el contacto entre estos particulares y dotarlos de una herramienta sencilla de tal forma que ambas partes tengan que despreocuparse del problema de entrega de llaves, pagos, etc.

Además, al tener todos los datos de ambas partes no debería haber problemas de seguridad; siendo además el perfil de gente a la cual está destinado el servicio acostumbrada a la economía colaborativa. Este servicio está pensando especialmente para aquellas personas que durante el día abandonan su plaza para marchar a trabajar con su vehículo y ésta puede ser reaprovechada por otra persona en las mismas condiciones que tenga su lugar de trabajo próximo a dicha plaza de parking. Puede ser interesante también para aquellas personas que marchen con el vehículo durante unos días y de esta forma poder recibir cierta remuneración por ceder la plaza a terceras personas. Asimismo, el particular consigue una tecnología puntera en su parking de la cual puede aprovecharse al permitir, para uso personal, abrir esa puerta de forma automática a partir de la puesta en marcha del servicio.

El usuario que cede su parking podrá seleccionar en una aplicación los días y horas en los cuales el parking está disponible para ser reaprovechado. Los usuarios dados de alta podrán consultar estos horarios y, en caso de estar interesados, podrán efectuar la reserva de la plaza de aparcamiento.

La idea es que este servicio tenga una pequeña inversión inicial para el particular que poco a poco se le será retornada con un porcentaje de la tarifa cobrada al cliente. Como la empresa que gestiona el sistema de parkings inteligentes se ocupará de la mayor parte de los costes de la instalación, se le irá retornando un porcentaje de lo que se obtenga en cada servicio.

3.1.2.2 – SERVICIO A EMPRESAS

El servicio destinado a empresas está pensado para sistemas de parkings ya implantados, pero también para empresas que puedan tener plazas de aparcamiento que no están aprovechadas al 100%, como pueden ser hoteles, centros comerciales, etc. Estas empresas ganan potenciales usuarios, los cuales son conocedores de las comodidades que ofrece este sistema, por lo que consiguen una buena bolsa de clientes a los cuales pueden ofrecerles ciertas promociones, por ejemplo. Ambas partes ganan en la comodidad en la apertura de puertas y del cobro.

En este caso, la empresa pondrá a disposición del servicio el número de plazas de aparcamiento que estime oportuno, por lo que estas plazas pasarán a estar gestionadas totalmente por la empresa que gestione el sistema de parking inteligente. Desde la web, los usuarios podrán reservar alguna de las plazas disponibles los días y horas que así estimen conveniente.

Se propondrán dos modelos de negocio para empresas. El primero de ellos consistirá en pagar la instalación del sistema, por lo que éste pasará a ser propiedad de la empresa de parkings. Además, se cobrará una pequeña cuota mensual o anual como coste de mantenimiento del sistema. En este caso la empresa decide el precio que debe pagar el cliente, aunque aprovechándose de la plataforma creada con toda la cartera de clientes y la comodidad del pago, donde la empresa que gestione la red de parkings sería mera mediadora. Por otro lado se ofrece el servicio similar al ofrecido a particulares, donde la mayor parte de los costes de instalación corren a cargo de la empresa pero, a cambio, un porcentaje de los ingresos son retornados como forma de recuperar la inversión y como coste de mantenimiento.

3.1.2.3 – LOGÍSTICA

La gestión del sistema se realizará a través de una aplicación web, a la cual tendrán acceso tanto los que cedan su aparcamiento como aquellos que decidan utilizarlo. En ella se podrán gestionar las fechas y horas las cuales el parking está libre, se podrán realizar distintos tipos de búsqueda de aparcamiento, ver la localización y características más importantes de todos los parkings disponibles y realizar las reservas y cancelaciones. La idea es poder realizar también una aplicación para el móvil para mayor comodidad para los usuarios y cuota de mercado para el particular/empresa que cede su instalación.

En ambos modelos de servicio, el acceso al parking estará disponible únicamente durante cierto tiempo en torno a la hora de la reserva. Es importante mantener un servicio serio y fiable, por lo que puede estudiarse la posibilidad de introducir una cierta multa para aquellas reservas no utilizadas. Igualmente se permitirá la anulación de las reservas en cualquier momento desde la aplicación web.

3.2 – ALTERNATIVA TECNOLÓGICA ESCOGIDA

En base a la introducción sobre la tecnología RFID realizada anteriormente, es importante acotar el tipo de tecnología a usar en este proyecto.

Por un lado debe elegirse la banda frecuencial donde operará el sistema. Descartada la baja frecuencia por su pobre alcance, se decide utilizar la banda frecuencial de ultra alta frecuencia (UHF) pues se cree que proporciona una distancia de detección óptima para la aplicación que se está creando. Es además la recomendada para gestión de expediciones, por lo que encaja perfectamente en este proyecto; siendo además una opción no muy cara. Asimismo, el utilizar una frecuencia cercana a 1GHz permite el uso de una antena relativamente pequeña y por tanto se conseguirá que el sistema no ocupe excesivo espacio.

Por otro lado debe elegirse el tipo de tag, la opción de etiqueta pasiva es la más acorde a esta aplicación debido a su bajo coste (de unos pocos céntimos de euro). Debido a que no es necesaria una distancia de detección muy grande y tienen un uso ilimitado (puesto que no dependen de una batería) será la opción más óptima.

Finalmente, será importante seguir los estándares vigentes (el EPCglobal Gen-2 en particular) con tal de asegurarse una compatibilidad total entre el lector y las etiquetas.

3.3 – LAS HERRAMIENTAS

Atendiendo a lo explicado en el anterior apartado se decide que para el desarrollo de este proyecto se utilice un kit de desarrollo de la empresa *ThingMagic*. Este kit está formado por un lector y una completa API para poder ser controlado. Se incluyen además una serie de distintos tipos de tags para poder realizar las distintas pruebas. A continuación se explican las características de cada uno de estos elementos.



Figura 9. Kit de desarrollo de ThingMagic. [Fuente](#)

3.2.1 – EL LECTOR: ASTRA-EX

El lector incluido en el kit es el modelo Astra-EX, el cual permite el uso de dos antenas monoestáticas y bidireccionales de RF. Una de ellas está integrada y consigue una ganancia de 8,5 dBiC operando en las frecuencias UHF entre los 865 MHz y los 960 MHz. Además permite conectar una antena externa mediante un conector TNC de polaridad inversa, con una potencia de RF máxima de 1,4 W o +31,5 dBm. El protocolo de comunicación que sigue es el EPCglobal Gen-2 (ISO 18000-6C). En este proyecto se trabajará únicamente con la antena integrada, aunque es interesante conocer que existe la posibilidad de acoplar una antena externa adicional para determinados ambientes que pudieran ser más anómalos.

Sus medidas físicas permiten una fácil implementación en numerosos espacios, con un peso de apenas dos kilogramos. Incluye cuatro orificios para insertar elementos roscados de 0,7 milímetros de diámetro a una profundidad máxima de 7,1 milímetros. Sus dimensiones son de 261 x 261 milímetros, con un grosor máximo de 70,4 milímetros. Las condiciones ambientales son también un punto a favor de este lector, puesto que permiten un rango de operación entre los -20 y los +50 grados centígrados, si bien son aumentables hasta un rango entre -40 y +85 °C cuando no está siendo usado. Permite además una humedad relativa entre el 5% y el 95%, eso sí evitando la condensación.

En la tabla siete se realiza un resumen de otras características que posee el lector.

CERTIFICADO	ETSI EN 302 208
ALIMENTACIÓN DC	10 – 30 V (máximo 15 W)
PROCESADOR	Intel IXP420 Network Processor
MEMORIA DRAM	64 MB
MEMORIA FLASH	32 MB
TAG BUFFER	Hasta 65.000 tags
RATIO DE LECTURA MÁXIMO	400 tags/segundo
DISTANCIA MÁXIMA DE DETECCIÓN	Sobre 9 metros
TAMAÑO MÁXIMO DEL EPC ID	496 bits
PROGRAMACIÓN	Java, C y C# (.NET)
CONEXIÓN INALÁMBRICA	Mediante WIFI

Tabla 7. Características del lector de RFID Astra-EX.

3.2.2 – EL SOFTWARE: MERCURY API

Esta API está destinada a proporcionar una interfaz de programación común a todos los productos ThingMagic. Por lo tanto, el código creado puede ser utilizado para controlar otros modelos de la misma marca sin apenas restricciones. Permite tres lenguajes de programación: Java (el utilizado en este proyecto), así como C y C#/.NET. Se especifican una serie de códigos de ejemplo que son muy útiles para poner en funcionamiento el lector de una forma sencilla y rápida.

Esta API está dividida, de forma conceptual, en cuatro capas según el nivel de complejidad de las operaciones:

- En el primer nivel están contenidas las operaciones básicas de lectura, siendo además independientes el hardware y la implementación.
- Con el nivel dos se consiguen una serie de operaciones de lectura más completas, incluyendo variaciones más complejas que las incluidas en el primer nivel.
- En el nivel tres están contenidas todas las operaciones específicas para las diferentes plataformas hardware. Por lo tanto este nivel es dependiente del HW.
- El nivel cuarto proporciona acceso total al código fuente de cada lector. Por lo tanto, este nivel es no accesible para aplicaciones de usuario.

En el caso de este proyecto, será suficiente con utilizar las operaciones que proporciona la primera capa de la API.

Además de la API explicada, se facilitan dos herramientas para realizar operaciones sencillas con el lector. Por un lado está una interface web que permite operaciones de alto nivel a partir de un Applet de Java. Aquí se puede comprobar el estado de todos los lectores, con sus correspondientes antenas, que están conectados a la red local, modificar algunos ajustes o actualizar el firmware. Además, permite realizar tanto lecturas continuas como lecturas cada cierto tiempo, mostrando por pantalla el identificador EPC de los diferentes tags encontrados junto con el número de veces que se ha identificado y la antena que lo ha detectado.

Por otro lado existe URA (de las siglas *Universal Reader Assistant*), un pequeño programa dirigido a la lectura de etiquetas con posibilidades mayores a la que ofrece la interface web. Permite modificar la potencia de la señal enviada por el lector, admite lectura síncrona (con el tiempo que se le marque) o asíncrona (lectura continua con un tiempo ON y otro OFF). Otra característica importante es que permite obtener mayor información de las etiquetas leídas, como son el *timestamp* o el RSSI en dBm.

Pese a que ambas aplicaciones no son útiles para el sistema final, sí pueden serlo en las primeras fases del proyecto con tal de familiarizarse con la lectura de tags RFID así como para poder tomar medidas de un modo bastante rápido con tal de realizar la caracterización del lector.

3.2.3 – LOS TAGS: TE35 GAIN

Los tags utilizados para realizar las distintas pruebas han sido los facilitados en el kit de desarrollo. Estos tags son tags de muestras de diferentes empresas y presentan distintos formatos como pueden ser dentro de un encapsulado, envuelta por un plástico o únicamente la etiqueta. Este último modelo ha sido el utilizado para realizar las distintas pruebas.

Pensando en la implementación real del sistema, se ha buscado en el mercado un tag que pudiera satisfacer las necesidades del proyecto. Tras sondear diferentes tags en el mercado, se encontró con el que se creó más adecuado. Lo suministra la empresa barcelonesa *Traceteck-ID*, empresa dedicada exclusivamente al campo de la identificación por radiofrecuencia y única en España en la fabricación de tags RFID. Más concretamente, el tag escogido es el conocido como “TE35 GAIN”, el cual está diseñado para toma de tiempos en eventos deportivos y para ser insertado en los parabrisas de vehículos. A continuación se resumen las principales características:

- **TAMAÑO:** el tamaño de la antena es de 85 milímetros de largo por 25 de ancho. El tamaño es bastante pequeño, por lo que será bastante discreto y asegura que pueda ser situado en cualquier automóvil.
- **PROTOCOLO Y FRECUENCIA:** utiliza el protocolo estandarizado EPCglobal Gen-2 (ISO 18000-6C) a una frecuencia de operación entre los 860 y los 960 MHz. Por lo tanto es totalmente compatible con el lector.
- **MEMORIA:** dispone de 128 bits de memoria EPC donde está almacenado el código de identificación único. En este modelo no existe memoria escribible por el usuario, aunque tampoco es necesaria para este proyecto.

- TEMPERATURA DE OPERACIÓN: la etiqueta es capaz de trabajar en un rango de temperatura entre los -40 y los +85 °C. Este gran rango garantiza el correcto funcionamiento del tag, sean cuales sean las condiciones del ambiente.
- HUMEDAD: el dispositivo trabaja correctamente con una humedad relativa entre el 40% y el 80%. Esto no es un inconveniente puesto que la etiqueta no tiene por qué ser mojada estando situada en el interior del vehículo.



Figura 10. Aspecto físico del tag TE35, de Traceteck-ID. [Fuente](#)

CAPÍTULO 4

CARACTERIZACIÓN DEL LECTOR

En este capítulo se realiza una caracterización del lector de RFID que se utilizará en la aplicación final. Además, la logística necesaria para poder llevar a cabo la caracterización ha sido un ordenador portátil, una fuente de alimentación y un conmutador de Ethernet. Se definirá el proceso utilizado, se presentarán los resultados obtenidos y se hará una valoración final a modo de conclusión.

4.1 – PROCESO:

Las diferentes medidas fueron realizadas en un laboratorio del departamento de Telecomunicaciones siguiendo la metodología que a continuación se detalla. El objetivo es conseguir un diagrama de radiación que caracterice al dispositivo y, para ello, la primera idea fue dejar el lector en un sitio fijo e ir moviendo la posición del tag RFID para observar la distancia y el ángulo a los cuales el lector era capaz de detectarlo. Esta metodología, además de costosa en cuanto al tiempo necesario para realizar cada una de las medidas, necesitaba de un espacio abierto muy grande para poder ser llevada a cabo.

Tras valorar alternativas, la metodología final utilizada ha consistido en dejar fijo el tag RFID en varios puntos en elevación e ir rotando el lector sobre sí mismo. De esta forma se consiguen las distintas medidas en elevación cambiando la posición del tag y las distintas medidas en acimut variando la orientación del lector. Además, se variará la distancia entre el lector y la etiqueta para comprobar cómo afecta la distancia al sistema.

4.1.1 – CAMPO LEJANO

Antes de decidir las diferentes distancias para realizar la caracterización del dispositivo, es importante comprobar que se van a encontrar en lo que se denomina campo lejano de radiación. Puede distinguirse entre campo cercano y lejano en función de si parte de la potencia que irradia la antena se queda almacenada de forma temporal en dicho campo cercano o no. A la hora de realizar un diagrama de radiación interesa que sea en campo lejano para que la antena pueda estar caracterizada correctamente. Siendo D la longitud de la antena y λ la longitud de onda, se puede conocer la distancia mínima de radiación para que se considere campo lejano:

$$R > \frac{2D^2}{\lambda}$$

La longitud de la antena no es conocida, sin embargo se supondrá el peor caso en el cual pueda ocupar toda la longitud de la caja protectora del lector: 26,1 centímetros. Por otro lado, la longitud de onda podrá obtenerse a partir de la frecuencia de operación del lector la cual, y según el *datasheet*, está entre los 865,6 MHz y los 867,6 MHz cuando se trabaja dentro de la Unión Europea. Por lo que el radio mínimo será de:

$$R = \frac{2D^2}{\lambda} = \frac{2 \cdot 0,261^2}{c/866,6 \cdot 10^6} = 0,39 \text{ cm}$$

Por lo tanto, para una distancia de radiación mayor a 39 centímetros se determina que se trata de campo lejano y las medidas para la realización de un diagrama de radiación podrán considerarse correctas. De esta forma, se deciden realizar medidas para cuatro distancias distintas:

- Ocho metros.
- Cinco metros.
- Tres metros.
- Dos metros.

