

Universidad de Alcalá
Escuela Politécnica Superior

Grado Ingeniería Electrónica de Comunicación

Trabajo Fin de Grado

Sistema de guiado para invidentes en
Entornos complejos estructurados.

Autor: Borja Martínez Márquez.

Tutor: Luciano Boquete Vázquez.

2017

UNIVERSIDAD DE ALCALÁ

Escuela Politécnica Superior

GRADO INGENIERÍA ELECTRÓNICA DE COMUNICACIÓN.

TRABAJO FIN DE GRADO

SISTEMA DE GUIADO PARA INVIDENTES EN
ENTORNOS COMPLEJOS ESTRUCTURADOS.

Autor: Borja Martínez Márquez.

Tutor/es: Luciano Boquete Vázquez.

TRIBUNAL:

Presidente: Sira Elena Palazuelos Cagigas.

Vocal 1º: Juan Jesús García Domínguez.

Vocal 2º: Luciano Boquete Vázquez.

FECHA: 30 de Junio de 2017.

Desarrollo y evaluación de un sistema de guiado para invidentes en entornos complejos estructurados.

Autor: Borja Martínez Márquez.

Tutor: Luciano Boquete Vázquez.

Departamento: Electrónica.

Titulación: Grado Ingeniería Electrónica de Comunicación.

Palabras clave: sistema de guiado, accesibilidad, invidentes, Android, Bluetooth, Wifi.

Resumen

Desarrollo de un sistema completo que permite mejorar la accesibilidad de personas invidentes, pretendiendo garantizar la movilidad en desplazamientos en entornos estructurados de manera autónoma. Se propone desarrollar un sistema en entornos sin conexión GPS, como pueden ser las estaciones de la red metropolitana, supliendo la carencia de señales GPS por medio de la instalación de unos determinados elementos fijos, con conexiones Bluetooth de corto alcance mediante el envío de mensajes de audio, en lugares conflictivos (cruces, escaleras, puertas, etc.).

El sistema estará constantemente intercambiando información con el usuario, procesando los cálculos de las rutas de manera autónoma, enviando de manera única la información del mensaje de audio de un determinado usuario en un determinado punto del trayecto.

Development and evaluation of a guided system for blind people in complex structured environments

Author: Borja Martínez Márquez.

Tutor: Luciano Boquete Vázquez.

Department: Electronic.

Degree: Electronic Communications Engineering.

Keywords: Guide system, accessibility, blind, Android, Bluetooth, Wifi.

Abstract

The development of a complete system that allows blind people an improved access, with the aim of guaranteeing the mobility on the move in autonomous structured environments. The purpose is to develop a system in environments without a GPS connection, such as the stations of the metropolitan network, supplying the lack of GPS signals by means of the installation of certain fixed elements, with short-range Bluetooth connections by sending audio messages, in conflictive areas such as: crosses, stairs, doors, etcetera.

The system will be constantly exchanging information with the user, processing the routes calculations autonomously, sending in a unique way the information of the audio message of a certain user at a certain point of the route.

AGRADECIMIENTOS

Siempre estuvieron apoyándome. Por eso mis primeras palabras van para ellos, mis padres, Rosa y Ángel, que han sufrido más que nadie por todo lo que me ha ocurrido en la vida y me han estado ayudado en la medida de lo posible con todo lo que he necesitado en cualquier momento. Además de ofrecerme la libertad de elección en todo momento, ya que me enseñaron que yo era el encargado de tomar todas las decisiones de mi vida. Todas las palabras de agradecimiento son pocas para ellos que me han visto crecer, os quiero.

Falta también por mencionar al resto de mi familia, abuelos, tíos y primos. Gracias por estar ahí siempre y cuando os he necesitado, sé que algunos lo han pasado peor que otros después de estos últimos años de exámenes, sobre todo mis abuelos, algunos poniendo velas por mi cuando tenía los exámenes. Para mis primos, los más peques, solo os puedo decir que la vida es muy larga y al igual que yo lo hice, me encantaría que vosotros, que estáis a tiempo podáis disfrutar de la vida, pero sin descuidar de los estudios, ya que las broncas de los papis no son porque ellos quieran que saquéis buenas notas, sino porque quieren que vosotros tengáis el mejor futuro posible y yo también lo quiero para vosotros así.

Además, tengo que agradecer a todos mis compañeros de sufrimiento de estos años desde que entré a la facultad; dicen que los amigos de verdad vienen en la universidad, y nada más lejos de la realidad, puesto que más de uno se ha ganado ese calificativo para mí, ya que después de las largas noches de estudio han estado allí, tanto para lo bueno, como para lo malo y sé que así será para un largo periodo de tiempo después de haber vivido de todo con vosotros. Nunca olvidaré mi periodo de universidad con vosotros mil gracias por todo sois increíbles no cambiéis y espero no perder vuestro contacto nunca.

También quiero agradecer a mis amigos de mi urbanización, algunos desde que era pequeño y otros no tanto. Que han estado largas temporadas sin verme el pelo por los estudios, además de perderme grandes noches de fiesta con ellos por tener que estar estudiando. Solo os digo que ya podéis ir preparando una buena porque Borja vuelve, y con fuerzas. Gracias mis chiquitines.

Quizás la última mención se lo merezca ella, Rocío, que me ha apoyado siempre con los estudios, además de haberme aguantado estos últimos años. Solo tengo palabras buenas hacia ella y tengo que agradecersele al igual que a su familia.

Gracias a todos.

CITA CÉLEBRE

*“No necesitáis tomar nota.
Si es importante,
se os quedará grabado.”*

STEVE JOBS

ÍNDICE.

Capítulo 1. Introducción.	25
1.1. <i>Accesibilidad en la sociedad actual.</i>	25
1.2. <i>Objetivo del proyecto.</i>	27
Capítulo 2. Funcionalidad y requisitos.	33
2.1. <i>Idea general y diagrama de bloques.</i>	33
2.2. <i>Funcionalidad.</i>	35
2.3. <i>Requisitos.</i>	37
2.3.1. Balizas.	37
2.3.2. Terminal usuario.	38
2.3.3. Servidor central.	39
2.3.4. Servidor web.	40
Capítulo 3. Características y diseño.	45
3.1. <i>Conexión de bloques.</i>	45
3.2. <i>Balizas.</i>	48
3.2.1. Características principales.	48
3.2.2. Diagrama de flujo.	49
3.2.3. Diseño e implementación.	50
3.3. <i>Terminal usuario.</i>	55
3.3.1. Características principales.	55
3.3.2. Diagramas de flujo.	56
3.3.3. Diseño e implementación.	57
3.4. <i>Servidor Central.</i>	60
3.4.1. Características principales.	60
3.4.2. Diagrama de flujo.	61

3.4.3.	Diseño e implementación.....	61
3.4.3.1.	Base de datos.....	63
3.4.3.2.	Interfaz de usuario.....	64
3.4.3.3.	Sistema autónomo.....	75
3.5.	<i>Servidor WEB</i>	78
3.5.1.	Características principales.....	78
3.5.2.	Diseño e implementación.....	78
Capítulo 4.	Resultados.....	85
4.1.	<i>Evaluación del sistema</i>	85
4.2.	<i>Planos</i>	86
4.3.	<i>Ejemplo completo</i>	87
Capítulo 5.	Conclusiones y mejoras futuras.....	97
5.1.	<i>Conclusiones</i>	97
5.2.	<i>Mejoras futuras</i>	99
Capítulo 6.	manual de Usuario.....	105
6.1.	Usuario.....	105
6.2.	Supervisor.....	106
6.3.	Instalación.....	109
6.4.	Programación.....	111
Capítulo 7.	Presupuesto.....	115
	<i>Bibliografía</i>	117

LISTA DE ILUSTRACIONES.

<i>Ilustración 1. Diagrama de bloques global.</i>	33
<i>Ilustración 2. Plano oeste tercera planta edificio politécnico.</i>	35
<i>Ilustración 3. Conexiones baliza/usuario y baliza/servidor web.</i>	46
<i>Ilustración 4. Conexiones entre servidor central y servidor web.</i>	47
<i>Ilustración 5. Hardware software baliza.</i>	48
<i>Ilustración 6. Diagrama de flujo de las balizas.</i>	49
<i>Ilustración 7. Diagrama de bloques interno ESP8266.</i>	51
<i>Ilustración 8. Conexión de ESP8266 node mcu v3.0 y HC-06.</i>	51
<i>Ilustración 9. Hardware software terminal usuario.</i>	55
<i>Ilustración 10. Diagrama de flujo en el terminal Android del usuario.</i>	56
<i>Ilustración 11. Pantalla completa aplicación móvil.</i>	57
<i>Ilustración 12. Hardware software servidor central.</i>	60
<i>Ilustración 13. Diagrama de flujo del sistema autónomo del servidor central.</i>	61
<i>Ilustración 14. Diseño de la base de datos relacional MySQL Workbench.</i>	63
<i>Ilustración 15. Interfaz completa de usuario del servidor central.</i>	64
<i>Ilustración 16. Configuración del path de la base de datos.</i>	65
<i>Ilustración 17. Modificación de usuarios en la base de datos [i].</i>	66
<i>Ilustración 18. Modificación de usuarios en la base de datos [ii].</i>	67
<i>Ilustración 19. Modificación de usuarios en la base de datos [iii].</i>	67
<i>Ilustración 20. Modificación de usuarios en la base de datos [iv].</i>	68
<i>Ilustración 21. Modificación de usuarios en la base de datos [v].</i>	68
<i>Ilustración 22. Modificación de usuarios en la base de datos [vi].</i>	69
<i>Ilustración 23. Modificación de usuarios en la base de datos [vii].</i>	69
<i>Ilustración 24. Modificación de estaciones y módulos en la base de datos [i].</i>	70
<i>Ilustración 25. Modificación de estaciones y módulos en la base de datos [ii].</i>	71
<i>Ilustración 26. Modificación de estaciones y módulos en la base de datos [iii].</i>	72
<i>Ilustración 27. Modificación de pedidos en la base de datos [i].</i>	73
<i>Ilustración 28. Modificación de pedidos en la base de datos [ii].</i>	73
<i>Ilustración 29. Modificación de pedidos en la base de datos [iii].</i>	74
<i>Ilustración 30. Software sistema autónomo servidor central [i].</i>	76

<i>Ilustración 31. Software sistema autónomo servidor central [ii].</i>	77
<i>Ilustración 32. Software sistema autónomo servidor central [iii].</i>	77
<i>Ilustración 33. Estructura de almacenamiento de datos en el servidor Web.</i>	79
<i>Ilustración 34. Caja integrada de la baliza.</i>	85
<i>Ilustración 35. Planos oeste tercera planta del edificio politécnico.</i>	86
<i>Ilustración 36. Descripción experimental. Creación usuario [i].</i>	87
<i>Ilustración 37. Descripción experimental. Creación usuario [ii].</i>	88
<i>Ilustración 38. Descripción experimental. Creación pedido [iii].</i>	88
<i>Ilustración 39. Descripción experimental. Creación pedido [iv].</i>	89
<i>Ilustración 40. Descripción experimental. Datos servidor Web [v].</i>	89
<i>Ilustración 41. Datos de usuario y pedido.</i>	90
<i>Ilustración 42. Descripción experimental. Datos servidor Web [vii].</i>	91
<i>Ilustración 43. Descripción experimental. Datos servidor Web [viii].</i>	92
<i>Ilustración 44. Error al acceder al servidor.</i>	98
<i>Ilustración 45. Interfaz aplicación móvil.</i>	105
<i>Ilustración 46. Interfaz de usuario (usuarios).</i>	106
<i>Ilustración 47. Interfaz de usuario (pedidos).</i>	107
<i>Ilustración 48. Interfaz de usuario (estaciones y balizas).</i>	108
<i>Ilustración 49. Ficheros LabVIEW.</i>	109
<i>Ilustración 50. Carcasa baliza.</i>	110
<i>Ilustración 51. Fichero Arduino.</i>	111
<i>Ilustración 52. Programación Arduino.</i>	111

LISTA DE TABLAS.

