

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS  
INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



*Proyecto Fin de Carrera*

**SOLUCIÓN DE MARKETING INTERACTIVO  
DE PROXIMIDAD BASADO EN  
TECNOLOGÍAS DE CAMPO CERCANO**

**(Solution for interactive proximity marketing  
based on near field communication  
technologies)**

Para acceder al Título de

**INGENIERO DE TELECOMUNICACIÓN**

Autor: George Alexis Romero Monserrate

Octubre - 2014



E.T.S. DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACION

## INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIÓN

### CALIFICACIÓN DEL PROYECTO FIN DE CARRERA

**Realizado por:** George Alexis Romero Monserrate

**Director del PFC:** Jorge Lanza Calderón

**Título:** “Solución de marketing interactivo en proximidad basado en tecnologías de campo cercano”

**Title:** “Solution for interactive proximity marketing based on near field communications technologies”

**Presentado a examen el día: 31 de Octubre de 2014**

para acceder al Título de

## INGENIERO DE TELECOMUNICACIÓN

Composición del Tribunal:

Presidente (Apellidos, Nombre): Sánchez González, Luis

Secretario (Apellidos, Nombre): Lanza Calderón, Jorge

Vocal (Apellidos, Nombre): Gutiérrez Polidura, Verónica

Este Tribunal ha resuelto otorgar la calificación de: .....

Fdo.: El Presidente

Fdo.: El Secretario

Fdo.: El Vocal

Fdo.: El Director del PFC  
(sólo si es distinto del Secretario)

Vº Bº del Subdirector

Proyecto Fin de Carrera N°  
(a asignar por Secretaría)

# AGRADECIMIENTOS

A Dios por darme la oportunidad de estar hoy aquí, por todas sus bendiciones y amor.

A mi tutor Jorge, por todas las cosas que me ha enseñado en este tiempo, por su paciencia dedicación y comprensión. Muchas gracias por todo.

A mis padres por apoyarme siempre en todo momento y enseñarme a ser un profesional y una buena persona. Gracias por estar siempre allí, sin vosotros no sería el hombre que soy hoy.

A mi novia Marisol, por sacarme una sonrisa cada día, apoyarme y estar siempre conmigo. Siempre bendeciré el día en el que te conocí.

A mis amigos y compañeros durante la carrera, os deseo lo mejor y este tiempo con vosotros ha sido edificante.

# RESUMEN

Hoy en día un elevado porcentaje de usuarios de telefonía móvil disponen de un teléfono inteligente, siendo el nivel de penetración en España cercano al 84% durante el último año. Adicionalmente estos usuarios disponen de accesos de banda ancha. En esta situación, las posibilidades de explorar nuevas opciones de negocio y el marketing asociado a ellas son inmensas, buscando además dotar de un valor añadido a los usuarios.

El objetivo de este proyecto es explotar las diferentes opciones de comunicaciones de corta distancia para habilitar nuevos mecanismos de publicidad interactiva y cercana al usuario. Empleando tecnologías como los códigos QR o NFC y hardware de control de bajo coste se pueden mejorar los paradigmas de marketing en proximada, logrando una mayor implicación del usuario y sobre todo haciendo de la publicidad algo más personal.

# ABSTRACT

Nowadays a large percentage of mobile phone users have a smartphone, reaching a penetration level close to 84% considering the last year figures. Additionally, most of these users have a broadband access.

Considering these boundary conditions, it is clear that the possibilities of exploring new business solutions and the marketing associated with them are immense, but they should be focus on providing added value to users.

The objective of this project is to exploit the possibilities of short range communication technologies to enable new interactive and user centered marketing solutions. By using technologies such as QR codes or NFC and low cost control hardware, proximity marketing can be enhanced, achieving greater user involvement and making advertising something more personal.

# ÍNDICE

Agradecimientos.....	3
Resumen.....	4
Abstract .....	5
Índice .....	i
Índice de figuras .....	iv
1 Introducción.....	6
1.1 Objetivos y motivación.....	7
1.2 Contenido de la memoria.....	8
2 Márketing de Proximidad .....	10
2.1 TECNOLOGÍAS PARA MARKETING DE PROXIMIDAD .....	12
2.1.1 MARKETING DE GEOLOCALIZACIÓN .....	12
2.1.2 MARKETING WI-FI.....	12
2.1.3 MARKETING BLUETOOTH .....	13
2.1.4 MARKETING NFC .....	14
2.1.5 MARKETING CON CÓDIGOS QR .....	15
2.2 EL FUTURO DE MARKETING DE PROXIMIDAD.....	15
2.2.1 AHORRAR ENERGÍA Y ABRIR LA PUERTA A NUEVOS USOS.....	16
2.2.2 BLUETOOTH LE .....	16
2.2.3 IBEACON .....	18
3 Tecnologías de comunicación en proximidad.....	20
3.1 CÓDIGOS QR.....	20
3.1.1 CORRECCIÓN DE ERRORES.....	22
3.1.2 VERSIÓN DEL CÓDIGO QR .....	22
3.1.3 TIPOS DE CÓDIGOS QR .....	23
3.1.4 CARACTERÍSTICAS BÁSICAS .....	25

3.1.5	COMPARATIVA CON CÓDIGOS DE BARRAS .....	26
3.2	NFC (NEAR FIELD COMMUNICATION) .....	27
3.2.1	ESTANDARIZACIÓN .....	27
3.2.2	MODOS DE COMUNICACIÓN.....	28
3.2.3	SEGURIDAD .....	29
3.2.4	ETIQUETAS NFC.....	29
3.2.5	APLICACIONES.....	32
3.3	NFC VS CÓDIGOS QR .....	33
4	Sistema propuesto y plataforma hardware.....	35
4.1	POSTE INTELIGENTE .....	36
4.1.1	EQUIPO DE CONTROL .....	36
4.1.2	PANTALLA DE VISUALIZACIÓN .....	38
4.1.3	ETIQUETA NFC.....	39
4.1.4	EMISOR WIFI .....	40
4.2	INTEGRACIÓN .....	40
4.2.1	ENTORNO INFORMATIVO.....	40
4.2.2	COMPARTICIÓN DE ACCESO A RED .....	41
5	Acceso a la información.....	42
5.1	RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN .....	42
5.1.1	WEB SERVICES .....	42
5.2	FORMATO DE DATOS .....	45
5.2.1	VISUALIZACIÓN EN LA PANTALLA .....	45
5.2.2	Codificación de la información.....	46
6	Aplicación de usuario e integración.....	51
6.1	INTERFAZ DE USUARIO .....	51
6.2	LECTURA DE LA INFORMACIÓN.....	52
6.2.1	DE CÓDIGO QR .....	53
6.2.2	DE ETIQUETA NFC .....	55
6.3	CONEXIÓN A LA RED WIFI.....	56
6.4	SISTEMA COMPLETO.....	57
7	Conclusiones y líneas futuras.....	59
7.1	Líneas futuras .....	61

8	Acrónimos.....	63
	Bibliografía.....	65

# ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Usuarios de tecnología bluetooth .....	13
Figura 2.2 Bluetooth LE chips .....	17
Figura 2.3 Beacons o Balizas .....	18
Figura 2.4 Ejemplo alcance iBeacon.....	19
Figura 3.1 Escoger versión del código QR .....	23
Figura 3.2 Código modelo 2.....	23
Figura 3.3 Código QR micro vs Modelo 2.....	24
Figura 3.4 Código iQR vs Código de barras .....	24
Figura 3.5 Lector normal y especial para código SQRC .....	25
Figura 3.6 Formación de un LogoQ .....	25
Figura 3.7 Registros NDEF para los mensajes .....	31
Figura 3.8 Formato de los registros NDEF.....	32
Figura 4.1 Representación del sistema propuesto .....	35
Figura 4.2 El Poste Inteligente.....	36
Figura 4.3 Comparativa Raspberry Pi modelo A (izquierda) y modelo B (derecha).....	37
Figura 4.4 Pagina de setup de Raspberry Pi .....	38
Figura 4.5 uLCD43PT .....	39
Figura 4.6 SCM SCL3711 .....	39
Figura 4.7 Dongle WiFi TP-LINK Nano TL-WN725N .....	40
Figura 4.8 Sistema propuesto completo .....	40
Figura 5.1 Distintos tipos de protocolos en Web Services .....	43
Figura 5.2 Fragmento del archivo XML del sistema SOAP de paradas .....	44
Figura 5.3 Ejemplo de la información leída del servicio web desde PHP .....	44
Figura 5.4 Información representada en la pantalla .....	45
Figura 5.5 Estructura de la información.....	46

<b>Figura 5.6 Estructura de la cabecera.....</b>	<b>47</b>
<b>Figura 5.7 Estructura de información de línea de bus.....</b>	<b>47</b>
<b>Figura 5.8 Ejemplo con 2 líneas próximas a la parada .....</b>	<b>48</b>
<b>Figura 5.9 Cabecera en detalle del ejemplo con 2 líneas .....</b>	<b>48</b>
<b>Figura 5.10 Bus 5C1 (arriba) y bus 16 (debajo) .....</b>	<b>49</b>
<b>Figura 6.1 Apariencia de la aplicación Buspp .....</b>	<b>52</b>
<b>Figura 6.2 Código QR ejemplo.....</b>	<b>54</b>
<b>Figura 6.3 La aplicación detecta y lee los datos .....</b>	<b>54</b>
<b>Figura 6.4 Los datos leídos desde la aplicación .....</b>	<b>54</b>
<b>Figura 6.5 Información que llega al dispositivo móvil.....</b>	<b>56</b>
<b>Figura 6.6 Dispositivo conectado a nuestra WiFi compartida .....</b>	<b>57</b>
<b>Figura 6.7 Código QR y estimación de la línea 17 y 13.....</b>	<b>57</b>
<b>Figura 6.11 Información leída de la parada 13 por mostrada en la aplicación .....</b>	<b>58</b>
<b>Figura 6.12 Información leída de la parada 13 en la siguiente iteración .....</b>	<b>58</b>

# INTRODUCCIÓN

# 1

Desde hace mucho tiempo venimos escuchando que vivimos en la Sociedad de la Información. La batalla de las empresas, pequeñas y grandes, por dar a conocer su producto o servicio y atraer al cliente es encarnizada. Publicidad en la televisión, en prensa escrita, revistas, redes sociales, canales de video o en nuestros periódicos digitales preferidos nos inunda cada día, y se está perdiendo algo tan importante como es la cercanía y la interacción con el cliente.

En los últimos años, y por diversas razones, muchas empresas han cerrado debido a sus grandes pérdidas pese a tener mucha de ellas un buen producto o servicio, pero que sin embargo no supieron atraer a los clientes. Varios estudios defienden que la mejor forma de atraer al cliente es mediante cupones descuento o promociones. De hecho, el 75% de los consumidores afirma que el principal incentivo que le lleva a adherirse a los programas de fidelización de una marca son los descuentos o la posibilidad de obtener muestras gratuitas [1]. Pero, ¿cómo hacemos llegar esa información al cliente además de que se interese por conocer nuestro producto/servicio?

El cambio hacia una nueva sociedad en la que se intercambia constantemente a través de diversos y novedosos canales ha obligado a las empresas, medios, anunciantes, etc. a adaptarse a un nuevo entorno de trabajo que requiere mayor capacidad y rapidez de decisión, y a convivir en medio ambientes empresariales donde está presente una gran incertidumbre por los constantes cambios.

La información crea valor añadido para las empresas y aporta numerosas ventajas competitivas, por lo ha de ser entendida, procesada y soportada adecuadamente por nuevos sistemas de información, que deberán estar adaptados a las nuevas circunstancias de la sociedad.

Es en este punto donde entran en escena las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC). Las TIC son el conjunto de tecnologías que permiten el acceso, producción, tratamiento y comunicación de información presentada en diferentes formatos (texto, imagen, sonido,...).

Las TIC proporcionan herramientas esenciales para un marketing más relacional, pues no solo aproximan a los clientes a las empresas y sus productos y los permiten conocer mejor, sino que también posibilitan la medición de su satisfacción con ellos. Las nuevas tecnologías son el vehículo que le permite a una empresa competir más eficazmente. Tener la información disponible, allí en donde se la necesite y en el momento en el que se la necesite, se ha convertido en una variable estratégica para la competitividad. Esta variable afecta, entre otros parámetros, a la optimización de recursos, la satisfacción de los clientes, la optimización del tiempo, y la capacidad de adaptación al cambio.

De este modo, el marketing digital se ha posicionado como el nuevo prisma desde el que acercarnos a los clientes y satisfacer sus demandas con mayor agilidad. Las TIC se convierten así en las herramientas necesarias para hacer la empresa más innovadora y, con ello, más eficiente. No obstante, su implantación en la empresa no es una clave de éxito, pues para alcanzarlo es necesario hacer un uso eficaz de las mismas.

El teléfono móvil se ha convertido en el dispositivo personal por excelencia. Cada dispositivo, al contrario de la mayoría de los dispositivos electrónicos, como los ordenadores portátiles con conexión a Internet, pertenece y es utilizado únicamente por una persona. Cada línea de telefonía móvil está asociada a una sola persona y, por tanto, pertenece a un cliente único, no solo de la compañía de telefonía prestataria del servicio de telecomunicaciones, sino también de cualquier otra empresa que emplee este medio para comunicarse con las personas. Esa faceta tan personal de la telefonía móvil es la que la convierte en la herramienta definitiva de marketing del futuro, directo e individual que permite un diálogo continuo con el cliente antes, durante y después de una promoción comercial.

Según una encuesta en España publicada por Google [2], considerando datos de Mayo de 2013, el 80% de usuarios de teléfonos móviles inteligentes o *smartphones* había buscado un producto o servicio en su dispositivo; de ellos el 52% se había puesto en contacto con la empresa o había visitado el local. Además, el 83% de los usuarios que tienen un *smartphone* ve los anuncios para móviles.

Con todos estos datos y teniendo en cuenta además que la penetración de los *smartphone* en España alcanzó el 84% en 2013 [3], duplicando la cifra que se tenía en 2011, se puede afirmar que existe un amplio nicho de mercado que puede ser explotado de forma diferente buscando un trato más cercano con los clientes.

## 1.1 OBJETIVOS Y MOTIVACIÓN

Para facilitar los motivos que motivan este proyecto, a continuación se describen dos escenarios en los que se reflejan situaciones donde la dinamicidad y la personalización publicitaria están presentes.

- **Escenario 1**

Un usuario está paseando y pasa delante del escaparate de una agencia inmobiliaria. Esta, en sus vitrinas, posee una pantalla donde muestra las ofertas de inmuebles. La información

presentada varía de forma constante y el usuario muestra su interés en uno de los anuncios mostrados. Al no estar el local abierto, siguiendo la metodología tradicional el interesado emplearía canales de comunicación como correo electrónico, llamada telefónica o visitar la página web, donde buscar dicho inmueble y leer la información más en profundidad e incluso ver las fotografías del mismo. Cualquiera de estos procesos requiere una mayor intervención del cliente. Además si no posee un plan de datos en su dispositivo puede llegar inclusive a desechar su interés al no tener acceso inmediato a la información. No obstante, la inmobiliaria dispone de un sistema de marketing de proximidad interactivo. A través del código QR disponible en la pantalla durante la presentación de los inmuebles, el usuario puede acceder directamente a la información más relevante de la oferta. Adicionalmente ese código QR dinámico puede incluir opciones para incentivar al potencial cliente con descuentos o promociones.

- **Escenario 2**

Un usuario se encuentra esperando la llegada del autobús. La marquesina le presenta una estimación de la espera. Adicionalmente la marquesina dispone de una conexión a internet, habilitada por el ayuntamiento, para el acceso en tiempo real a los datos y que comparte con los usuarios a la espera del autobús. Dicha marquesina incluye una sección de anuncios donde se ofrecen descuentos, promociones, etc. de empresas colaboradoras. El usuario interesado en dicha información realizará una interacción directa con la publicidad almacenando las ofertas en su terminal móvil para hacer uso de ella a posteriori.

Dados estos escenarios podemos extraer los siguientes requisitos y objetivos:

- Crear un sistema que sea capaz de dar información al usuario interactuando con el mismo a través de su dispositivo móvil independientemente de si posee o no una conexión a internet en ese momento.
- La información que se comparta debe estar disponible en tiempo real y ser lo más dinámica y personalizable posible.
- Trabajar con tecnologías de comunicación basadas en la proximidad que permitan la cercanía con el usuario y proporcionen valor añadido sobre los sistemas existentes mediante la interacción directa con el cliente sin que esto llegue a ser molesto.
- Considerando la actual situación económica, la solución que se plantee no debe tener un coste elevado, sin perder presataciones que resten atractivo para el cliente.
- Sentar bases y exponer facilidades e inconvenientes para tecnologías futuras dentro del marketing de proximidad.

## 1.2 CONTENIDO DE LA MEMORIA

Esta memoria se ha estructurado en varios capítulos, que se describen brevemente a continuación:

El capítulo 2 analiza diferentes modelos de marketing y publicidad. Entre ellos se encuentran soluciones como el marketing de proximidad o el marketing de experiencias, así como los sistemas de publicidad actuales. Se hará hincapié tanto en las tecnologías actualmente disponibles, como en las tendencias y potenciales futuras opciones. En el capítulo 3 se estudian las tecnologías de acceso a la información en proximidad, que se emplearán para dar respuesta a las necesidades planteadas en este proyecto. Se describen las ventajas e inconvenientes de cada una de ellas y su aceptación en diferentes sectores.

Seguidamente, el capítulo 4 se centra en el despliegue de la plataforma hardware empleada para proporcionar información al usuario, considerando las etapas de diseño del sistema aplicado a uno de los escenarios analizados y la descripción de cada uno de los dispositivos hardware empleados y la interacción entre ellos. Las metodologías de acceso a la información que se proporcionará al usuario, su formato, etc. se incluyen en el capítulo 5. Por su parte en el capítulo 6 se expone la solución móvil que permitirá al usuario acceder a la información.