4.1.2 – CONDICIONANTES DEL ENTORNO

Como ya se ha comentado, la distancia teórica de detección máxima para este tipo de tecnología es de ocho-diez metros en un espacio abierto. En el laboratorio se han intentado recrear unas condiciones lo más ideales posibles, intentando evitar obstáculos aunque ha habido varios factores que han impedido conseguir esta idealidad, las cuales se enumeran a continuación y se representan en la figura once:

- En la parte izquierda existían una serie de persianas de metal, las cuales han podido reflejar la señal.
- En la parte trasera existía una pizarra que también contenía metal en su parte posterior y la cual también ha podido perturbar alguna de las medidas.
- A ambos lados de la zona principal de radiación existían mesas con algunos objetos sobre ellas.
- Algunos de estos objetos eran aparatos electrónicos (ordenadores, fuentes de alimentación, etc.) los cuales se ha intentado que estuvieran apagados para evitar perturbaciones.
- La logística necesaria para llevar a cabo las pruebas (ordenador portátil, conmutador de Ethernet y fuente de alimentación). Sin embargo, se ha intentado mantener dichos aparatos fuera de la zona principal de radiación del lector.

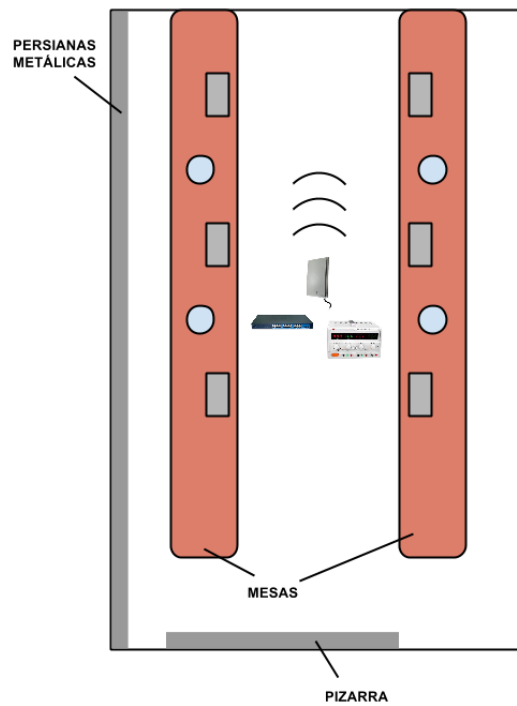


Figura 11. Situación de los elementos condicionantes en el laboratorio

Pese a ello, todos estos factores pueden mirarse desde el punto de vista de la aplicación final, donde es poco probable que exista una idealidad del entorno.

4.1.3 – DISPOSICIÓN DEL LABORATORIO

En la figura doce se muestra la disposición que se ha tenido para realizar las distintas medidas en el laboratorio.

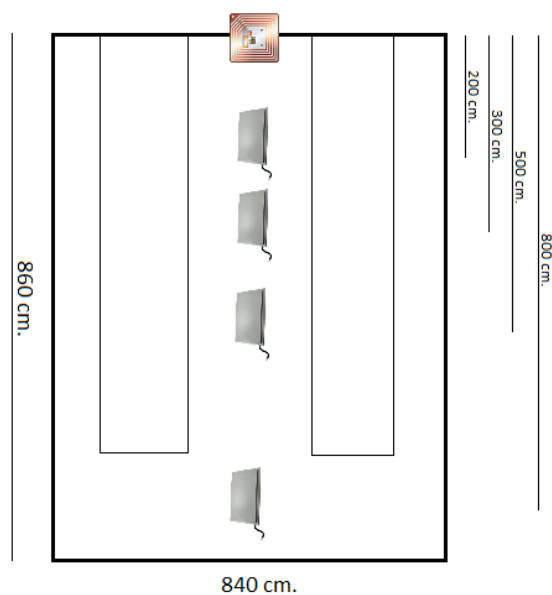


Figura 12. Disposición del laboratorio de pruebas.

Para acimut se deciden hacer doce medidas para cada ángulo de elevación, es decir, la orientación del lector se ha ido variando en 30°. En cuanto a la elevación, las medidas han dependido de la distancia existente entre el lector y el tag, puesto que para distancias relativamente grandes el techo y el suelo eran un impedimento para la realización de las medidas.

La altura a la cual se ha situado el lector es de 123 centímetros, sobre una altura del laboratorio de 270 centímetros.

Como complemento a estas medidas, se ha realizado un experimento situando un cristal entre el lector y el tag. De esta forma se puede caracterizar de forma más real el entorno final de la aplicación, donde la luna delantera del coche esté situada entre ambos elementos. Además, esta medida ha sido realizada a una distancia considerablemente grande y en un entorno abierto y sin obstáculos: el espacio existente entre dos espinas de la Escuela de Ingeniería. La distancia entre espina y espina es de once metros, algo superior a los ocho/diez metros de distancia de detección teórica pero que, como se verá a continuación, no ha sido impedimento para poder llevar a cabo la prueba. En esta ocasión, la orientación ha sido totalmente alineada entre tag y lector.

4.2 – DATOS OBTENIDOS:

Los datos obtenidos se han representado en una serie de tablas clasificadas según la distancia entre el lector y la etiqueta. En estas tablas se representan, para cada punto, si el lector ha sido capaz de detectar el tag (x) o por el contrario no ha sido detectado (-).



Figura 13. Instantánea tomada en el laboratorio de medidas.

4.2.1 – DISTANCIA DE DOS METROS

La primera de las tablas muestra las medidas obtenidas para una distancia de detección de dos metros. En ella se han podido hacer medidas en elevación entre -30° y 36° , para un total de 6 ángulos diferentes.

	-180	-150	-120	-90	-60	-30	0	30	60	90	120	150	ACIMUT
36,3	X	-	-	-	X	X	X	X	X	X	X	-	
30	X	-	-	-	X	X	X	X	X	X	-	X	
15	X	-	-	-	X	X	X	X	X	-	-	X	
0	X	-	-	X	X	X	X	X	X	X	-	X	
-15	X	-	-	X	X	X	X	X	X	X	-		
-30	-	-	-	-	X	X	X	X	X	X	-	-	
ELEVACIÓN													

Tabla 8. Medidas obtenidas para una distancia de dos metros.

En la tabla ocho puede verse como las medidas obtenidas son bastante consistentes entre un abanico de ángulos de prácticamente 180° . Se han detectado tags para algunos ángulos grandes, anomalía que será comentada posteriormente para la totalidad de datos obtenidos.

4.2.2 – DISTANCIA DE TRES METROS

La siguiente medida se realizó para una distancia de tres metros. Los ángulos en elevación disminuyeron hasta unos 25° .

	-180	-150	-120	-90	-60	-30	0	30	60	90	120	150	ACIMUT
26,1	X	-	-	X	X	X	X	X	X	-	-	X	
15	X	-	-	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
0	X	-	-	X	X	X	X	X	X	-	-	X	
-15	X	-	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
-22,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
ELEVACIÓN													

Tabla 9. Medidas obtenidas para una distancia de tres metros.

En la tabla nueve puede observarse lo ya comentado en la medición a tres metros, sin embargo no se consiguió detección para un ángulo en elevación grande (en negativo). Esta circunstancia no se dará únicamente aquí, así que será también explicada en general más adelante.

4.2.3 – DISTANCIA DE CINCO METROS

Posteriormente se realizaron medidas para una distancia de cinco metros, las cuales se ven reflejadas en la tabla diez. Aquí, la cantidad de medidas bajó debido a que en elevación solo se pudo llegar hasta los 15°. No se consideró hacer medidas para un ángulo intermedio ya que se pensó que carecían de valor para un ángulo tan pequeño.

	-180	-150	-120	-90	-60	-30	0	30	60	90	120	150	ACIMUT
16,4	x	x	-	-	x	x	x	x	-	-	-	x	
0	x	-	-	-	x	x	x	x	-	-	x	x	
-14	-	-	-	x	-	-	-	-	-	x	-	-	
ELEVACIÓN													

Tabla 10. Medidas obtenidas para una distancia de cinco metros.

4.2.4 – DISTANCIA DE OCHO METROS

Finalmente se tomaron medidas para una distancia de ocho metros, el máximo permitido por el laboratorio donde se realizaron y máximo óptimo teórico para la tecnología utilizada. De nuevo se pudieron hacer solo tres medidas en elevación dada la baja altura del laboratorio. Los resultados pueden observarse en la tabla once.

	-180	-150	-120	-90	-60	-30	0	30	60	90	120	150	ACIMUT
10,4	-	-	-	-	x	x	x	x	-	-	-	-	
0	x	-	-	-	x	x	x	x	x	-	-	x	
-8,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
ELEVACIÓN													

Tabla 11. Medidas obtenidas para una distancia de ocho metros.

4.2.5 – DISTANCIA DE ONCE METROS CON OBSTÁCULO

De forma complementaria se realizaron medidas en zona abierta y una distancia de once metros. El objetivo de estas medidas fue observar el funcionamiento del sistema en distancias grandes, así como su funcionamiento al situar un obstáculo, como puede ser un cristal, que separaba sendos componentes del sistema. Los resultados obtenidos se resumen en la tabla doce.

	CON CRISTAL	SIN CRISTAL	EMISIÓN
CON CRISTAL	x	x	
SIN CRISTAL	x	x	
RECEPCIÓN			

Tabla 12. Medidas obtenidas para una distancia de once metros.

Se observa como en los cuatro casos realizados se consigue detección del tag, aun existiendo uno o dos cristales entre medio.



Figura 14. Instantánea de las medidas realizadas a una distancia de once metros.

4.3 – PARTICULARIDADES DE LAS MEDIDAS

De estas medidas pueden extraerse varias particularidades que se repiten a lo largo de todas las medidas. Estas anomalías se deben a la no idealidad del espacio donde se realizaron las diferentes medidas. A continuación se describen los patrones que se observan:

Al situar el tag a ras de suelo, al lector le costaba mucho detectarlo. Esto es debido a lo que se conoce como efecto tierra: una pérdida del rango de operación de la antena cuando ésta, o en este caso el tag, se sitúa próximo al suelo. Aunque este efecto se produce en mayor medida en VHF, también se encuentra presente en la banda de ultra alta frecuencia. Su efecto es debido a una serie de cancelaciones parciales debido a que parte de la energía es reflejada por el suelo, mezclándose con la señal RF directa y produciendo un deterioro notable en la señal.

Los ángulos negativos eran más fáciles de ser detectados que los ángulos positivos. La explicación a esto se adelantó ya en la introducción y es debido a que en la parte izquierda del laboratorio se tenían una serie de persianas de metal que reflejaban las ondas de forma mucho más fácil que la madera situada en la parte derecha de la habitación.

Los ángulos cercanos a 180° eran detectados de forma muy fácil. Esto es debido a que en la pared opuesta a la situación del tag existía una gran pizarra con metal con lo que, de nuevo, las medidas se han visto alteradas.

4.3.1 – LECTURA DINÁMICA

Las pruebas se han querido realizar tanto con el lector como con el tag en estático por motivos de poder seguir una metodología clara, sencilla y fácilmente reproducible. La aplicación final, sin embargo, será implementada en un entorno dinámico, donde la posición del tag respecto al lector irá variando con el tiempo. Es por ello que, aun sin haber ideado una metodología para poder caracterizarlo, se ha observado que un tag en movimiento es detectado de una forma mucho más fácil que una etiqueta fija en cierta posición. Esto es debido a que cuando el lector recibe una señal débil por parte de la etiqueta, es mucho más fácil que pueda ser detectada e interpretada cuando sea cambiante a cuando no lo sea.

Es por ello que los resultados obtenidos pueden ser tomados con cierta cautela puesto que podrán ser mejorados una vez sea implementado en un entorno cambiante, donde la etiqueta estará siempre en movimiento. De hecho, en la mayoría de casos el tag se irá acercando al lector por lo que la potencia de la señal recibida se irá haciendo mayor, lo que hará que pueda ser detectado con mayor facilidad.

4.4 – DIAGRAMAS

A partir de los datos obtenidos se realizarán una serie de diagramas de radiación en dos dimensiones. Dado que no se han podido obtener medidas para todos los ángulos posibles, y por lo tanto no se puede obtener un diagrama en tres dimensiones, se realizarán varios diagramas, según el ángulo de elevación.

Además, se ha decidido que las medidas obtenidas para ángulos grandes no son válidas, debido a las características propias del laboratorio donde se ha realizado el experimento, las cuales han generado ciertas reflexiones para dichos ángulos.

En primer lugar se representan los datos para un ángulo de elevación de cero grados. En la figura quince se puede observar como la distancia de detección es muy elevada para ángulos hasta $\pm 60^\circ$ mientras que luego disminuye. De aquí se puede extraer que el tipo de antena que incorpora el lector es unidireccional. De hecho, de haberse podido realizar el experimento en un laboratorio más ideal, posiblemente se hubiera obtenido un diagrama del tipo cardioide, tipo de antena que radia hacia la parte frontal con bastante ángulo de obertura pero, sin embargo, tienen una sensibilidad muy baja en su parte posterior.

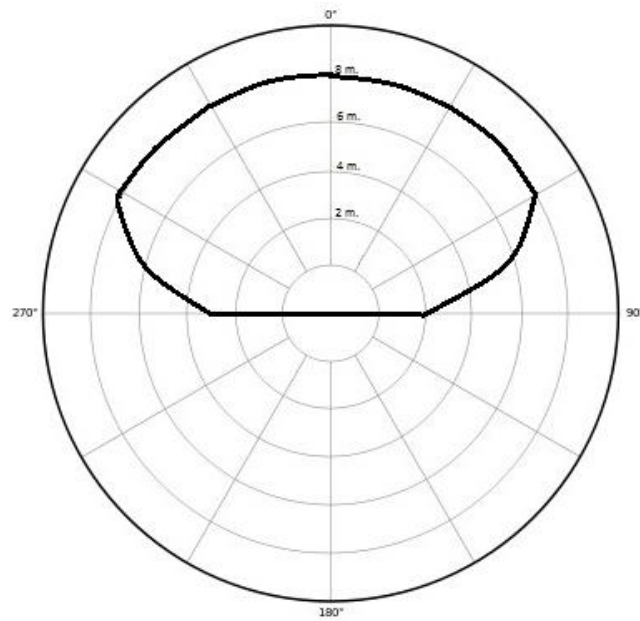


Figura 15. Diagrama de radiación para un ángulo en elevación de 0° .

Posteriormente se ha realizado el diagrama para un ángulo en elevación de quince grados. En la figura dieciséis puede observarse como la parte izquierda del diagrama consigue mejores resultados que la parte derecha. Esto es debido, de nuevo, a la disposición del aula, donde recordemos que en la parte izquierda existían grandes superficies de metal que probablemente hayan hecho aumentar la cobertura de la antena. Pese a ello, el resultado es bastante similar al obtenido para un ángulo de cero grados.

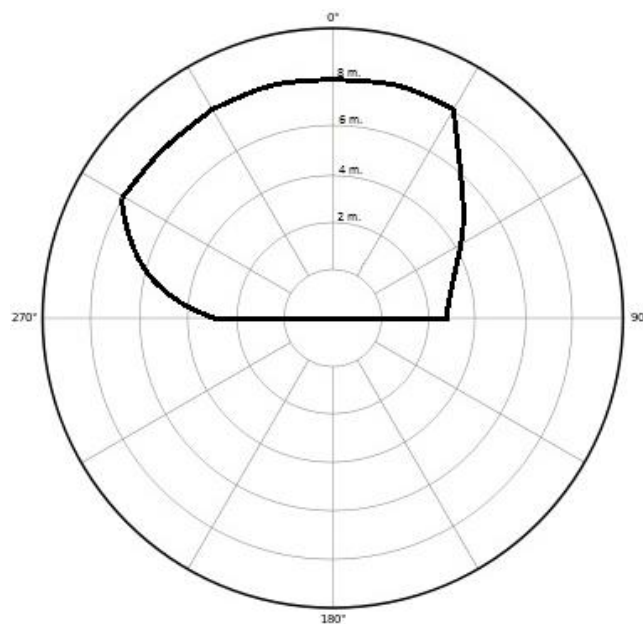


Figura 16. Diagrama de radiación para un ángulo en elevación de 15° .