<i>Tabla 1. Requisito 1.1. Conexión de red Wifi.</i>	37
<i>Tabla 2. Requisito 1.2. Conexión serie Bluetooth.</i>	37
<i>Tabla 3. Requisito 1.3. Alimentación baliza.</i>	38
<i>Tabla 4. Requisito 1.4. Software de desarrollo.</i>	38
<i>Tabla 5. Requisito 2.1. Características versión Android.</i>	38
<i>Tabla 6. Requisito 2.2. Conexión Bluetooth.</i>	38
<i>Tabla 7. Requisito 2.3. Reproducción de audio.</i>	38
<i>Tabla 8. Requisito 2.4. Memoria mínima para instalación.</i>	39
<i>Tabla 9. Requisito 2.5. Implementación de la aplicación.</i>	39
<i>Tabla 10. Requisito 3.1. Conexión de red del servidor central.</i>	39
<i>Tabla 11. Requisito 3.2. Creación de una interfaz de usuario.</i>	39
<i>Tabla 12. Requisito 3.3. Calculo de rutas.</i>	40
<i>Tabla 13. Requisito 3.4. Base de datos Local.</i>	40
<i>Tabla 14. Requisito 3.5. Windows PC.</i>	40
<i>Tabla 15. Requisito 4.1. Capacidad de almacenamiento de datos servidor Web.</i>	40
<i>Tabla 16. Requisito 4.2. Conexión servidor Web.</i>	40
<i>Tabla 17. Datasheet ESP8266.</i>	52
<i>Tabla 18. Datasheet HC-06.</i>	52
<i>Tabla 19. Listado de mensajes de audio.</i>	59
<i>Tabla 20. Presupuesto Hardware.</i>	115
<i>Tabla 21. Presupuesto Software.</i>	116
<i>Tabla 22. Presupuesto mano de obra.</i>	116
<i>Tabla 23. Presupuesto total.</i>	117

ESTRUCTURA DE LA MEMORIA.

El presente documento se ha estructurado en siete capítulos.

En el capítulo uno, se realiza una breve introducción exponiendo los campos en los cuales se va a desarrollar el trabajo y la accesibilidad en la sociedad actual. En el siguiente apartado, el capítulo dos representa el origen del proyecto y la exposición global para realizar el sistema a desarrollar, además de realizar un listado de los requisitos mínimos que debe cumplir el sistema para poder realizarse de una manera correcta.

Posteriormente en el capítulo tres, se realiza una descripción técnica del desarrollo del proyecto por partes, de una forma detallada y descriptiva de la composición global del sistema. Dicho capítulo es el núcleo de la memoria del sistema, en el cual se exponen todas las especificaciones del mismo. Además, se plantean, otras posibilidades de implementación del sistema, y la justificación de la opción seleccionada.

En el capítulo cuatro, se muestran los resultados del desarrollo completo y de las pruebas realizadas para verificar su correcto funcionamiento y su funcionalidad. Una vez obtenidos los resultados se compararán con los esperados, para deducir las conclusiones. Dichas conclusiones están expuestas en el capítulo cinco, en el cual se presentan las posibles mejoras futuras que se pueden implementar para un funcionamiento óptimo o extensión del área de trabajo.

Por último, los dos últimos capítulos son los referidos al manual de usuario y los presupuestos del proyecto. En el primero de los mencionados se trata de una guía para el uso del sistema a nivel usuario, instalación, programación, etc. En el último capítulo se presentan los presupuestos desglosados en desarrollo hardware, desarrollo software y mano de obra del sistema completo.

Para concluir la memoria, se puede encontrar la bibliografía con los recursos usados para obtener información y/o menciones en el conjunto del documento, además de los anexos adjuntos al documento.



CAPÍTULO 1

Introducción



Capítulo 1. INTRODUCCIÓN.

1.1. ACCESIBILIDAD EN LA SOCIEDAD ACTUAL.

En el punto de partida del proyecto, hay que destacar el auge de la tecnología en la sociedad actual, permitiendo que personas con ciertas discapacidades tengan un entorno más accesible para su día a día. Por ello, cada vez son más las empresas que desarrollan sistemas para mejorar la calidad de vida de personas discapacitadas, realizando un apoyo en nuevas tecnologías para realizar labores domésticas o profesionales.

El proyecto desarrollado se basa en un sistema de guiado para personas invidentes. Existen ya proyectos similares en cuanto al objetivo; caben destacar proyectos de Google o Telefónica, que consisten en guiar al usuario por medio del uso de una aplicación móvil, a través de la geolocalización basándose en las señales GPS que se reciben en la superficie terrestre.

Actualmente, la situación en España, según documentos oficiales de la ONCE ^[1], a fecha 31 de diciembre de 2016, la institución tiene 72.256 afiliados, de los cuales el 19,57% son personas con ceguera, con visión nula o sólo perciben luz, mientras que el 80,43% tienen una deficiencia visual cuantificable.

Gracias a las TIC, se pueden ver grandes avances en el mundo de la accesibilidad para personas con discapacidad visual, como por ejemplo, un anillo desarrollado por investigadores del MIT Media Laboratory ^[2]. Consiste en un anillo con una videocámara capaz de seguir el movimiento del dedo en un texto que no esté en braille; su desarrollo se basa en un algoritmo que permite reconocer el texto y reproducirlo como mensaje de audio, ayudando a realizar la lectura a una persona invidente de cualquier tipo de documentación.

También existen otros tipos de medios más allá de lo que se pueda imaginar, como la conducción de un automóvil por personas invidentes, está llevándose a cabo en la universidad de Virginia Tech^[3]. Este diseño propuesto, consiste en un conjunto de sensores conectados con un microcontrolador, capaz de realizar cálculos para la identificación de objetos u obstáculos en la vía. El usuario recibirá información por medio de unos guantes que deberá llevar en sus manos provocándole vibraciones para alertar al conductor en todo momento de lo que ocurre alrededor del vehículo; además se le informará por audio con indicaciones de cualquier dato relevante para su conducción.

Como punto final y como interconexión al desarrollo del proyecto hay que hacer mención a que prácticamente el 70-80% de los medios de accesibilidad para personas invidentes, se realizan por medio de otro sentido, en este caso es el oído. Tiene coherencia, puesto que una persona que carece de uno o varios sentidos es capaz de desarrollar, en general, con mejor eficiencia el resto de los sentidos.

Si nos adentramos en el desarrollo de este proyecto, permite la implementación de un sistema para mejorar la accesibilidad de las personas con discapacidad visual en la red metropolitana. Para ello se ha procedido a diseñar un sistema de fácil manejo para el usuario final que le permita usar dichos transportes públicos sin ayuda de personas externas.

Gracias al desarrollo de los sistemas TIC, permiten realizar soluciones propias para la sociedad ayudando a superar alguna dificultad en distintas circunstancias. Por lo que pueden contribuir a facilitar el desplazamiento en la red metropolitana mediante el envío de mensajes de audio por proximidad al usuario, para así tener un sistema de referencia que ayudará a la realización de estos trayectos de manera autónoma.

1.2. OBJETIVO DEL PROYECTO.

El objetivo de este proyecto es implementar un sistema que permita guiar a una persona invidente dentro de un entorno estructurado (por ejemplo, en la red de metro), mediante mensajes vocales generados en una aplicación móvil, la cual se activa cuando se aproxima a determinados elementos fijos, denominados balizas. Estas a su vez, estarán conectadas con un servidor central por medio de un servidor Web, realizando constantes peticiones e intercambios de mensajes, por medio de protocolos TCP/IP (red) y serie (Bluetooth).

La idea fundamental es implicar lo mínimo posible, a una persona con problemas de visión para la realización de trayectos en metro. Para ello, se deberá diseñar un sistema capaz guiarles por dichas superficies de una manera no intrusiva. A día de hoy la gran mayoría de la población utiliza Smartphone, por este motivo el desarrollo de una aplicación móvil permitirá a un usuario realizar trayectos en transporte público por la red metropolitana sin realizar una gran inversión previa. Como punto de partida, el principal problema a solucionar es: la carencia de señales GPS en el área metropolitana, debido a estar situadas decenas de metros por debajo de la superficie terrestre, lo que implica que sistemas GPS convencionales no puedan utilizarse en dichas superficies. Como solución se propone realizar conexiones con las Balizas mediante conexiones de corto alcance vía Bluetooth, instalándolas en los cruces de los pasillos de la red metropolitana. Desde el servidor central se habrá notificado previamente a cada baliza involucrada en el trayecto de un usuario, la identidad de éste y el mensaje que debe ser enviado, en función de su trayectoria.

Los procesos se generarán de manera autónoma en un servidor central, con una interfaz de usuario, que permitirá realizar un seguimiento de los usuarios del sistema observando si algún usuario no está realizando la ruta correcta, ya que el sistema estará totalmente monitorizado por un supervisor que tiene la capacidad de observar todos los movimientos que realizan los usuarios y tenerlos localizados, en caso de que un cliente se pierda, puede incluso realizar una llamada de voz para ubicarle de nuevo.