Para finalizar, en el capítulo 7 se recogen las conclusiones obtenidas, así como las potenciales líneas futuras para extender el presente trabajo.

# MÁRKETING DE PROXIMIDAD

# 2

“Dime y me olvidaré,  
enséñame y puede que lo recuerde,  
involúcrame y lo comprenderé.”  
Confucio, filósofo chino, 551- 479 A.C.

Este proverbio, del que se ha apropiado el marketing experiencial [4], es una cita que ha sido repetida una y otra vez por los profesionales del marketing que intentan convencer a un mercado obsesionado por la publicidad de que existe algo mejor. Define perfectamente el marketing experiencial y lo posiciona enfrente a los principios generales del marketing de masas.

Para los profesionales del marketing experiencial los consumidores esperan productos, comunicaciones y campañas de marketing que deslumbren sus sentidos, lleguen a sus corazones y estimulen sus mentes. Los consumidores esperan que el marketing les brinde una experiencia, y no sólo otro mensaje comercial. El Marketing Experiencial utiliza voces creíbles, experiencias sensoriales; sus tácticas y estrategias exhiben el respeto por el consumidor y se emplea para crear conexiones directas y significativas entre las empresas y sus clientes.

Aún así, hay quienes continúan bombardeando al consumidor con herramientas nacidas en el marketing tradicional; están pensando ideas y medios nuevos y radicales con gran rapidez, pero sin modificar la base del relacionamiento con el consumidor. Todos los trucos de marketing y publicidad predominantes están caracterizados por una impersonalidad que para nada respetan los deseos del consumidor: sus tácticas no generan conexión emocional y sus estrategias no tienen ningún respeto por el auditorio al que se dirigen. Tampoco existe una interacción como resultado de haber desplegado una comunicación efectiva y eficaz tanto para las marcas como para los consumidores. Este tipo de campañas no logran más que moldear en el consumidor una fuerza reaccionaria desconfiada e incluso negativa con respecto a las acciones pensadas desde el marco Experiencial. Los estudios sugieren una hostilidad arraigada hacia la publicidad indeseada.

El marketing experiencial, por su parte, es una disciplina centrada en el consumidor [5]. El objetivo es enfocar las campañas de marketing en la conversación, en la dinámica de un diálogo del uno-a-uno; no importa si eso se realiza con millones de consumidores. El marketing experiencial es una disciplina de voces personales; es una metodología basada en la interacción humana, incluso si esa misma interacción se repite cientos, miles y millones de veces. Por lo tanto, no es coincidencia que el auge de las metodologías del marketing experiencial aparezca exactamente en el momento en el que la intrusión publicitaria llega a ser abusiva.

Los pilares del marketing experiencial se basan en principios que siempre conllevan el beneficio del consumidor; uno de sus conceptos básicos es que no debe invadir al consumidor y debe aumentar su experiencia con la marca o el mensaje que acompaña al producto.

A la gente le gustan las experiencias significativas y positivas, y este es el próximo campo de batalla para los negocios. Una experiencia de marketing que no brinda un beneficio inherente al consumidor – físico, emocional, instintiva o mentalmente – no implica un marketing experiencial; tan sólo es más ruido y publicidad indeseada. Las empresas no pueden involucrarse en experiencias no beneficiosas, no escuchar y no analizar su comunicación ya que alejará a la gente un poco más; el Marketing debe basarse, entonces, en una experiencia que brinde algo más que sólo un alcance comercial, un mensaje de marketing u ofertas de ventas transaccionales.

La publicidad y el marketing tradicional se limita a contar algo a los consumidores en un diálogo de sentido único que pretende alcanzar a la mayor cantidad de público, sin tener en cuenta las verdaderas necesidades de los consumidores tanto racionales como emocionales. El marketing experiencial busca involucrar al consumidor, atraerlo e incorporar a la marca o al producto/servicio ofrecido en una determinada situación de uso; sólo así el consumidor recordará verdaderamente y comprenderá lo que se le está ofreciendo.

En el mundo real, esto se observa en la comercialización de coches. A pesar de los millones invertidos en publicidad en diarios, revistas, vía pública, radio o televisión buscando contar las bondades de un determinado modelo, a la hora de la verdad es el vendedor y comprador en el salón de ventas, incluida la prueba del vehículo cuando la relación va más allá. La experiencia del cliente en la sala de exposiciones o durante la vuelta de prueba no es enteramente experiencial, pues esta no se transforma en compromiso. En muchos casos solo afectan el sentido de la vista sin llegar al vínculo emocional con la marca o el modelo que se está exhibiendo, por lo que el consumidor ni siquiera recuerda en ocasiones la marca o características del producto que está analizando. La experiencia debería ser el impulsor del valor entregado al consumidor.

Dentro del marketing experiencial existen varios subtipos de marketing: marketing de interceptación, marketing a pie de calle, marketing móvil, marketing en vivo, marketing de proximidad y muchos otros más pero el que interesa para este trabajo es el último, el **marketing de proximidad**.

Este último se beneficia de que tanto los *smartphones* como las tabletas son prácticamente indispensables para el consumidor actual. Todos consultamos, opinamos, compartimos, nos informamos, nos educamos, desde la conectividad permanente de nuestro

dispositivo móvil. Aprovechar esa conectividad permanente y masiva para atraer y fidelizar a clientes, es una oportunidad que ninguna marca, personal o de empresa, debe dejar pasar.

## 2.1 TECNOLOGÍAS PARA MARKETING DE PROXIMIDAD

Durante los últimos años se han ido optimizando tecnologías que ya existían para otros fines y que se han adaptado al mundo del marketing.

### 2.1.1 MARKETING DE GEOLOCALIZACIÓN

El marketing de geolocalización engloba las acciones de marketing que se realizan teniendo en cuenta la ubicación precisa del usuario, proporcionada por su dispositivo móvil, ya sea un teléfono inteligente o una tableta.

Los principales canales de actuación son las web móviles y las aplicaciones con geolocalización. En ambos casos el usuario debe autorizar que se conozca su posición exacta, pero es un trámite habitual al que no suele haber oposición, en la mayoría de las ocasiones por obviar las condiciones de uso de la aplicación. No obstante, conviene premiar al usuario con algún incentivo por conceder acceso a un dato privado, reforzando así positivamente la imagen de la marca y creando la percepción de relación provechosa entre cliente y marca.

Al conocer la posición del usuario, resulta factible presentar ofertas personalizadas, más precisas y adaptadas a su contexto, acordes al momento, la situación geográfica y el ámbito de actuación. Así será mucho más sencillo añadir atractivo a la comunicación que se realiza con el cliente.

Si el cliente busca en su móvil una tienda de la marca, en lugar de ofrecer un listado en el que necesite filtrar por código postal, resulta mucho más adecuado mostrarle un listado ordenado por proximidad a su posición, con la información de cada tienda, posibilidad de marcar directamente su número de teléfono e incluso un mapa con la ruta para llegar hasta allí. Más aún, si la tienda está suficientemente cerca se le puede mostrar una oferta muy ventajosa si accede a visitarla en ese instante.

### 2.1.2 MARKETING WI-FI

El marketing Wi-Fi permite comunicar con un mensaje, vídeos, conexiones con tus redes sociales o con un contenido web específico, directamente a los clientes actuales o potenciales, que se encuentren en un radio de acción relativamente cercano alrededor del punto de la emisión Wi-Fi. El marketing Wi-Fi tiene grandes ventajas, ya que es directo, personal, rápido, interactivo y tiene muy bajo coste.

Hay que tener en cuenta que cada vez es más creciente el número de personas que buscan conexiones Wi-Fi gratuitas para poder acceder a sus cuentas emails, redes sociales o sistemas de mensajería. Por lo tanto existe una buena oportunidad de ofrecerles una conexión gratuita

y aprovecharlo para ofrecer o informar de productos o servicios propios de la empresa, al tiempo que se habilita el servicio deseado por el potencial cliente.

El listado de acciones que se puede ofrecer mediante el marketing Wi-Fi es prácticamente ilimitado (cualquier cosa relacionada con productos y servicios, promociones, ofertas, descuentos o información relacionada con la actividad empresarial). Adicionalmente también existe la posibilidad de ofrecer portales cautivos (Hot Spots locales) para difundir o permitir únicamente el acceso a información propia, entre ellas la tienda virtual, etc.

### 2.1.3 MARKETING BLUETOOTH

El marketing bluetooth, se ha utilizado ampliamente para la distribución de contenidos como parte del marketing de proximidad y dentro de las campañas de marketing móvil.

Los emisores bluetooth se utilizan para difundir contenidos móviles. Estos emisores incluyen un software que permite controlarlos remotamente para configurar y gestionar los contenidos a publicitar. Adicionalmente incluyen herramientas para obtener las estadísticas de descargas de cada contenido.

En una campaña con marketing bluetooth no basta con situar el emisor bluetooth en el lugar seleccionado y que se comience a difundir los contenidos. Hay que diseñar de forma adecuada la campaña publicitaria, teniendo en cuenta el entorno (abierto o cerrado) a la hora de ubicar los emisores, así como adaptar los tipos y formatos de los contenidos a diferentes dispositivos móviles. De esta forma se logra un mayor impacto de la campaña de marketing bluetooth.

#### 2.1.3.1 ¿CÓMO FUNCIONA EL MARKETING BLUETOOTH?

El emisor bluetooth escanea a su alrededor para detectar aquellos dispositivos que tengan activado su interfaz de comunicaciones Bluetooth en su zona de cobertura (ver Figura 2.1 ); si esos teléfonos están configurados en “modo visible” podrán ser detectados, y, una vez se identifique cada móvil, el emisor Bluetooth le ofrecerá al usuario la descarga del contenido. La recepción requiere la autorización del dueño del móvil. Así, cuando el terminal del usuario detecta la petición del emisor muestra un mensaje en pantalla solicitando permiso para la descarga y es el propietario del teléfono quien lo autoriza.



Figura 2.1 Usuarios de tecnología bluetooth

Se puede difundir todo tipo de contenidos aceptados por un teléfono móvil: imágenes, imágenes animadas (formato GIF), tonos, canciones, videos, aplicaciones, etc.

#### 2.1.3.2 EJEMPLOS DE USO DE LOS EMISORES BLUETOOTH

Se enumeran a continuación un conjunto de ejemplos de uso de la tecnología Bluetooth orientada al marketing en proximidad:

- Refuerzo de publicidad estática junto a lonas publicitarias en edificios, en marquesinas de paradas de autobús, kioscos específicos, etc. Entre ellos se incluyen por ejemplo emisores que difunden el tráiler de la película en las mismas paradas de autobús que contienen el cartel publicitario de las mismas, incrementando la atracción de la campaña de marketing.
- Difusión de información práctica en congresos y ferias comerciales, recintos de ocio, organismos públicos, etc. a través de las cuales remitir actualizaciones del horario del día en las ferias comerciales, de la cartelera de los cines o de información turística en las oficinas de un ayuntamiento.
- Difusión de aplicaciones interactivas en entornos acotados se puede enviar aplicaciones interactivas para móviles, permitiendo que los destinatarios presentes puedan interactuar y no sólo comportarse como espectadores, como por ejemplo, respuesta a cuestionarios sobre un evento presenciado, participación a través del móvil en juegos programados con esas aplicaciones móviles de proximidad, etc.
- Publicidad y marketing localizado en zonas concretas como a la entrada de centros comerciales o en el escaparate de una tienda, para difundir ofertas actualizadas, información corporativa, catálogos de productos o promociones.

Existen otras situaciones que reúnen los factores necesarios para una campaña de marketing basado en Bluetooth como bares y discotecas, zonas donde los usuarios presentan una poca movilidad y mucho tiempo libre. También se pueden considerar un pequeño negocio, como tiendas, videoclubs, inmobiliarias, etc., las cuales pueden extender el área de su escaparate captando la atención de los transeúntes más allá del espacio de su propio negocio. En definitiva, cualquier negocio o evento público es susceptible de explotar las posibilidades del marketing de proximidad, obteniendo beneficios de la campaña.

#### 2.1.4 MARKETING NFC

Más de un lustro después de estas primeras aplicaciones de la tecnología NFC y a pesar que más del 40% de los dispositivos del mercado la soporta [5], NFC sigue siendo un campo virgen que los especialistas de marketing no han sabido aprovechar. Las ventajas que ofrece NFC debido a los diferentes modos de comunicación que soporta entre elementos activos y pasivos, permite que se puedan diseñar un casi infinito número de diferentes experiencias, adecuadas a la infraestructura existente y, sobre todo, apropiada para lo que el consumidor está deseando. Podríamos incluir un buen número de escenarios en los que utilizar NFC como herramienta del marketing de experiencias. Acceso a Museos, compras en tiendas, participaciones en encuestas, intercambio de información, carritos de compras, etc.

Algunas ciudades del mundo ya se han dado cuenta del potencial de NFC para implantar un marketing de experiencias en el sector turístico, ciudades que se están convirtiendo en las Smart cities que la Unión Europea promueve para el desarrollo del Internet of Things.

### 2.1.5 MARKETING CON CÓDIGOS QR

El marketing con códigos QR es una de las opciones más interesantes cuando se plantea una campaña de marketing móvil.

Un código QR permite conectar el mundo offline (un cartel, una etiqueta de un producto, etc.) con el mundo online (una web móvil, un vídeo, una aplicación, etc.), accediendo a contenido adicional desde un teléfono móvil inteligente o smartphone. Existen muchas aplicaciones para leer códigos QR que permiten que cualquier teléfono con cámara pueda escanearlos.

El uso más común de los códigos QR en marketing suele ser proporcionar un fácil acceso a microsites web móvil específicos de una campaña o promoción, aunque también puede ser un acceso directo a un vídeo promocional o una aplicación móvil.

Se suele recomendar realizar campañas multicanal para permitir la máxima participación de los consumidores en la promoción. Por ejemplo, se puede complementar la utilización de códigos QR con la recepción de SMS (*Short Message Service*) en números cortos de bajo coste. De este modo se permite la participación a los usuarios que no tengan un teléfono que permita leer códigos QR o no sepan utilizarlo.

## 2.2 EL FUTURO DE MARKETING DE PROXIMIDAD

Desde hace años ya existen una amplia variedad de tecnologías en proximidad como el Bluetooth, el WiFi o los códigos QR pero ninguna de ellas ha tomado una ventaja diferencial sobre las otras en el terreno del marketing de proximidad. La gran novedad que ha suscitado un gran interés y expectativas en el mercado fue en Septiembre de 2013 cuando Apple decidió incorporar la tecnología BLE [9] a través de los iBeacons en sus dispositivos con iOS 7, logrando que el dispositivo no sólo sepa interpretar el mensaje de las balizas sino que pueda actuar también como otra baliza emisora. Lógicamente, otros desarrolladores y sistemas operativos, como Android o Windows Phone, no ha tardado mucho en responder e incluirlo también.

Aunque los dispositivos con conexión Bluetooth nos llevan acompañando desde hace una década, en los últimos meses venimos oyendo hablar de una nueva tecnología llamada Bluetooth LE que viene dispuesta a abrirnos la puerta a un entorno mucho más inteligente con multitud de dispositivos conectados a nuestro smartphone. Relojes inteligentes como Pebble ya soportan este estándar, Apple lo usa como soporte de iBeacon en sus tiendas y Nokia dotará a todos sus terminales Lumia de esta tecnología.

Bluetooth [8] es un estándar que permite desplegar redes inalámbricas de área personal (PAN), es decir, vincular sin cables varios dispositivos que están dentro de un radio cercano. Este estándar, que nació en Ericsson a mediados de los años 90, se ha establecido como una de las conexiones habituales dentro de dispositivos móviles y PCs, abriendo la puerta a la conexión de todo tipo de periféricos y al intercambio de datos desde que fuese ratificado como estándar dentro del IEEE 802.15 en el año 2002.

Hoy en día estamos acostumbrados a ver teclados Bluetooth para ordenadores personales y tablets, dispositivos manos libres para smartphones, etc. Sin embargo, a pesar que las distintas revisiones del estándar Bluetooth habían mejorado la tasa de transmisión de datos (hemos pasado de 1 Mbps a 24 Mbps), este tipo de conexiones seguían penalizando mucho la autonomía de nuestros terminales y, prácticamente, podían agotar la batería de nuestro smartphone.

### 2.2.1 AHORRAR ENERGÍA Y ABRIR LA PUERTA A NUEVOS USOS

El estándar Bluetooth ofrecía unos rangos de distancia que oscilaban entre 1 y 30 metros dependiendo de la potencia del transmisor utilizado; cuanto mayor sea la distancia a cubrir mayor es la potencia transmitida y la energía que se consume. Muchas veces no tiene sentido radiar una señal de potencia 100 mW (Bluetooth de clase 1 con alcance de más de 30 metros) si vamos a usar un manos libres que está a escasos 20 centímetros de nuestro terminal y, de hecho, hay veces que la transmisión de datos no es continua y tampoco necesitamos establecer una conexión continua y persistente.

El objetivo que se planteó allá por el año 2001 era imaginar el futuro de los hogares y plantearlos como entornos inteligentes repletos de sensores que podían enviar información, de manera inalámbrica, a nuestros dispositivos móviles o a sistemas de control instalados en los hogares. Esta idea fue planteada por Nokia y también formó parte del proyecto MIMOSA del sexto programa MARCO de la Unión Europea [8]. Antes del proyecto MIMOSA, Nokia desarrolló una primera versión en lo que se conoció como Bluetooth Low End Extension y, tras el proyecto de investigación europeo, se transformó en Wibree [8].

Dado que ya existía una alianza de fabricantes alrededor del estándar Bluetooth, Bluetooth Special Interest Group (Bluetooth SIG), no tenía mucho sentido elaborar una nueva especificación por separado. Por tanto, los desarrollos de Wibree se integraron en 2007 dentro de las especificaciones de Bluetooth Low Energy y, en 2010, Bluetooth LE se integró dentro de la pila de protocolos de Bluetooth 4.0.