Finalmente se ha realizado el diagrama para un ángulo en elevación negativo de quince grados. En esta ocasión, se obtiene un resultado muy distinto a lo mencionado anteriormente, tal y como se puede observar en la figura 17. Esto es debido a lo ya comentado anteriormente: los problemas de detección que se encontraron al intentar localizar el tag cuando éste se situaba muy cerca del suelo. Debido a esto, se tomará este diagrama como no válido.

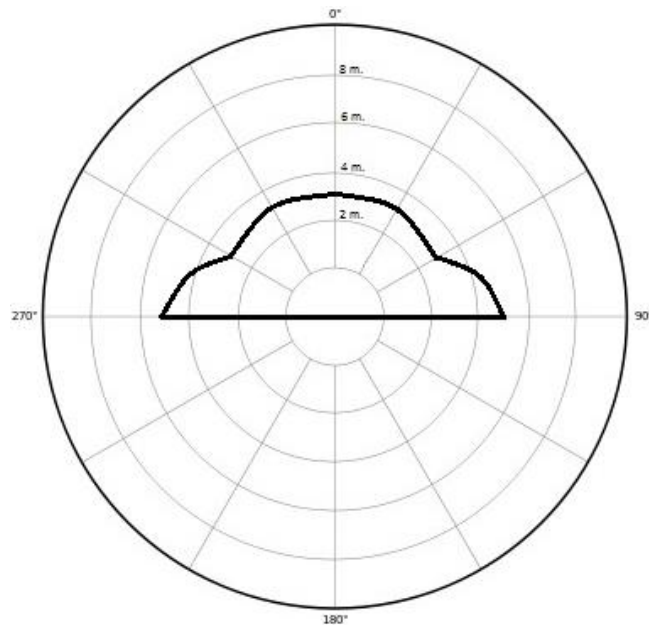


Figura 17. Diagrama de radiación para un ángulo en elevación de -15°.

4.5 – CONCLUSIONES

Una vez obtenidos los diagramas de radiación, se puede sacar una serie de conclusiones donde se valorará si la aplicación final es viable tecnológicamente hablando.

Tal como era esperable la tecnología utilizada, sobre los 866 MHz, permite una relativamente gran distancia de detección; siendo que al situar el tag a ocho metros del lector apenas existía inconveniente para que fuera leído. Esto supone una gran ventaja, ya que permite cierto margen de maniobra a la hora de diseñar la aplicación final, pudiendo elegir si interesa una distancia de detección tan grande o si con una menor es más que suficiente. Incluso puede adaptarse a cada situación, según la característica del parking en el que vaya a estar situado el sistema.

Las pruebas a larga distancia, no solo permitieron demostrar la baja problemática de detección a grandes longitudes, sino que manifestó los pocos problemas de reflexión que un cristal puede generar al estar situado entre el lector y la etiqueta. La posibilidad de que en la aplicación final el tag esté situado dentro del coche hace esta prueba todavía más importante para demostrar el correcto funcionamiento del sistema.

En cuanto al ángulo, no se pudieron medir la totalidad de ellos en elevación; sin embargo, por la propia estructura de la antena, pueden ser cogidas las medidas en acimut y darse como buenas también en elevación. Por lo tanto, tal y como se ha visto en los diagramas, el lector abarcará un área de detección grande hasta un ángulo de, al menos, sesenta grados; mientras que para ángulos más grandes, esta longitud bajará.

Como era de esperar, zonas metálicas afectan negativamente al sistema, produciendo reflexiones y no permitiendo que dicho material sea traspasado. Conocer este efecto adverso puede llegar a ser una ventaja ya que evitará la instalación del lector tras una zona metálica, como podría ser una puerta de parking. Pero, además, permite sacar provecho al poder utilizar las reflexiones con tal de poder leer un tag con mayor facilidad.

Pese a no idear una metodología para demostrarlo, sí se vino observando como etiquetas en movimiento se detectaban de forma más fácil que etiquetas en estático. Como ya se ha comentado, esto es una ventaja ya que el coche estará siempre en movimiento y por lo tanto podrá ser detectado de forma mucho más sencilla al acercarse al lector.

Con todo esto, puede determinarse que la aplicación es viable tecnológicamente hablando dado que en el aspecto de la distancia no será un inconveniente, así como tampoco el situar un obstáculo de cristal entre el tag y el lector. A la hora de realizar la instalación, habrá que tener en consideración que el lector esté correctamente orientado, además de intentar evitar áreas metálicas que puedan atenuar la señal.

4.6 – PRUEBAS COMPLEMENTARIAS

4.6.1 – MEDIDAS COMPLEMENTARIAS A 3 METROS

Una vez realizada la caracterización para varias distancias de detección, se ha decidido realizar una serie de medidas complementarias para una distancia de tres metros. Se ha optado por esta distancia debido a los buenos resultados que ya se obtuvieron con anterioridad pero, sobre todo, porque puede ser una distancia totalmente razonable a la cual el lector pueda detectar y leer el tag.

Para la realización de estas medidas se ha optado por aprovechar la posibilidad que facilita el kit de desarrollo de obtener el valor del RSSI³ (en dBm) con tal de obtener un diagrama de radiación mucho más real. El procedimiento ha sido idéntico al utilizado con anterioridad.

³ El Indicador de Fuerza de la Señal Recibida (RSSI) es una medida de la intensidad de señal obtenida en recepción. Se trata de una escala logarítmica, donde "0" indica una señal ideal y "-80" es la señal mínima aceptable para establecer conexión.

Los resultados obtenidos están resumidos en la tabla trece, donde se puede observar que se han obtenido niveles de potencia recibida realmente buenos.

	-180	-150	-120	-90	-60	-30	0	30	60	90	120	150	ACIMUT
26,1	-70	x	x	-73	-62	-59	-58	-63	-67	x	x	-72	
15	-70	x	x	-74	-72	-65	-58	-62	-66	-74	-74	-70	
0	-72	x	x	-69	-57	-54	-53	-62	-65	x	x	-74	
-15	-75	x	-74	-67	-62	-57	-57	-62	-69	-71	-73	-74	
-22,3	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
ELEVACIÓN													

Tabla 13. Valores RSSI para una distancia de tres metros y varios ángulos en elevación.

Una señal recibida con valor de RSSI de hasta -60 dBm puede considerarse como una buena señal con unas tasas de transferencia estables. Estos valores podemos encontrarlos en un ángulo de $\pm 30^\circ$. Hasta -70 dBm se obtiene un enlace relativamente aceptable, siendo el valor que nos encontramos en la mayoría del resto de ángulos. Hasta -80 dBm es posible establecer conexión, tal y como muestran algunos enlaces para ángulos muy grandes. Sin embargo, ángulos mayores a los 90° no deberían importar puesto que el lector en ningún caso estará pensado para que lea en una abertura tan grande.

A continuación se realizan una serie de diagramas de radiación de nuevo dependiendo del ángulo en elevación. En este caso, se toma el valor máximo (de -53 dBm) como el valor más alto en el diagrama y se le asigna un valor de 0 dBm. El resto de valores son adaptados a este máximo, tal y como se puede ver en la tabla catorce.

	-180	-150	-120	-90	-60	-30	0	30	60	90	120	150	ACIMUT
26,1	-17	x	x	-20	-9	-6	-5	-10	-14	x	x	-19	
15	-17	x	x	-21	-19	-12	-5	-9	-13	-21	-21	-17	
0	-19	x	x	-16	-4	-1	0	-9	-12	x	x	-21	
-15	-22	x	-21	-14	-9	-4	-4	-9	-16	-18	-20	-21	
-22,3	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
ELEVACIÓN													

Tabla 14. Valores RSSI (modificados) para una distancia de tres metros y varios ángulos en elevación.

Se decide realizar el diagrama en una única figura con tal de ver de una forma más visual el efecto del ángulo de radiación sobre la potencia de la señal recibida. El resultado puede observarse en la figura dieciocho.

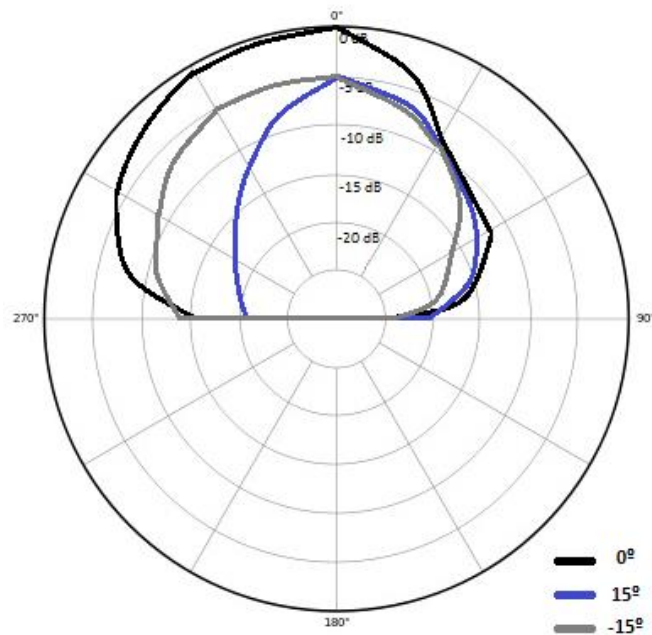


Figura 18. Diagrama de radiación para una distancia de tres metros y varios ángulos en elevación

Se observa cómo se están obteniendo unos niveles bastante correlados entre las tres medidas. La línea negra representa los resultados a un ángulo en elevación de 0° por lo que es lógico que se obtengan los resultados más óptimos. La línea azul (15°) y la línea gris (-15°) deberían ser muy parecidas, sin embargo varían especialmente en ángulos negativos. Pese a ello, para ángulos positivos el resultado es prácticamente calcado. No sorprende que los ángulos negativos obtengan mejores niveles, como ya se ha explicado es debido a las condiciones del laboratorio donde se han realizado las medidas.

Finalmente comentar que de nuevo se puede intuir un diagrama en forma de cardioide, tal y como ya se había observado con anterioridad.

4.6.2 – APROXIMACIÓN AL SISTEMA FINAL

Como complemento a las medidas realizadas a larga distancia con cristal y el resto de medidas, se ha decidido probar una primera aproximación al sistema final. Para ello se ha ideado un experimento que consistía en colocar el lector y el tag perpendiculares entre sí ya que es una de las posibles soluciones del sistema final; siendo la altura de ambos la misma. Además, se ha utilizado un cristal como medio de separación entre ambos componentes. Finalmente, se ha dotado al cristal de una estructura con ruedas para poder simular el acercamiento del coche al lector. La idea se ve reflejada en la instantánea de la figura 19.

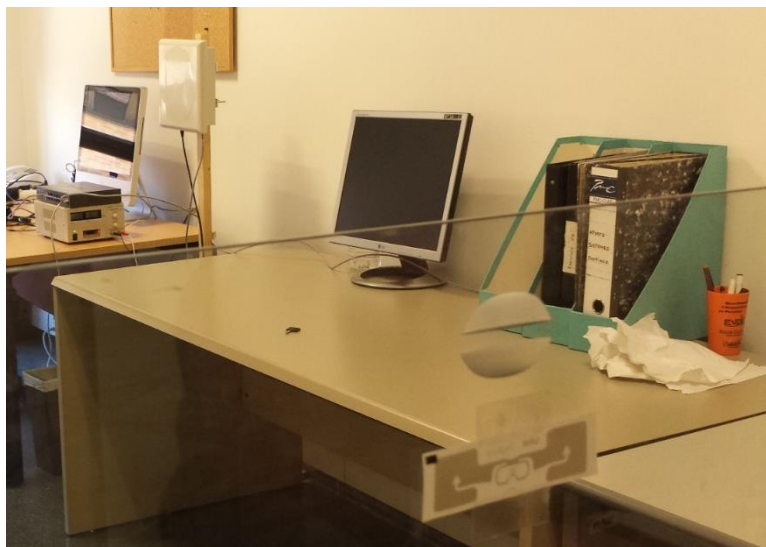


Figura 19. Situación del tag respecto al lector en la aproximación al sistema final (I)

Se ha situado el prototipo simulado de vehículo a una distancia de tres metros del lector y se ha observado si se conseguía algún tipo de lectura. El resultado es que en algunos casos sí se conseguía identificar el tag sin dotar de movimiento a la etiqueta. En estas circunstancias el RSSI daba valores entre -70 dBm y -75 dBm.

En aquellas ocasiones en las cuales no se identificaba la etiqueta, se ha dotado de cierto movimiento a la estructura en dirección hacia el lector. El resultado ha sido una lectura inmediata del identificador una vez empezaba el movimiento. Mientras en los primeros instantes se conseguía un RSSI de unos -70 dBm, conforme el tag se acercaba se iban mejorando estos valores hasta conseguir un resultado óptimo de unos -60 dBm.

Pese a que el experimento es bastante básico, muestra unos buenos indicios de lo que ya se había adelantado en cuanto a lectura dinámica: las prestaciones mejoran, siendo mucho más fácil la identificación.



Figura 20. Situación del tag respecto al lector en la aproximación al sistema final (II)

4.7 – SITUACIÓN DEL LECTOR

Atendiendo al estudio de la caracterización del lector realizada, se va a dar una solución a cómo debería estar situado el lector en el parking. Se pueden distinguir dos parkings en función de cómo sea el acceso, donde la solución será diferente para cada uno de ellos.

4.7.1 – PARKING DE BARRERAS

En un parking de barreras, el más extendido especialmente entre empresas, suele existir una barrera levadiza de entrada y otra de salida; este es el único obstáculo que separa el parking de su exterior. La solución que se propone es situar el lector en uno de los laterales de las barreras, radiando en la dirección paralela a éstas. En caso de ser una entrada como la que se observa en la figura 21, se situaría en la pared de uno de los laterales, centrado entre las dos barreras y a una altura aproximada de metro y medio (altura media estimada de un turismo).



Figura 21. Parking de barreras no alineadas. [Fuente](#)

Por otro lado, en un parking de barreras enfrentadas, como el de la figura 22, se situaría también en uno de los laterales, preferiblemente en el que existiera una mayor separación entre el firme y la pared. De nuevo la altura debería ser a metro y medio.

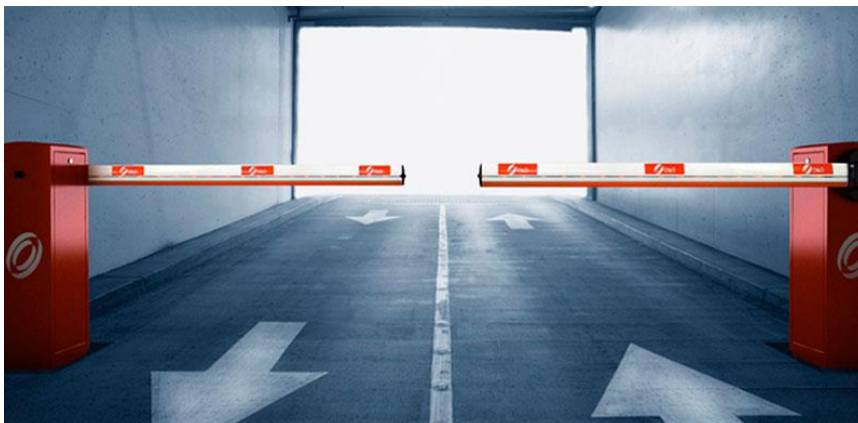


Figura 22. Parking de barreras alineadas. [Fuente](#)

En ambos casos, la lectura se realizará en un cierto de ángulo de unos cuarenta y cinco o sesenta grados. En principio esto no debería resultar un problema, tal y como se ha visto en el diagrama de radiación de la figura catorce y en la aproximación al sistema final realizada en el apartado anterior. Situar el lector a una altura similar a la del tag facilitará la lectura, además la distancia de detección no será muy grande (cinco o seis metros en el caso más desfavorable). Finalmente, comentar que la mayoría de entradas estarán encajonadas por paredes, por lo que las reflexiones que se generarán ayudarán a crear una mejor cobertura que harán que la lectura esté garantizada cuando el coche se aproxime a las barreras.