El sistema deberá enviar mensajes de manera automática al usuario que le guiará por los pasillos, por medio de las balizas que detectarán la presencia de los usuarios y que establecen conexiones con los mismos. Dichas balizas son las encargadas de enviar la información de audio al cliente e informar al servidor central, que estará supervisado por el operario, con los datos de donde se encuentra un cliente en esos momentos. La función es muy similar a

un sistema de geoposicionamiento, pero estableciendo comunicaciones los distintos elementos del sistema.

Además, también tiene otras **ventajas**, debido a que una persona invidente no puede realizar dichos trayectos sin la ayuda de personas externas o sin memorizar el trayecto. Por lo tanto, el uso del sistema completo:

- No requiere de un aprendizaje previo, realizado por un mentor para memorizar el recorrido completo de los trayectos en metro, para poder realizar esta serie de trayectos de manera autónoma.
- Podrán realizar cualquier trayecto, siendo indiferente el origen y destino del mismo. Ya que sin el uso del sistema memorizarán un solo trayecto manera exclusiva y sin posibilidad de realizar otro recorrido de manera autónoma. Por ejemplo, si realiza un recorrido de la estación "A" a la estación "B" todos los días no tendrá problemas, pero si por cualquier motivo decidiese un día ir desde la estación "A" a la estación "C" no podría realizar el recorrido sin la ayuda de una persona externa que le enseñe el camino o le ayude a llegar a su nuevo destino.

De esta manera, se pretende que cualquier persona invidente a través del uso de una aplicación móvil, y a través del envío de mensajes de audio no dependa de haber aprendido previamente la ruta que desee realizar, y pudiendo realizar cualquier ruta en el momento que le sea conveniente.



CAPÍTULO 2

Funcionalidad y requisitos.



Capítulo 2. FUNCIONALIDAD Y REQUISITOS.

2.1. IDEA GENERAL Y DIAGRAMA DE BLOQUES.

La idea general es dotar a los usuarios invidentes de un Smartphone en el que se ejecuta continuamente una aplicación específica. Cuando el usuario se aproxima a un determinado punto, en el que se ha instalado una baliza, mediante un protocolo serie vía Bluetooth ésta envía un mensaje a la aplicación, para que reproduzca el mensaje de audio adecuado para el guiado de la persona. El proceso completo será el siguiente:

1. El usuario comunica al servidor central el trayecto.
2. En el servidor central se identifican automáticamente las balizas involucradas y el mensaje que cada una de ellas debe transmitir a ese usuario, en función de su ruta.
3. Envío de datos al servidor web con los datos del cliente y el pedido, para que las balizas obtengan la información.
4. Detección del usuario cercano, que está utilizando la aplicación móvil.
5. Envío de mensaje de audio al usuario.
6. Reproducción de audio en el terminal móvil.
7. Se notifica al servidor que el usuario recibió el mensaje correctamente.



ILUSTRACIÓN 1. DIAGRAMA DE BLOQUES GLOBAL.

El sistema está formado por los siguientes elementos conectados entre sí por medio de diversos protocolos, ya sean comunicaciones serie, como el caso Bluetooth o conexiones TCP/IP del servidor web.

- **Balizas:** sistemas electrónicos cuya función principal es la identificación del usuario cuando esté próximo a ella mediante tecnología Bluetooth. Una vez identificado enviará el mensaje que comenzará a reproducirse en el terminal del usuario automáticamente. Por otro lado, se establecerá una conexión TCP/IP con el servidor web mediante HTTP, tanto como para leer los datos de los usuarios que tienen que identificar en caso de que se aproximen a la baliza, como para escribir que un determinado usuario ha sido correctamente identificado y enviado con éxito el mensaje de audio.
- **Terminal de usuario:** aplicación móvil diseñada para el sondeo de las balizas y la reproducción de mensajes de audio. Para ello el usuario deberá contar con un terminal con sistema operativo Android y con conexión Bluetooth.
- **Servidor central:** unidad central de supervisión, que será la encargada de la toma de decisiones y de la inteligencia del sistema calculando las rutas oportunas para el usuario final. Será controlado por un operario que podrá crear/modificar/eliminar a los usuarios que tienen acceso, estaciones, balizas, o gestionar los pedidos realizados. En él se encontrará una base de datos local, que contará con toda la información de los usuarios, estaciones, balizas y los pedidos realizados por los usuarios.
- **Servidor WEB:** es un elemento de comunicación entre el servidor central y las balizas implementado de manera opcional, para simular un sistema real, ya que no es obligatorio, porque tanto las balizas como el servidor central están actualmente en la misma red local. En el servidor se almacena toda la información que el servidor central escribe para enviar a las balizas y éstas puedan leer los datos, o viceversa. La baliza escribe la información correspondiente para que el servidor central lea los datos y tome decisiones respecto a la ruta que se realizará.

2.2. FUNCIONALIDAD.

Se implementará un sistema piloto, simulando una estación del Metro de Madrid (Estación Sol), en la tercera planta del oeste (Escuela Politécnica, UAH). Se supone que existen cuatro andenes de metro que serán en este caso el fondo de pasillo de cada uno de los cuatro pasillos que hay en la tercera planta, tal y como refleja la *Ilustración 2*.

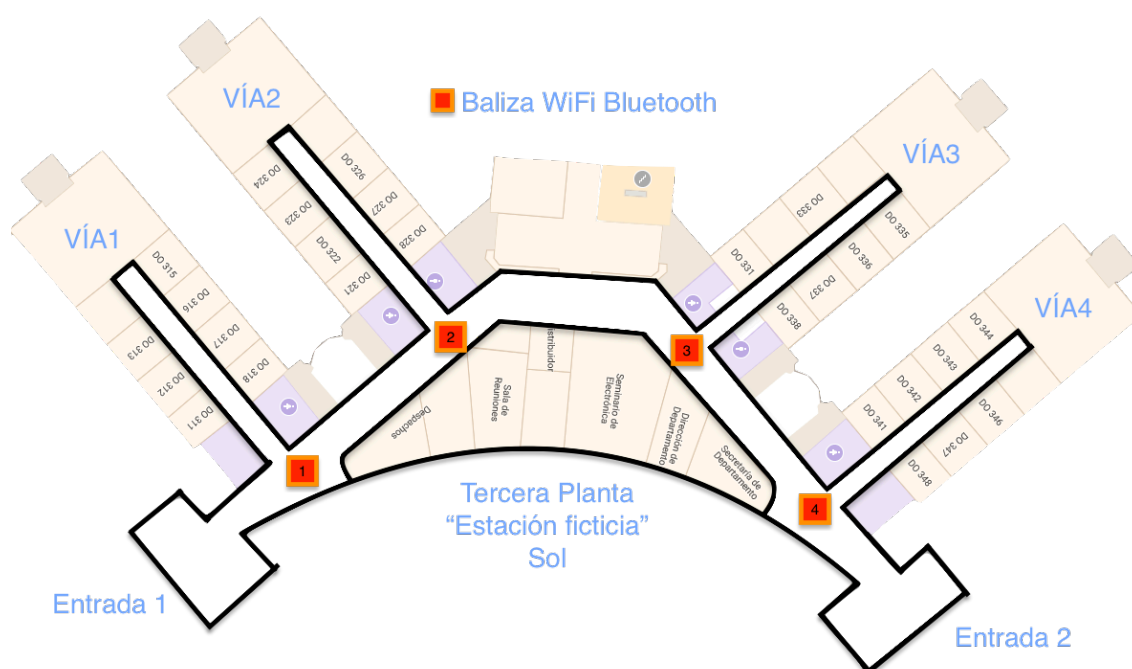


ILUSTRACIÓN 2. PLANO OESTE TERCERA PLANTA EDIFICIO POLITÉCNICO.

El funcionamiento completo del sistema seguirá el siguiente procedimiento según lo mostrado en la *Ilustración 1*:

1. El usuario realizará una llamada al servidor central mediante la cual indicará cual será el origen y destino de su trayecto; cada usuario dispondrá de un número de identificación referenciado mediante un registro previo. Por ejemplo, vamos a suponer que un determinado usuario quiere ir desde la estación ficticia Sol, la reflejada en la ilustración superior, hasta Ventas (Vía 2).

-
2. La información llega al servidor central, el cual procesará la información y realizará procesos para identificar los primeros pasos de la ruta. Se tiene en cuenta que, por ejemplo tiene dos posibles entradas, sin saber de antemano cual es la entrada que usará el usuario, por lo que en este caso se enviará la información al servidor web con información, tanto a la baliza nº1, como a la nº4 con el usuario y el mensaje adecuado a cada una de las mismas.
 3. El usuario podrá acceder a la estación por cualquiera de las dos entradas. Suponiendo en este caso que el usuario accede a través de la segunda entrada, lo identificará la baliza nº4 de la estación, que posee los datos del cliente y que enviará el mensaje adecuado para que continúe el camino hasta la baliza nº3. Enviará una petición al servidor web informando que dicho usuario ha recibido con éxito dicho mensaje para que el servidor central procese la información.
 4. El servidor central, ya tiene la certeza de que el usuario ya ha recibido correctamente el mensaje, por lo que enviará al servidor web la información nuevamente, al igual que en el punto número dos, pero en este caso con información para la baliza nº3.
 5. Se repite el proceso del punto tres, el usuario recibe el mensaje de audio para llegar a la baliza número dos, y esta baliza vuelve a enviar los datos al servidor web para procesar de nuevo en el servidor central.
 6. El servidor central realiza la misma operación que en el punto número cuatro, y esta vez envía la información a la baliza nº2.
 7. El usuario recibirá la información correspondiente de la baliza nº2 que será por la última baliza que el usuario transitará hasta llegar a la vía dos que le llevará hasta la estación de destino, en este caso ejemplo *ventas*.

2.3. REQUISITOS.

Los requisitos fundamentales del sistema se han segmentado según los bloques del sistema, perfectamente diferenciados: **balizas** (son las encargadas de enviar y recibir datos desde la aplicación móvil del usuario, se componen de a su vez de dos módulos, un Bluetooth para la conexión con el usuario y de un módulo Wifi que establece conexión de red para realizar peticiones con el servidor web), un **terminal de usuario** (móvil Android ^[6] con una versión superior a 4.0 Lollipop con Bluetooth), **servidor central** (automatización con base de datos integrada y encargado de realizar cálculos de rutas) y **servidor web** (medio de interconexión entre las balizas y el servidor central, en el cual intercambiarán los mensajes entre dichos terminales),

Las siguientes tablas muestran los requisitos de manera descriptiva para el sistema que se va a desarrollar.

2.3.1. BALIZAS.

Las balizas deberán realizar conexiones de red, para establecer peticiones HTTP con el servidor web. Por otro lado, deberán realizar conexiones mediante protocolos serie vía Bluetooth, para establecer conexiones con los terminales Android de los clientes.