### 2.2.2 BLUETOOTH LE

Bluetooth LE (Figura 2.2) se fundamenta en la reducción del consumo y, por tanto, en minimizar la potencia de transmisión de la señal radio utilizada y el radio de cobertura. Con estas premisas, una velocidad de conexión 1 Mbps, conexiones cifradas usando AES de 128 bits y códigos de redundancia para minimizar las transmisiones erróneas, Bluetooth LE se está

posicionando como el estándar clave para dar soporte a la nueva tendencia de dispositivos personales que está llegando al mercado.

La sustancial reducción del consumo, y la consiguiente extensión de la autonomía, no solo redundará en una mejora de la duración de la batería de los smartphones o tablets, sino que también es importante para el desarrollo de sensores más eficientes. Así, un sensor alimentado por una pila y con soporte Bluetooth LE podría estar encendido durante meses o, incluso, llegar al año de funcionamiento sin necesidad de reemplazar la batería.



Figura 2.2 Bluetooth LE chips

#### 2.2.2.1 USOS DE BLUETOOTH LE

Dentro de los usos de esta tecnología podríamos destacar que gracias a sensores instalados en nuestro coche, lleguemos a ver en nuestro smartphone la presión de los neumáticos o si tenemos que reponer el depósito del aceite del motor.

Otro punto clave sería la recepción de promociones en tienda (por ejemplo ser el cliente 1000 del mes), y que luego al pagar presentar el teléfono para aplicarla.

Bluetooth LE también es la base de aplicaciones centradas en la medicina y la salud como termómetros inalámbricos que envían a nuestro smartphone los datos y guardan ahí un historial o sensores para medir la presión sanguínea.

#### 2.2.2.2 ¿CUÁL PUEDE SER EL INTERÉS PARA LOS RETAILERS?

- Aumentar el tráfico a sus tiendas y en consecuencia, aumentar las ventas: Según ShopperTrak, como resultado de la expansión del ecommerce, en 2013 se produjo un considerable descenso en el tráfico a las tiendas en EEUU. Recuperar el tráfico es un reto para los Retailers, incluso los que tienen una fuerte plataforma de ecommerce, ya que está probado por múltiples investigaciones, que en las visitas a la tienda física se generan más compras por impulso que en la web.
- Aumentar la exposición a la marca: Visitar una tienda es además, una inmersión más completa en la marca del Retailer. El riesgo que los Retailers tienen con sus plataformas de ecommerce es convertirse en meros intermediarios de productos 'commodity'. Por ello, los Retailers tienen que mejorar la experiencia del consumidor en la tienda y, con la

información que facilitarán estas nuevas tecnologías, sí que podrán aprovechar y trasladar a sus tiendas físicas las mejores prácticas, análisis y KPIs similares a los que se utilizan en el mundo online. Así por ejemplo, en un entorno preparado con balizas dentro de una tienda un Retailer que haya desarrollado una App para el Smartphone de sus clientes, podrá saber con herramientas equivalentes a un 'Google Analytics' offline, cuándo sus compradores más fieles entran/salen de sus tiendas, el recorrido que hacen, qué categorías visitan, qué tiempo pasan, la compra que realizan en sus establecimientos y, lo más importante, podrá lanzar ofertas totalmente personalizadas.

### 2.2.2.3 ¿QUÉ SON LAS BALIZAS INFORMATIVAS?

Son unos dispositivos transmisores que emiten una señal bluetooth LE (Low Energy) constantemente y de bajo consumo (ver Figura 2.3), por lo que pueden estar conectadas durante meses sin recargarlas. Cuando detectan la señal bluetooth LE de un teléfono móvil cercano a la baliza, se comunican con el teléfono móvil, enviando un mensaje vía bluetooth, sin que el propietario del móvil intervenga en la conexión. La baliza habla con el teléfono, es decir máquina que habla con máquina directamente.



Figura 2.3 Beacons o Balizas

Imagina que una tienda coloca una baliza informativa. Cuando pasas con tu smartphone cerca de la baliza, detecta tu presencia mediante tu teléfono y te envía un mensaje con los artículos de oferta. ¿Entrarías en la tienda?. Este es uno de los muchos usos que se les puede dar.

### 2.2.3 iBEACON

Apple lleva trabajando un tiempo en un proyecto que podría tener un gran calado en la vida diaria, y que se llama iBeacon. iBeacon es una tecnología que se basa en Bluetooth de bajo consumo (Bluetooth Low Energy – BLE) y que permitirá una mejor conexión en el hogar e interiores y, con ello, abrir la puerta a mil y una posibles aplicaciones de domótica, pago móvil o información personalizada en tiendas y espacios públicos.

Los beacons o balizas son pequeños dispositivos que se pueden montar fácilmente en, por ejemplo, una pared y que se conectan con el móvil del usuario. Frente a otras tecnologías como la NFC ofrece la ventaja de que su alcance llega hasta los 50 metros (ver Figura 2.4), lo

que permite que el usuario no tenga que acercarse su terminal a un lector para recibir la información.



Figura 2.4 Ejemplo alcance iBeacon

Las aplicaciones son múltiples, desde poder emplearse en sistemas de pago a emplearlo en guías para interiores en museos, estadios, etc., pasando por ofrecer ofertas personalizadas cuando se entra a una tienda. También pueden ser útiles para el hogar, pudiendo configurarlas para aplicaciones de domótica como el encendido automático de la calefacción o el aire acondicionado cuando se detecta al dueño en casa.

Además de Apple hay más empresas trabajando en la tecnología BTLE, de hecho ya hay otros fabricantes avanzando en dispositivos y aplicaciones como Estimote, Swirl o gigantes como Paypal y Qualcomm, que también han mostrado su interés. Sin embargo, todos están de acuerdo en que Apple tiene la llave para hacer masiva y popular. Lo primero por su capacidad para hacer atractivas las tecnologías por las que apuesta, y lo segundo porque al ser iBeacon compatible con iOS7 tiene ya instalados un parque de más de 200 millones de terminales listos para utilizarlo.

Pasar por delante de una tienda y recibir una notificación con una promoción puede no ser lo más adecuado (que pases por delante no significa que te interese), pero todo cambia si has entrado y llevas un rato dando vueltas por una de las secciones. Quizás esa información ampliada sobre el producto y las opiniones de quienes ya lo han adquirido sean el empujón que necesitabas.

# TECNOLOGÍAS DE COMUNICACIÓN EN PROXIMIDAD

# 3

En el capítulo anterior se introdujeron diversas metodologías del marketing de proximidad y las tecnologías empleadas para transmitir información al cliente. De todas ellas (WiFi, Bluetooth, QR, NFC, BLE,...), para la realización de este trabajo, hemos seleccionado los códigos QR y con etiquetas NFC.

NFC (Near Field Communication) es que es una tecnología estandarizada por NFC Forum [19], con un formato claro y con una gran variedad de posibilidades. Su forma de uso más básica se basa en únicamente acercar los dispositivos a la etiqueta disponible. El gran hándicap con esta tecnología, al menos a la hora de iniciar este proyecto, es que la cantidad de dispositivos móviles que la soportan no es lo suficientemente alta. No obstante, se observa un crecimiento bastante acelerado en cuanto a la adopción de esta tecnología en las nuevas remesas de dispositivos.

Debido a este planteamiento, y con la idea inicial de que la información llegue a la mayor cantidad de gente posible, se decidió trabajar también con códigos QR dinámicos, aprovechando que es una tecnología mucho más madura, y que hoy en día todos los dispositivos móviles cuentan con una cámara de fotos para realizar la lectura. Ambas tecnologías, códigos QR como NFC, además no resultan tan invasivos como las soluciones de marketing basadas en el envío de mensajes a través de Bluetooth, sino que en estos casos la publicidad es seleccionada y recibida a voluntad del usuario..

## 3.1 CÓDIGOS QR

En la década de 1960, cuando Japón entró en su periodo alto crecimiento económico, el uso de cajas registradoras se multiplicó. Estas cajas requerían introducir los precios de forma manual por lo que muchos cajeros sufrieron entumecimiento en la muñeca y el síndrome del túnel carpiano.

La invención de códigos de barras [20] proporcionó una solución a este problema. Sin embargo, sus limitaciones se hicieron también evidentes. De entre todas, la más destacada era el hecho de que un código de barras sólo puede contener un máximo de 20 caracteres alfanuméricos de información.

A petición y sugerencia de varios usuarios, la empresa Denso Wave Incorporated [21], que en aquel momento desarrollaban los lectores de códigos de barras, destinó un equipo de desarrollo para tratar de encontrar códigos de barras que contuvieran más información y poder así codificar tanto caracteres alfanuméricos como Kana y Kanji (estos últimos sinogramas de la lengua japonesa).

El mayor desafío para el equipo era cómo hacer que la lectura de su código fuera lo más rápida posible y de forma independiente a su orientación. Para resolver el problema se plantearon la la adición de información sobre la posición en la que se lee el código. Fue así como el patrón de detección de posición integrado por marcas cuadrados se originó. Mediante la incorporación de estas marcas en el código, su lectura de alta velocidad se hizo posible.

Un año y medio después de que el proyecto se iniciara se creó finalmente un código QR capaz de codificar unos 7.000 números, con la capacidad adicional de codificar caracteres Kanji. Este código no sólo tenía la posibilidad de contener una gran cantidad de información, sino que también podía ser leído más de 10 veces más rápido que otros códigos

En 1994, Denso Wave anunció el lanzamiento de su código QR. El QR en el nombre se refiere a una respuesta rápida, que expresa el concepto de desarrollo del código, enfocando su virtud en la velocidad de lectura que proporcionaba. Cuando se anunció no estaban seguros de si realmente sería aceptado como un código de dos dimensiones para reemplazar a los códigos de barras. Los códigos QR fueron adoptados por la industria del automóvil para su uso en la electrónica Kanban [21] (una herramienta de comunicación utilizada en los sistemas de gestión de producción), y contribuyeron en gran medida a hacer una gestión eficiente para una amplia gama de tareas de producción y para el envío a la emisión de recibos de transacciones.

Hubo todavía otro factor que contribuyó en gran medida a la difusión del uso del código, y que fue la decisión de Denso Wave de poner las especificaciones del código QR a disposición del público para que cualquiera pudiera usarlo libremente. Aunque Denso Wave conservaría los derechos de patente en el código QR (Patente No. 2938338) [21], declaró que no iba a ejercerlos.

Su extandarización hizo que su uso se extendiera en todo el mundo más allá de Japón. En 1997, se aprobó como un estándar AIM (Automatic Identification Manufacturer) [21] para ser utilizado en la industria de identificación automática. En 1999, se aprobó como un código 2D estándar por las Normas Industriales Japonesas y se definió como símbolo 2D estándar en EDI (Formularios utilizados en la realización de transacciones electrónicas). Aún más, en el año 2000 fue aprobado por la ISO (International Organization for Standardization) como una de sus normas internacionales [21].

### 3.1.1 CORRECCIÓN DE ERRORES

Los códigos QR poseen la capacidad de corrección de errores para restaurar los datos si el código está sucio o dañado con cuatro niveles de corrección de errores a elegir según el entorno operativo, según se muestra en la Tabla 3.1. El aumento de este nivel mejora la capacidad de corrección de errores incluyendo redundancia en información, y por ende incrementa su tamaño. La función de corrección de errores en los códigos QR se implementa mediante la adición de un código Reed-Solomon [21] a la información original.

Para seleccionar el nivel de corrección de errores, deben ser considerados varios factores tales como el entorno de funcionamiento y necesidad tamaño. Se definen 4 niveles: los niveles Q o H, con una capacidad de corrección elevada y que se emplearán en entornos que supongan gran suciedad o vandalismo, mientras que los niveles L o M se emplean en ambientes menos duros. Típicamente, Nivel M (15% de redundancia) es el empleado con con más frecuencia.

Tabla 3.1 Capacidad de corrección de errores en los códigos QR

Nivel	Porcentaje de corrección
L	7% aproximadamente
M	15% aproximadamente
Q	25% aproximadamente
H	30% aproximadamente

### 3.1.2 VERSIÓN DEL CÓDIGO QR

Como indicábamos anteriormente, un módulo indica la densidad del código QR tal y como vemos en el siguiente ejemplo.

Supongamos que los datos de entrada consisten en números de 100 dígitos. Esto se puede lograr siguiendo los pasos que se describen a continuación:

- Se elije "numeral" como el tipo de datos de entrada.
- Un nivel de corrección de los datos de las alternativas de L, M, Q y H.
- Se encuentra una figura en la tabla, 100 o más y el más cercano a 100 que está en la intersección con una fila M nivel de corrección. El número de versión de la fila que contiene esta cifra es el número de versión más apropiado (Figura 3.1).

Version	Modules	ECC Level	Data bits (mixed)	Numeric	Alphanumeric	Binary	Kanji
1	21×21	L	152	41	25	17	10
		M	128	34	20	14	8
		Q	104	27	16	11	7
		H	72	17	10	7	4
2	25×25	L	272	77	47	32	20
		M	224	63	38	26	16
		Q	176	48	29	20	12
		H	128	34	20	14	8
3	29×29	L	440	127	77	53	32
		M	352	101	61	42	26
		Q	272	77	47	32	20
		H	208	58	35	24	15

Figura 3.1 Escoger versión del código QR

Otro aspecto que afecta al tamaño de los códigos QR son el tamaño de los módulos. Un módulo es cada uno de los recuadros del código. A mayor tamaño del módulo, mayor tamaño del código resultante (más grande).

### 3.1.3 TIPOS DE CÓDIGOS QR

#### 3.1.3.1 -CÓDIGOS QR MODELOS 1 Y 2

El modelo original de código QR o modelo 1 define un código capaz de codificar números 1167 con una versión máxima de 14 (73 x 73 módulos)

Para mejorar el Modelo 1, de modo que este código se puede leer sin problemas aunque se imprima en una superficie curva o cuya lectura de imagen esté distorsionada debido al ángulo de lectura, se diseñó una evolución o modelo de código QR. Este código puede codificar hasta 7.089 caracteres Figura 3.2, con una versión máxima de 40 (177 x 177 módulos).



Figura 3.2 Código modelo 2

#### 3.1.3.2 CÓDIGOS QR MICRO

A diferencia de los códigos anteriores que incluyen tres patrones de detección de posición en las esquinas del símbolo, los códigos QR Micro presentan únicamente un patrón de detección de posición en las tres esquinas de un símbolo. Además, los códigos Micro QR requieren dos módulos de margen por los cuatro de los códigos QR completos. En la Figura 3.3 se incluyen las diferencias entre ambos.

La configuración de los código QR micro permite la impresión en las áreas más pequeñas que un Código QR regular (Modelos 1 y 2), pero la cantidad de datos que pueden almacenarse en

no es grande, siendo el máximo 35 números. No obstante dado que pueden codificar los datos de manera más eficiente que el código QR regular, su tamaño no será mucho mayor en relación al aumento de datos almacenados.

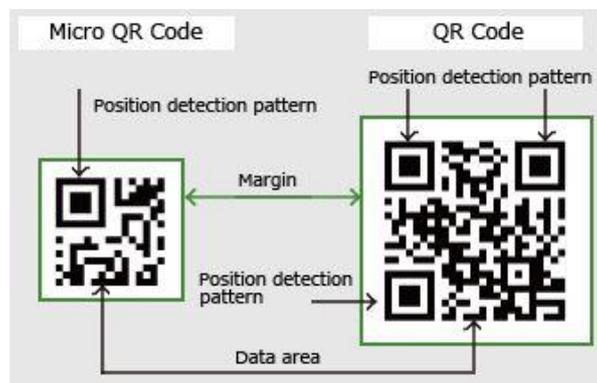


Figura 3.3 Código QR micro vs Modelo 2

### 3.1.3.3 CÓDIGOS iQR

Los códigos iQR son códigos 2D de tipo matriz que permiten una fácil lectura de su posición y tamaño. Este código permite una gran variedad de tamaños de códigos más pequeños que los tradicionales códigos QR y Micro Código QR para que puedan almacenar más datos que éstos.

Este código puede imprimirse como un código rectangular, volteado, invertidos los colores blanco y negro o código del modelo de punto (marcado directo de piezas), permitiendo así una amplia gama de aplicaciones en diversas áreas.

Pueden contener una mayor cantidad de información que el código QR tradicional. Un código iQR del mismo tamaño que un código QR existente puede contener 80% más de información. Para la misma cantidad de datos, un código iQR se puede hacer un 30% más pequeño en comparación con el código QR regular.

Se pueden crear tanto módulos rectangulares como cuadrados. Gracias a esta característica, es posible sobrescribir un código de barras, tal como se muestra en la Figura 3.4, y puede imprimirse en productos cilíndricos manteniendo la legibilidad del código, que es difícil con los códigos compuestos por módulos cuadrados.



Figura 3.4 Código iQR vs Código de barras

La versión teórica máxima que puede ser 61 (422 x 422 módulos), que puede almacenar alrededor de 40.000 caracteres.

### 3.1.3.4 SQRC

SQRC son un tipo de código QR equipado con la función de leer con restricción. Esto se puede utilizar para almacenar información privada.

SQRC puede ser leído sólo por determinados tipos de escáneres (ver Figura 3.5). Constan de una parte pública y una parte privada, de forma que es posible almacenar 2 niveles de control de información en un solo código. Su aspecto es similar a un Código QR normal.



Figura 3.5 Lector normal y especial para código SQRC

### 3.1.3.5 LOGOQ

Es un tipo de código QR que puede incorporar altos niveles de características de diseño tales como ilustraciones, letras y logotipos (ver Figura 3.6). Es posible combinar facilidad de diseño y facilidad de lectura. Puede también mezclarse con animaciones.