4.7.2 – PARKINGS DE PUERTA ELEVADORA

En este segundo tipo de parkings, más común entre particulares, la zona privada y la parte exterior están totalmente aisladas con una puerta de apertura automática, la cual en un gran parte de ocasiones es metalizada. Debido a esto, la única opción posible es la instalación de una antena complementaria a la que incorpora el lector. El lector sería situado en el interior del aparcamiento, mientras que la antena complementaria se situaría en el exterior del mismo.

En este caso, la orientación de las antenas será lo más favorable posible a la dirección teórica de procedencia del vehículo. Ya que esta dirección será propicia para una correcta lectura, se podrá variar un poco la altura de la antena, sin necesidad de que estén a la altura teórica del tag. De esta forma, existe una mayor flexibilidad a la hora de la instalación, dependiendo de las características propias de cada aparcamiento y una mayor comodidad para el propietario.



Figura 23. Parking de puerta elevadora. [Fuente](#)

En cualquier caso, las características explicadas son de propósito general. En cada aparcamiento se tendrá que realizar un estudio de la instalación propio y encontrar la solución más adecuada a las distintas particularidades que puedan surgir.

De hecho, puede darse el caso en según qué estadios, que las características propias del aparcamiento imposibiliten la instalación del sistema. En cualquier caso, el estudio de la viabilidad de la instalación se ofrecerá de forma gratuita tanto a particulares como a empresas.

CAPÍTULO 5

IMPLEMENTACIÓN DEL SOFTWARE

Una parte fundamental del sistema será desarrollar un software que permita la automatización del parking. A grandes rasgos, lo que se necesita es que el sistema sea capaz de, a partir de la información del tag recogida por el lector, saber si su número de identificación se corresponde con el de una base de datos para poder/abrir la puerta. Además tendrá que ser capaz de guardar cierta información en dicha base de datos, como puede ser la hora de entrada/salida, el parking al cual se ha accedido o posibles incidencias durante el servicio.

Dicho software se ha desarrollado a partir de la API facilitada por el fabricante del lector, la cual implementa todas las funciones y clases necesarias para el correcto desarrollo del sistema. El lenguaje de programación utilizado será JAVA, mientras que el software que se ha usado es Eclipse.

En la figura veinticuatro se ha realizado un esquema de la estructura de funcionamiento básico del sistema. A grandes rasgos, una clase principal, *Lector*, se ocupará de la lectura asíncrona de los tags que estén en cobertura. Posteriormente se invocará a la clase *Centinela* que comprobará si las etiquetas detectadas se encuentran en la base de datos y, en caso afirmativo, se llamará a la clase *AbrirPuerta* y se guardará registro de los tags a los que se ha abierto la puerta con la ayuda de la clase *Logger*. Finalmente, de nuevo con la clase *Logger*, se guardará registro de todos los tags leídos en esa lectura. Más adelante se describe mejor el funcionamiento de cada una de estas clases.



Figura 24. Esquema básico del funcionamiento del sistema de lectura de tags

5.1 – CLASES IMPLEMENTADAS

5.1.1 – CLASE LECTOR

La clase Lector es la clase principal, de la cual derivan el resto. Se encarga de inicializar todos los parámetros del lector RFID y de crear el canal de comunicación entre éste y el ordenador local. Como entrada se le pasa la IP que tiene el lector con tal de que pueda intentar la comunicación con éste. Una vez conseguida esta conexión, la parte principal del programa se sitúa dentro del bucle *while (true)*.

Dentro de este bucle se toma en primer lugar el valor de la fecha y lugar actual mediante la sentencia *new Date ()*. De esta forma se tomará en cada lectura los datos de fecha y hora actuales que tenga la máquina que esté ejecutando el programa. Posteriormente se especifica el tiempo de lectura que tendrá el lector:

```
r.startReading();  
Thread.sleep(100); //Tiempo de lectura  
r.stopReading();
```

La primera sentencia inicia la lectura, introduciendo en la segunda un tiempo donde el programa queda ejecutándose sin pasar a la siguiente línea. Este tiempo será el tiempo de lectura y puede ser modificado según las necesidades.

Una vez se ha realizado la lectura, se comprueba si se ha detectado algún tag. En caso afirmativo se llama a la función centinela a la que se le pasan todos los tags leídos y la variable ahora donde se había almacenado el valor de la fecha y hora de esa lectura:

```
if (rl.seenTags.size() > 0) {  
    cen.comprobar(rl.seenTags, ahora);  
    rl.seenTags.clear();  
}
```

Una vez la clase centinela ha realizado su tarea, es importante resetear la variable donde se almacenan todos los tags leídos.

Finalmente, se vuelve a realizar una parada en la ejecución mediante la sentencia *Thread.sleep(2000)* con tal de determinar el tiempo en el cual el lector estará esperando para realizar la siguiente lectura. Es importante resaltar que a este tiempo de 2.000 milisegundos especificados se debe sumar el tiempo en el cual la clase centinela está trabajando. Este tiempo final de espera, por lo tanto, dependerá de si se ha leído algún tag (y cuántos), aunque se ha comprobado durante las distintas pruebas que el tiempo final de espera entre medida y medida era ligeramente superior a los tres segundos.

5.1.2 – CLASE CENTINELA

La clase centinela es la que realiza gran parte de la faena una vez recibe los tags leídos en cada ciclo. Su nombre guarda una estrecha relación con sus funciones: estará atento a los tags recibidos y decidirá si se les está permitido que se les abra la puerta, guardará un registro de entrada para conocer la hora de entrada y de salida, y se le dotará de cierta inteligencia para evitar abrir la puerta constantemente.

Como valores de entrada se le pasan la lista de tags diferentes encontrados en el barrido actual en formato *HashSet*; así como la constante, de tipo *Date*, de la cual se puede extraer toda la información temporal de esa lectura en concreto.

En el constructor de la clase se inicializan los siguientes atributos:

- Dos *arrayList* que se encargarán de almacenar el ID del tag (en formato *String*) y la hora de lectura de ese tag (en formato *long*). Es importante resaltar que ambas *arrayList* se trabajarán siempre de forma simultánea, por lo que un mismo índice siempre indicará la hora en la que se ha leído cierto tag.
- Dos *SimpleDateFormat* que facilitan el formato de fecha (dd.MM.yyyy) y hora (hh:mm:ss) a partir del parámetro de entrada “ahora”.
- Un *logger* para inicializar la clase del mismo nombre y que más tarde se explicará.

La tarea de la que se encargará esta clase se resume en el diagrama de estados de la figura veinticinco.

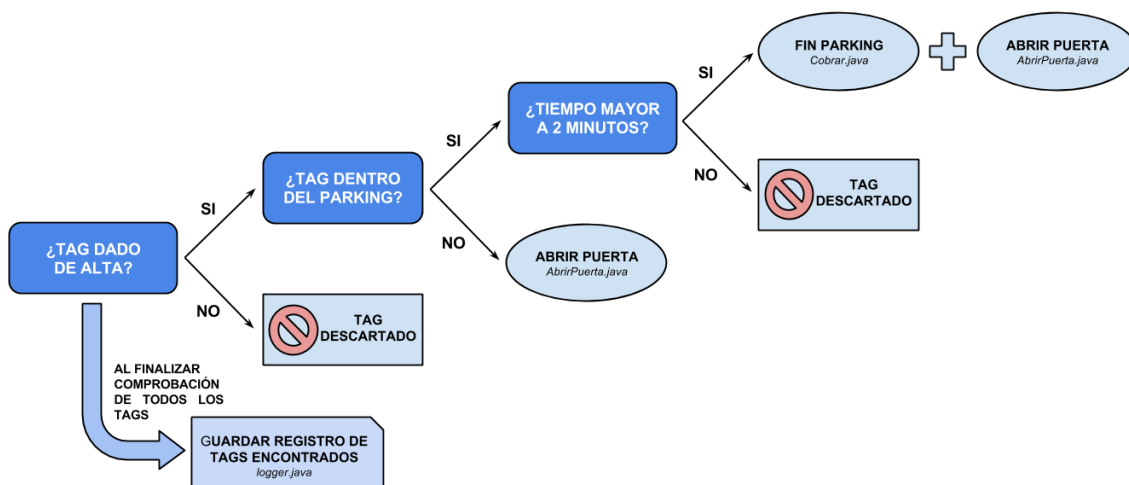


Figura 25. Diagrama de funcionamiento de la clase Centinela

Lo primero que será analizado es si el tag que se está comprobando está dado de alta en la base de datos correspondiente a ese parking y ese día en particular. Para ello se leerá un fichero de texto con el nombre *dd.MM.yyyy.txt* que contendrá la lista de etiquetas a las que se les permite acceder. En caso de que no esté dado de alta será descartado automáticamente.

Si es aceptado, el siguiente paso es comprobar si el vehículo se encuentra ya en el anterior del parking o todavía no. Para ello se hará uso de la `ArrayList` de tags creada anteriormente. Si el vehículo se encuentra dentro del parking se tendrá registro de ello. En el caso de no tener registrada su entrada, se le abrirá la puerta y se apuntará registro de ello en sendas `ArrayList`.

El siguiente paso es comprobar si se ha detectado un tag en dos instantes de tiempo muy seguidos. Como el lector lee cada pocos segundos, es probable que se detecte el mismo tag en más de una ocasión consecutiva. Para evitarlo, se decide ignorar a las etiquetas detectadas durante un espacio de tiempo menor a dos minutos. Este tiempo podrá ser regulado en función de las características especiales de cada parking con tal de que el usuario final no se percate de esta funcionalidad ni le cause molestias. En caso de haberse leído el mismo tag en un tiempo inferior al indicado, será descartado automáticamente.

Llegados a este punto, y si el tiempo es mayor al tiempo indicado, se sabe que el vehículo está intentando salir del parking. Por lo tanto, se llamará a la clase “Cobrar” pasándole el número de minutos que ha permanecido el vehículo estacionado, junto con el identificador del mismo. Previo a abrir la puerta, es importante tener correctamente controlado y almacenado el tiempo que ha permanecido dentro del parking con tal de evitar pérdidas de dinero. Además, se eliminará del registro de vehículos que están en el interior del aparcamiento. Una vez controlado esto, se procede a abrir la puerta.

Finalmente comentar que una vez que se han comprobado la totalidad de los tags mandados por el lector, se ordena a la clase “Logger” que deje registro de ello. De esta forma se tendrá un registro de todas las etiquetas leídas por el lector a lo largo del día como información adicional para poder realizar ajustes del sistema y comprobación de posibles fallos en la fase de implementación piloto del sistema.

5.1.3 – CLASE LOGGER

Esta clase es la que se ocupa de dejar registro de los tags encontrados, así como de los tags a los que se les ha dado permiso para abrir la puerta del parking.

En el primer caso, creo que es interesante dejar una constancia escrita de todos los tags que el lector ha detectado en su área de cobertura. Esto puede ayudar a detectar posibles fallos en las primeras fases de funcionamiento del lector, además de permitir solucionar errores durante el funcionamiento cotidiano del sistema.

Esta primera función se llama `EscribirTags` y tiene como parámetros de entrada los tags leídos en esa lectura, así como la fecha y la hora de lectura. Se generará un archivo diario con el formato “*dd.MM.yyyy_log*” donde se irá guardando todo el registro de tags. Además de guardarse los tags leídos, se almacena el número de lecturas con tags detectados, así como la hora de cada una de las lecturas.

La segunda función, *tagAbierto*, se encarga de dejar registro de los tags que han conseguido abrir la puerta del parking, junto con su hora. El formato de este registro es mucho más sencillo: "tag"|"hora". De esta forma pueden leerse los datos de una forma más sencilla para la máquina cuando sea necesario. Este registro se almacenará en un archivo con el formato "dd.MM.yyyy_puerta"

5.1.4 – CLASE ABRIR PUERTA

Esta es la clase encargada de abrir la puerta y la cual será llamada únicamente por la clase "Centinela". Su función será iniciar la conexión con el dispositivo encargado de abrir y cerrar la puerta de cada uno de los parkings.

En este proyecto se ha dejado la clase sin implementar, siendo su única función la de escribir por pantalla que se ha abierto la puerta para cierto tag.

5.1.5 – CLASE COBRAR

Esta clase recibe los minutos que un vehículo (identificado según el tag) ha estado en el interior del parking y se encarga de calcular lo que se debe cobrar al cliente a partir de una cierta tarifa por minutos.

De nuevo, esta clase se deja sin implementar más allá de calcular el precio para cierto tag y mostrarlo por pantalla.

5.2 – ADAPTIBILIDAD

El código se ha programado pensando en los ajustes del sistema que habrá que realizar en cada uno de los parkings en los cuales se instale.

Así, por ejemplo, en la clase *Lector* puede cambiarse fácilmente tanto el tiempo de lectura como de *stand by* del sistema. De hecho esta clase puede utilizarse con varios de los modelos comercializados por Thing Magic, por lo que en el caso de adquirir en el futuro otro tipo de lector se podría reutilizar el código totalmente.

En el caso de la clase *Centinela*, puede adaptarse el tiempo en el cual se bloquea cierto tag con tal de evitar falsas lecturas. Este tiempo puede ser diferente según el tipo de parking, por lo que es interesante que sea sencillo de cambiar.

Como ya se ha explicado, las clases *AbrirPuerta* y *Cobrar* se han dejado sin implementar debido a que en esta fase del proyecto no tienen ninguna tarea que realizar más allá de saber que son llamadas correctamente cuando así debe ser. La gracia radica en que una vez comprobado que son llamadas correctamente, únicamente habría que implementarlas en función de cómo funcionaran las barreras en cada parking.

CAPÍTULO 6

MODELO DE NEGOCIO

En este capítulo se analiza el modelo de negocio con el cual poder explotar el sistema de parking inteligente creado. En primer lugar se realiza un estudio de mercado, donde se identifican a usuarios y clientes que podrán aprovechar el sistema creado, a la par que se analiza a la competencia. El estudio estará basado en una gran ciudad como es Barcelona, ciudad con gran necesidad de plazas de aparcamiento a la par que una ciudad en la que se apuesta por la innovación tecnológica, tanto en instituciones públicas como privadas. Posteriormente se realiza un plan de ingresos, con un cálculo de los flujos de caja que consiga una justificación positiva de la viabilidad económica del proyecto.

6.1 – ESTUDIO DE MERCADO

6.1.1 – LOS USUARIOS

Se puede definir a los usuarios como aquellas personas que utilizarán el servicio para aparcar sus coches. En este apartado se analiza este ente.

Vivimos en una sociedad donde la movilidad es parte importante en el devenir de toda ciudad. A diario, miles de personas se desplazan a su puesto de trabajo para iniciar su jornada laboral. Se pueden distinguir tres formas de realizar este inevitable desplazamiento diario:

- A PIE/BICI: supone la forma más barata de transporte y, por lo general, más fiable en cuanto a la regularidad en el tiempo de desplazamiento. Suele ser utilizada por gente que vive relativamente próxima a su puesto de trabajo y que no quiere (o puede) permitirse pagar por otro tipo de transporte. Este “*target*” de gente quedaría fuera del alcance de este proyecto pues mantendrán este tipo de desplazamiento muy probablemente.
- EN TRANSPORTE PÚBLICO: es uno de los medios más utilizados a diario debido a las buenas posibilidades que ofrece y su prácticamente total adaptabilidad sea cual sea el origen y destino de la persona. En general es la peor de las opciones en cuanto a tiempo del viaje aunque consigue una relativa regularidad en el tiempo de desplazamiento. Además, tiene un coste que varía según la distancia entre origen y destino. Este “*target*” quedaría a priori fuera del alcance del proyecto, sin embargo se podría abrir la posibilidad de que ciertas personas que usan el transporte público por el alto precio que les supone el transporte privado pudieran plantearse un cambio si el problema de aparcar (tanto económico como temporal) se viera mejorado.