En el lugar de instalación de las balizas se requiere el uso de un transformador 5V/1A, con salida micro USB para alimentación. Para realizar la programación, se necesita el entorno de programación Arduino IDE; esto permitirá programar de manera interna el microcontrolador integrado dentro del módulo Wifi.

Requisito 1.1	Conexión Red
Descripción	Conexión para establecer conexiones TCP/IP con el servidor Web.

TABLA 1. REQUISITO 1.1. CONEXIÓN DE RED WIFI.

Requisito 1.2	Conexión serie
Descripción	Conexión serie Bluetooth para comunicación con el usuario.

TABLA 2. REQUISITO 1.2. CONEXIÓN SERIE BLUETOOTH.

Requisito 1.3	Alimentación baliza.
Descripción	Alimentación a 5V/1A con salida micro USB.

TABLA 3. REQUISITO 1.3. ALIMENTACIÓN BALIZA.

Requisito 1.4	Software de desarrollo.
Descripción	Arduino IDE permite la programación de las balizas, y para la reprogramación de las mismas en caso de añadir nuevas balizas al sistema.

TABLA 4. REQUISITO 1.4. SOFTWARE DE DESARROLLO.

2.3.2. TERMINAL USUARIO.

Los requisitos a nivel hardware son un Smartphone con Bluetooth y una salida de audio, dichos terminales móviles tienen una cuota del mercado aproximadamente total, ya que son solamente algunos modelos muy concretos de Smartphone los que no implementan Bluetooth en sus terminales.

Por otro lado, para poder instalar la aplicación el sistema operativo Android es un requisito tener una versión 4.0 Lollipop o superior. Por motivos del uso de niveles API requeridos para versiones superiores a la misma.

Requisito 2.1	Versión Android.
Descripción	El terminal Android deberá tener una versión Lollipop 4.0 o superior para instalar el APK

TABLA 5. REQUISITO 2.1. CARACTERÍSTICAS VERSIÓN ANDROID.

Requisito 2.2	Conexión Bluetooth.
Descripción	Terminal móvil con Bluetooth integrado.

TABLA 6. REQUISITO 2.2. CONEXIÓN BLUETOOTH.

Requisito 2.3	Reproducción de audio.
Descripción	Reproducción por altavoces o auriculares.

TABLA 7. REQUISITO 2.3. REPRODUCCIÓN DE AUDIO.

Requisito 2.4	Espacio de memoria
Descripción	Espacio disponible superior a 100 MB en la memoria interna.

TABLA 8. REQUISITO 2.4. MEMORIA MÍNIMA PARA INSTALACIÓN.

Requisito 2.5	Implementación de la aplicación.
Descripción	Desarrollo de la aplicación en Android Studio ^[11] .

TABLA 9. REQUISITO 2.5. IMPLEMENTACIÓN DE LA APLICACIÓN.

2.3.3. SERVIDOR CENTRAL.

La implementación software se ha llevado a cabo mediante la programación en LabVIEW, desarrollando las distintas operaciones que tiene que realizar para llevar a cabo tareas de manera autónoma y además ofrecer una interfaz de usuario, para que un supervisor pueda realizar las diversas modificaciones que considere oportunas. Por otro lado, LabVIEW está conectado de manera local, con una base de datos MySQL que almacena los datos de manera lógica para una optimización de los recursos y tener centralizado todos los datos almacenados en servidor central.

A nivel hardware se requiere un ordenador con Microsoft Windows de 32 o 64 bits para la poder ejecutar el archivo ejecutable de LabVIEW ^[7], además de disponer de acceso a la red para él envío de datos al servidor web.

Requisito 3.1	Conexión de red
Descripción	Conexión Ethernet o Wifi a un router

TABLA 10. REQUISITO 3.1. CONEXIÓN DE RED DEL SERVIDOR CENTRAL.

Requisito 3.2	Interfaz de usuario.
Descripción	Interfaz de usuario diseñada por medio de <i>LabVIEW</i> .

TABLA 11. REQUISITO 3.2. CREACIÓN DE UNA INTERFAZ DE USUARIO.

Requisito 3.3	Calculo de rutas.
Descripción	Implementación de lógica para el cálculo de rutas en tiempo real.

TABLA 12. REQUISITO 3.3. CALCULO DE RUTAS.

Requisito 3.4	Base de datos local.
Descripción	Base de datos con MySQL ^[8] , local integrada en el servidor central para dejar un registro de los usuarios, pedidos, estaciones etc.

TABLA 13. REQUISITO 3.4. BASE DE DATOS LOCAL.

Requisito 3.5	Windows PC.
Descripción	Ordenador con Windows 10 en versiones de 32 o 64 bits.

TABLA 14. REQUISITO 3.5. WINDOWS PC.

2.3.4. SERVIDOR WEB.

Dado que el servidor no se encuentra en ningún medio físico y se encuentra en un host gratuito en red, no requiere ningún tipo de requisito a nivel hardware, aunque sí que será necesario tener acceso a la red para realizar las peticiones HTTP desde cualquier dispositivo que quiera establecer conexión con el mismo.

Requisito 4.1	Capacidad de almacenamiento.
Descripción	Almacenamiento de 50 MB de datos.

TABLA 15. REQUISITO 4.1. CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO DE DATOS SERVIDOR WEB.

Requisito 4.2	Conexión.
Descripción	Conexiones TCP/IP para comunicarse.

TABLA 16. REQUISITO 4.2. CONEXIÓN SERVIDOR WEB.



CAPÍTULO 3

Características y Diseño.



Capítulo 3. CARACTERÍSTICAS Y DISEÑO.

3.1. CONEXIÓN DE BLOQUES.

El proyecto completo realiza la conexión de diversos equipos, para conseguir el guiado de cualquier usuario final que desee utilizar la aplicación. Para realizar dicho proceso, se requiere una sincronización del conjunto para el procesamiento de datos y optimización del sistema.

Para ello cada uno de los bloques permanecerá conectado a otro de la siguiente manera:

- **Balizas:** las conexiones de las balizas se realizan para detectar al usuario correctamente (Bluetooth) y para obtener/enviar datos al servidor web (Red). Para ello lo primero que realizan las balizas es leer datos de identificación del usuario recibida del terminal móvil, a través de protocolos serie Bluetooth con la información del usuario y pedido. Con los datos recibidos realizan una petición de lectura al servidor web con una copia de los mismos, en caso de encontrar al usuario y el pedido le devuelven al usuario un identificador de mensaje almacenado en el servidor web. Con el identificador, la aplicación Android reproduce un mensaje de audio y la baliza establece una conexión de escritura en el servidor web confirmando que el usuario ya realizó esa ruta. Con esos datos de confirmación el servidor central podrá calcular el siguiente paso de la ruta.
- **Terminal usuario:** establece conexiones serie vía Bluetooth, para ello estará escaneando continuamente los Bluetooth hasta encontrar un Bluetooth disponible de una baliza, por medio de la dirección MAC de las balizas. Una vez se conecten a una de las mismas, envían la información del usuario y número de pedido, esperando respuesta con un identificador de mensaje para su reproducción.

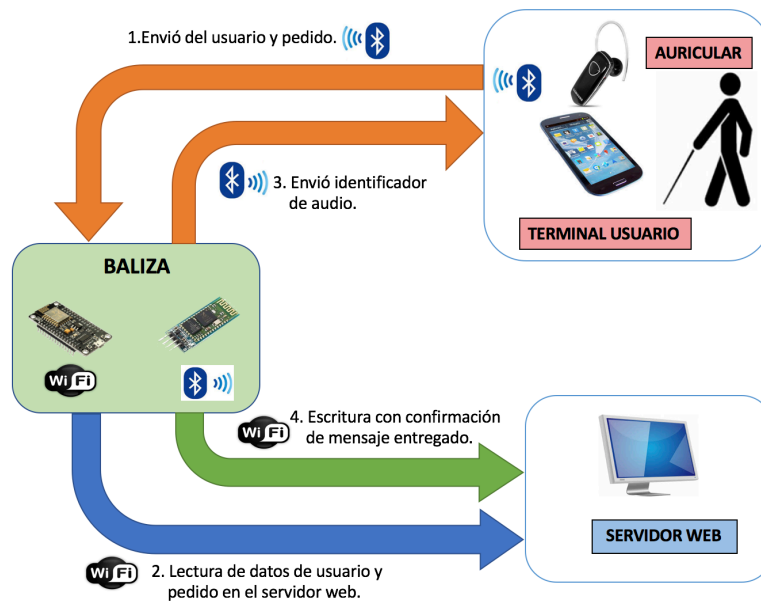


ILUSTRACIÓN 3. CONEXIONES BALIZA/USUARIO Y BALIZA/SERVIDOR WEB.

Como se observa en la *Ilustración 3* la baliza establece conexiones con dos equipos principales, usuarios y el servidor web. Las conexiones en la ilustración indican quien inicia la conexión. Por otro lado, los mensajes en “naranja” son los que se establecen mediante protocolo serie vía Bluetooth, mientras que el color “azul” y “verde” muestran las peticiones de conexión HTTP con el servidor web. Los números indican el orden en el cual se ejecutan.

- **Servidor web:** es el elemento de conexión entre las balizas y el servidor central, en él se alojará la información acerca de los pedidos en curso y los ya realizados. Se podrá obtener toda la información accediendo desde el servidor central o las balizas mediante conexiones HTTP (Hypertext Transfer Protocol). Es un elemento fundamental, aunque su implementación en el proyecto no es estrictamente necesaria, debido a que las balizas y el servidor central podrían realizar la transferencia directa de datos entre ellos, porque se encuentran bajo el dominio de la misma red local. Con el fin de simularlo de manera real (en caso de no encontrarse bajo la misma red local) se necesita realizar conexiones de dos elementos, bien a través de la red por medio de un servidor web o una VPN. Ya que el servidor central no estará alojado en cada estación si no que podrá estar ubicado en un edificio distinto, por eso se ha introducido, aunque no fuese estrictamente necesario, pero de esta manera tiene un carácter más real del sistema completo. La opción elegida para realizar la transferencia de datos ha sido por medio del servidor web.

- **Servidor central:** establece conexiones de manera constante al servidor web mediante protocolos TCP/IP, de manera síncrona y de lectura para comprobar si se debe realizar el cálculo de una nueva ruta, en caso afirmativo establecerá nuevamente una conexión de escritura con los datos del nuevo evento en la ruta generado. Por otro lado, estará permanente conectado con la base de datos para leer información relevante de los usuarios. Además, cada vez que un usuario realiza un pedido establecerá una conexión de escritura en el servidor web con los datos del pedido. Todos los datos quedarán almacenados tanto en la base de datos local que posee el servidor central, como en el servidor web.