Figura 3.6 Formación de un LogoQ

## 3.1.4 CARACTERÍSTICAS BÁSICAS

Un código QR se estructura como una matriz de puntos con una diferencia de contraste entre ellos que permita diferenciales.

Las características principales de la estructura de un código QR se pueden describir a partir de su versión (densidad del código QR, cantidad de módulos dentro del código) asociada al tamaño de cada uno de los módulos. Se define un módulo como cada uno de los puntos blancos y negros que conforman el código QR, basando su representación en la consideración de que el tamaño de palabra código empleado es de 8 bits. Las versiones de símbolo de Código QR van desde la versión 1 a la versión 40 (Modelos 1 y 2). Cada versión cuenta con una configuración del módulo o número de módulos

En este sentido, el número de módulos contenidos en un símbolo va desde los 441 (21x21) de la versión 1 hasta los 31329 (177 × 177) módulos de la versión 40. Cada número de versión superior comprende 4 módulos adicionales por lado y tiene la capacidad máxima de datos acorde a la cantidad de los mismos, tipo de carácter y nivel de corrección de errores. En otras palabras, como la cantidad de datos aumenta, se necesitan más módulos, resultando en símbolos más grandes.

### 3.1.5 COMPARATIVA CON CÓDIGOS DE BARRAS

#### 3.1.5.1 ALTA CAPACIDAD DE CODIFICACIÓN DE DATOS

Mientras que los códigos de barras convencionales son capaces de almacenar un máximo de aproximadamente 20 dígitos, los códigos QR son capaces de manejar varias decenas a varios cientos de veces más información.

Los códigos QR son capaces de manejar todos muchos tipos de datos como los caracteres numéricos y alfabéticos, códigos de Kanji, Kana, Hiragana, símbolos, binarios y de control. Hasta 7089 caracteres se pueden codificar en un símbolo.

#### 3.1.5.2 PEQUEÑO TAMAÑO DE IMPRESIÓN

Ya que el código QR lleva información tanto horizontal como verticalmente, código QR es capaz de codificar la misma cantidad de datos en aproximadamente una décima parte del espacio de un código de barras tradicional. Para un tamaño de impresión aún más pequeño se puede utilizar códigos QR Micro.

#### 3.1.5.3 CAPACIDAD KANJI Y KANA

Al ser creados en Japón permiten la posibilidad de incluir sus caracteres. Un carácter de ancho completo o Kana/kanji se codifica de manera eficiente en 13 bits, lo que permite Código QR codificar un 20% más de datos que otras simbologías 2D.

#### 3.1.5.4 RESISTENTE A SUCIEDAD Y DAÑOS

Tienen capacidad de corrección de error. Los datos se pueden restaurar, incluso si el símbolo está parcialmente sucio o dañado. Un máximo del 30% de las palabras de código se puede restaurar en función de los daños sufridos por el código (suciedad, etc.).

#### 3.1.5.5 LEGIBLE DESDE CUALQUIER DIRECCIÓN EN 360°

Pueden ser leídos a alta velocidad en 360 grados (omni-direccional). Esta tarea se lleva a cabo a través de patrones de detección de posición situados en las tres esquinas del símbolo. Estos patrones de detección de posición garantizan la lectura de alta velocidad estable, evitando los efectos negativos de la interferencia de fondo.

## 3.2 NFC (NEAR FIELD COMMUNICATION)

En los últimos años, las comunicaciones en campo cercano han acaparado un gran interés entre las tecnologías de comunicación e identificación de corto alcance o proximidad. Comenzó a desarrollarse en el año 2002 en una acción conjunta entre Philips y Sony, con el fin de conseguir un protocolo compatible con las tecnologías contactless propietarias que existían en el mercado: FeliCa™ (Sony Corporation) y Mifare™ (Royal Philips Electronics).

NFC es una tecnología ideada para la interconexión de dispositivos, haciéndolos capaces de mantener comunicaciones sin contacto en distancias cortas. Basada en la Identificación por Radio Frecuencia (RFID - Radio Frequency Identification), utiliza la inducción de campo magnético para hacer posible la comunicación entre dispositivos electrónicos. Opera a la frecuencia de 13.56 MHz, esto es, una banda ISM, no regulada, lo que facilita su uso sin necesidad de licencia y cuyo rango de funcionamiento varía entre 0 y 20 cm, aunque habitualmente se usa en un rango que llega a los 10 cm. Permite el trabajo con tasas de transferencia de datos de 106, 212 y 424 kbps, aunque posee potencial para soportar otras mayores. Surge como evolución de la identificación mediante RFID, incluyendo funciones de las tecnologías de interconexión de redes y de tarjetas inteligentes. La comunicación entre dispositivos NFC es half-duplex, esto es, en ambos sentidos pero no de manera simultánea, ya que se emplea una única portadora a 13.56 MHz., e implementa un protocolo de acceso al medio con detección previa a la comunicación: un dispositivo debe comprobar que no hay otra transmisión en curso antes de proceder a efectuar la deseada por el.

NFC se muestra como una tecnología tremendamente eficaz para las comunicaciones de corto alcance; implica un modo intuitivo y sencillo para la transferencia de información entre dispositivos electrónicos. Una de las ventajas más significativas de esta técnica es su compatibilidad con otras infraestructuras RFID ya existentes. Además, podría acarrear beneficios para la configuración de tecnologías inalámbricas de más largo alcance tales como Bluetooth.

De manera resumida, se enumeran las principales ventajas que la tecnología NFC aporta:

- Tecnología intrínsecamente segura, ya que por su corto alcance los dispositivos tienen prácticamente que tocarse para poder llevar a cabo la comunicación.
- Proporciona un modo de acceso a los servicios muy intuitivo a los usuarios: “si quieres un servicio, tócalo”.

### 3.2.1 ESTANDARIZACIÓN

NFC es una tecnología desarrollada por Philips y Sony, descrita por el NFCIP-1 (Near Field Communication Interface and Protocol 1) y estandarizada en los ISO 18092 [37], ECMA 340 y ETSI TS 102 190. Estos estándares especifican sus capacidades básicas, tales como velocidad de transferencia, esquemas de codificación de bits, modulación, y protocolo de transporte.

Además se describen los modos activo y pasivo y las precauciones necesarias para prevenir colisiones durante la fase de inicialización.

Hoy en día, los dispositivos NFC no solo implementan NFCIP-1, sino también NFCIP-2, definido en los ISO 21481 [38], ECMA 352 y ETSI TS 102 312. NFCIP-2 permite elegir entre los tres siguientes modos de operación:

- Transferencia de datos NFC (NFCIP-1).
- Dispositivo de acoplo cercano (PCD, Proximity Coupling Device), definido en la ISO 14443.
- Dispositivo de acoplo en los alrededores (VCD, Vicinity Coupling Device), definido en la ISO 15693 [39].

Los dispositivos NFC han de facilitar estas tres funciones para asegurar la compatibilidad con los principales estándares internacionales de interoperabilidad entre tarjetas inteligentes, el ISO 14443 (tarjetas en condiciones de proximidad, p.ej. Philips Mifare), el ISO 15693 (tarjetas en las inmediaciones) y el sistema de Sony para tarjetas inteligentes sin contacto, FeliCa. De este modo, NFC es compatible con la tecnología RFID operativa actualmente, permitiendo su interacción con los millones de tarjetas inteligentes y otros dispositivos que existen por todo el mundo.

### 3.2.2 MODOS DE COMUNICACIÓN

La interfaz NFC puede operar en dos modos diferentes: activo y pasivo. Un dispositivo activo genera su propio campo de radiofrecuencia (RF), mientras que otro pasivo debe utilizar acoplamiento inductivo para transmitir datos. Para dispositivos alimentados por batería, como los teléfonos móviles, es preferible la actuación en modo pasivo, pues al contrario que en modo activo no se requiere una fuente de alimentación interna. En el modo pasivo, un dispositivo puede alimentarse a partir del campo RF de un dispositivo NFC activo y realizar la transferencia de información usando modulación de carga. De ahí que el protocolo permita emular una tarjeta incluso cuando el terminal móvil está apagado.

Además, es importante prestar atención a la asignación de roles en la transmisión. El iniciador es aquel que desea comunicarse y comienza dicha comunicación. El destino acoge la petición y devuelve una respuesta. Así se evita que el destino envíe información sin antes haber recibido un mensaje. En lo que respecta a la comunicación pasiva, el dispositivo pasivo actúa siempre como destino NFC; en este caso es el dispositivo activo el iniciador y responsable de generar el campo de RF. En el caso de una configuración activa, en la que el campo RF se genera alternativamente, los roles de iniciador y destino son asignados por aquel que comienza la comunicación. Por defecto, todos los terminales NFC son destinos, y solo actúan como iniciadores si la aplicación lo requiere.

El modo general de funcionamiento puede dividirse en dos partes: inicialización y transporte. La inicialización comprende el proceso de evasión de colisiones y la selección de

objetivos, siendo el iniciador el encargado de determinar el modo de comunicación (activo o pasivo) y la velocidad de transferencia.

Por otro lado, el protocolo de transporte consiste en tres fases:

- Activación del protocolo, que incluye la petición de atributos y la selección de parámetros.
- El protocolo de intercambio de datos.
- La desactivación del protocolo.

Durante una transacción, ni el modo ni el rol de cada dispositivo varían hasta que finaliza la comunicación. Por el contrario, la velocidad de transferencia sí puede cambiarse mediante un procedimiento de modificación de parámetros.

### 3.2.3 SEGURIDAD

Existen diferentes tipos de ataque y posibles medidas para mitigar sus efectos. A pesar de las limitaciones en rango de acción, como todo método de comunicación inalámbrico, NFC está sujeto a posibles escuchas de la señal RF o modificación de datos mediante el uso de generadores de interferencia.

Otro resquicio de seguridad existente son los ataques relay, en los que el usuario fraudulento sigue la petición de la unidad lectora hacia la potencial víctima y devuelve la respuesta de esta a dicho lector en tiempo real, logrando usurpar su identidad.

Sin embargo como NFC sienta las bases del protocolo de comunicación serán los protocolos de capas superiores o las propias aplicaciones las que tengan la responsabilidad final de suministrar protección contra estas amenazas mediante el establecimiento de un canal seguro. Para lograr este propósito puede usarse sencillamente el acuerdo entre llaves Diffie-Hellman, mediante protocolos criptográficos como SSL, eliminando la amenaza de los ataques Hombre-en-el-medio (Man-in-the-Middle). Gracias a este canal seguro, NFC proporciona confidencialidad, integridad y autenticidad.

### 3.2.4 ETIQUETAS NFC

Las etiquetas NFC, conocidas normalmente por su nombre inglés, NFC Tags, son dispositivos NFC pasivos de pequeño tamaño que pueden almacenar pequeñas cantidades de información que puede ser leída por algún dispositivo NFC activo como un smartphone moderno. Estas etiquetas pueden contener enlaces a páginas webs, información de contactos o comandos y ajustes que puede interpretar un dispositivo y actuar en consecuencia a ellos.

La ejecución de estos ajustes y comandos permite realizar cambios en los ajustes de nuestro smartphone con tan sólo aproximarlos a una etiqueta NFC. Podemos activar y desactivar el Wi-Fi, cambiar ajustes de volumen, brillo de la pantalla, iniciar una lista de reproducción, establecer una acción periódica y una lista interminable de acciones.

El NFC Forum define cuatro tipos de etiquetas y les da designaciones entre 1 y 4. Cada tipo de etiqueta tiene un formato y capacidad diferente. Los formatos de tipo de etiqueta se basan en la norma ISO / IEC 14443 Tipo A, ISO / IEC 14443 Tipo B, o Sony FeliCa y son [29]:

- Tipo 1: La etiqueta NFC Tipo 1 se basa en la norma ISO / IEC 14443 Tipo A estándar. Estas etiquetas NFC son tanto de lectura y escritura. Los usuarios pueden modificar los datos sobre las ellas y se pueden configurar como sólo lectura cuando se requiera. La disponibilidad de memoria es de hasta 1 KB, que sólo es suficiente para almacenar un URL del sitio web o una cantidad similar de datos. El tamaño de la memoria se puede ampliar hasta 2 KB. La velocidad de comunicación de esta etiqueta NFC es de 106 Kbps. Como resultado de su simplicidad, este tipo de etiquetas es rentable y todavía se puede utilizar en la mayoría de aplicaciones NFC.
- Tipo 2: El Tipo 2 etiquetas NFC también se basa en la norma ISO / IEC 14443 Tipo A estándar. Estas etiquetas NFC también son a la vez de lectura y escritura, y los usuarios pueden configurar que se conviertan de sólo lectura cuando se requiera. Una vez más, la velocidad de comunicación es de 106 Kbps. La principal diferencia entre esta etiqueta y la etiqueta de Tipo 1 es que su tamaño de la memoria se expande hasta 2 KB.
- Tipo 3: La etiqueta NFC Tipo 3 se basa en la interfaz Sony FeliCa de tarjeta inteligente sin contacto. Actualmente cuenta con una capacidad de memoria de 2 KB, y la velocidad de transmisión de datos es de 212 kbps. Este tipo de etiqueta es más adecuada para aplicaciones complejas, pero es más cara en comparación con otros tipos de etiquetas.
- Tipo 4: La etiqueta NFC tipo 4 es compatible con la norma ISO 14443 Tipo A y Tipo B. Estas etiquetas NFC son preconfiguradas durante la fase de fabricación, y son ya sea de escritura o de sólo lectura; el tipo está definida en la fase de fabricación. La capacidad de la memoria puede ser de hasta 32 KB, y la velocidad de comunicación es de entre 106 y 424 Kbps.

La información que se incluye en ella se estructura en NDEF [22]. NDEF es un formato de datos para intercambiar información entre dispositivos NFC, es decir, entre un dispositivo NFC activo y una etiqueta pasiva o entre dos dispositivos NFC activos. NDEF es un formato de mensaje binario que encapsula una o más cargas útiles de aplicación definidas en un solo mensaje. Un mensaje NDEF contiene uno o más registros NDEF (ver Figura 3.7). Cada registro se compone de una carga útil de hasta  $2^{32} - 1$  octetos de tamaño. Se puede encadenar registros para obtener cargas útiles más grandes. En consecuencia, el número máximo de registros NDEF que se puede realizar es ilimitado (ver Figura 3.7).

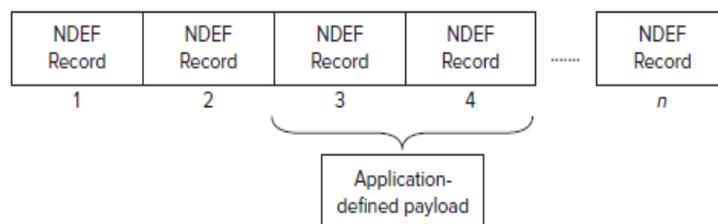


Figura 3.7 Registros NDEF para los mensajes

El formato de cada registro también viene dado por la NFC Forum. Cada registro tiene su orden específico (ver Figura 3.8) y se detalla a continuación:

- MB (Message Begin): La bandera MB es un campo de 1 bit que indica el inicio de un mensaje de NDEF.
- ME (Message End): La bandera ME es un campo de 1 bit que indica el final de un mensaje de NDEF.
- CF (Chunk Flag): La bandera CF es un campo de 1 bit que indica que esta es o bien el primer registro o un trozo de intermedio de registro en una carga útil fragmentada.
- SR (Short Record): La bandera SR es un campo de 1 bit que indica que el campo PAYLOAD\_LENGTH posee solo un octeto.
- IL: La bandera IL es un campo de 1 bit que indica que el campo ID\_LENGTH está presente en la cabecera como un solo octeto.
- TNF (Tipo Name Format): El valor del campo TNF representa la estructura del valor del campo de tipo. El campo de TNF es un campo de 3 bits con valores definidos como vemos en la Tabla 3.1:

Tabla 3.2 Posibles valores de TNF

TYPE NAME FORMAT	VALUE
Empty	0x00
NFC Forum well-known type	0x01
Media-type	0x02
Absolute URI	0x03
NFC Forum external type	0x04
Unknown	0x05
Unchanged	0x06
Reserved	0x07

- TYPE\_LENGTH: Este campo es un entero de 8 bits sin signo que especifica la longitud en octetos del campo TIPO. El campo TYPE\_LENGTH es siempre cero para ciertos valores del campo TNF.
- ID\_LENGTH: Este campo es un entero de 8 bits sin signo que especifica la longitud en octetos del campo ID.
- PAYLOAD\_LENGTH: Este campo es un entero sin signo que especifica la longitud en octetos del campo de carga útil (la carga útil de la aplicación). El tamaño del campo de PAYLOAD\_LENGTH se determina por el valor de la bandera SR.
- TYPE: Este campo describe el tipo de la carga útil.
- ID: El valor del campo ID es un identificador en forma de una referencia URI.
- PAYLOAD: Este campo lleva la carga destinada a la aplicación de usuario NDEF.

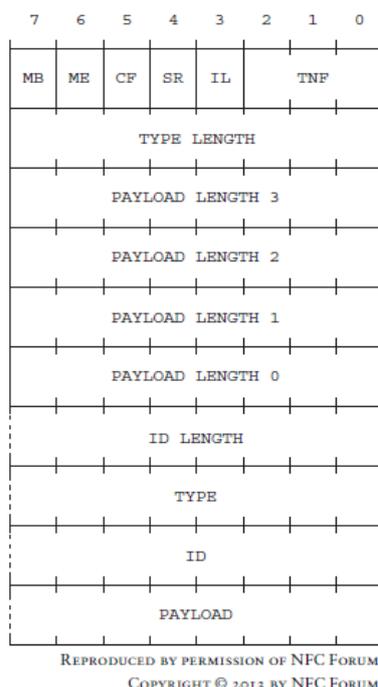


Figura 3.8 Formato de los registros NDEF

Las especificaciones y demás configuraciones pueden ser descargadas desde la web del NFC Forum [22].