- **EN TRANSPORTE PRIVADO:** también muy utilizado en el día a día por la comodidad de no depender de terceros en trayectos largos. Supone una opción teóricamente rápida, aunque la aleatoriedad de la situación del tráfico lo hace poco regular día tras día. El aparcar se convierte en el segundo de los problemas pues es bastante complicado encontrar aparcamientos gratuitos en una gran ciudad y que, además, estén próximos al lugar de destino. La opción de compartir gastos con otras personas hace de esta opción algo más apetecible económicamente que el transporte público, sin embargo la opción de encontrar una zona de estacionamiento vuelve a ser clave económicamente. Es a este “*target*” al cual irá dirigido principalmente este proyecto.

6.1.2 – LOS CLIENTES

Una vez identificados los sistemas utilizados para el desplazamiento diario de personas, se buscarán las diferentes alternativas que afectan al tercer grupo a la hora de buscar aparcamiento. Es aquí donde entra en juego el segundo ente: los clientes; es decir particulares y empresas a los que les instalará el sistema para que los usuarios puedan utilizarlo con sus vehículos.

6.1.2.1 – ESTACIONAMIENTO PÚBLICO

En la ciudad de Barcelona pueden distinguirse tres tipos de estacionamiento público, uno de ellos gratuito y el resto de pago.

El primero de ellos es el gratuito, generalmente en descampados pero que cada vez están desapareciendo más. Su gratuidad y cada vez mayor exclusividad hacen que cada vez estén más saturados durante la totalidad de la jornada. Además suelen presentar una baja seguridad en cuanto a posibles daños en el coche, robos, etc. La posibilidad de encontrar un aparcamiento de estas características con alguna plaza libre y próximo al lugar de trabajo se puede considerar baja.

Por otro lado existe lo conocido como “Zona Azul”. Según datos del Ayuntamiento de Barcelona, existen aproximadamente unas 10.000 plazas de este tipo en su área metropolitana. Estas plazas tienen como finalidad fomentar una rotación elevada de vehículos en los alrededores de las zonas de servicios con sector terciario, zonas comerciales, hospitales, escuelas, etc. El objetivo es que el mayor número de personas se pueda beneficiar de la ventaja de poder estacionar el vehículo para realizar sus gestiones. Es por ello que se establece un tiempo máximo de estacionamiento que varía, en general entre una y dos horas (aunque en algunas zonas puede llegar hasta las 4 horas). Sus horarios de funcionamiento corresponden con el horario de mayor actividad de movilidad de la ciudad, generalmente de 09:00 a 14:00 y de 16:00 a 20:00. Sus tarifas se sitúan, en la mayoría de los casos, entre los 2,25 €/hora y los 2,50 €/hora.

Finalmente nos encontramos con la “Zona Verde”. Según datos del Ayuntamiento de Barcelona, actualmente existen unas cuarenta mil plazas de estas características. Su objetivo es priorizar el estacionamiento de los vehículos de los residentes de la zona en detrimento de los vehículos de los no residentes. Estas zonas se encuentran dentro del ámbito de la regulación integral, en el que la suma de las necesidades de aparcamiento de los no residentes y de los residentes supera la oferta, lo que genera algún conflicto o congestión en ciertas horas. El horario de funcionamiento es de ocho de la mañana a ocho de la tarde. Se trata de una opción interesante para residentes (considerados residentes aquellos donde la plaza está próxima a su lugar de residencia), ya que la tarifa es de 0,20 €/hora. Sin embargo, para no residentes el precio oscila entre los 2,75 €/hora y los 3 €/hora, teniendo además un tiempo máximo de estacionamiento de dos horas.

En estos dos últimos casos, la seguridad que ofrecen puede considerarse media, mejor que en los estacionamientos gratuitos ya que están correctamente acotadas.

Pese a ser un recurso bastante utilizado por los usuarios, es un tipo de aparcamiento que se sale de los objetivos de este proyecto. Por lo tanto, podrá ser considerado como competencia para la empresa que se cree para la gestión de la red de parkings inteligentes.

6.1.2.2 – ESTACIONAMIENTO PRIVADO

Se entienden estacionamientos privados como aquellos que, aunque puedan ser utilizados por cualquier vehículo, dependen de un particular o empresa privada. Esto hace que por lo general aumente su coste. Pueden distinguirse dos tipos:

Por un lado está el aparcamiento de pago que explotan empresas privadas. En ellos, se suele recoger un ticket/tarjeta al entrar en el que se indica la hora de entrada y el pago se realiza instantes antes de abandonar el parking en función del tiempo que se ha permanecido en él. Además de empresas que explotan este tipo de negocio, aquí también podrían entrar superficies comerciales con un aparcamiento en su interior. La tarifa es variable y depende, entre otros factores, de la zona donde esté situado, la disponibilidad de estacionamiento en la zona o la competencia próxima que posean. Tras observar diferentes opciones, una tarifa de 3,50 €/hora puede considerarse una buena media. No suele existir tiempo máximo de estacionamiento y la seguridad puede considerarse relativamente alta. El número de plazas de este tipo en la ciudad de Barcelona no se ha encontrado, sin embargo pueden considerarse muy numerosas.

Por otro lado puede identificarse un tipo de aparcamiento que está creciendo cada vez más. Se trata de que aquellos particulares que durante el día tienen su plaza privada desocupada se ponen de acuerdo con otra persona que pueda utilizar esa plaza durante esas horas. Ambos salen ganando puesto que el propietario de la plaza recupera parte del coste de la plaza, mientras que el usuario consigue un aparcamiento fijo y posiblemente con un coste inferior al resto de opciones.

El reaprovechamiento de esta plaza supone que sea necesario que ambas partes se conozcan para evitar problemas de seguridad. Es difícil de aproximar un coste para esta opción, ya que el acuerdo suele ser durante varias semanas o meses y al ser entre particulares no existe una regulación al respecto.

Precisamente es a ambas opciones a las que irá destinado el sistema RFID que se ha implementado en este proyecto. El objetivo es ofrecerles un buen sistema, del cual puedan salir beneficiados a la par que generan valor añadido para su empresa o garaje particular.

6.1.2.3 – COMPETIDOR DIRECTO: WE SMART PARK

Durante la realización de este proyecto se descubrió una empresa que lleva operando en Barcelona hace poco más de un año y con una idea muy similar a la desarrollada. Dispone de una red de más de 30 parkings considerados como low cost, por el bajo coste que supone a los usuarios: 1,44 €/hora. Basan su negocio en ofrecer sus servicios a empresas que poseen estacionamientos libres con tal de que los puedan rentabilizar. Ponen a su disposición, y de forma gratuita, su sistema para que las plazas que estén libres en determinados momentos puedan generar ciertos ingresos.

Por lo tanto se observa como las empresas que contratan los servicios de We Smart Park (WSP) generan unos ingresos extras que, en principio, de otra forma no generarían. Sin embargo, dado que el sistema lo instalan totalmente gratuito, los ingresos que la empresa cliente debe generar son bastante bajos respecto a los ingresos obtenidos por WSP.

Por otro lado, a los clientes se les facilita un registro gratuito en el que se incluye la etiqueta que tendrán que adosar al retrovisor de su coche. El cliente solo pagará por el tiempo que esté estacionado en cualquiera de los parkings que conforman la red y siempre con una misma tarifa; además se realizan ciertas promociones de vez en cuando para generar mayor repercusión y conseguir atraer más clientes.

Dado que la idea que ellos explotan es muy parecida a la que se está desarrollando, será el principal competidor al cual habrá que hacer frente. Se deberán identificar aquellos puntos en los cuales nuestro sistema es mejor e intentar reforzarlos y destacarlos para crear una imagen fuerte y diferente del producto ofrecido.

En la tabla quince se realiza un resumen con las características principales (precio, tiempo, número de plazas y seguridad) de cada uno de las opciones identificadas, las cuales unas serán competencia directa y otras potenciales clientes; los cuales se eliminarían como competencia para formar parte de la red de parkings.

TIPO DE PARKING		PRECIO (€/HORA)	TIEMPO MÁXIMO	NÚMERO PLAZAS	SEGURIDAD
P Ú B L I C O	GRATUITO	0	ILIMITADO	BASTANTE LIMITADAS	BAJA
	ZONA AZUL	2,25 a 2,50	2 A 4 HORAS	10.000	MEDIA
	ZONA VERDE	2,75 a 3,00	1 A 2 HORAS	40.000	MEDIA
P R I V A D O	EMPRESAS	3,50 (EN MEDIA)	ILIMITADO	CONSIDERADAS ILIMITADAS	ALTA
	PARTICULARES	VARIABLE	SEGÚN ACUERDO	BAJA (COMPLICADO PONERSE EN CONTACTO)	ALTA (AUNQUE ES NECESARIA CONFIANZA)
WE SMART PARK		1,44	ILIMITADO	LIMITADAS (RED DE 30 PARKINGS)	ALTA

Tabla 15. Comparativa de las alternativas de aparcamiento en Barcelona.

6.1.3 – EQUILIBRIO USUARIOS-CLIENTES

Dado que tanto clientes como usuarios serán los que permitirán que la empresa pueda salir adelante, será importante conseguir un óptimo equilibrio entre ambas partes. Debe ser un producto atractivo para los clientes, puesto que en la mayoría de casos pueden seguir adelante con su alquiler de plazas de parking sin la necesidad del sistema que se propone. Sin duda la publicidad y visibilidad extra que recibirán será el principal de los valores añadidos que conseguirán tanto particulares como empresas al contratar el servicio. Es básico también conseguir ofrecer un óptimo servicio a los usuarios, que al final serán los que posibilitarán que la empresa pueda seguir adelante. Habrá que conseguir una alta penetración en este ente con tal de que los clientes estén satisfechos con el servicio y pueda salir rentable para todas las partes.

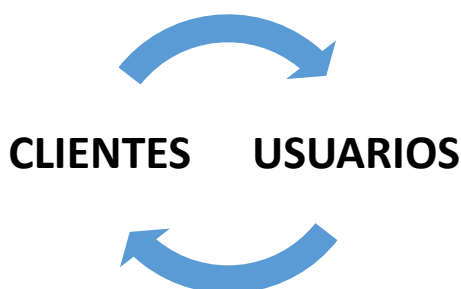


Figura 26. Dependencia directa entre clientes y usuarios

6.1.4 – PROPUESTA DE VALOR

Se ha identificado a la distinta competencia existente. Esta competencia ofrece una serie de servicios o características de las cuales habrá que conseguir generar un valor mejor en alguna de ellos.

6.1.4.1 – SOBRE LOS USUARIOS

Uno de los principales valores añadidos para el usuario es la comodidad de disponer de un aparcamiento próximo a su destino. Desde la web, el usuario podrá tenerlo ya reservado con antelación, por lo que no tendrá problemas de ocupabilidad. Además, la comodidad de acercarse con el coche, que se abran las barreras automáticamente y que el cobro también sea automático será un punto positivo. Esta comodidad únicamente es igualada por el competidor We Smart Park. Sin embargo, dicha empresa necesita de una tarjeta la cual hay que pasar por una centralita situada en el interior de cada parking con tal de que asigne la plaza. Con el sistema propuesto, creo que esta parte no es necesaria por lo que se gana un poco más de tiempo y comodidad al usuario.

Aspecto como lo reducido de la tarifa por hora de funcionamiento, la cual es unificada a la mayoría de parkings de la red, es sin duda otra de las ventajas que se le ofrece al usuario. Si esto se complementa con una extensa red de aparcamientos que abarquen las principales zonas de la ciudad de Barcelona se consigue un sistema muy atractivo para el usuario. Además, el tener estacionamientos tanto de particulares como de empresas ayudará a conseguir que esta red pueda crecer rápidamente y poco a poco irse generalizando como una alternativa real a las ya existentes. Volviéndonos a fijar en WSP, solo instala su sistema en parkings de empresas, por lo que su red de aparcamientos se verá limitada en número.

6.1.4.2 – SOBRE LOS CLIENTES

El principal valor que debe venderse a los potenciales clientes es el de la visibilidad extra que obtendrán los aparcamientos que pongan a disposición de la empresa. Entrarán a formar parte de una red de parkings de reserva por internet, un sistema muy atractivo para los usuarios debido a su comodidad y buen precio. Los clientes que entren en esta red conseguirán una cartera de potenciales usuarios muy valiosa, de la cual ellos no deberán hacerse cargo de su gestión en ningún momento.

Proyectar una imagen, como empresa, de innovación tecnológica también es positivo para el cliente que contrate el servicio. De hecho, esto puede generar mayor cantidad de usuarios, lo que repercute muy positivamente en ambas partes.

Otro factor positivo para los clientes es la mejora en la eficiencia de utilización de plazas del parking (al menos en las plazas que sean cedidas).

6.1.5 – MODELO DE NEGOCIO

Una vez vistas las posibilidades de valor propio que ofrece este sistema, se va a detallar cómo se tiene previsto que funcione exactamente. El pago se realizará automáticamente una vez abandonado el parking, mediante el conocimiento de los datos bancarios de los usuarios. Como ya se ha explicado, pueden distinguirse dos modelos de negocio, los cuales tendrán tarifas diferentes.

6.1.5.1 – MODELO A

Este modelo es ofrecido tanto a particulares como a empresas. En él se realiza una instalación donde la mayor parte de los gastos corren a cargo de la empresa. A cambio, el cliente recibe un porcentaje de los ingresos de explotación del parking, por lo que, al igual que la empresa, irá recuperando la inversión realizada. El precio por el estudio y la posterior instalación se fija en 200€ para particulares y 300€ para empresas. Esta tarifa diferente es debido a que se estima que la instalación en particulares podrá ser realizada en un único día (por la teórica sencillez en la instalación) mientras que en empresas se necesitarán al menos un par de días para poder ser llevada a cabo en plenas garantías.

En este modelo, será la empresa la que fija el precio para los usuarios. Una vez analizadas las distintas opciones de aparcamiento en Barcelona, se decide que esta cantidad sea de 1,75€ la hora. Este es un precio que se cree que es muy atractivo para el usuario final, aunque también debe serlo para el cliente que cede su(s) parking(s) ya que no debe estar dispuesto a perder dinero con este servicio. Es un poco más caro que el modelo propuesto por WSP (1,44€/hora), sin embargo se pretende crear una red de parkings mucho más extensa con la inclusión de la opción para particulares por lo que se cree que se puede llegar a superar su modelo a medio plazo. Además, se pretende que los clientes sean parte importante del sistema, generando unos beneficios extras gracias a este sistema debido a la publicidad extra que conseguirán.

En el modelo para particulares, el cliente se quedará con 0,75€ por hora de uso, mientras que para empresas esta tarifa ascenderá hasta el euro por hora. Esta diferencia está fundamentada en que la empresa únicamente va a querer contratar el servicio si le puede salir rentable, por lo que el porcentaje que habrá que darle es mayor. En el particular, en cambio, es un dinero extra que puede conseguir y una serie de usuarios que puede encontrar de forma más fácil. Además, puede aprovecharse de la instalación del sistema y utilizarlo para entrar automáticamente en su propio aparcamiento.

6.1.5.2 – MODELO B

Este modelo es únicamente ofrecido a empresas. El objetivo es que las empresas puedan instalar en sus parkings todo el sistema RFID y a la vez se beneficien de la publicidad realizada a través de nuestra web. En este caso, el cliente paga 2.800€ en concepto de instalación y explotación del sistema, donde se incluye el primer año de mantenimiento y la opción que aparezca su parking en la web. A cambio de esta inversión, el cliente elige la tarifa que más le convenga y de la cual se queda con un 100% de los ingresos. Por lo tanto, aquí la empresa únicamente hace de intermediario como gestora de las reservas y los cobros.