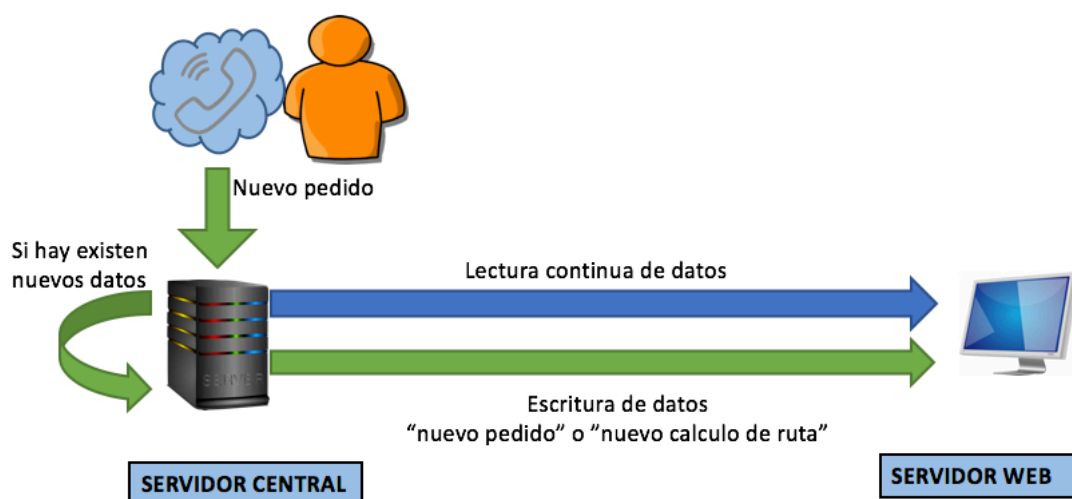


ILUSTRACIÓN 4. CONEXIONES ENTRE SERVIDOR CENTRAL Y SERVIDOR WEB.

En la ilustración superior se aprecia lo mencionado sobre las conexiones; en “verde” se muestran las conexiones de escritura establecidas. En este caso son dos, para nuevos pedidos de un usuario o si un usuario necesita un nuevo paso en su trayecto, porque ya realizó un tramo del recorrido, por lo que configurará el siguiente paso de la ruta. Por otro lado, las conexiones en “azul” son las de lectura para recibir los datos de manera síncrona cada 250ms. Tanto las lecturas como las escrituras son peticiones realizadas desde el servidor central al servidor web como indican el origen y destino de las flechas.

3.2. BALIZAS.

3.2.1. CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES.

La principal función de la baliza será la correcta identificación del usuario adecuado, diferenciando entre distintos usuarios, para realizar un envío de datos al cliente final de la manera conveniente y de manera inequívoca por medio de comunicaciones Bluetooth.

Además, realizará peticiones mediante protocolos TCP/IP ^[12] al servidor web mediante peticiones HTTP, por medio de un acceso a internet a través de conexión Wifi, para obtener la información que se almacena en él. Para ello leerá la información que el usuario le proporciona, la enviará al servidor para confirmarla y si dicho usuario se encuentra en el sistema, obtendrá el mensaje del servidor web y se lo entregará al usuario mediante protocolos serie vía Bluetooth, para que el usuario reproduzca dicho mensaje.



ILUSTRACIÓN 5.HARDWARE SOFTWARE BALIZA.

3.2.2. DIAGRAMA DE FLUJO.

Las balizas son un elemento fundamental de sistema ya que son las encargadas de conectar el usuario con el servidor, es decir actúan como intermediarias para el intercambio de información en el sistema.

La manera en la que operan las balizas es simple, ya que estarán en espera hasta recibir datos de los usuarios que se conecten a ellas. Si un usuario establece conexión con ellas, buscarán información al respecto de dicho usuario en el servidor web, y le enviarán la información que se encuentre en el servidor para que pueda reproducir correctamente el mensaje de audio el terminal usuario.

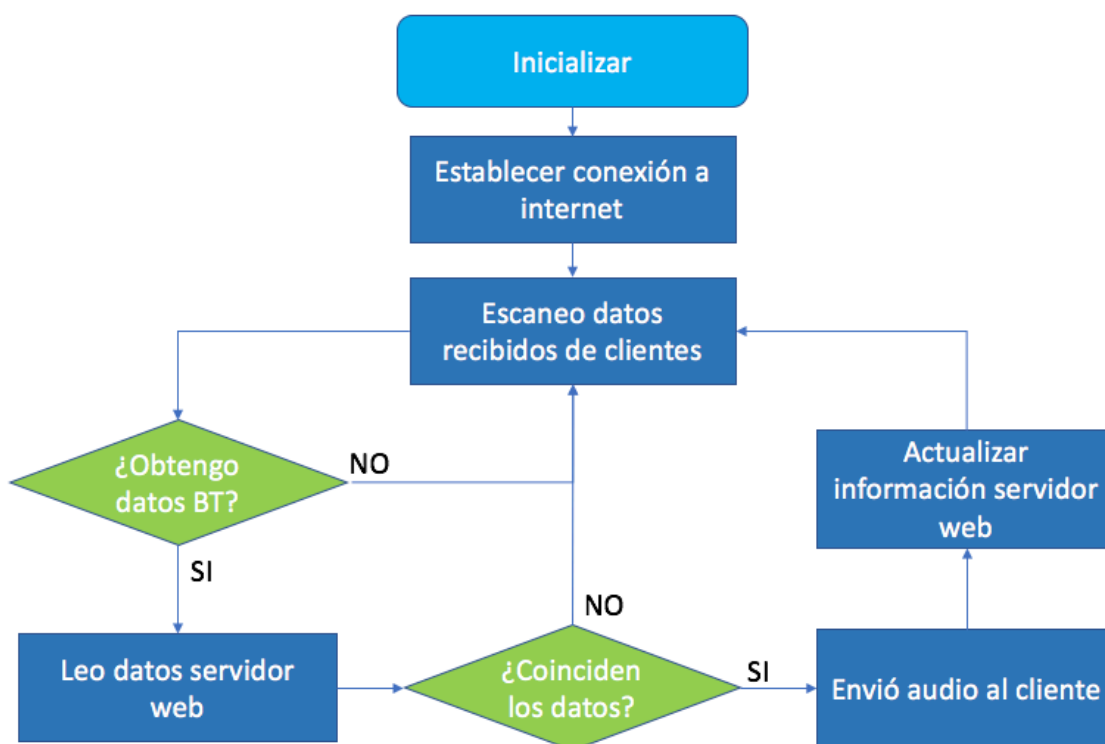


ILUSTRACIÓN 6. DIAGRAMA DE FLUJO DE LAS BALIZAS.

3.2.3. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN.

Para el diseño de la baliza se ha optado por utilizar tanto el módulo ESP8266 como el HC-06 interconectados a pesar de que hay módulos que integran Wifi y Bluetooth en uno solo. El motivo de la decisión final ha sido por varios motivos a tener en cuenta:

1. **Disposición de antenas:** es cierto que por ejemplo, otros módulos como el ESP32 tienen ambos tipos de conexiones en un mismo módulo integrado, incluso con una mejor capacidad de proceso en comparación con el ESP8266, pero al solo disponer de una única antena para utilizar ambas conexiones perdía calidad el sistema en caso de usarse de manera simultánea, puesto que ambas tecnologías se transmiten entorno los 2,4GHz, por lo tanto esto se traduce a errores en el envío y recepción de datos, ya estas producen ruido una a la otra al estar en la misma antena. Pero tampoco se puede proceder a utilizar por separado inhabilitando una tecnología y activando la otra constantemente, ya que el principal motivo era por cuestiones de tiempo, si se produce constantemente un apagado y encendido de Wifi y Bluetooth, implica que desde que se procede a desconectar el Wifi hasta que se establece la conexión por Bluetooth y posteriormente el proceso inverso, suceden varias cosas a destacar. La primera el tiempo que un usuario estará disponible para el módulo será breve, por lo que si por un casual dos usuarios quieren acceder en un corto periodo de tiempo esto nos llevaría a que algún usuario o los dos dejarían de ser atendidos, porque la distancia a la que el Bluetooth se puede enlazar es aproximadamente unos 10 metros de alcance, si en avanzar 10 metros una persona tarda aproximadamente 4~5 segundos, el módulo es incapaz de conectar el Bluetooth, detectar al usuario, apagar el Bluetooth, encender Wifi, establecer conexión con el router, conectar con el servidor web, leer datos, desconectar Wifi y conectar Bluetooth para enviar el mensaje al usuario. Por lo tanto, es inviable tanto la opción de encender y apagar constantemente el dispositivo, como la opción de usar ambas a la vez encendidas por el ruido.
2. **Económica:** a pesar de que el módulo ESP32 integra las dos tecnologías en un mismo módulo, su precio es superior a la suma de los dos módulos utilizados juntos, debido a que es un módulo más moderno, y con mejor procesador.

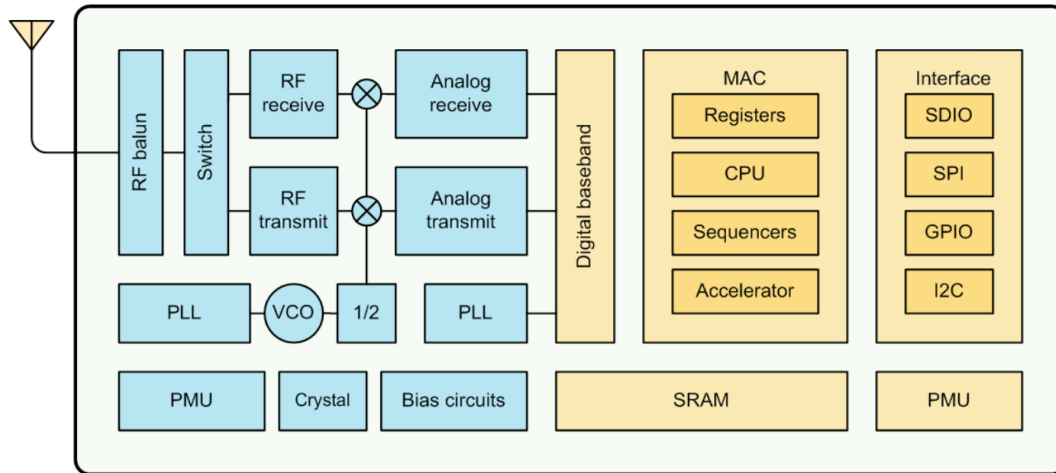


ILUSTRACIÓN 7. DIAGRAMA DE BLOQUES INTERNO ESP8266.