### 3.2.5 APLICACIONES

El número de aplicaciones de corto alcance atribuibles a la tecnología NFC crece continuamente, apareciendo ya en prácticamente todos los ámbitos de la vida diaria. La utilización de forma conjunta con teléfonos móviles ofrece grandes posibilidades:

- Pagos y ticketing: los usuarios pueden llevar a cabo compras de manera rápida y segura, ir de tiendas con dinero electrónico y además comprar, almacenar y usar tickets electrónicos, ya sea para acceder a conciertos, subir a un avión, o tarjetas de viaje, peajes, entre otros.

- Identificación: se habilita el uso de teléfonos móviles en lugar de los tradicionales documentos de identidad.
- Recibir y compartir información: puede accederse a los datos contenidos en cualquier objeto etiquetado (p.e., una caja de DVD o un poster) para así poder descargar trailers de películas, mapas callejeros, horarios de vehículos de transporte público, etc.
- Servicio de establecimiento/puesta a punto.

## 3.3 NFC vs CÓDIGOS QR

A continuación se realiza una comparativa entre las dos tecnologías descritas, los códigos QR y NFC.

### - Volumen de datos

Para comparar el volumen de datos se ha escogido los casos más utilizados, es decir, un código QR modelo 2 y una etiqueta NFC tipo 1 de la que se hablará en capítulos posteriores.

En el caso de los códigos QR permiten codificar hasta 7080 caracteres mientras que con las etiquetas NFC si se anidan los mensajes como se verá en capítulos posteriores la capacidad es infinita.

### - Experiencia del usuario

Los códigos QR requieren la instalación de una aplicación móvil para que los usuarios puedan leerlos mediante la cámara que incorpora su terminal móvil.

Por su parte, la lectura de las etiquetas NFC requieren que el dispositivo móvil incluya los elementos hardware necesarios para habilitar la comunicación de campo cercano. La operativa se basa en acercar un teléfono NFC a la etiqueta para que lleve a cabo la acción requerida. En este sentido, NFC ofrece una mejor experiencia de usuario.

En este sentido, los códigos QR pueden ser accedidos fácilmente por todos los smartphones. Las etiquetas NFC son relativamente nuevas en dispositivos móviles - se puso a disposición en los teléfonos móviles sólo desde 2013, sin embargo, los códigos QR aún continúan siendo preferido los usuarios móviles de todo el mundo

### - Costo de instalación

Los códigos QR pueden ser impresos en una hoja de papel y por lo tanto, no cuestan mucho. En cambio las etiquetas NFC suponen un mayor gasto para el anunciante mucho, ya que hay que adquirir un hardware específico y además incluir la codificación de la información en ella. Por lo tanto, los códigos QR son más baratos y la mejor opción para quienes busquen la solución más económica.

### - Integración y Personalización

Los códigos QR necesariamente tienen que ser impresos claramente en banners, anuncios y productos. El código debe ser visto claramente, de modo que pueda ser capturado y leído correctamente por un dispositivo inteligente. Las etiquetas NFC, por otro lado, se pueden

integrar directamente en el producto. Ni siquiera necesita presentarse a la vista y por eso, incluso se pueden ocultar al usuario. Por lo tanto, NFC es mucho mejor para todas las estaciones del año y se pueden integrar en productos sin fisuras.

- Seguridad y encriptación

Los códigos QR no ofrecen encriptación segura (dependiendo de dónde esté puede ser reemplazada). Las etiquetas NFC, por otra parte, vienen con un ID de fabricación fijo. También podrían incluir cifrado para ocultar los datos programados que contienen.

# SISTEMA PROPUESTO Y PLATAFORMA HARDWARE

De entre los escenarios incluidos como motivación de este proyecto tomaremos el segundo como base para el trabajo de implementación de un sistema real en el que se muestren las funcionalidades planteadas. En este sentido se tratará de proporcionar un entorno interactivo en el entorno de una parada de autobuses, incluyendo valor añadido con tecnologías de comunicación de la información vistas en el apartado anterior.

La solución que a continuación se expone se muestra en la Figura 4.1 y propone la implementación de una marquesina o poste informativo inteligente.

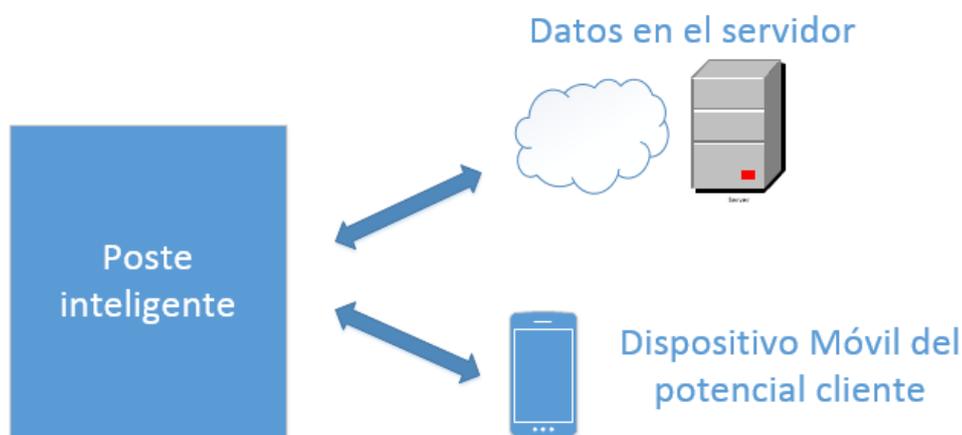


Figura 4.1 Representación del sistema propuesto

El funcionamiento sería el siguiente: la persona que llega a la parada de bus, con su dispositivo móvil o smartphone, se encuentra con el poste inteligente, a través del cual la operadora comparte la información con el cliente; dicho poste además de recoger los datos a mostrar al usuario, permite a éste obtener conectividad a través de él.

El sistema propuesto lo vamos a analizar dividiéndolo en 3 subsistemas: por una parte el poste inteligente, por otra parte la gestión de los datos que se reciben del servidor, el formato de esos datos y su procesamiento, y por último cómo presentar los datos en el terminal del cliente de tal forma que la información sea legible y que pueda hacer uso de ese “valor

añadido” del que vamos a dotar al sistema. En este capítulo se presenta el primero de los subsistemas, siendo el resto descrito en los sucesivos capítulos.

## 4.1 POSTE INTELIGENTE

Para la definición del poste inteligente que permita la interacción directa con el usuario, consideramos 4 aspectos, tal como se observa en la Figura 4.2: un equipo de control con capacidad de cómputo que procese los datos, medios para mostrar la información al usuario, una pantalla para hacerlo de forma visual y una etiqueta NFC dinámica, y por último un emisor de señal WiFi para dar la posibilidad de conectarse a las personas que lo deseen.

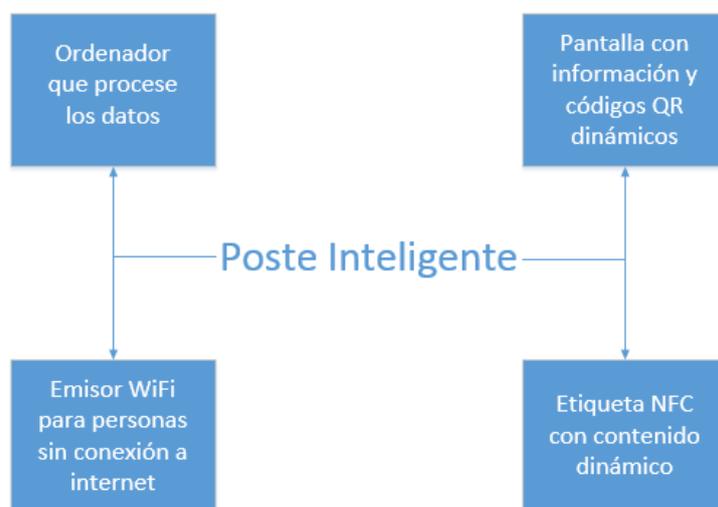


Figura 4.2 El Poste Inteligente

Seguidamente se describen las características principales de los elementos hardware seleccionados para implementar este sistema.

### 4.1.1 EQUIPO DE CONTROL

Para este cometido hemos escogido el ordenador embebido de bajo coste Raspberry Pi.

Desde su lanzamiento en Febrero de 2012, el Raspberry Pi se ha considerado la plataforma embebida Linux de muy bajo costo de referencia. Ha demostrado ser popular entre los educadores y aficionados por igual, con cerca de 4 millones de unidades vendidas desde su lanzamiento, con un precio aproximado de 35€ [24].

#### 4.1.1.1 VENTAJAS DE LA RASPBERRY PI

El Raspberry Pi presenta las siguientes ventajas:

- Bajo consumo, unos 700mA[23] (sin accesorios ni overclocking), lo que permite tenerlo encendido 24/7 sin que nuestra factura de la luz se resienta.
- Bajo precio, que lo hace accesible para todos y rentable considerando las características que proporciona.

- Gran comunidad y proyectos basados en él. Aunque en el mercado hay otras alternativas, Raspberry Pi cuenta con muchos usuarios y una gran cantidad de proyectos de todo tipo.
- Accesorios de fácil disponibilidad, destacando entre ellos su fuente de alimentación universal a través de USB o un cargador de un móvil y su almacenamiento una memoria SD.
- Tamaño reducido. La placa completa puede ser algo más grande que una tarjeta de crédito, lo que permite llevarla a cualquier sitio e instalarla en lugares con poco espacio.
- Permite ejecutar la mayoría de las soluciones y plataformas disponibles para Linux, como Apache, Samba, Mysql, Xbmc, etc.

#### 4.1.1.2 INCONVENIENTES DE RASPBERRY PI

Entre los inconvenientes, se pueden destacar:

- No es capaz de alimentar discos duros por USB.
- Comparte un mismo bus para los 2 puertos USB y la conexión LAN, lo que limita la velocidad de transferencia.
- Su procesador se queda corto para trabajar con particiones con sistema de archivos NTFS (típicas de windows)
- Requiere ciertas habilidades para configurarlo.

#### 4.1.1.3 CARACTERÍSTICAS

A la hora de seleccionar el Raspberry Pi para nuestro objetivo consideramos 4 aspectos fundamentales: ordenador con la suficiente potencia para ser capaz de procesar nuestros datos, con conectividad a internet, con puertos USB para conectar los distintos periféricos, que sea de bajo consumo y además que sea barato. Si a esto le sumamos la gran comunidad que hay detrás de este proyecto hace que se convierta en una solución ideal.

Al momento de iniciar este proyecto existían 2 modelos: modelo A y modelo B (ver Figura 4.3). La diferencia entre ellos está en que el modelo A no tiene puerto Ethernet, un solo puerto USB y 256MB de memoria RAM y el modelo B tiene puerto Ethernet, 2 USB y 512MB de memoria RAM, por lo que nos quedamos con este último. Las especificaciones técnicas se encuentran disponibles en la página de la Fundación Raspberry Pi [24].

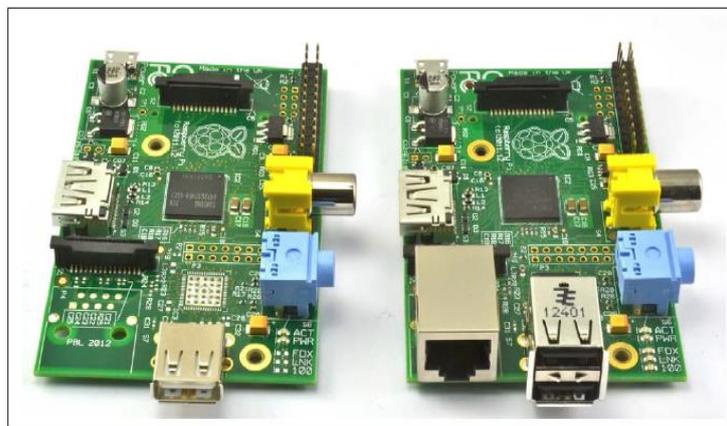


Figura 4.3 Comparativa Raspberry Pi modelo A (izquierda) y modelo B (derecha)

#### 4.1.1.4 SISTEMA OPERATIVO

Las mejores alternativas para proyectos de hardware con el Raspberry Pi son Raspbian y Occidentalis (de Adafruit). De éstos, Raspbian es la oficial y más comúnmente pero Occidentalis requiere menos de configuración para empezar a trabajar. Hemos decidido por Raspbian (Distribución Debian para la Raspberry Pi) ya que es un producto más avanzado y con mayor comunidad.

Para descargar la distro tenemos que ir a la web oficial de la Fundación Raspberry y con la ayuda del programa Win32 Disk Manager [26] y una tarjeta SD de 4GB, se procede a montar la imagen en la tarjeta de memoria. Una vez instalada se puede conectar un monitor a la Raspberry Pi, lo que facilita la modificación de la configuración por defecto (ver Figura 4.4). El punto importante dentro de esta configuración es el aprovechar la capacidad de la tarjeta de memoria expandiendo la partición root [27] en ella y ocupando así todo su espacio.

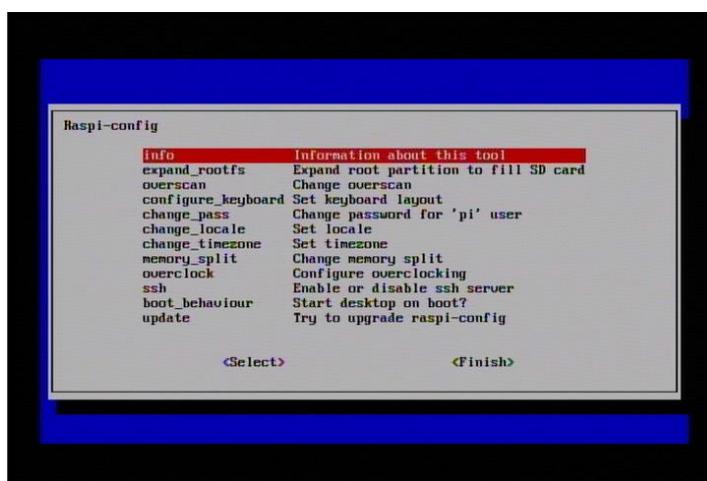


Figura 4.4 Pagina de setup de Raspberry Pi

Adicionalmente se configura un servidor SSH con el que poder gestionar de forma remota la placa y no depender de la pantalla y un acceso local y directo.

Debido a que la nuestra Raspberry solo incorpora 2 puertos USB se adquirió un hub USB con alimentación propia para poder conectar diferentes periféricos a la placa sin tener problemas de corriente-

#### 4.1.2 PANTALLA DE VISUALIZACIÓN

En este caso usamos la pantalla uLCD-43PT (ver Figura 4.5) de 4D-Systems, con un precio aproximado de 116€. Utilizamos esta pantalla pues por su tamaño y soporte táctil representaba una opción adecuada para la interacción con el usuario.



Figura 4.5 uLCD43PT

La pantalla permite conexión de varios modos de trabajo (Designer, ViSi, ViSi-Genie, Serial), pero para nuestro cometido decidimos usar su conexión mediante puertos serie.

En un principio, al plantear el trabajo en el proyecto se debía programar todos los comandos de control de la pantalla, tarea ésta que se realizó durante la primera fase. Sin embargo, debido a la gran acogida de este dispositivo, la comunidad fue creciendo y el propio fabricante decidió publicar una librería de acceso que solapó los trabajos inicialmente realizados.

Para incorporar el soporte de estas nuevas funcionalidades se actualizó el firmware de la pantalla mediante el programa Workshop 4D IDE.

### 4.1.3 ETIQUETA NFC

Para el soporte de las funcionalidades NFC, escogimos el dispositivo SCM SCL3711 de SCM Microsystems (ver Figura 4.6), que actúa como lector y etiqueta NFC. El dispositivo tiene un precio aproximado de 45€ [31].



Figura 4.6 SCM SCL3711

Se escogió este dispositivo porque al incorporar el chip PN533 [31] posee las características necesarias para ejecutar los procedimientos de emulación de tarjeta, al tiempo que permite la lectura y escritura de todos los tipos de etiquetas NFC.

#### 4.1.4 EMISOR WIFI

Como emisor WiFi hemos escogido el TP-LINK Nano TL-WN725N (ver Figura 4.7) de la compañía TP-LINK y con un precio de unos 7€.



Figura 4.7 Dongle WiFi TP-LINK Nano TL-WN725N

Ha sido escogido por su bajo coste además de soportar los estándares 802.11b/g/n. Para más detalles técnicos se puede consultar la web del fabricante [32].

## 4.2 INTEGRACIÓN

Para llevar a cabo la integración de todas las partes (Figura 4.8) es necesaria la instalación y configuración de un conjunto de librerías en el RaspBerry Pi.



Figura 4.8 Sistema propuesto completo

#### 4.2.1 ENTORNO INFORMATIVO

Para el caso de la pantalla, necesitamos tener instalado los ficheros que proporciona el fabricante con las distintas funciones que implementan los comandos serie. Estas librerías están disponibles en el repositorio en GitHub del fabricante [30] y serán empleadas, como se describe a continuación, en los programas que controlan la visualización de la información.

A la hora de mostrar la información al usuario, se disponen de dos opciones: por un lado el empleo de código QR y por otro el empleo de la tecnología NFC. Para la generación de los códigos QR de forma dinámica se emplea la librería “libqrencode” de código abierto y disponible desde el repositorio github[33]. Por su parte para el caso de NFC, se emplea la librería “libNFC” que implementa todas las configuraciones posibles para lectura y escritura, para todos los tipos de etiquetas y los distintos tipos de contenidos a compartir que se explicarán en el siguiente capítulo.

Ambas librerías han sido adaptadas, compiladas, configuradas e instaladas para su empleo en el Raspberri Pi.