Por cada año que quiera renovarse el servicio, se calcula una cuota de mantenimiento de 400€, donde se incluye el total mantenimiento del sistema en caso de avería y los derechos por publicidad en la web.

Con este modelo, se puede llegar a aquellos clientes que no estén dispuestos a rebajar la tarifa de sus parkings, pero que sí estén interesados en modernizarlos o en conseguir la publicidad en la web.

6.2 – FLUJOS DE CAJA

El objetivo de este apartado es realizar un análisis de la viabilidad económica del proyecto a través de la creación de una empresa que se encargaría tanto de las tareas de instalación y mantenimiento, como de la gestión de las reservas o la atención al cliente. Para ello se realizará un análisis económico a cinco años, donde se tendrán en cuenta gran parte de los movimientos de dinero. Previo al análisis de los flujos de caja será necesario acotar distintos conceptos.

6.2.1 – CONCEPTOS PREVIOS

6.2.1.1 – PERSONAL

En primer lugar es necesario hacer una estimación del personal que necesitará la empresa. Por un lado estará el

- CEO: personificado en mí persona. Sus tareas serán totalmente transversales, yendo desde el trato con el cliente a la administración, prestando apoyo al resto de áreas y realizando tareas de marketing y gestión de redes sociales.
- TÉCNICO: el cual se encargará del estudio e implementación de la instalación en cada uno de los parkings, así como de realizar las distintas tareas de mantenimiento y arreglo de los posibles equipos que se vayan estropeando.
- INGENIERO INFORMÁTICO: encargado del mantenimiento de la web y del desarrollo personalizado del software del lector según las características de cada parking.

En caso de cumplirse las previsiones de crecimiento que se fijarán posteriormente, se contrataría el siguiente personal en años siguientes:

- **DESARROLLADOR:** el cual se encargará de desarrollar y mantener una aplicación para móvil transcurrido un año del inicio del proyecto. Además, ayudará al informático en las tareas de mantenimiento de la web.
- **SECRETARIA:** persona encargada de secretaría y contabilidad, la cual adoptará las tareas de administración que el CEO tenía hasta ahora. Su incorporación está prevista a partir del tercer año.

6.2.1.2 – INVERSIÓN INICIAL

Previo al comienzo de la actividad económica de la empresa, existirá una inversión inicial que se deberá realizar para conseguir que la empresa pueda empezar a funcionar. En la tabla 16 se resumen estos diferentes gastos, clasificados en distintas categorías y que posteriormente se explican.

CONCEPTO	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
STOCK INICIAL			
Lector	5	1.420,00 €	7.100,00 €
Tags	100	0,15 €	15,00 €
Arduino/Raspberry	5	60,00 €	300,00 €
Router y cableado	5	100,00 €	500,00 €
Subtotal			7.915,00 €
LOGÍSTICA			
Material instalación	1	300,00 €	300,00 €
Vehículo	1	10.000,00 €	10.000,00 €
Subtotal			10.300,00 €
OFICINA			
PC's	5	400,00 €	2.000,00 €
Servidor	1	1.000,00 €	1.000,00 €
Material diverso	1	500,00 €	500,00 €
Subtotal			3.500,00 €
COSTE DE DESARROLLO			
Software RFID	1	1.300,00 €	1.300,00 €
Página Web	1	2.500,00 €	2.500,00 €
Subtotal			3.800,00 €

Tabla 16. Inversión inicial prevista para poner en marcha la empresa

Por lo tanto, se obtiene una inversión inicial de unos 25.515 €.

Por un lado, se adquirirá un stock inicial consistente en cinco sistemas completos y cien tags. De esta forma, se estará preparado en cualquier momento para responder a la solicitud de puesta en marcha de hasta cinco sistemas, así como dar de alta a cien nuevos usuarios.

Se deberán comprar una serie de herramientas para la realización de las diferentes instalaciones, además de un vehículo de empresa que permita una movilidad sencilla para el contacto con los clientes y el transporte de los materiales para las distintas instalaciones.

Se adquirirá una oficina de alquiler, la cual se buscará que esté ya amueblada y preparada para llevar a cabo la actividad empresarial. Sin embargo, será necesaria la adquisición de ordenadores. Se adquirirán cinco, en previsión a las incorporaciones planificadas, de los cuales tres de ellos serán de sobre mesa y los dos restantes ordenadores portátiles. De esta forma los de sobre mesa podrán utilizarse en la oficina y los dos portátiles restantes para hacer presentaciones a los clientes, por ejemplo. Será necesaria la adquisición de un servidor que gestione, por un lado, toda la red de parkings y, por otro, mueva la página web y gestione el sistema de reservas online.

Finalmente, se reserva una partida destinada al coste de desarrollo del software definitivo y de la página web.

Esta inversión inicial será amortizada a cinco años de forma proporcional, por lo que en la cuenta de resultados se contará una amortización de la inversión inicial de unos 5300 euros anuales.

6.2.1.3 – CAPITAL INICIAL

Con tal de poder iniciar la actividad empresarial, será necesaria la solicitud de un préstamo bancario con tal de hacer frente tanto la inversión inicial como los primeros gastos que presumiblemente serán mayores a los ingresos. Tal y como se justificará posteriormente, este préstamo deberá ser por valor de 60.000€, el cual será devuelto de forma proporcional a cinco años y que estará sometido a unos intereses del 5%. En la tabla 17 se resume la evolución de lo que se debe devolver al banco año tras año.

	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
TOTAL A DEBER	60.000,00 €	48.000,00 €	36.000,00 €	24.000,00 €	12.000,00 €
SE DEVUELVE	12.000,00 €	12.000,00 €	12.000,00 €	12.000,00 €	12.000,00 €
INTERESES	3.000,00 €	2.400,00 €	1.800,00 €	1.200,00 €	600,00 €
TOTAL	15.000,00 €	14.400,00 €	13.800,00 €	13.200,00 €	12.600,00 €

Tabla 17. Evolución del dinero a deber debido al préstamo bancario

Además de este préstamo, se introducirá un capital de 15.000 € por parte del CEO que asegurará la liquidez de la empresa durante sus primeros tiempos de vida. Por lo tanto, se contará con un capital inicial de 75.000 euros.

6.2.2 – GASTOS FIJOS

Se puede distinguir entre gastos fijos, independientes de la mayor o menor actividad empresarial realizada, y los gastos variables. En este apartado se analizan los gastos fijos que se planifica tener durante los primeros cinco años.

6.2.2.1 – GASTO EN PERSONAL

Ya se ha introducido con anterioridad el personal que será contratado y la planificación de su incorporación a la empresa. El coste estimado para este personal es de 22.000€ anuales para el CEO, 20.000€ para el informático, el técnico y el desarrollador de la APP, y de 18.000€ para la secretaria. Esto supondría un gasto en personal de 62.000€ el primer año, 82.000€ el segundo y tercer año y de 100.000€ para el cuarto y quinto.

6.2.2.2 – GASTOS EN LA OFICINA

Se decide alquilar una oficina donde se ubicará la sede de la empresa. Esta oficina deberá tener el espacio suficiente como para poder alojar cinco personas y se intentará encontrar una que ya esté amueblada. Se estima un alquiler mensual de 500€, a lo que hay que añadir una serie de gastos derivados de la contratación de un servicio de fibra óptica, luz y agua que se valoran en 100€. Por lo tanto, el gasto en el local será de 7.200€ anuales.

6.2.2.3 – GASTOS MANTENIMIENTO WEB

La realización de la web será encargada a una empresa externa; sin embargo su mantenimiento correrá a cargo del informático. Se calcula, además, un gasto de 150€ anuales correspondientes a la renovación del dominio y de demás gastos que permitan que la web siga funcionando a plenas facultades.

6.2.2.4 – GASTOS DE MARKETING

El marketing es una actividad básica en toda empresa con tal de atraer nuevos clientes y mantener los ya existentes. El primer año se realizará una inversión mayor, de 5.000€, que en los siguientes años, donde se calcula será de 3.500€, con tal de darse a conocer al mercado. Irá dirigido tanto a la búsqueda de nuevos clientes como a la de nuevos parkings. Se realizarán anuncios en periódicos y revistas, así como publicidad de pago en redes sociales.

El aspecto de las redes sociales será también muy importante, donde se deberán crear perfiles en las más importantes y se tendrán que realizar actualizaciones periódicas. En esta partida presupuestaria también entran posibles promociones o descuentos que se realizarán puntualmente a los usuarios. Finalmente, parte de los gastos de marketing serán también destinados al contacto directo con potenciales clientes, a los que se les presentará el sistema con la realización de presentaciones, vídeos o pequeñas demos.

6.2.3 – GASTOS VARIABLES

Los gastos variables dependerán de los sistemas que se vayan instalando año tras año por lo que tendrán un coste en cierto modo proporcional a los ingresos. Se pueden distinguir dos tipos de gastos de este tipo.

6.2.3.1 – GASTOS EN LOS EQUIPOS INSTALADOS

Cada equipo instalado supondrá un coste fijo en la adquisición del distinto hardware necesario para su instalación. El precio del lector utilizado para la realización de este proyecto es de \$1.745, a lo que habría que añadirle unos gastos de transporte de \$190,14, lo que supondrían un total de aproximadamente 1.420€. Este precio es el que se pagó por el hardware que se ha utilizado durante los meses que ha durado el proyecto, sin embargo es realista pensar que se podría llegar a un acuerdo con el distribuidor para conseguir algún tipo de descuento en caso de realizar una inversión de varios lectores; aunque no se ha podido realizar hasta el momento dicho contacto. Este posible descuento no será contado para el cálculo de los flujos de caja y se reservará para un potencial incremento del margen de beneficio.

También será necesaria la instalación de un sistema informático en cada uno de los parkings que actúe como intermediador de los datos recogidos por el lector y el servidor global. Pese a que no se ha implementado y probado en este trabajo, esta tarea podría realizarse mediante el uso de un Arduino o un Raspberry Pi, de lo que se supondrá un precio de 60€ ya que se necesitará que tenga conexión Ethernet.

Además será necesario crear una pequeña red local con la cual tener todo el sistema conectado a la red global mediante un router. También habrá que adquirir el distinto cableado de alimentación y conexión Ethernet. Valoraremos todo este material en 150€.

Complementariamente, tal y como ya se ha explicado en el apartado 4.7, en algunos parkings (especialmente entre particulares) será necesaria la instalación de una antena complementaria con tal de poder detectar correctamente la entrada y salida de los vehículos. Se ha contactado con la empresa Tracotech-ID Solutions, empresa barcelonesa dedicada a la tecnología RFID, para conocer el coste de una antena complementaria al lector. La opción que mejor se adapta a las características del sistema es la antena CS772, la cual tiene un coste de 117€ para pedidos inferiores a veinte unidades.

La justificación para la elección de este modelo radica en el hecho que tiene unas prestaciones muy similares a la antena incorporada en el lector, con una ganancia pico de 9dBi y unas condiciones de operación, en cuanto a temperatura y humedad, también muy similares. Finalmente, el conector coincide con el del lector y su compatibilidad está garantizada.

	PRECIO UNITARIO
LECTOR	1.420 €
ARDUINO/RASPBERRY	60 €
ROUTER Y CABLEADO	150 €
ANTENA	117 €* 117 €
TOTAL	1.630 € 1.747 € (CON ANTENA*)

Tabla 18. Coste de los componentes para la instalación de un sistema

Como se verá en el plan de ingresos, existirán dos modelos distintos de cobrar por el servicio: uno pagando una pequeña cantidad del coste del sistema y otra pagando la totalidad de éste. A efectos de especificar los costes en la cuenta de resultados, se tomará el primero de los casos como una amortización del material adquirido a tres años. Esto es debido a que el distinto hardware seguirá siendo dependiente de la empresa, el cual habrá sido cedido al parking correspondiente. En el segundo caso, sí se tomará el coste total en el mismo año ya que el material pasa a ser de la empresa ya que ha pagado su coste por él.

Finalmente, se decide contabilizar un coste de 1.747€ de instalación del sistema en los parkings de particulares (se supone que en todos ellos será necesaria una antena complementaria); y de 1.630€ para la instalación en parkings en empresas.

6.2.3.2 – GASTOS DE MANTENIMIENTO

Este tipo de gastos englobará el coste del mantenimiento de los distintos sistemas instalados en los parkings. Aquí se incluye tanto el material que se deba reemplazar (cableado, componentes electrónicos, etc.) como el coste del desplazamiento del técnico de la empresa al aparcamiento correspondiente. Este coste será variable según cada parking, sin embargo se debe decidir una cantidad anual. Se ha decidido fijar esta cantidad en 150€ al año por parking.

6.2.3.3 – GASTOS EN NUEVOS CLIENTES

El alta de los nuevos clientes será totalmente gratuita para ellos. Por su parte facilitarán todos sus datos personales y bancarios y, a cambio, recibirán en su casa el tag que deberán enganchar en su coche. El envío del tag se realizará por carta postal, en la cual se incluirá también un pequeño texto de bienvenida, con una explicación básica del funcionamiento del sistema, cómo se debe realizar la reserva y las ventajas de utilizar el servicio.

Para el coste de los tags, se ha contactado también con la empresa Tracetechn-ID Solutions con tal de saber el precio de un tag ya diseñado para ser situado en el parabrisas de un coche. Como ya se ha comentado anteriormente, el tag elegido es el modelo TE35, para el cual el precio oscilaría entre los 7,5 céntimos a los 15 céntimos de euro; dependiendo de la cantidad de etiquetas que se decidieran adquirir.

A este coste habría que añadir el coste del papel, las cartas y el envío. Se decide darle un coste de 1€ a cada nuevo cliente que se registre en el sistema. Posteriormente se analizarán la cantidad de clientes nuevos cada año.

6.2.4 – CARTERA DE CLIENTES

Tanto en los ingresos como en parte de los gastos, el número de clientes y de parkings será determinante para conocer a qué cantidad asciende.

6.2.4.1 – ALTA DE NUEVOS USUARIOS

El alta de nuevos clientes es una magnitud algo complicada de calcular. El aspecto de realizar un buen marketing será clave, en especial en las primeras etapas del proyecto, por lo que será un punto en el que habrá que centrarse desde el primer momento. Será clave conseguir una buena cartera de clientes rápidamente, puesto que serán igual o más importantes que conseguir una buena red de parkings. Se estima que el primer año no será excesivamente alto el alta de nuevos clientes, si bien será el segundo año cuando se crezca en mayor número. El plan de alta de nuevos clientes es el que se muestra en la tabla diecinueve.

	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
ALTAS	230	240	140	275	240
BAJAS	0	55	45	30	65
TOTAL ACUMULADO	230	415	510	755	930

Tabla 19. Evolución de los usuarios durante los primeros cinco años

Conseguir nuevos clientes es un aspecto importante, si bien mantener una clientela fija lo es todavía más. La realización de promociones o mantener un cierto *feedback* con ellos (por ejemplo para conocer zonas donde estarían interesados en que hubieran nuevos parkings con el sistema RFID) será clave para conseguir un cliente fiel, que hable bien de la empresa, lo cual podría generar nuevos clientes potenciales.

6.2.4.2 – ALTA DE PARKINGS

De nuevo, realizar una estimación del alta de nuevos aparcamientos será una tarea algo complicada. Más tarde se explicarán los modelos de explotación existentes, si bien en este apartado ya se especifica el número de contrataciones previstas para cada uno de ellos, según muestra la tabla veinte.