En la *Ilustración 7*, se puede observar a nivel interno las características del módulo Wifi. Dichas características permiten realizar una programación interna para un correcto funcionamiento gracias a su CPU, su antena RF, y las conexiones GPIO con el módulo Bluetooth.

Por lo cual, la valoración es clara y por esos dos motivos principales se realizarán las balizas con la interconexión del módulo ESP8266 con el HC-06.

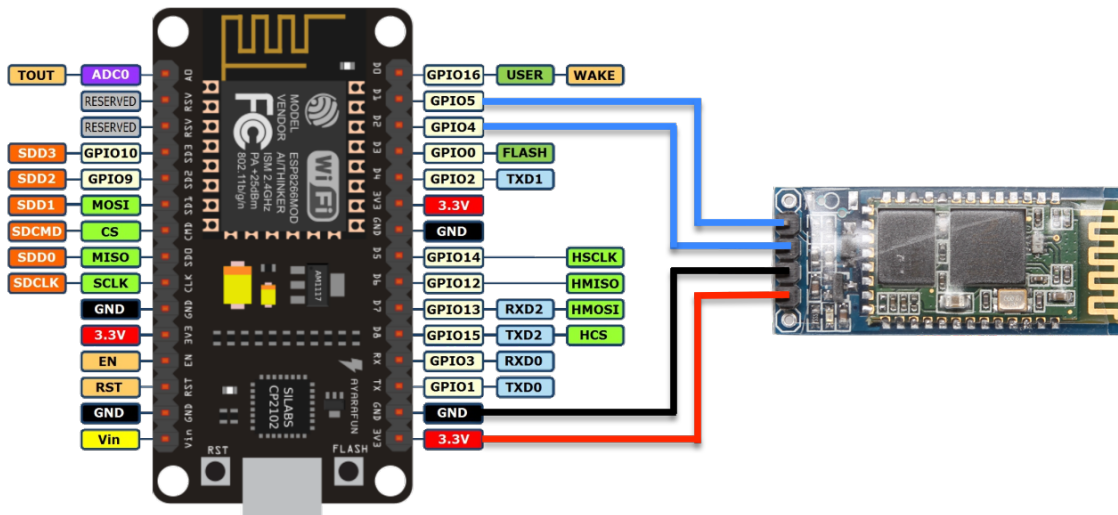


ILUSTRACIÓN 8. CONEXIONADO ESP8266 NODE MCU v3.0 Y HC-06.

Las tablas inferiores muestran las características de ambos dispositivos, relacionadas con la alimentación, potencia de las antenas, memoria, etc. Queda adjunto el datasheet completo en el *Anexo I*.

ESP8266	Medida
Tensión de alimentación	3,3~5,5V
Consumo en transmisión	56~170mA
Consumo en reposo	<1mA
Tiempo de respuesta	<2ms
Antena Wifi	2,4GHz
Temperatura de funcionamiento	-40~+125°C
Potencia de salida	+20 dBm
Microcontrolador	32 bits
Memoria flash	1Mb

TABLA 17. DATASHEET ESP8266.

HC-06	Medida
Tensión de alimentación	3.1~ 4.2V
Corriente de pareado	30 ~40 mA
Corriente de comunicación	8mA
Bit error rate	-80dBm
Antena Bluetooth	2,4GHz
Temperatura de funcionamiento	-25~+75°C
Potencia de salida	-4 dBm
Potencia emisión	3 dBm

TABLA 18. DATASHEET HC-06.

En cuanto a la programación interna de cada baliza, se puede dividir en dos partes:

Set up: haciendo referencia a la configuración, toda baliza deberá ser configurada de manera única.

1. Conexión de red vía Wifi: para ello se tiene que introducir tanto el SSID como la contraseña, del router con acceso a red que se desee.
2. Conexión al servidor Web Data Sparkfun^[13]: para ello se guarda en dos variables tanto la clave pública para poder ver la información del servidor, como la clave privada que permite a la baliza poder realizar escrituras en el servidor web para procesos posteriores. Además, se asignará el puerto 80 para establecer conexiones TCP/IP con dicho servidor.
3. Conexión Bluetooth y Wifi: ambos módulos intercambian la información por la conexión de los pines 4 y 5, para realizar la función de Rx y Tx, debido a que dichos pines no están pensados para realizar las funciones de Rx y Tx, se utiliza una librería para habilitarlos como tal, aunque en este caso no permite tener un baudrate muy elevado, por lo que se considera oportuno usar 9600 baudios para el sistema.
4. Número de baliza: identificador con la ID de la baliza (tiene que ser única)
5. Número de estación: identificador con la ID de la estación a la cual pertenece la baliza

Loop: en el bucle principal de la baliza se realizan operaciones autónomas siguiendo un orden lógico. La baliza en caso de que un dispositivo se conecte a ella escaneará si recibe algún dato vía Bluetooth, en caso de recibir algún dato vía Bluetooth se ira almacenando en una cadena de caracteres de la siguiente manera *IDxxxxxxxIDyyyyyyyy*, una vez recibido el mensaje completo se analizará y se asignará dicho mensaje recibido de la siguiente manera los valores de "X" son referidos al usuario que está comunicando con la baliza, por otro lado los valores de "Y" son los valores que hacen referencia al número de pedido realizado. Por lo que se comunicara con el servidor web a través de protocolos TCP/IP, para solicitar información de dicho número de usuario, número de pedido y número de baliza. Los datos obtenidos del servidor, en caso de encontrarse con dichos parámetros correctamente, se almacenarán en un buffer en el cual contiene toda la información correspondiente a dicho usuario, para finalizar el proceso la baliza se comunicará con el terminal de usuario enviándolo los datos del mensaje adecuado obtenido del servidor, para su correcta reproducción en el teléfono del cliente. Una vez enviado

correctamente el código de audio al terminal, se comunicará al servidor web que se ha entregado el mensaje correctamente al usuario por lo que la baliza introducirá una nueva línea para que el servidor central interprete que ya se recibió el audio y proceda a calcular la ruta del nuevo paso para la siguiente baliza.

Cada una de las balizas a su vez cuenta con una dirección MAC única asociada a su dispositivo Bluetooth, que son las siguientes: “98:D3:31:70:9F:91”, “98:D3:36:00:C0:1C”, “98:D3:36:00:C0:1E” y “00:15:83:35:5B:68”. Con estas direcciones MAC podremos conectar los terminales móviles de manera correcta para realizar las peticiones y el intercambio de información entre dichas balizas y los terminales móviles.

El código completo está referenciado en el *Anexo II*, en él se puede encontrar la programación completa de las balizas.

3.3. TERMINAL USUARIO.

3.3.1. CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES.

El terminal de usuario es un terminal móvil con sistema operativo Android, su principal función es mediante una aplicación móvil, crear una conexión mediante protocolos serie como es Bluetooth, para el intercambio de mensajes codificados con las balizas y la reproducción de audios con indicaciones de la ruta. Dichos intercambios de datos se realizan con las balizas del sistema de manera asíncrona.

Para ello se tienen que tener en cuenta que dicho proceso se tiene que realizar de manera automática para facilitar el uso al usuario final y no tenga que estar realizando operaciones en la aplicación, para así ofrecer un servicio más accesible a las personas con ceguera. La configuración que deberán realizar antes de empezar su guiado, es introducir el usuario y el pedido en la aplicación y darle a comenzar, puesto que es un prototipo en esta primera versión se podrían ayudar del apoyo de un familiar para realizar dichas operaciones, aunque la aplicación está configurada para el uso de invidentes, ya que la propia aplicación informa por mensajes de audio todas opciones a la hora de introducir los datos en la interfaz de la aplicación, el resto del proceso una vez comenzado el guiado, será de manera autónoma ya que se producirán conexiones Bluetooth con las balizas.

Permitirá al usuario, por ejemplo, estar utilizando la aplicación en segundo plano, dejando su terminal en el bolsillo mediante la conexión de auriculares.



ILUSTRACIÓN 9. HARDWARE SOFTWARE TERMINAL USUARIO.

3.3.2. DIAGRAMAS DE FLUJO.

Como se comentó con anterioridad el funcionamiento es básico ya que la aplicación una vez esta inicializada se limita escanear continuamente los dispositivos Bluetooth, y cuando esta encuentra uno conocido en función de la dirección MAC del mismo, enviará una serie de datos y dejando en espera la respuesta de ellos para así poder realizar la operación de reproducir el mensaje de audio, en caso de no recibir datos escaneará de nuevo los dispositivos de manera continua tal y como se muestra en la siguiente *Ilustración 10*.

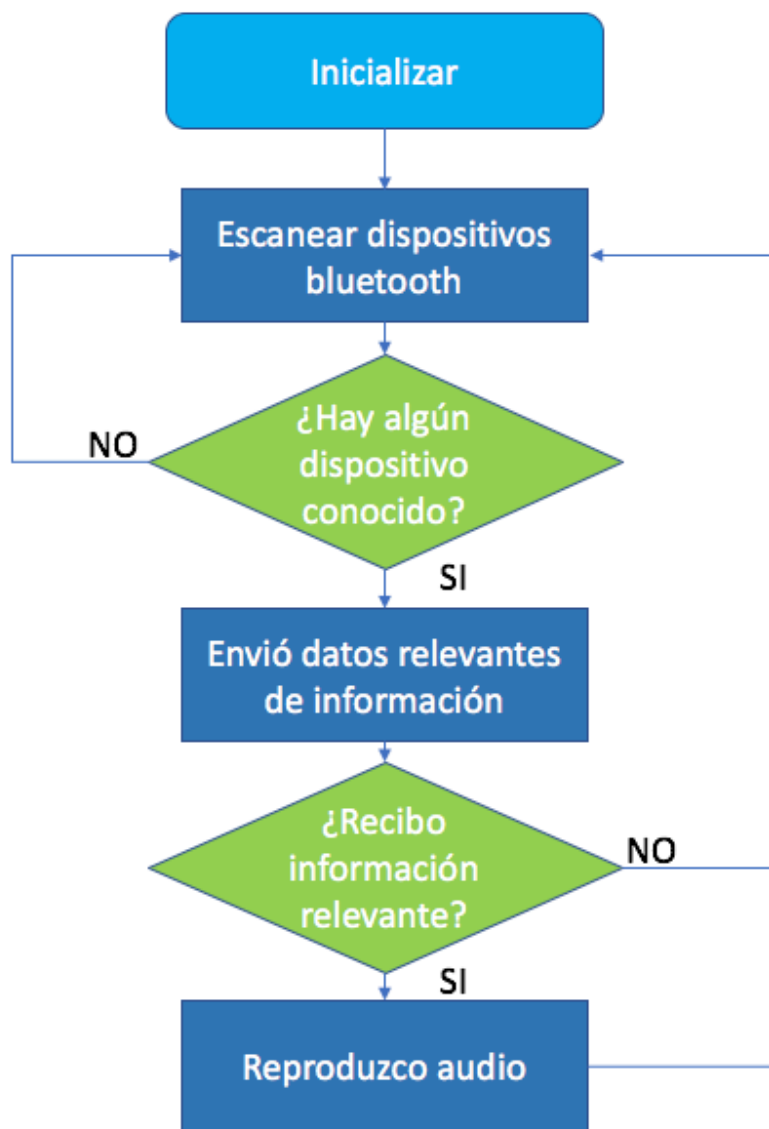


ILUSTRACIÓN 10. DIAGRAMA DE FLUJO EN EL TERMINAL ANDROID DEL USUARIO.