#### 4.2.2 COMPARTICIÓN DE ACCESO A RED

Para el caso de configurar el emisor WiFi, a través del cual compartir la conexión a Internet disponible en el poste inteligente, se ha hecho uso de hostapd. Además de configurar dicho demonio [35], se ha tenido que instalar el driver que permita el uso del dispositivo hardware seleccionado.

La configuración del sistema ha supuesto la instalación de un servidor DHCP y la configuración del nodo con soporte NAT (Network Address Translator) mediante el empleo de una serie de reglas iptables. El demonio hostAP habilita las funciones de punto de acceso inalámbrico para el nodo, habiéndolo configurado con soporte de conexión segura empleando WPA2-PSK.

Para integrar hostAP con el dispositivo Wi-Fi USB se utiliza el controlador nl80211, que ofrece una capa universal de acceso a los drivers de red subyacente. En este sentido el dongle seleccionado tiene un chipset Realtek RTL8188CUS que utiliza el rtl871xdrv. Se ha empleado una versión pre-compilada de hostapd, proporcionada por Adafruit, que incluye el soporte para dicho driver [35].

# ACCESO A LA INFORMACIÓN

# 5

En este capítulo se describe el segundo subsistema de los mostrados en la Figura 4.1 que resumía el esquema global del trabajo de implementación de este proyecto. Dicho subsistema se encarga de recolectar la información a mostrar al usuario, tratarla y darla el formato adecuado.

## 5.1 RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

Para la recolección de información se ha empleado un acceso a través de Web Services. En este sentido se han encapsulado servicios web originales basados en SOAP mediante un acceso basado en REST que permite uniformizar e independizar el acceso a la información y evitar así posibles problemas en caso de modificación de los servicios originales. La realización de los servicios REST se ha llevado a cabo empleado PHP.

### 5.1.1 WEB SERVICES

Antes de seguir cabe aclarar primero qué son los web services. Un servicio web es cualquier servicio que está disponible a través de Internet, utiliza formato XML estandarizado y no está ligado a ningún sistema operativo o un lenguaje de programación [29].

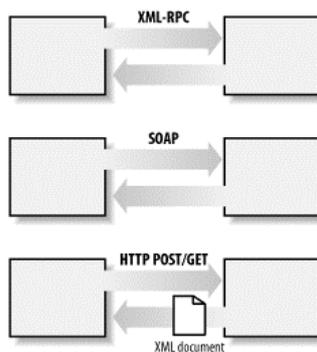


Figura 5.1 Distintos tipos de protocolos en Web Services

Hay varias alternativas para la mensajería XML. Por ejemplo, se puede utilizar XML con llamadas a procedimiento remoto (XML-RPC) o SOAP, HTTP GET / POST (ver Figura 5.1).

Además debería tener las siguientes propiedades:

- Un servicio web debe ser auto-descriptivo. Cuando se publica un nuevo servicio web, también se debe publicar una interfaz pública para el servicio. Como mínimo, el servicio debe incluir una documentación legible por humanos para que otros desarrolladores puedan integrar fácilmente su servicio. Si se ha creado un servicio SOAP [29], se debe también incluir una interfaz pública escrita en una gramática XML común. La gramática XML puede ser utilizada para identificar a todos los métodos públicos, argumentos del método, y el retorno de valores.
- Un servicio web debe ser visible. Si crea un servicio web, debe haber un mecanismo relativamente simple para que usted pueda publicarlo. Asimismo, debe haber algún mecanismo sencillo mediante el cual los interesados puedan encontrar el servicio y localizar su interfaz pública. El mecanismo exacto podría ser a través de un sistema completamente descentralizado o un sistema de registro más centralizado.

En resumen, un servicio web completo es, por lo tanto, cualquier servicio que:

- Está disponible a través de Internet o de la intranet (redes privadas)
- Utiliza un sistema de mensajería XML estandarizado
- No está ligado a ningún sistema operativo o un lenguaje de programación
- Está autodescrito a través de una gramática XML común
- Es detectable a través de un mecanismo de descubrimiento sencillo

En el caso de este proyecto el servicio web original disponible es de tipo SOAP y permite el acceso a la información de la espera estimada en las paradas de los autobuses de la ciudad de Santander [37].

SOAP es un protocolo basado en XML para el intercambio de información entre ordenadores. Aunque de SOAP puede ser utilizado en una variedad de sistemas de mensajería, y se puede enviar a través de una variedad de protocolos de transporte, el foco principal de SOAP se transporta RPC a través de HTTP.

SOAP es independiente de la plataforma y, por tanto, permite diversas aplicaciones para comunicarse. En la Figura 5.2 se muestra un fragmento de la estructura XML de respuesta SOAP al servicio de paradas de autobuses.

```

<wsdl:definitions xmlns:soap="http://schemas.xmlsoap.org/wsdl/soap/" xmlns:tm="
http://microsoft.com/wsdl/mime/textMatching/" xmlns:soapenc="
http://schemas.xmlsoap.org/soap/encoding/" xmlns:mime="http://schemas.xmlsoap.org/wsdl/mime/"
xmlns:tns="http://tempuri.org/" xmlns:s="http://www.w3.org/2001/XMLSchema" xmlns:soap12="
http://schemas.xmlsoap.org/wsdl/soap12/" xmlns:http="http://schemas.xmlsoap.org/wsdl/http/"
targetNamespace="http://tempuri.org/" xmlns:wSDL="http://schemas.xmlsoap.org/wsdl/">
  <wsdl:types>
    <s:schema elementFormDefault="qualified" targetNamespace="http://tempuri.org/">
      <s:element name="GetLastError">
        <s:complexType />
      </s:element>
      <s:element name="GetLastErrorResponse">
        <s:complexType>
          <s:sequence>
            <s:element minOccurs="0" maxOccurs="1" name="GetLastErrorResult" type="s:string" />
          </s:sequence>
        </s:complexType>
      </s:element>
      <s:element name="GetEvents">
        <s:complexType>

```

Figura 5.2 Fragmento del archivo XML del sistema SOAP de paradas

Las etiquetas de SOAP XML definen reglas específicas para encapsular ser datos que van a ser transferidos entre ordenadores. Esto incluye los datos específicos de la aplicación, tales como el nombre del método a invocar, parámetros de método, o valores de retorno. También pueden incluir información acerca de quién debe procesar el contenido y, en el caso de fallo, cómo codificar mensajes de error.

Para recoger la información, se creó un fichero PHP dónde se accede al servicio web y se recogen las variables que se necesitan gracias a la clase SoapClient que proporciona un cliente para servidores SOAP. En este caso se crea el objeto cliente del que se extraen los datos.

```
$client = new SoapClient('http://xxx.xx.xx.xxx:9001/services/dinamica.asmx?wsdl');
```

Al fichero PHP es necesario pasarle como parámetro el número de parada del que se quiere la información. Este devolverá las líneas estimadas y sus tiempos como podemos observar en la Figura 5.3 donde, haciendo uso de la librería CURL, se muestran los datos devueltos por nuestro fichero PHP para 2 paradas distintas. Este proceso es del que se hablaba en la introducción del capítulo como paso de SOAP a REST.

```

alexis@Alex-Notebook:~$ curl 127.0.0.1/soap-example3.php?bus_stop=147
5C2,0 ,15

alexis@Alex-Notebook:~$ curl 127.0.0.1/soap-example3.php?bus_stop=14
1,1 ,21
2,17 ,35
3,15 ,31
4,2 ,24
17,55
17,22 ,90
18,41
18,18 ,74
7C2,11 ,32

```

Figura 5.3 Ejemplo de la información leída del servicio web desde PHP

Para el manejo de servicios web es necesaria la instalación de la librería CURL en nuestra Raspberry Pi.

## 5.2 FORMATO DE DATOS

Una vez que recogemos los datos del servicio web debemos tratarlos y formatearlos para poder compartir la información con el usuario. Así a partir de la información de la estimación de llegada de los autobuses a las paradas, que es el caso que nos atañe, se realizará por un lado la visualización en la pantalla empleando lenguaje común y por otro lado mostrará representada de mediante códigos QR y/o empleando de etiqueta NFC para incorporar información de valor añadido accesible mediante un teléfono móvil, tableta, etc. En estos dos últimos casos será necesario definir un formato genérico de representación de la información.

### 5.2.1 VISUALIZACIÓN EN LA PANTALLA

La forma de presentar los datos en la pantalla va a ser la siguiente (ver Figura 5.4): En la parte izquierda el código QR generado a partir de la información del servicio web y la que añadamos y a la derecha la información en representación alfanumérica que va modificándose según los datos recogidos.



Figura 5.4 Información representada en la pantalla

Para la visualización de la información se plantea la siguiente operativa de comunicación y gestión de la pantalla:

- Se inicializa la pantalla para su operativa a través de puerto serie.
- Se limpia la pantalla
- Se establece el color de fondo
- Enviamos los comandos serie implementados en las funciones proporcionadas por el fabricante que son necesarias para la representación de la información.

Para la representación de la información en la pantalla, como se especifica en el último punto, se realiza mediante funciones específicas que implementan los comandos serie. En el caso del código QR, mediante la librería `libqrencode` se crea el código QR con la información a mostrar (la información leída desde los servicios web y la información de la red WiFi) y este es

devuelto en formato texto, una vez creado, se lee y se envía a la pantalla para ser pintado en esta.

Existen 2 formas de dibujar la imagen en la pantalla: Enviando pixel a pixel la imagen o subiéndola a un fichero dentro de la memoria SD que posee la pantalla en el formato adecuado [30] y luego utilizar la función de dibujar imagen. El primer método se probó pero se notaba el refresco en la pantalla, es decir, se veía como dibujaba el código por lo que se optó por la segunda opción ya que en este caso el refresco menos pronunciado, casi imperceptible. De esta forma, sólo es necesario especificar la coordenada en dónde se quiere empezar a pintar la figura y la función lee el archivo creado en la memoria de la pantalla.

Cabe destacar que la información que contiene el código QR es dinámica, es decir, el código que se imprime por pantalla se va actualizando a cada minuto según vaya cambiando la información proporcionada por el servicio de paradas en tiempo real. El tiempo de refresco escogido (1 minuto) puede ser cambiado a un intervalo más corto si se desea pero para este trabajo se consideró que era el idóneo.

Por otra parte, para el caso de la información de las paradas que se muestra por pantalla, la información leída es representada mediante funciones de comandos serie como se explicaba anteriormete y variando de manera dinámica según la información que se vaya recogiendo en el servicio web. En este caso, también es necesario indicar para el texto, las coordenadas del mismo en el que se quiere empezar a escribir.

### 5.2.2 CODIFICACIÓN DE LA INFORMACIÓN

Antes de proceder a representar en pantalla la información en formato de código QR o de simular las etiquetas NFC con el contenido adecuado, es necesario definir el formato en el que se estructurará la información recogida del fichero PHP. Para ello era necesario analizar el funcionamiento del sistema de parada de autobuses.

Se observó que por una parte teníamos que la información recogida podía ser representada directamente en un código QR pero para paradas con un gran número de líneas de autobús, el código generado y representado era ilegible ya que era mucha información a ser representada.

Dado este problema se decidió codificar la información, aportando las líneas próximas y sus respectivos tiempos, la información de la parada y la información añadida. Además para que esa información sea entendible por el usuario se diseñó una aplicación móvil en el sistema operativo Android (permitía la lectura de etiquetas NFC, es de código abierto y su uso gratuito). El funcionamiento de esta aplicación se explica en el capítulo siguiente.

Debido que no había restricciones respecto a cómo codificar la información, se escogió una codificación binaria y se aplicó el formato de la Figura 5.5 para cada una de las líneas y paradas.

CABECERA CON DATOS DE LA PARADA	BUS 1	T1	T2	BUS 2	T1	T2	.... BUS N, TN1, TN2	DATOS EXTRA PARA WIFI
---------------------------------	-------	----	----	-------	----	----	----------------------	-----------------------

Figura 5.5 Estructura de la información

La estructura de la información consta de una cabecera de datos con información de la parada, cuantas estimaciones de buses lleva el mensaje, y si se lleva o no información adicional. De esta forma se pueden condicionar cuantas líneas sean necesarias, con un máximo de 2 tiempos por línea y con la información adicional que se desee.

El tamaño de la cabecera será de 16 bits (bits del 0 al 15 donde el bit 0 es el menos significativo) y su formato se representa en la Figura 5.6.



Figura 5.6 Estructura de la cabecera

De esta forma utilizamos 9 bits (los 9 menos significativos) para codificar la parada actual (512 posibles paradas, alrededor de 490 paradas en uso actualmente). De los 7 bits restantes utilizamos 5 (5 menos significativos de los restantes) para indicar la cantidad de buses estimados (actualmente hay 32 buses y hay que tomar en cuenta de que no todos pasan por la misma parada por lo que es un valor suficientemente alto). Los 2 últimos bits los utilizamos para indicar si hay WiFi el más significativo y el siguiente para indicar si hay o no información adicional.

Por otra parte, la información de la línea de bus se codifica con 8 bits (del bit 0 a 7 donde el 0 es el menos significativo) y cuya estructura se muestra en la Figura 5.7.



Figura 5.7 Estructura de información de línea de bus

Se decidió que tomando como base la cantidad de buses actuales (32 líneas) y dando margen a la creación de nuevas líneas, éstas se codificarían con 6 bits (bits del 0 al 5) como vemos en la Tabla 5.1.

Tabla 5.1 Ejemplo de codificación de las líneas de autobuses

Línea	Binario	Hexadecimal
0 (No hay bus)	000000	0x00
1	000001	0x01
2	000010	0x02
3	000011	0x03
4	000100	0x04
11	000101	0x05

12	000110	0x06
N2	011111	0x1f
N3	100000	0x20

Para considerar el número de tiempos estimados de cada línea, se emplearon los dos bits restantes según lo incluido en la Tabla 5.2.

Tabla 5.2 Tabla de número de estimaciones

Valor	Estimación
00	Bus próximo a la parada
01	Una estimación de parada
10	Dos estimaciones de parada
11	Sin especificar

Además, cada valor de tiempo de estimación vendrá dado también por 8 bits. Así podemos dar hasta un tiempo máximo de 255 minutos (Si es cero no se pondría valor ya que en la información del bus ya se indicaría que se está próximo a la parada).

Para poner un ejemplo si estamos en la parada 147, y legan 2 autobuses, el 5c1 en 5 y 20 minutos y el 16 en 17 y 32 minutos, no disponemos de WiFi gratis ni información adicional, la codificación se representa en la Figura 5.8.

0000 0100	1001	0000	0001	1000	0001	0010
1001 0011	1000	0101	0100	1010	0001	0000

Figura 5.8 Ejemplo con 2 líneas próximas a la parada

De dónde, si analizamos cada parte por separado tenemos que la cabecera queda como se ve en la Figura 5.9.

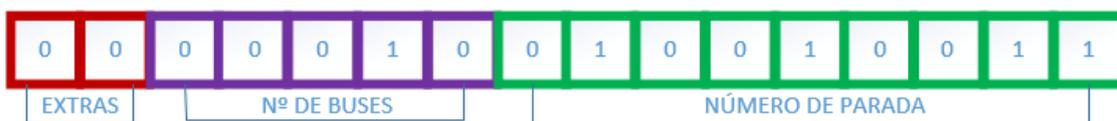


Figura 5.9 Cabecera en detalle del ejemplo con 2 líneas

Además de esto, para observar con claridad la codificación de los autobuses, se muestra en la codificación del primer bus en la parte superior y debajo la del segundo (Figura 5.10).

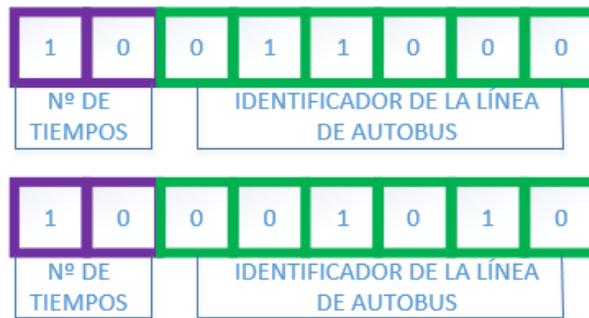


Figura 5.10 Bus 5C1 (arriba) y bus 16 (debajo)

Como vemos ambas líneas llevan 2 estimaciones de tiempo de parada y sus respectivos identificadores de línea. A partir de este punto, una vez que está definido el formato en el que se enviará la información tanto para códigos QR como para NFC, nos adentraremos en cada tecnología para ver sus particularidades.

#### 5.2.2.1 CÓDIGOS QR

Como se resaltaba en apartados anteriores, la información que se representa en los códigos QR es dinámica, por lo que el código QR dibujado en la pantalla va cambiando. Dichos códigos, generados por la librería libqrencode dada la información ya codificada como se ha visto anteriormente, requiere que se indique una versión y nivel de corrección de errores [33].

Dado que la cantidad de información que se pretende dar no es excesivamente grande se decidió generar códigos QR de versión 8 (49 x 49 módulos) [21]. Además dado que va a estar el sistema al aire libre se decidió ajustar usar un nivel de corrección de errores medio-alto, nivel Q, que implica que errores de hasta un 25% pueden ser corregidos permitiéndolo codificar hasta 157 caracteres alfanuméricos [21].

Dado el ejemplo del apartado anterior, la información en hexadecimal será:

- Cabecera: 0493
- Información: 9805148a1120

Estos caracteres son incluidos en el código siguiendo un formato que facilite la interpretación por parte de la aplicación como se explicará en el capítulo 6.

#### 5.2.2.2 NFC

Para el caso de la etiqueta NFC dinámica, la codificación de los datos se realiza de la misma manera. Únicamente varió la forma de enviarlos a la etiqueta ya que hay que tener en cuenta varios factores.