	MODELO A (PARTICULARES)	MODELO A (EMPRESAS)	MODELO B (EMPRESAS)
AÑO 1	18	12	3
AÑO 2	15	10	2
AÑO 3	16	6	3
AÑO 4	12	8	0
AÑO 5	15	4	1

Tabla 20. Alta de nuevos parkings durante los primeros cinco años

El modelo A ofrecido a particulares se cree que será el que mejor acogida tendrá, debido a su bajo coste y por tanto rentabilidad desde prácticamente el primer momento. Es por ello que se ha supuesto que será el que mayor contrataciones tendrá durante todos los años. Además se le supone un uso semanal de 20 horas, lo que supondría, en media, un uso de 4 horas diarias los días laborables. El mismo modelo ofrecido a empresas se ha situado como el segundo con más éxito, en parte por las mismas razones aunque disminuyendo su penetración debido a que existen menor número de aparcamientos de este tipo que entre particulares. En este caso se le supondrá un uso de 112 horas semanales, suponiendo que el parking facilitara cuatro plazas y estas fueran plenamente utilizadas durante cuatro horas diarias. Finalmente, el modelo B se cree que tendrá una menor penetración debido a su alto coste de contratación.

La valoración de uso diario de cuatro horas se ha estimado suponiendo que algunos parkings serán utilizados a diario por trabajadores a jornada completa que dejan su coche una media de ocho horas diarias. A esta opción se añaden parkings que puedan ser utilizados en momentos puntuales (media hora o una hora, por ejemplo); además de aquellos parkings que no se utilicen en todo el día. De juntar todas estas variables, considerando un 50% de los aparcamientos que se utilicen a diario ocho horas, se estiman las cuatro horas de media diarias y durante toda la semana para ambos modelos.

Comentar también que se ha supuesto que no habría bajas de aparcamientos durante estos primeros años, con tal de facilitar los cálculos. En caso de haberse contabilizado, se podría haber reutilizado el hardware para nuevos parkings, por lo que añadiría un grado más de libertad a los números ya estimados.

6.2.4.3 – PROPORCIONALIDAD USUARIOS-PARKINGS

En este apartado se buscan justificar los números de clientes y de parkings ofrecidos con anterioridad, con tal de disminuir en cierto modo la aleatoriedad de los cálculos de ingresos que posteriormente se explicarán.

Se supondrá un uso medio de los parkings por parte de los usuarios de diez horas semanales. De esta forma, se puede buscar cierta correlación entre el número de usuarios y las horas de uso de cada parking. Se recuerda que se ha supuesto un uso medio de 20 horas semanales para parkings particulares y de 112 horas para los de empresas.

En la tabla veintiuno puede observarse la evolución del número total de horas tanto a nivel de usuario como a nivel de parking.

	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
PARKINGS PARTICULARES	18	33	49	61	76
PARKINGS EMPRESAS	12	22	28	36	40
TOTAL HORAS	1.704	3.124	4.116	5.252	6.000
NÚMERO USUARIOS	230	415	510	755	930
TOTAL HORAS	1.840	3.320	4.080	6.040	7.440

Tabla 21. Horas de uso de parking y horas demandadas por los usuarios

Los tres primeros años se observa una correlación entre el número de horas utilizadas por los usuarios y el número de horas de uso de los parkings. Sin embargo, en el cuarto y quinto año se ve como el número de horas de los usuarios es mayor al de uso de los aparcamientos. Esto es así porque se ha supuesto que con el paso de los años, el sistema será más popular y, por lo tanto, el número de usuarios crecerá más rápido que el de parkings. Esto se puede observar de forma más visual en el gráfico de la figura 27, donde el azul más oscuro representa el área de horas de uso de los parkings; mientras que el azul claro representa el área de horas que demandarían los usuarios.

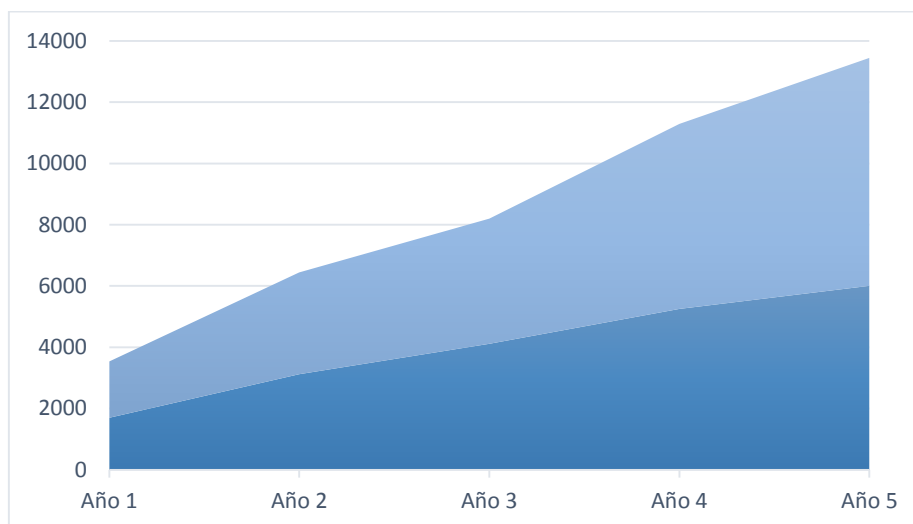


Figura 27. Horas de uso de los parkings (oscuro) y horas demandadas (claro)

Este hecho supone que a partir del cuarto año se espera un uso en horas mayor de los aparcamientos, por lo que tanto la empresa (o particular) que ceden su plaza, como la empresa que gestiona el parking RFID, verían aumentados sus beneficios. Pese a ello, en el plan de ingresos que se explicará a continuación se tomarán estas estimaciones con cautela, por lo que se mantendrá un uso medio de los parkings equivalente durante los cinco años.

6.2.5 – PLAN DE INGRESOS

Como ya se ha comentado, crear un plan de ingresos es una tarea algo complicada por la aleatoriedad que puedan tomar los números de la empresa a lo largo de los cinco años. Sin embargo, es importante marcarse una serie de objetivos que podrán irse revisando año a año. Este plan se realiza con el objetivo de cubrir los costes del servicio, a la par que se intentan crear unos números lo más objetivos posibles.

Pueden distinguirse dos modelos de servicio: por un lado el modelo A (ofrecido tanto a particulares como a empresas) y el modelo B (ofrecido únicamente a empresas). En total existirán tres modelos diferentes que generarán un flujo monetario diferente. Para el modelo A, la tarifa de uso será fijada en 1,75€, un precio bastante competitivo dentro del mercado (estudiado anteriormente) pero que permitirá la solvencia económica de la empresa si se cumplen las expectativas. Por otro lado, en el modelo B será la empresa del parking la que decida la tarifa a aplicar.

En el modelo A dirigido a particulares se cobrará una tarifa de estudio más instalación de 200 euros. Éste será el único coste que tendrá el sistema para el usuario, puesto que el mantenimiento del mismo será a cargo de la empresa. A cambio, se acuerdan unos ingresos para el particular de 0,75€ por hora de parking utilizado, por lo que el euro restante será ingreso neto para la empresa que gestiona el sistema. Por lo tanto, suponiendo un uso semanal de 20 horas, se generarían unos ingresos de 1.040€ por cada sistema instalado a particulares.

Por otro lado, en el modelo A dirigido a empresas, la tarifa de estudio + instalación se eleva a 300€ debido al presumiblemente mayor coste y complejidad de la misma. De nuevo el mantenimiento corre a cargo de la empresa, mientras que ahora la tarifa que obtiene la empresa propietaria del parking es de 1€. Por lo tanto, el ingreso que se obtiene será de 0,75€ por hora de utilización. Así, suponiendo un uso semanal de 112 horas, se obtendrían unos ingresos anuales de 4.368€ por cada parking instalado con este modelo.

Finalmente, el modelo B tendrá una tarifa diferente. El propietario del parking realizará un desembolso inicial de 2.800€ donde se incluirá la instalación, el mantenimiento durante el primer año y la publicidad en la web donde cualquier usuario podrá reservar en su parking. Además podrá fijar la tarifa que considere oportuna, siendo el importe íntegro de la misma para su propietario. Por cada año que se quiera renovar el servicio, se deberá pagar una cuota de 400€ en concepto de mantenimiento y aprovechamiento publicitario de la web.

En la tabla veintidós se realiza un resumen de los ingresos previstos durante los primeros cinco años; donde se ha tomado la planificación de nuevos parkings explicada con anterioridad y se ha supuesto que las tarifas y el número de horas de uso medio se mantienen constantes a lo largo de los cinco años.

	MODELO A (PARTICULARES)	MODELO A (EMPRESAS)	MODELO B (EMPRESAS)	TOTAL
AÑO 1	22.320 €	56.016 €	9.600 €	87.936 €
AÑO 2	37.320 €	99.096 €	7.600 €	144.016 €
AÑO 3	54.160 €	124.104 €	11.600 €	189.864 €
AÑO 4	65.840 €	159.648 €	3.200 €	228.688 €
AÑO 5	82.040 €	175.920 €	6.400€	264.360 €

Tabla 22. Ingresos según el modelo de parking durante los primeros cinco años

6.2.6 – CUENTA DE RESULTADOS

Una vez analizados todos los factores económicos que repercuten en los primeros cinco años de la empresa, puede realizarse la cuenta de resultados para ese periodo. Previo a su realización, es necesario aclarar algunos conceptos.

El margen bruto es el resultado de restar el coste anual de los equipos instalados según el modelo B, del coste en los mantenimientos y del alta de nuevos usuarios a los ingresos obtenidos. Si a esta cantidad se le descuentan los gastos en personal, oficina, mantenimiento de la web y marketing se obtiene lo que se conoce como margen operativo o EBITDA⁴. Al restarle el coste de las amortizaciones al EBITDA se obtiene el valor del EBIT⁵. Como ya se ha explicado, existen dos amortizaciones diferentes: por un lado de la inversión inicial la cual se amortiza a cinco años; y por otro la de los equipos instalados a costa de la empresa los cuales se amortizan a tres años.

Posteriormente, al EBIT se le descuentan los intereses del préstamo bancario, explicado anteriormente, para obtener el EBT. Si el EBT tiene un valor positivo, se deberá devolver un 25% del beneficio al estado en concepto de impuestos. En caso de obtener un EBT negativo no es necesario dar ninguna cantidad.

El resumen de la cuenta de resultados a cinco años está reflejado en la tabla veintitrés, donde puede observarse que a partir del segundo año se conseguirá generar beneficio, pese a que sea bastante débil. Con el tercer año llegan mejores resultados, con los cuales se consiguen compensar las pérdidas del primero año.

⁴ Las Ganancias Antes de Intereses, Tasas, Depreciación y Amortización constituye un indicador aproximado de la capacidad de una empresa para generar beneficios considerando únicamente su actividad productiva; eliminando de esta manera la subjetividad de las dotaciones, el efecto del endeudamiento o la variabilidad en materia impositiva.

⁵ El Beneficio Antes de Intereses e Impuestos es un indicador que indica la capacidad de una empresa para ser rentable y, en definitiva, para generar beneficios.

CONCEPTO	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Ingresos	87.936,00 €	144.016,00 €	189.864,00 €	228.688,00 €	264.360,00 €
Costes equipos del Modelo B	5.340,00 €	4.010,00 €	6.090,00 €	1.200,00 €	2.980,00 €
Costes nuevos clientes	200,00 €	300,00 €	250,00 €	200,00 €	250,00 €
Gastos de Mantenimiento	4.500,00 €	8.250,00 €	11.550,00 €	14.550,00 €	17.400,00 €
Margen Bruto	82.396,00 €	139.706,00 €	182.524,00 €	227.288,00 €	261.130,00 €
Gastos de personal	62.000,00 €	82.000,00 €	82.000,00 €	100.000,00 €	100.000,00 €
Gastos en la oficina	7.200,00 €	7.200,00 €	7.200,00 €	7.200,00 €	7.200,00 €
Gastos mantenimiento Web	150,00 €	150,00 €	150,00 €	150,00 €	150,00 €
Gastos de Marketing	5.000,00 €	3.500,00 €	3.500,00 €	3.500,00 €	3.500,00 €
EBITDA	8.046,00 €	46.856,00 €	90.674,00 €	116.438,00 €	150.280,00 €
Amortización Inversión Inicial (5 años)	5.103,00 €	5.103,00 €	5.103,00 €	5.103,00 €	5.103,00 €
Amortización equipos instalados (3 años)	17.002,00 €	31.170,33 €	43.747,67 €	38.080,33 €	34.820,33 €
EBIT	-14.059,00 €	10.582,67 €	41.823,33 €	73.254,67 €	110.356,67 €
Intereses del préstamo	3.000,00 €	2.400,00 €	1.800,00 €	1.200,00 €	600,00 €
EBT	-17.059,00 €	-8.182,67 €	40.023,33 €	72.054,67 €	109.756,67 €
Tasas	0,00 €	2.045,67 €	10.005,83 €	18.013,67 €	27.439,17 €
BENEFICIO NETO	-17.059,00 €	6.137,00 €	30.017,50 €	54.041,00 €	82.317,50 €

Tabla 23. Cuenta de resultados de los primeros cinco años

Finalmente, en la tabla 24 se representa el beneficio acumulado a lo largo de cada año, donde puede observarse que a partir del tercer año se empezaría a generar beneficio neto en la empresa, una vez recuperadas las pérdidas de los dos primeros años.

	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
BENEFICIO NETO	-17.059,00 €	-10.922,00 €	19.095,50 €	73.136,50 €	155.454,00 €

Tabla 24. Beneficio acumulado durante los primeros cinco años

Si bien las ganancias llegarían a partir del tercer año, es importante remarcar que una empresa es importante que tenga beneficios pero todavía lo es más que sepa reinvertir este superávit en generar valor añadido al proyecto. Es por ello que, en caso de que las cosas fueran bien, se podrían realizar inversiones mayores en materia de marketing, mejora de los servidores, mejores condiciones para los trabajadores o explorar nuevas posibilidades que podría ofrecer la tecnología RFID a la empresa.

CAPÍTULO 7

CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS

7.1 CONCLUSIONES

Considero que los objetivos que me marqué al inicio del proyecto se han visto cumplidos ampliamente: se ha conseguido la implementación del sistema de parking basado en la tecnología RFID de forma que ahora es posible la ejecución de un sistema piloto en un parking real.

Se ha tomado una tecnología no utilizada anteriormente como es la identificación por radiofrecuencia y se ha estudiado su funcionamiento, diseñando a su vez una aplicación con valor propio. Se han analizado las alternativas que ofrece y se ha elegido la más adecuada a la idea del proyecto.

Las medidas que se han realizado para comprobar la cobertura del lector han sido satisfactorias. Se ha estudiado la mejor situación que debería tener en el parking con tal de garantizar una cobertura óptima y se han propuesto soluciones a las distintas alternativas de parking existentes.

Actualmente el sistema es capaz de funcionar de forma local, pudiendo introducir los tags permitidos cada día y guardando registro de la hora de entrada y salida de los vehículos. Se guarda, además, registro aparte de todas las etiquetas detectadas con tal de poder solventar posibles problemas y apoyar en las tareas de ajuste del sistema.

En caso de que el proyecto pudiera salir adelante, la empresa creada sería capaz de generar beneficios a partir del tercer año, con un crecimiento de usuarios paulatino y consiguiendo ampliar la red de parkings año tras año. Además, se han marcado unos objetivos, como la contratación de personal o mejora en los servidores, que garantizan el crecimiento de la empresa a medio plazo.

A nivel personal, el objetivo de cerciorarme del potencial profesional que me ha dado la realización de mis estudios se ha cubierto completamente. Los conocimientos adquiridos durante cuatro años se encuentran presentes al ser recordados con bastante facilidad y muchas competencias de la carrera parecen haber sido adquiridas (aprendizaje autónomo, conocimiento y profundización en nuevas tecnologías, resolución de problemas y toma de decisiones o aplicación de elementos básicos de economía; entre otras). Además se ha conseguido tener una primera toma de contacto con un nuevo lenguaje de programación como es Java, muy utilizado hoy en día y que considero un conocimiento importante para mi futuro laboral próximo.

7.2 – LÍNEAS FUTURAS

Una vez alcanzados los objetivos del proyecto pueden definirse una serie de líneas futuras hasta la consecución de tener un sistema que esté en el mercado comercializándose.