3.3.3. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN.

Para el diseño de la aplicación móvil se tiene que tener en cuenta que el usuario tiene que intervenir lo mínimo posible para ejecutarla correctamente, por ello solamente deberá ingresar un número de usuario y un número de pedido. Teniendo en cuenta que dicha aplicación es para personas invidentes todo el contenido completo de la aplicación es compatible con la accesibilidad del sistema operativo Android, por lo que el propio terminal en la aplicación ira reproduciendo audios solicitando a los usuarios los datos que necesiten introducir.

Para llevar a cabo la aplicación se deberán registrar por pantalla los datos de los usuarios y el pedido correspondiente, tal y como aparece en la siguiente captura de pantalla.



ILUSTRACIÓN 11. PANTALLA COMPLETA APLICACIÓN MÓVIL.

La implementación será acorde con los objetivos, puesto que la aplicación deberá realizar operaciones de manera autónoma, por lo que deberá realizar un escaneo continuo de los dispositivos Bluetooth que se encuentren en el

radio de alcance y obtener la dirección MAC de los mismos, en caso de encontrar un dispositivo con una dirección MAC conocida de una baliza, esta se deberá conectar de manera automática. Una vez conectada a la baliza se le transmitirá un mensaje con la información de usuario y del pedido de la siguiente manera “IDxxxxxxxIDyyyyyyylr”, donde las X son los números de identificación del usuario y las Y son los números de identificación del pedido en cuestión.

Una vez analizados los datos por las balizas, devolverán un número de identificador de mensaje de audio con la siguiente estructura “msgzzzz” donde Z son los cuatro números que identifican al mensaje de audio. Cuando se recibe el identificador del mensaje automáticamente se reproducirá en el terminal Android con las indicaciones pertinentes para su correcta guía hasta la siguiente baliza o su destino.

Dichos mensajes de audio tienen los siguientes identificadores, además se ha utilizado una aplicación de Yakitome^[14], para convertir cadena de caracteres a mensajes .mp3.

ID	Mensaje de voz.
0001	Buenas, has entrado por la entrada norte del edificio. avance durante veinte metros manteniendo la misma dirección, hasta recibir nuevas notificaciones.
0002	Buenas, has entrado por la entrada norte del edificio. gire hacia la derecha, en 20 metros habrás llegado a su destino, te encontraras en la vía 4 destino Cuatro Caminos .
0003	Buenas, has entrado por la entrada sur del edificio. avance durante veinte metros manteniendo la misma dirección, hasta recibir nuevas notificaciones.
0004	Buenas, has entrado por la entrada sur del edificio. gire hacia la derecha, en 20 metros habrás llegado a su destino, te encontraras en la vía 1 destino pinar de Chamartín .
0010	Avance durante veinte metros manteniendo la misma dirección, hasta recibir nuevas notificaciones.
0011	Continúe durante treinta metros en la misma dirección, deberá ir girando levemente hacia la derecha hasta recibir una nueva indicación.
0012	Continúe durante treinta metros en la misma dirección, deberá ir girando levemente hacia la izquierda hasta recibir una nueva indicación.
0021	Gire hacia la derecha , en 20 metros habrás llegado a su destino, te encontraras en la vía 1 destino Pinar de Chamartín .
0022	Gire hacia la derecha , en 20 metros habrás llegado a su destino, te encontraras en la vía 2 destino Las Rosas .

0023	Gire hacia la derecha , en 20 metros habrás llegado a su destino, te encontraras en la vía 3 destino Valdecarros .
0024	Gire hacia la derecha , en 20 metros habrás llegado a su destino, te encontraras en la vía 4 destino Cuatro Caminos .
0025	Gire hacia la izquierda , en 20 metros habrás llegado a su destino, te encontraras en la vía 1 destino Pinar de Chamartín .
0026	Gire hacia la izquierda , en 20 metros habrás llegado a su destino, te encontraras en la vía 2 destino Las Rosas .
0027	Gire hacia la izquierda , en 20 metros habrás llegado a su destino, te encontraras en la vía 3 destino Valdecarros .
0028	Gire hacia la izquierda , en 20 metros habrás llegado a su destino, te encontraras en la vía 4 destino cuatro caminos.
0030	Estas dirigiéndote en estos momentos en dirección contraria, continúe 20 metros en dirección contraria.

TABLA 19. LISTADO DE MENSAJES DE AUDIO.

El código de la aplicación móvil en java queda adjunto en el *Anexo III* del documento.

3.4. SERVIDOR CENTRAL.

3.4.1. CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES.

El servidor central es el encargado de procesar y realizar los cálculos de las rutas, a medida que el usuario vaya realizando su ruta. Es el núcleo central del sistema, desde él se puede acceder a todos los datos necesarios en cualquier momento, además de contar con una interfaz de usuario que permitirá al supervisor del sistema si fuese necesario añadir nuevas estaciones, nuevas balizas, o nuevos clientes de manera manual, incluso realizar modificaciones de rutas de algún usuario en concreto. Esta interfaz gráfica y la programación a nivel más bajo se ha realizado con LabVIEW 2016 32bits. Por otro lado, el servidor central cuenta con una base de datos MySQL, a nivel local en la cual se ira almacenando de manera automática toda la información relevante del sistema, ya sean usuarios, estaciones o balizas, además de tener un registro de los pedidos realizados por los usuarios en todo momento.

El servidor central tiene un conjunto de utilidades relacionadas y configuradas como son; una base de datos, una interfaz de usuario permitiendo a un supervisor realizar modificaciones en la configuración del sistema y un sistema autónomo para realizar el cálculo de las rutas en el menor tiempo posible. Estas características serán analizadas de manera individual, explicando su funcionamiento completo.

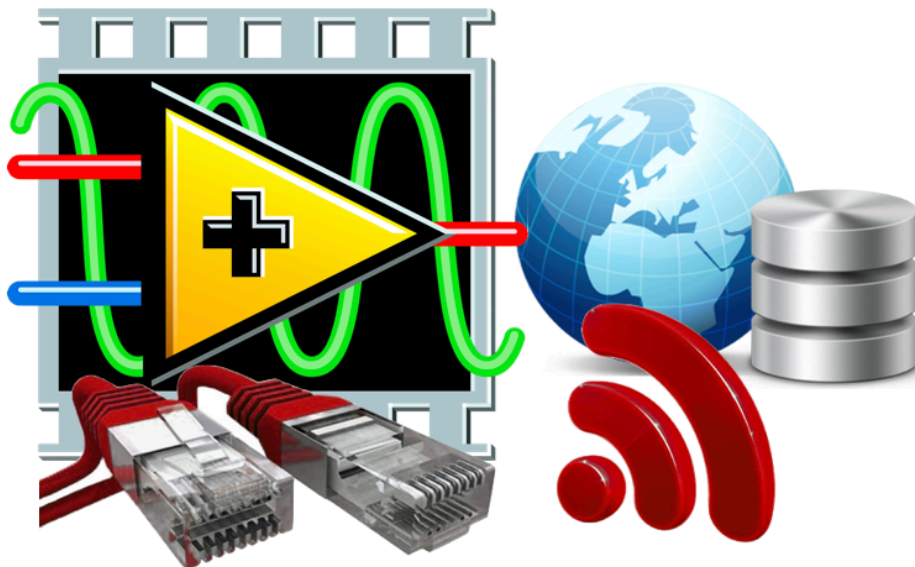


ILUSTRACIÓN 12. HARDWARE SOFTWARE SERVIDOR CENTRAL.

3.4.2. DIAGRAMA DE FLUJO.

El sistema central siempre estará conectado a un servidor web, leyendo la información de manera automática, y solo realizará operaciones de manera autónoma cuando en dicho servidor se introduzcan nuevos datos de información de rutas.

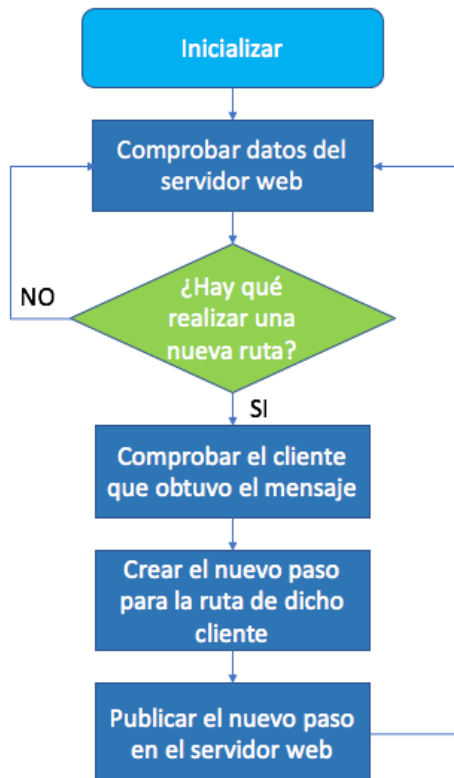


ILUSTRACIÓN 13. DIAGRAMA DE FLUJO DEL SISTEMA AUTÓNOMO DEL SERVIDOR CENTRAL.

3.4.3. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN.

Para realizar un correcto diseño del servidor central, es muy útil la programación con la herramienta de programación de *National Instrument LabVIEW 2016*, para ello se han considerado unos puntos fuertes a favor de dicha aplicación:

1. **Interfaz de usuario:** *LabVIEW* es una herramienta de programación que está preparada para generar aplicaciones con una interfaz gráfica para el usuario final (supervisor), sin tener ningún tipo de conocimiento sobre programación, salvo que se quiera modificar el código de la aplicación.