Las posibilidades que ofrecen las etiquetas NFC son múltiples, debido en parte a la gran variedad de tipos y formatos disponibles. Para nuestro caso, hemos decidido emular etiquetas de tipo 2 ya que posee una estructura lineal fácil de generar y es compatible con la mayoría de teléfonos móviles además que posee más capacidad que la de tipo 1 (2Kb)[36].

Para generar las etiquetas se hace uso de la librería libNFC (librería compatible con la mayor parte de sistemas operativos y tipos de etiquetas NFC [39]) que se encarga de la emulación en nuestro dispositivo usb mencionado en el apartado 4. Define todas las funciones necesarias para la comunicación tanto en modo lectura como escritura [39].

Los registros se definen bajo el formato NDEF que se introdujo anteriormente. El campo TNF escogido será el 0x04 (Tipo de formato externo) para luego asociarlo a nuestra aplicación. Así, siguiendo el ejemplo propuesto para la codificación, el formato del mensaje NDEF sería el siguiente:

```
0x03, 31, 0xd4, 0x1c,
0x00, 0x61, 0x6c, 0x65,
0x78, 0x69, 0x73, 0x2e,
0x70, 0x66, 0x63, 0x2e,

0x63, 0x6f, 0x6d, 0x3a,
0x74, 0x65, 0x78, 0x74,
0x00, 0x04, 0x93, 0x98,
0x05, 0x14, 0x8a, 0x11,

0x2f, 0x00, 0x00, 0x00,
0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
```

Donde 0x03 indica que es formato NDEF, el 31 (decimal) es el tamaño del mensaje. Con 0xd4 indicamos que MB=ME=1, es decir va a ser solo un mensaje, SR=1 por lo que tenemos la versión corta del tamaño del payload. Además en los 3 últimos bits definen el TNF a 0x04 especificando que es de tipo external type.

En el cuarto byte del primer registro indica el tamaño 0x1c, es decir 28 bytes después del tipo que al ser external type se especifica con un 0x00. A partir de allí viene el payload o mensaje que queremos enviar. Para que el teléfono entienda el mensaje que se envía es: alexis.pfc.com:text seguido de los valores de la parada 0x00 0x04 0x93 0x98 0x05 0x14 0x8a 0x11 0x2f. La explicación de por qué hay que enviarlo de esta forma viene en el siguiente capítulo.

Además del mensaje NDEF en sí es necesario también especificar 4 registros dónde se indica:

```
0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
0x00, 0x00, 0xFF, 0xFF,
0xE1, 0x10, 0x06, 0x0F
```

En los 3 primeros bloques, los 10 primeros bytes se rellenan internamente y los 2 últimos se usan para indicar si se está en modo solo lectura (todos los bits a 1) o en modo lectura y escritura (todos los bits a cero). En nuestro caso hemos puesto todos los bits a 1.

En el último bloque, el primer byte es igual a 0xE1h para indicar que los datos definidos por el NFC Forum se almacenan en el área de datos [22]. El siguiente es el número de versión de este documento con el apoyo de la Plataforma Tag tipo 2 (véase la Sección 6.1.1). El primer carácter hexadecimal indica el número de versión principal y el segundo indica el número de versión menor. El número de versión de esta especificación tiene número de versión principal igual a 0x01h. El tercer byte indica el tamaño del mensaje NDEF. El último byte indica las capacidades de lectura/escritura del área de datos [22].

# APLICACIÓN DE USUARIO E INTEGRACIÓN

# 6

Este capítulo se enfocará en la aplicación móvil y cómo se presenta la información al usuario. La aplicación móvil será la encargada de presentar al usuario la información enviada y codificada anteriormente, además de ofrecer la posibilidad de conectarse de manera gratuita a una red WiFi. El dispositivo que utilizaremos para las pruebas será un Google Nexus 5, con sistema operativo Android Kit Kat 4.4.4.

## 6.1 INTERFAZ DE USUARIO

Como introdujimos anteriormente, ante la necesidad de codificar la información se crea una aplicación que la decodifique y la interprete. Para ello se crea una sencilla aplicación Android en la que no se profundiza en el aspecto gráfico sino en la funcionalidad que requerimos de ella, es decir, que sea capaz de interpretar la información leída desde un lector de códigos QR o a través de la lectura de la etiqueta NFC que hayamos emulado.

La apariencia de la aplicación (ver Figura 6.1) constará de 3 zonas: la primera y superior donde daremos el mensaje de bienvenida e instrucciones, una intermedia donde se mostrará la información leída e interpretada y una tercera e inferior donde, una vez se haya hecho una lectura, se muestre un botón para acceder a la red WiFi que se ofrece.

La operativa de aplicación del usuario la dividiremos en 3 partes: la gestión de los datos recibidos en caso de lectura de un código QR, la gestión en caso de lectura de una etiqueta NFC y la gestión de la conexión a la red WiFi proporcionada por el poste inteligente y que en un principio se encuentra oculta.

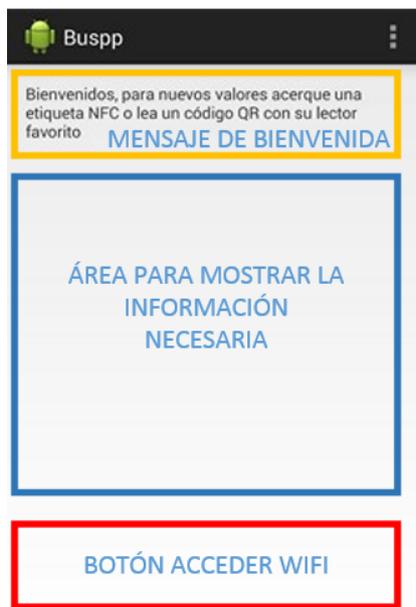


Figura 6.1 Apariencia de la aplicación Buspp

## 6.2 LECTURA DE LA INFORMACIÓN

En Android la gestión de la interfaz de usuario se realiza mediante *Activities* (Actividades en castellano). Las *activities* en Android son clases públicas que representarán cada una de las pantallas de nuestra aplicación y que heredan de la clase base `android.app.Activity` [40].

El objetivo principal de una *activity* es interactuar con el usuario. Desde el momento que una *activity* aparece en la pantalla hasta el momento que se oculta, pasa por varias etapas, conocido como el ciclo de vida de una *activity* [40]. Entender el ciclo de vida de una *activity* es vital para asegurar que tu aplicación funcione correctamente

Las *activities* proporcionan las partes reutilizables e intercambiables del flujo de componentes de interfaz de usuario a través de aplicaciones de Android. Esto se realiza a través de la clase `Intent`. Los *Intents* representan una descripción abstracta de una operación a realizar que requiere una actividad de otra [40], como por ejemplo tomar una fotografía. Los *Intents* son la base de un sistema de articulación flexible que permite a las actividades comunicarse entre sí. Cuando una aplicación envía un `Intent`, es posible que varias actividades diferentes puedan estar registradas para llevar a cabo la operación deseada [40]. Esto viene definido dentro del archivo `Manifest` de la aplicación

Los *Intents* pueden ser explícitos o implícitos. Un `intent` explícito llama a un servicio o actividad de forma explícita específica; mientras que un `intent` implícito sólo da la definición del servicio requerido, y el sistema operativo Android selecciona un servicio adecuado entre los servicios disponibles registrados. En nuestro caso usaremos para NFC y códigos QR *Intents* explícitos.

Los *Intents* deben ser declarados mediante `Intent-Filters` (etiquetas dentro del archivo) en el archivo `Manifest` de nuestra aplicación. Antes de que el sistema operativo Android inicie un

componente de aplicación, el sistema debe saber que existe el componente de aplicación mediante la lectura de un archivo Manifest, AndroidManifest.xml. Este archivo incluye información sobre todos los componentes de la aplicación correspondiente, que está en la raíz del directorio de la aplicación [40]. Además de la declaración de componentes de la aplicación, tales como actividades, el archivo manifest también ofrece otras funciones:

- Identificar los permisos de usuario que la aplicación requiere, como el acceso a Internet
- La declaración de los niveles mínimos requeridos por la API de la aplicación sobre la base de las API utilizadas por la aplicación
- La declaración de características de hardware y software utilizados o requeridos por la aplicación, como la cámara y los servicios Bluetooth
- Proporcionar bibliotecas de la API que la aplicación debe estar vinculada, como la biblioteca de Google Maps [40].

### 6.2.1 DE CÓDIGO QR

Como habíamos comentado anteriormente, la información tanto para códigos QR viene en formato URI propietario, es decir, crearemos nuestro propio scheme (nombre del esquema, el más común dentro de las urls suele ser http) con el nombre de nuestra de tal forma que cada vez que sea leído un código QR visualizado en la pantalla cuyo scheme sea el nuestro se abrirá nuestra aplicación y mostrará la información leída.

Se decidió además, dada la estructura de una URI scheme://host/parámetros, en la ubicación del host incluir la cabecera de información de la parada y como parámetros la información de los autobuses y la de la red WiFi. Esta diferenciación se hace por comodidad a la hora de manipular los datos dentro de la aplicación.

En nuestro caso, el archivo Manifest sería como el siguiente:

```
<activity
  android:name=".MainActivity"
  android:label="@string/app_name">
  <intent-filter>
    <category android:name="android.intent.category.LAUNCHER" />
  </intent-filter>
  <intent-filter>
    <data android:scheme="buspp" />
    <action android:name="android.intent.action.VIEW" />
    <category android:name="android.intent.category.DEFAULT" />
    <category android:name="android.intent.category.BROWSABLE" />
  </intent-filter>
</activity>
```

A partir de este esquema, cualquier código que contenga una URI donde el esquema, comúnmente conocido como protocolo, coincida con buspp, hará que se invoque la aplicación desarrollada para decodificar el contenido del código. Así por ejemplo para el caso de ejemplo planteado en el capítulo anterior donde se está en la parada 147 y están próximos 2 autobuses, el 5c1 en 5 y 20 minutos y el 16 en 17 y 32 minutos y no se dispone de WiFi gratis ni información adicional, el formato de la URI sería: buspp://0493/9805148a1120 y el código QR resultante el de la Figura 6.2.



Figura 6.2 Código QR ejemplo

Para leer el código QR hemos utilizado la aplicación Barcode Scanner (Aplicación genérica para la lectura de códigos QR en Android), de donde obtendremos como resultado la Figura 6.3.



Figura 6.3 La aplicación detecta y lee los datos

Al dar a la opción de Abrir Navegador, se lanza nuestra aplicación vinculada a través del scheme buspp, y será esta la que procese toda la información contenida en la URI y muestre en pantalla el estado de la espera en la parada en cuestión como vemos en la Figura 6.4.



Figura 6.4 Los datos leídos desde la aplicación

## 6.2.2 DE ETIQUETA NFC

La forma de detectar y leer los datos de la etiqueta NFC depende mucho del tipo de información que esté codificada y que viene dada por el TNF del primer registro NDEF. Como veíamos en el capítulo habíamos escogido el valor 0x04 (NFC Forum External Type).

Al igual que con los códigos QR al leer la etiqueta NFC con nuestro dispositivo, éste lanza un Intent asociado que abre nuestra aplicación. En este caso nuestro archivo Manifest quedaría de la siguiente forma:

```
<activity
    android:name=".MyActivity"
    android:label="@string/app_name" >
    <intent-filter>
        <action android:name="android.intent.action.MAIN" />
        <category android:name="android.intent.category.LAUNCHER" />
    </intent-filter>
    <intent-filter>
        <action android:name="android.nfc.action.NDEF_DISCOVERED" />
        <category android:name="android.intent.category.DEFAULT" />
        <category android:name="android.intent.category.BROWSABLE" />
        <data android:scheme="vnd.android.nfc"
            android:host="ext"
            android:pathPrefix="/alexis.pfc.com:text" />
    </intent-filter>
</activity>
```

Indicando la acción de tipo NDEF\_DISCOVERED, la URI se guarda en una etiqueta de la forma <nombre\_dominio>: <nombre\_servicio>; Android convierte automáticamente a la forma de vnd.android.nfc://ext/<nombre\_dominio>:<service\_name>. En nuestro ejemplo nombre\_dominio será alexis.pfc.com y el service\_name será text. En nuestro caso la variable service\_name al no estar definida para ningún tipo en especial en nuestra aplicación, se escogió la palabra text con posibilidad de cambiarla a cualquier otra sin que represente problema alguno. En la variable nombre\_dominio debemos poner el nombre del paquete de nuestra aplicación para que funcione. En este caso, el paquete es com.pfc.alexis. Además de esto, también hay que pedir los permisos necesarios para que la aplicación sea lanzada al leer la etiqueta. Los permisos necesarios son:

```
<uses-permission android:name="android.permission.NFC" />
<uses-feature android:name="android.hardware.nfc" android:required="true" />
```

Siguiendo el ejemplo del apartado anterior, al acercar el dispositivo móvil a la etiqueta emulada esta lanzará nuestra aplicación y mostrará la misma información que en el caso de códigos QR. Para ver en detalle qué información se está pasando y poder enterarlo de forma más clara, hemos desinstalado nuestra aplicación y usado la aplicación NFC TagInfo [42] para leer los datos de la etiqueta emulada como se muestra en la Figura 6.5.

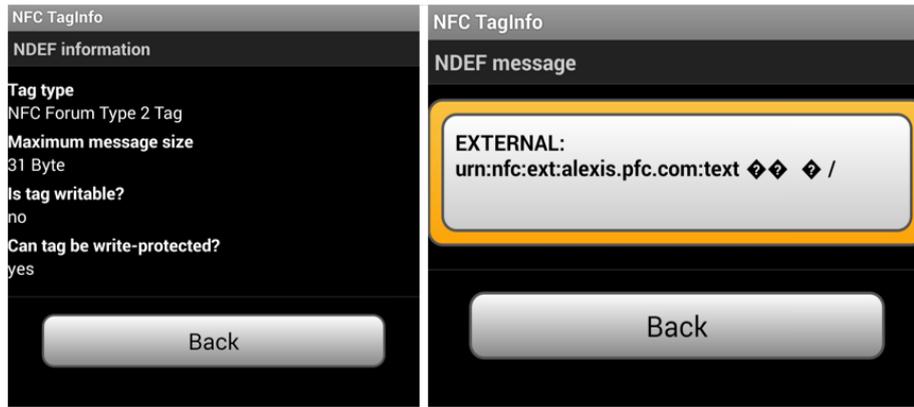


Figura 6.5 Información que llega al dispositivo móvil

Como vemos detecta que es una etiqueta de tipo 2, que el tamaño de los datos es 31 bytes, de tipo externo y con el formato deseado dentro del mensaje NDEF.

## 6.3 CONEXIÓN A LA RED WIFI

Una vez que está instalada y configurada la red WiFi a compartir y que el usuario ha visto la información pertinente, se ofrece la posibilidad de dar una conexión a internet gratuita y unos enlaces sugeridos. Para la conexión también es necesario pedir ciertos permisos:

```
<uses-feature android:name="android.hardware.wifi" />
<uses-permission android:name="android.permission.ACCESS_WIFI_STATE"/>
<uses-permission android:name="android.permission.ACCESS_NETWORK_STATE"/>
<uses-permission android:name="android.permission.CHANGE_WIFI_STATE" />
```

Por otro lado, necesitamos dar la configuración de nuestra red a la hora de conectarse desde nuestro dispositivo:

A partir de la información codificada en el QR o en la etiqueta, cuyo formato se ha descrito en la Figura 5.5, obtenemos la información del SSID y la clave que se requiere para conectarse a dicho punto de acceso. Por una parte necesitaremos el número de parada para formar el SSID y la información extra para generar la clave.

Haciendo uso de la clase de control de la interfaz Wifi de Android, `WifiManager` [43], se aplica la configuración leída, generando una nueva conexión dentro del perfil del usuario. A continuación vemos algunos de los parámetros importantes a establecer:

```
WifiManager wifi = (WifiManager) getSystemService(Context.WIFI_SERVICE);
WifiConfiguration wc = new WifiConfiguration();
wc.SSID = "\"MyPi\"";
wc.preSharedKey = "\"mypass\"";
wc.hiddenSSID = true;
wc.status = WifiConfiguration.Status.ENABLED;
wc.allowedKeyManagement.set(WifiConfiguration.KeyMgmt.WPA_PSK);
```

Como se ve, se llevará a cabo la conexión a la red oculta con seguridad WPA PSK con una configuración sencilla ya que el objetivo de este proyecto es presentar la posibilidad de ofrecer una conexión gratuita sin profundizar en la propia red. En la Figura 6.6 vemos un ejemplo donde se ha llevado a cabo la conexión a la red WiFi. En este caso de ejemplo como SSID establecimos "MyPi".



Figura 6.6 Dispositivo conectado a nuestra WiFi compartida

Para el caso de conectarse al poste inteligente, el SSID vendrá dado por la unión de la palabra WiFiPi y el número de parada en el que se encuentre. Para la clave, se utilizará la información adicional leída para generar una clave válida.

## 6.4 SISTEMA COMPLETO

En las siguientes imágenes se mostrarán distintas capturas de pantalla del sistema trabajando.

En la Figura 6.7 se observa el contenido mostrado en la pantalla. En este caso hemos escogido la parada de autobús número 13, una con la mayor cantidad de líneas. Se muestran varias imágenes de la pantalla para mostrar así cómo va variando la información que se muestra a la derecha de la misma. Esta información es la que está contenida tanto en el código QR como en la etiqueta NFC emulada en el respectivo formato. La información representada en el código QR, la etiqueta y las líneas que se van mostrando es la misma durante un minuto. Luego que cambiana minuto tras ser leída del servicio web.



Figura 6.7 Código QR y estimación de la línea 17 y 13

A continuación, en la Figura 6.8 se muestra el resultado de leer la etiqueta NFC emulada o el código QR dinámico.