La siguiente fase pasaría por la implementación de un sistema piloto en un parking real. Por ejemplo, se podría hablar con la Universitat Autònoma de Barcelona y aprovechar alguno de sus numerosos parkings de barreras para probar el sistema. Habría que conocer el funcionamiento del sistema activador de las barreras para poder incluir el código dentro de la clase *AbrirPuerta*. La implementación del sistema incluiría una fase de ajuste de acuerdo a las características propias, aprendizaje del cual se podrían extraer un conocimiento muy valioso para fases posteriores.

Una segunda fase de mejora pasaría por conseguir globalizar los datos en un servidor al pudieran tener acceso los lectores de todos los parkings. Esta base de datos sería actualizada desde la página web, desde la cual se irían introduciendo las diferentes reservas. El acceso a los parkings podría verse restringido también según la hora del día. Este sistema globalizado se escapaba a los objetivos de este proyecto, si bien la gestión de todo el sistema (desde la web, pasando por la base de datos, aplicación móvil, etc.) podría plantearse como un trabajo final de grado para la titulación de informática.

En caso de poder llevar a cabo la fundación de la empresa, esta segunda fase podría ser realizada por el ingeniero informático mientras se ultiman los detalles de la empresa, se habla con propietarios de parkings, etc. Conseguir que el proyecto pudiera estar en la calle comercializándose sería la fase más ambiciosa, pero también la más gratificante a nivel personal aunque posiblemente la más dura. Las bases para su consecución están, sin duda, fijadas.

REFERENCIAS

- [1] Documentación y software oficial de ThingMagic.
<http://www.thingmagic.com/manuals-firmware>
- [2] “Preguntas frecuentes sobre RFID”. *RFID Journal en Español*.
<http://espanol.rfidjournal.com/preguntas-frecuentes>
- [3] “La tecnología RFID: usos y oportunidades”. *Asociación de Empresas de Electrónica, Tecnologías de la Información y Telecomunicaciones de España (AETIC)*.
<http://www.ametic.es/DescargarDocumento.aspx?idd=2885>
- [4] “Análisis mediante simulación de esquemas de adaptación de la longitud de trama en escenarios de RFID con tags dinámicos”. *Javier Vales Alonso, M^a Victoria Bueno Delgado, Esteban Egea López y Joan García Haro. Universidad Politécnica de Cartagena*.
<http://www.ait.upct.es/~eegea/pub/jitel.pdf>
- [5] “Análisis de Mecanismos Anticolisión en Sistemas RFID Pasivos UHF”. *M^a Victoria Bueno Delgado, Javier Vales Alonso, Javier González Castaño, Esteban Egea López y Joan García Haro. Universidad Politécnica de Cartagena y Universidad de Vigo*.
<https://www.anf.es/pdf/Anticolision-UHF-RFID.pdf>
- [6] “Radiación en Campo Cercano y Lejano. Capítulo 3. Antenas”. *Universidad Nacional de Colombia*.
<http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/sedes/manizales/4040050/Descargas/capseis/radiacioncampo.pdf>
- [7] “Unidad 3: Programación Básica en Lenguaje Java”. *Jorge Sánchez Asenjo (2009)*.
<http://www.jorgesanchez.net/programacion/apuntes2009/fpr0309.pdf>
- [8] Documentación sobre el tag *TE35 GAIN* de *Tracotech-ID*.
http://www.tracotech-id.com/tracotech_product_overview/te35_gain/47/14/
- [9] Documentación sobre la antena *CS772* de *Tracotech-ID*.
http://www.tracotech-id.com/tracotech_product_overview/cs772_linear_polarized/24/19/
- [10] Área Verde: movilidad en el Área de Barcelona. *Ayuntamiento de Barcelona*.
<http://www.areaverda.cat/es/>

ANEXO I

CÓDIGO DEL LECTOR

I.I – CLASE LECTOR

```
// Import the API
package rfid;

import com.thingmagic.*;
import java.util.Date;
import java.util.HashSet;

public class Lector
{
    static SerialPrinter serialPrinter;
    static StringPrinter stringPrinter;
    static TransportListener currentListener;

    static void usage()
    {
        System.out.printf("Usage: demo reader-uri <command> [args]\n" +
            "    (URI: 'tmr:///COM1' or 'tmr://astra-2100d3/'
" +
            "or 'tmr:///dev/ttyS0')\n\n" +
            "Available commands:\n");
        System.exit(1);
    }

    public static void setTrace(Reader r, String args[])
    {
        if (args[0].toLowerCase().equals("on"))
        {
            r.addTransportListener(Reader.simpleTransportListener);
            currentListener = Reader.simpleTransportListener;
        }
        else if (currentListener != null)
        {
            r.removeTransportListener(Reader.simpleTransportListener);
        }
    }

    static class SerialPrinter implements TransportListener
    {
        public void message(boolean tx, byte[] data, int timeout)
        {
            System.out.print(tx ? "Sending: " : "Received:");
            for (int i = 0; i < data.length; i++)
            {
                if (i > 0 && (i & 15) == 0)
                {
                    System.out.printf("\n          ");
                    System.out.printf(" %02x", data[i]);
                }
            }
            System.out.printf("\n");
        }
    }
}
```

```

static class StringPrinter implements TransportListener
{
    public void message(boolean tx, byte[] data, int timeout)
    {
        System.out.println((tx ? "Sending:\n" : "Receiving:\n") + new
String(data));
    }
}

public static void main(String argv[])
{
    // Program setup
    Reader r = null;
    int nextarg = 0;
    boolean trace = false;

    if (argv.length < 1)
        usage();

    if (argv[nextarg].equals("-v"))
    {
        trace = true;
        nextarg++;
    }

    // Create Reader object, connecting to physical device
    try
    {
        r = Reader.create(argv[nextarg]);
        if (trace)
        {
            setTrace(r, new String[] {"on"});
        }
        r.connect();
        if (Reader.Region.UNSPEC ==
(Reader.Region)r.paramGet("/reader/region/id"))
        {
            Reader.Region[] supportedRegions =
(Reader.Region[])r.paramGet(TMConstants.TMR_PARAM_REGION_SUPPORTEDREGI
ONS);
            if (supportedRegions.length < 1)
            {
            }
            else
            {
                r.paramSet("/reader/region/id", supportedRegions[0]);
            }
        }
    }
}

```

```

// Create and add tag listener
PrintNewListener rl = new PrintNewListener();
r.addReadListener(rl);
Centinela cen = new Centinela();
Date ahora;

while(true){
try{
ahora = new Date();

r.startReading();
Thread.sleep(100); //Tiempo de lectura
r.stopReading();

if(rl.seenTags.size() > 0){
cen.comprobar(rl.seenTags, ahora);
rl.seenTags.clear();
}
else
System.out.println("Ningún tag encontrado\n");

Thread.sleep(2000); //Tiempo de espera hasta la siguiente
lectura
} catch (InterruptedException e){
break;
}
}

r.removeReadListener(rl);
// Shut down reader
r.destroy();

} catch (ReaderException re){
System.out.println("ReaderException: " + re.getMessage());
}
}

static class PrintNewListener implements ReadListener
{
HashSet<TagData> seenTags = new HashSet<TagData>();

public void tagRead(Reader r, TagReadData tr)
{
TagData t = tr.getTag();
if (!seenTags.contains(t))
{
seenTags.add(t);
}
}
}
}

```

I.II – CLASE CENTINELA

```
package rfid;

import java.io.BufferedReader;
import java.io.File;
import java.io.FileNotFoundException;
import java.io.FileReader;
import java.io.IOException;
import java.text.SimpleDateFormat;
import java.util.ArrayList;
import java.util.Date;
import java.util.HashSet;
import java.util.Iterator;
import java.util.Locale;
import com.thingmagic.TagData;

public class Centinela {

    private ArrayList<String> tags;
    private ArrayList<Long> horas;
    private SimpleDateFormat formatoFecha;
    private SimpleDateFormat formatoHora;
    private Logger log;

    public Centinela() {
        tags = new ArrayList<String> ();
        horas = new ArrayList<Long> ();
        formatoFecha = new SimpleDateFormat("dd.MM.yyyy",
Locale.getDefault());
        formatoHora = new SimpleDateFormat("hh:mm:ss",
Locale.getDefault());
        log = new Logger();
    }

    public void comprobar(HashSet<TagData> td, Date ahora) {
        AbrirPuerta abr = new AbrirPuerta();
        Iterator<TagData> itd = td.iterator();

        while(itd.hasNext()) {
            String[] tagLeido = itd.next().toString().split(":");
            boolean abrir = false;
            if(buscarTag(tagLeido[1], ahora)) {
                if(tags.contains(tagLeido[1])) {
                    long h =
horas.get(tags.indexOf(tagLeido[1]));
                    if(ahora.getTime()-h > 120000) {

                        finEstacionamiento(tagLeido[1], ahora);
                        abrir = true;
                    }
                } else {
                    abrir = true;
                }

                if(abrir) {
                    abr.abrir(tagLeido[1]);

                    log.tagAbierto(tagLeido[1], formatoFecha.format(ahora), formatoHor
a.format(ahora));

                    tags.add(tagLeido[1]);
                    horas.add(ahora.getTime());
                }
            }
        }
    }
}
```

```

        }
    }
    log.escribirTags(td,
formatoFecha.format(ahora), formatoHora.format(ahora));
    System.out.println("Encontrados " + td.size() + " tags a
las " + formatoHora.format(ahora) + "\n");
}

private boolean buscarTag(String tag, Date ahora){
    File f_lectura = new File(formatoFecha.format(ahora) +
".txt");
    BufferedReader entrada;
    boolean respuesta = false;
    try{
        entrada = new BufferedReader(new
FileReader(f_lectura));
        String lineaFichero;
        while ((lineaFichero=entrada.readLine())!=null){
            if (lineaFichero.trim().equals(tag)){
                respuesta = true;
                break;
            }
        }
        entrada.close();
    }catch(FileNotFoundException e){
        System.out.println("Fichero
"+formatoFecha.format(ahora)+".txt no encontrado!");
    }catch(IOException e){
        System.out.println("ERROR: "+e.getMessage());
    }
    return respuesta;
}

private void finEstacionamiento(String tag, Date ahora){
    Cobrar cob = new Cobrar();

    long tiEst = (ahora.getTime() -
horas.get(tags.indexOf(tag)))/60000;
    cob.cobrar(Math.floor(tiEst), tag);
    int indice = tags.indexOf(tag);
    tags.remove(tags.get(indice));
    horas.remove(horas.get(indice));
}
}

```

I.III – CLASE LOGGER

```
package rfid;

import java.io.BufferedWriter;
import java.io.File;
import java.io.FileOutputStream;
import java.io.IOException;
import java.io.OutputStreamWriter;
import java.io.PrintWriter;
import java.util.HashSet;
import java.util.Iterator;
import com.thingmagic.TagData;

public class Logger {

    private int escrituras;

    public Logger(){
        escrituras = 0;
    }

    public void escribirTags(HashSet<TagData> td,String fecha,String
hora){
        File f = new File(fecha+"_log.txt");
        try{
            BufferedWriter bw = new BufferedWriter(new
OutputStreamWriter(new FileOutputStream(f, true)));
            PrintWriter wr = new PrintWriter(bw);

            wr.write("Lectura número " + (escrituras+1) + ".
Hora: " + hora + "\r\n\r\n");

            Iterator<TagData> itd = td.iterator();
            while(itd.hasNext()){
                String[] t = itd.next().toString().split(":");
                wr.write(t[1].trim()+"\r\n");
            }

            wr.write("\r\nLectura acabada. " + td.size() + " tags
encontrados.\r\n\r\n\r\n");
            wr.write("-----\r\n\r\n\r\n");

            wr.close();
            bw.close();
            escrituras++;
        }catch(IOException e){
            System.out.println("ERROR: "+e.getMessage());
        }
    }

    public int getEscrituras(){
        return escrituras;
    }

    public void tagAbierto(String tag,String fecha,String hora){
        File f = new File(fecha+"_puerta.txt");
        try{
            BufferedWriter bw = new BufferedWriter(new
OutputStreamWriter(new FileOutputStream(f, true)));
```

```

        PrintWriter wr = new PrintWriter(bw);
        wr.write(tag + "|" + hora + "\r\n");
        wr.close();
        bw.close();

    } catch (IOException e) {
        System.out.println("ERROR: " + e.getMessage());
    };
}
}

```

I.IV – CLASE ABRIRPUERTA

```

package rfid;

public class AbrirPuerta {

    public void abrir(String tag) {
        System.out.println("Puerta abierta para el tag " + tag);
    }
}

```

I.V – CLASE COBRAR

```

package rfid;

public class Cobrar {

    public void cobrar(double tiempo, String tag) {
        double tarifa = 0.02917;
        double precio = tarifa * tiempo;
        System.out.println("Se han cobrado " + precio + "€ al
usuario del tag " + tag);
    }
}

```


RESUMEN

En este trabajo se analizan todos los factores que intervienen a la hora de realizar una aplicación real de ingeniería. Aprovechando la tecnología RFID, muy en auge en los últimos años, se implementa un parking inteligente que permite aumentar los ingresos del proveedor del parking a la vez que aumenta la satisfacción y comodidad de los usuarios.

Para ello, se empieza estudiando la tecnología y las distintas posibilidades que ofrece, con tal de seleccionar la opción más acorde a la aplicación final. Elegida la tecnología, debe seleccionarse el hardware a utilizar, del cual se realiza una caracterización para justificar su elección y cómo se utilizará. La creación de un software que permita el avance del sistema es también un punto importante: con él se conseguirán conocer los distintos coches que entran en el parking, dotándolo de cierta inteligencia para que pueda almacenar únicamente aquellos datos de interés. Finalmente se realiza un estudio de mercado y un análisis de los flujos de caja con tal de justificar la viabilidad económica del proyecto en caso de que más adelante pudiera ser implementado y ser sacado al mercado para su comercialización por medio de la creación de una empresa.

RESUM

En aquest treball s'analitzen tots els factors que intervenen a l'hora de realitzar una aplicació real d'enginyeria. Aprofitant la tecnologia RFID, molt utilitzada en els últims anys, se implementa un pàrquing intel·ligent que permet augmentar els ingressos del proveïdor del pàrquing a la vegada que s'augmenta la satisfacció i comoditat dels usuaris.

Per això, es comença estudiant la tecnologia i les distintes possibilitats que ofereix, amb l'objectiu de seleccionar la opció més adient a la aplicació final. Triada la tecnologia, es té que seleccionar el hardware a utilitzar, del qual es realitza una caracterització per justificar la seva elecció i com s'utilitzarà. La creació de un software que permeti el avanç del sistema es també un punt important: amb ell s'aconseguirà conèixer els distints cotxes que entren al pàrquing, dotant-lo de certa intel·ligència però que pugui emmagatzemar únicament aquelles dades de interès. Finalment es realitza un estudi de mercat i un anàlisis dels fluxos de caixa per tal de justificar la viabilitat econòmica del projecte en cas de que, mes endavant, pogués ser implementat i ser tret al mercat per la seva comercialització per medi de la creació de una empresa.

OVERVIEW

All factors about the performance of a real engineering application are analysed on this project. Using the RFID technology, very booming on last years, an intelligent parking is implemented with the objective of increasing the revenue of the parking supplier while the satisfaction and comfort of the users are increase too.

That's why this memorandum begins with a technology research with the different possibilities offering. The objective is to choose the best option for the final application. Then, must be choose the hardware to use, which a characterization is performed to justify the choice and how it will be used. Software performing, which allows the progress of the system, is an important point too: with it will be achieved to know the different cars inside the parking, providing it with some intelligence but storing only the interest data. Finally, a market study and analysis of cash flows are made, with the objective of warrant the project economic viability if, later, it can be implemented on the market for commercialization through the creation of a company.

Bellaterra, Julio de 2014

Firmado: ***Marc Guijosa Aranda***