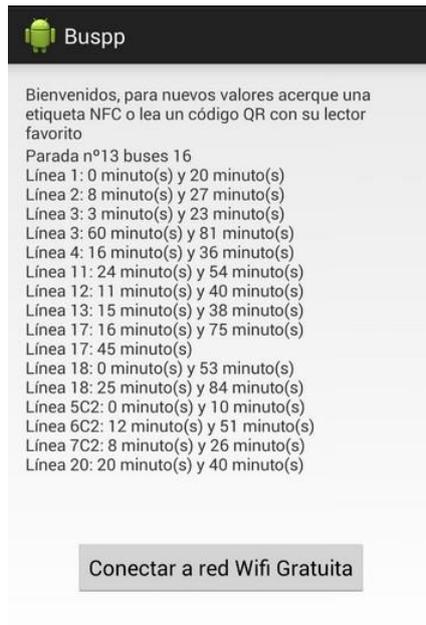


Figura 6.8 Información leída de la parada 13 por mostrada en la aplicación

En la vemos como en la siguiente iteración se vuelve a leer la información ya sea desde el código QR o en la etiqueta NFC nuevamente emulada mostrándose así en la aplicación. La parada sigue siendo la misma (Figura 6.9).

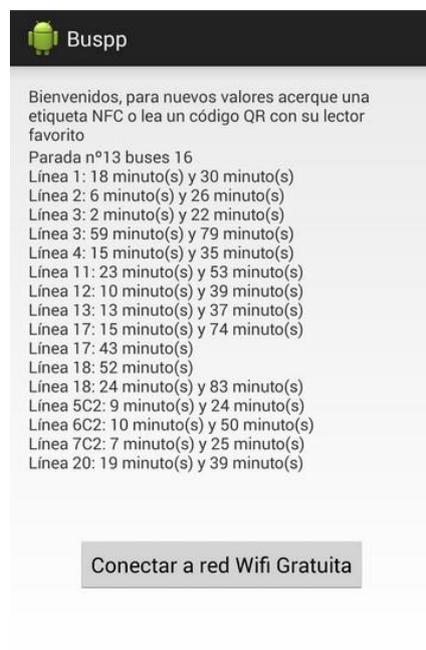


Figura 6.9 Información leída de la parada 13 en la siguiente iteración

# CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS

# 7

El planteamiento inicial fue dar una solución de marketing interactivo utilizando tecnologías que den sensación de cercanía y que permitan interactuar con el usuario. Tras haber analizado cada una de las tecnologías actuales y valorado sus puntos fuertes y débiles se decidió trabajar con códigos QR dinámicos y etiquetas NFC dinámicas emuladas en un dispositivo.

Además, como valor añadido para el cliente, ofrecer la posibilidad de conectarse a una red WiFi gratuita dejando libre la posibilidad de agregar enlaces con promociones sin depender de la conectividad que tenga disponible el cliente.

Otro punto importante era el coste. La solución propuesta debía cumplir que no lleve a una inversión demasiado fuerte a quien vaya a implementarla sin perder eficiencia y eficacia en la comunicación de la información.

Se puso el foco de la comunicación en los *smartphones* de los clientes debido a su alto nivel de penetración actual. La comunicación no debe ser intrusiva y además de dar información se debe intentar incentivar con “valor añadido” que llame la atención de los mismos.

Con estas condiciones la solución propuesta fue el poste inteligente. Eligiendo como equipo de control el Raspberry Pi, para visualizar los datos la pantalla TFT táctil uLCD43-PT de 4D Systems, para emular las etiquetas NFC dinámicas el SCM SCL3711 de SCM Microsystems y para emisor WiFi el TP-LINK Nano TL-WN725N. Si a esto le sumamos los accesorios como el Hub USB utilizado y, si se quiere implementar al aire libre, una caja estanca IP65 resistente al agua y segura, tendremos un coste aproximado mostrado en la Tabla 7.1. Así, implementar la solución del poste inteligente tendría un coste aproximado de 230€, sin tener en cuenta la variación de los precios con el tiempo ni las ofertas por compras al por mayor. Como se observa, nuestra solución a grandes rasgos cumple su objetivo de coste.

Tabla 7.1 Cálculo aproximado Poste Inteligente

Elemento	Precio
Raspberry Pi	35€
uLCD43-PT	116€
SCM SCL3711	45€
TP-LINK Nano TL-WN725N	7€
Hub USB	17€
Caja IP65	8€
<b>TOTAL</b>	<b>228€/poste</b>

Por otra parte tenemos el funcionamiento. El punto importante del mismo era presentar información dinámica tanto en códigos QR como en etiquetas NFC. Los códigos QR se representan en la pantalla elegida y cambian de manera dinámica según la información leída. En este aspecto cabe destacar el tamaño de la pantalla. A la hora de generar el código QR se requirió de un compromiso, un nivel de corrección de errores medio-alto y una versión medianamente baja del mismo para que la visualización del código sea correcta. Debido a esto y para evitar un código QR excesivamente denso debido a la cantidad de información si se transmitía los caracteres leídos, se decidió codificar la información. Esto nos abrió facilidades a la hora de dotar al sistema de valor añadido y unificar la información para códigos QR y etiquetas NFC.

Se decidió que como el tamaño de la información no es fija, depende de cada parada y de qué momento del día sea, el tamaño del módulo también varíe y así tener en pantalla un tamaño siempre estándar limitado por la densidad de píxeles de la pantalla. Otro problema que se encontró fue que si no se transfería antes la imagen a la memoria de la pantalla, el refresco de la misma era bastante elevado (se veía como se dibujaba), por lo que se decidió transferirla. Hecho esto el refresco es menos perceptible aunque mínimamente sí que se nota.

La aplicación móvil fue creciendo durante el transcurso del proyecto gracias a la necesidad de la codificación de la información. Android es un sistema operativo con mucha comunidad detrás, información en muchos sitios y portales por lo que el ambiente de desarrollo de la aplicación fue el idóneo.

En cuanto a su interfaz esta es sencilla pero cumple su objetivo. El inconveniente vino una vez más del lado de los códigos QR. Varias aplicaciones lectoras no interpretan el scheme de los datos y solo reconocen como texto. Además, cuando otra reconocía la información como URI, enlazan al navegador predeterminado y no todos los navegadores reconocen correctamente el scheme.

Pese a esto, con la aplicación Barcode Scanner esto no pasaba por lo que es la que se ha utilizado. Esta aplicación es código abierto bajo el proyecto Zxing de Google. Este proyecto

permite integrar la funcionalidad a tu propia aplicación pero requiere conocimientos más elevados de programación en Android.

Las tareas llevadas a cabo durante este proyecto se llevaron a cabo en el siguiente orden:

- Se instaló el sistema operativo en la Raspberry
- Se probó el intercambio de archivos mediante el protocolo SSH.
- Se pasó a la programación de la pantalla. Al proporcionar el fabricante las librerías necesarias, no se tuvo que programar las funciones así que procedió a llevar a cabo un aprendizaje de las mismas con sus respectivas pruebas (desde dibujar letras hasta figuras).
- Una vez se realizó el aprendizaje de la pantalla se llevó a cabo la instalación de la librería `libqrencode`. Se realizaron prueba con textos sencillos que generaran un archivo `.txt` con el código. Una vez hecho esto y probado sus posibilidades, se procedió a la programación para dibujar dicho código QR en la pantalla.
- Cuando se fue capaz de dibujar correctamente los códigos QR y los caracteres alfanuméricos deseados se procedió a la instalación de la librería `CURL` para manejar los Web Services.
- Mediante un documento PHP se le dio formato a la información de las paradas recogidas para una fácil lectura.
- Se procedió, una vez recogidos los Web Services, a introducir la información recogida tanto en los códigos QR como en el texto alfanumérico tal y como se explicó en apartados anteriores.
- Llegados a este punto, el siguiente paso fue instalar la librería `libnfc`, instalar el emulador de etiquetas NFC en el equipo y comprobar sus distintas funcionalidades.
- Se probó con etiquetas de prueba para comprobar que el teléfono móvil era capaz de reconocerlas gracias a la aplicación `NFC TagInfo`, gratuita en Play Store.
- Comprobado el funcionamiento se introdujo información codificada y se comprobó su correcta funcionalidad.
- Se creó la aplicación móvil capaz de decodificar la información e interpretarla
- A partir de aquí nos centramos en dar el valor añadido al sistema. Se instaló el dongle WiFi en la Raspberry con su respectiva configuración.
- Se añadió a la aplicación la capacidad de, una vez leído un código QR o una etiqueta NFC, poder compartir una ref WiFi oculta al usuario con solo pulsar un botón.
- Se comprobó el funcionamiento del sistema completo.

Llegados a este punto y tras ver el funcionamiento completo se observa que trabaja de manera correcta y que la idea de implementarlo en un entorno real es factible.

## 7.1 LÍNEAS FUTURAS

La línea de futuro principal de este proyecto es que la idea planteada y los desarrollos realizados puedan llevarse a un entorno de producción, por supuesto realizando las

adaptaciones necesarias para dotarla de mayor robustez y mejoras en la interfaz de visualización.

En este sentido, otro punto de trabajo sería la integración de un lector de códigos QR en la propia aplicación e incorporar a dicho código QR información relativa a promociones y descuentos. Además podría incluir información de la empresa, productos adicionales, etc.

La seguridad no ha sido tenida en cuenta en esta primera iteración de la solución, pero debería tener que implementar aquellas metodologías que permitieran garantizar al usuario que la información que obtienen es confiable y no ha sido creada por un usuario malintencionado. En este sentido, la definición de formatos de seguridad tanto para el código QR como para la etiqueta NFC, de manera que los datos sean certificados por la empresa emisora, es de interés.

En esta misma línea, se debería implementar los mecanismos para generar claves temporales para permitir el acceso wifi únicamente en periodos limitados de tiempo. El empleo de soluciones basadas en RADIUS u otros, puede ser una opción de trabajo.

La tecnología Bluetooth LE, es una tecnología que como se ha descrito empieza a introducirse acompañada de la tecnología móvil actual. De esta manera podría aprovecharse esta tecnología para implementarla como solución de proximidad aprovechando todas sus virtudes dentro de este proyecto.

Se podría también, mediante estadísticas de uso, personalizar la información que se muestra al cliente, asegurándose así una mayor probabilidad de éxito a la hora de llegar al mismo.

# ACRÓNIMOS

AES	Advanced Encryption Standard
AIM	Automatic Identification Manufacturer
API	Application Programming Interface
BLE/BTLE	Bluetooth Low Energy
ECMA	European Computer Manufacturers Association
EDI	Electronic Data Interchange
ETSI TS	European Telecommunications Standards Institute Technical Specification
IEC	International Electrotechnical Commission
IP	Internet Protocol
ISO	International Organization for Standardization
HTTP	Hypertext Transfer Protocol
KPI	Key Performance Indicator
NAT	Network Address Translation
NDEF	NFC Data Exchange Format
NFC	Near Field Communication
NFCIP	NFC Interface and Protocol
PAN	Personal Área Network
PHP	Hypertext Preprocessor
PLD	Programmable Logic Device
QR	Quick Response
RAM	Random Access Memory
REST	Representational State Transfer
RF	Radio Frequency
RPC	Remote Procedure Call
SOAP	Simple Object Access Protocol

SSH	Secure Shell
SSID	Service Set Identifier
SSL	Secure Sockets Layer
TIC	Tecnologías de la Información y la Comunicación
TNF	Type Name Field
URI	Uniform Resource Identifier
URL	Uniform Resource Locator
URN	Uniform Resource Name
USB	Universal Serial Bus
WI-FI	Wireless Fidelity
XML	eXtensible Markup Language

# BIBLIOGRAFÍA

- [1] Puro Marketing, Cupones de descuento y ofertas: El gancho infalible de las marcas para atraer a los consumidores, <http://www.puromarketing.com/10/18747/cupones-descuento-ofertas-gancho-infalible-marcas-para-atraer.html>
- [2] Google, Our Mobile Planet, <http://think.withgoogle.com/mobileplanet/es/>
- [3] ABC.es, Penetración de Smartphone en España, 2014, <http://www.abc.es/tecnologia/20140912/rc-penetracion-smartphones-espana-duplica-201409121339.html>
- [4] Max Lenderman; Raúl Sanchez , Marketing Experiencial: La revolucion de las marcas, ESIC editorial, 2008
- [5] Altiria, Marketing de proximidad, <http://www.altiria.com/marketing-de-proximidad/>
- [6] Puro Marketing, Tecnologías NFC e innovación en el marketing, <http://www.puromarketing.com/12/19748/tecnologia-innovacion-marketing.html>
- [7] Sole & Hernandez Consultores, Marketing WiFi, <http://www.solehernandez.com/es/es-que-es-el-marketing-wi-fi/>
- [8] Alt1040, Qué es Bluetooth LE, <http://alt1040.com/2013/12/que-es-bluetooth-le>
- [9] Alberto Relaño, Bolg Digital, Futuro del marketing de preximidad, [http://blogs.tnsglobal.com/digital\\_blog\\_es/2014/05/el-futuro-del-marketing-de-proximidad-para-los-retailers.html](http://blogs.tnsglobal.com/digital_blog_es/2014/05/el-futuro-del-marketing-de-proximidad-para-los-retailers.html)
- [10] 20minutos.es, Qué es el ibeacon y por qué es importante, <http://blogs.20minutos.es/clipset/que-es-ibeacon-y-por-que-es-importante/>
- [11] Tendencias21, 4 formas de usar los iBeacons en una tienda para vincular a tu cliente, [http://www.tendencias21.net/branding/4-formas-de-usar-los-iBeacons-en-una-tienda-para-vincular-a-tu-cliente\\_a119.html](http://www.tendencias21.net/branding/4-formas-de-usar-los-iBeacons-en-una-tienda-para-vincular-a-tu-cliente_a119.html)
- [12] Mobile capital World Barcelona, ¿Qué es 'iBeacon' y para qué sirve?, <http://mobileworldcapital.com/es/articulo/202>
- [13] Carla Lawson, Bluetooth Proximity Marketing - How can retailers benefit?, <https://www.linkedin.com/today/post/article/20140606135907-49996066-bluetooth-proximity-marketing-how-can-retailers-benefit>

- [14]Business Insider, <http://www.businessinsider.com/beacons-and-ibeacons-create-a-new-market-2013-12>
- [15]Puro Marketing, Beacon, la nueva tecnología que revolucionará el marketing de proximidad, <http://marketingactual.es/index.php/marketing/marketing-digital/620-beacon-la-nueva-tecnologia-que-revolucionara-el-marketing-de-proximidad>
- [16]HayBeacon, <http://haybeacon.marketing/beacons-que-son-y-para-que-sirven/>
- [17]Ideup, <http://www.ideup.com/blog/beacons-nfc-ble-como-estan-cambiado-el-paisaje-en-el-sector-retail>
- [18]Andro4all, Qué es el NFC y cómo utilizarlo en Android, <http://andro4all.com/2013/12/que-es-el-nfc-y-utilizarlo-en-android>
- [19]NFC Forum, <http://nfc-forum.org/>
- [20]Dataware, Códigos de Barras, <http://www.datacode.com.mx/codigo-de-barras.html>
- [21]Denso Wave Corporation, <http://www.qrcode.com/en/>
- [22]NFC Form, [http://members.nfc-forum.org/specs/spec\\_license/survey\\_form/process](http://members.nfc-forum.org/specs/spec_license/survey_form/process)
- [23]Somos Binarios, Raspberry Pi primeros pasos, <http://www.somosbinarios.es/raspberry-pi-1-primeros-pasos/>
- [24]Raspberrypi.org, Raspberry Pi Foundation, especificaciones, <http://www.raspberrypi.org/documentation/hardware/raspberrypi/>
- [25]Gizmología, Raspberry Pi, <http://gizmologia.com/2014/10/raspberry-pi-38-millones-unidades-vendidas>
- [26]Alejandro Cobo López, DP Linux, [http://dplinux.net/guia-raspberry-pi/#\\_\\_RefHeading\\_\\_1660\\_924516217](http://dplinux.net/guia-raspberry-pi/#__RefHeading__1660_924516217)
- [27]Simon Monk, Raspberry Pi Cookbook, O'REILLY, 01/2014
- [28]Peter Membrey y David Hows, Learn Raspberry Pi with Linux, Apress, 12/2012
- [29]Ethan Cerami, Web Services Essentials, O'REILLY, 04/2012
- [30]4D Systems, <https://github.com/4dsystems/Picaso-Serial-C-Library>
- [31]SCM Microsystems, [http://www.scm-pc-card.de/index.php?lang=en&page=product&function=show\\_product&product\\_id=610](http://www.scm-pc-card.de/index.php?lang=en&page=product&function=show_product&product_id=610)
- [32]TP LINK, <http://www.tp-link.es/products/details/?model=tl-wn725n>
- [33]Fukuchi Kentaro, <https://github.com/fukuchi/libqrencode>

- [34]Luis Abreu, <https://gist.github.com/lmjabreu/5678039>
- [35]Make Tech Easier, <http://www.maketecheasier.com/set-up-raspberry-pi-as-wireless-access-point/>
- [36]Vedat Coskun, Kerem Ok, Busra Ozdenizci, Professional NFC Application Development for Android, Wiley John + Sons, 05/2013
- [37]TUS Santander, <http://www.tusantander.es/inicio>
- [38]4D Systems, <http://www.4dsystems.com.au/>
- [39]NFC-tools, Libnfc, <http://nfc-tools.org/index.php?title=Libnfc>
- [40]Zigurd Mednieks, Laird Dornin, G. Blake Meike, Masumi Nakamura, Programming Android: Java Programming for the New Generation of Mobile Devices, O'Reilly, 10/1012
- [41]Barcode Scanner, Google Play,  
<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.google.zxing.client.android&hl=es>
- [42]NFC TagInfo, Google Play,  
<https://play.google.com/store/apps/details?id=at.mroland.android.apps.nfctaginfo&hl=es>
- [43]WiFiManager, Android Developers,  
<http://developer.android.com/reference/android/net/wifi/WifiManager.html>