-
2. **Multithreading:** quiere decir que es capaz de ejecutar tareas de manera simultánea, no sigue un código plano, sino que es capaz de aprovechar todos los procesadores del ordenador ejecutando cada uno una tarea distinta. Por lo que facilita a la hora de separar el programa en varios procesos en paralelo.
 3. **Curva de aprendizaje:** aprender a programar con *LabVIEW* es una tarea mucho más sencilla en comparación con *LabWindows*, también de *National Instrument*.
 4. **Toolkits:** posee un gran repertorio de módulos para aplicaciones que permiten el uso de una manera sencilla en determinadas ocasiones, en este caso lo he utilizado para la conexión con la base de datos a nivel local y la comunicación con el servidor web.

Para diseñar el servidor central, hay que tener en cuenta muchos factores y características que se desea tener en él. Por un lado:

1. Se requiere tener la posibilidad de crear/modificar/eliminar cualquier tipo de información del sistema, esto quiere decir que en cualquier momento el operario que este supervisando el servidor central, tiene que tener la capacidad crear/modificar/eliminar a un usuario, una ruta, un módulo o incluso una estación. En este caso por la posibilidad de querer expandir el sistema, creando nuevas estaciones o servicios que se requieran, por lo que tiene que tener una interfaz visual de manera que tenga acceso a toda esa información sin la necesidad una reprogramación del código de la aplicación.
2. Toda esta información quedará almacenada en una base de datos previamente diseñada con MySQL.
3. Tiene que ser autónomo, es decir que no necesite la ayuda de una persona humana para generar las rutas que cualquier usuario solicite en cualquier momento, por lo que tiene que tener la suficiente capacidad como para generarlas a disposición del usuario e ir actualizando dichas rutas en función de los requisitos que sean necesarios.
4. Acceso al servidor web, el cual será el punto de conexión con las balizas, para ello se deberá de generar la información correspondiente de manera organizada y con un cierto patrón para que toda la información tenga sentido y sea legible.

3.4.3.1. Base de datos.

Para implementar el sistema central se ha procedido a generar la base de datos en MySQL Workbench 6.3, para ello se han considerado los factores anteriormente citados.

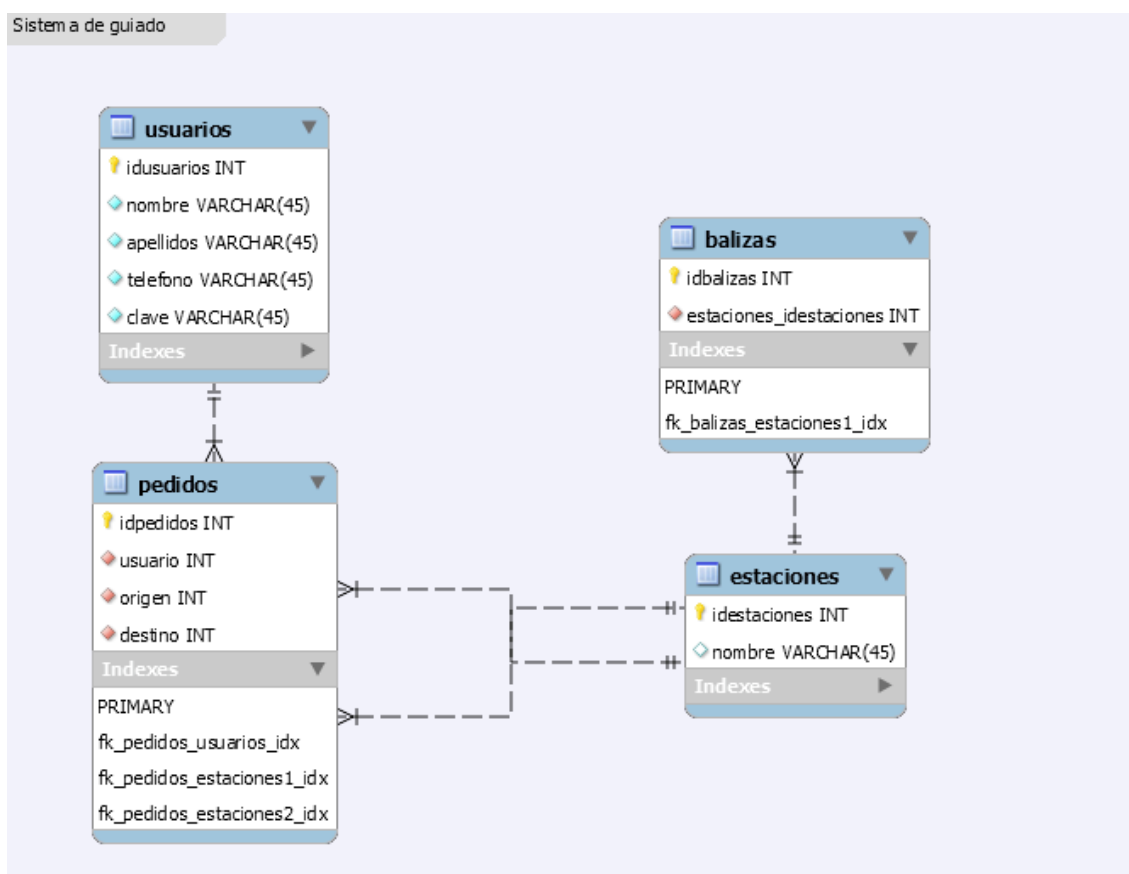


ILUSTRACIÓN 14. DISEÑO DE LA BASE DE DATOS RELACIONAL MYSQL WORKBENCH.

Como se observa en la *Ilustración 14*, se ha creado una base de datos relacional, ya que permite una mayor eficacia, flexibilidad y confianza en el tratamiento de los datos. En el modelo relacional se representa mediante las siguientes tablas:

- **Usuarios:** almacenará todos los datos de los usuarios que tienen acceso a dicho sistema, se le asignará un número de identificación ID que asociará el nombre, apellidos, telefono y clave del usuario.
- **Pedidos:** una tabla en la cual se introducirán todos los pedidos realizados por los clientes, la cual relacionará el pedido a un cliente, que además tendrá como datos la estación origen y la estación destino.

- **Estaciones:** será la base de datos donde se almacenen todas las estaciones que se encuentren integradas en el sistema.
- **Balizas:** almacenara todos los datos de todas las balizas que existan irán asignadas a una estación en concreto, es decir una baliza solo podrá pertenecer a una estación.

El código completo .SQL está disponible en el *Anexo IV*, con toda la información relevante para crear la base de datos completa.

3.4.3.2. Interfaz de usuario.

La interfaz de usuario permitirá a un supervisor realizar todas las modificaciones posibles respecto a los usuarios, pedidos, balizas y estaciones, para ello se ha creado un menú el cual está conectado a la base de datos, para poder realizar dichas tareas.

La vista global de la interfaz es la mostrada en la *Ilustración 15*, para ello se irá especificando de manera detallada que operaciones se pueden realizar de manera adecuada en ella y la programación asociada a cada una de las tareas que realiza, ya sea de manera supervisada, a través de la interfaz de usuario o en las operaciones que realiza de manera autónoma, por detrás de lo que el supervisor puede ver y operar.

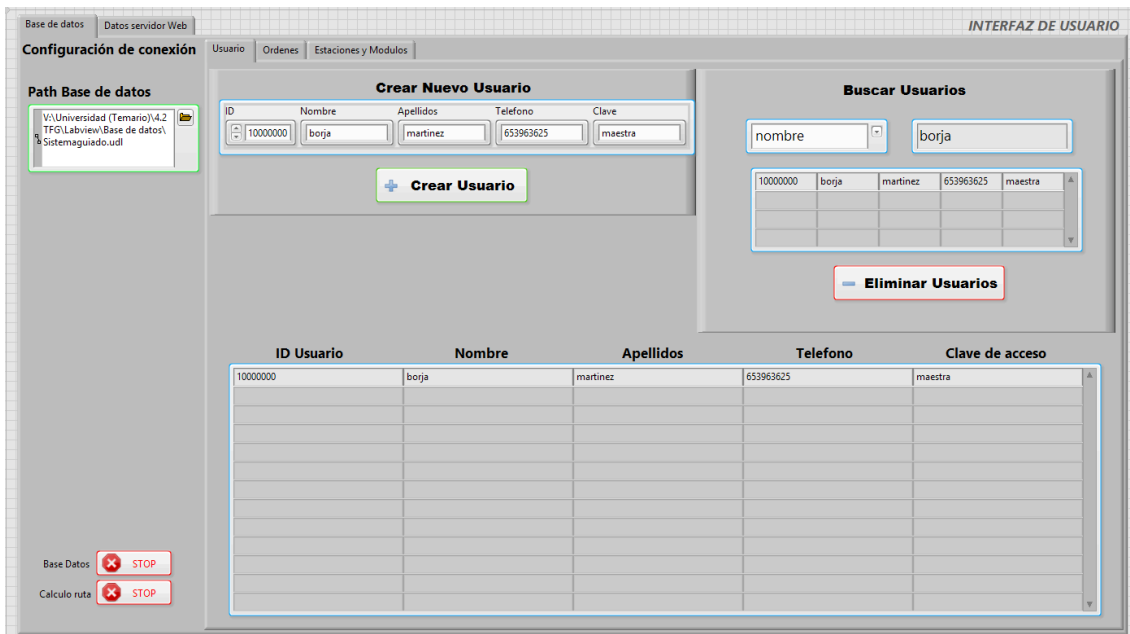


ILUSTRACIÓN 15. INTERFAZ COMPLETA DE USUARIO DEL SERVIDOR CENTRAL.

Lo primero es asociar la base de datos creada al archivo ejecutable de LabVIEW, para ello se realizará como se muestra en la *Ilustración 16*.

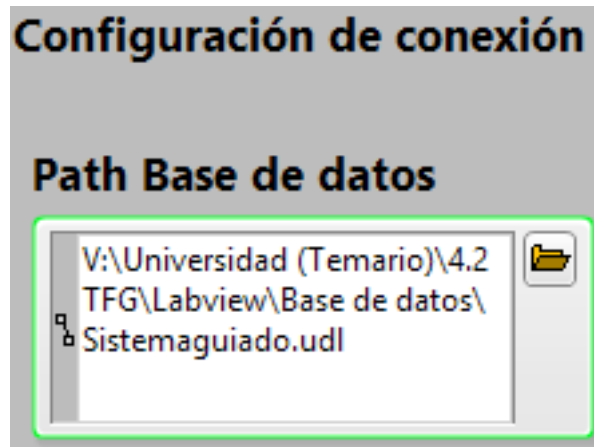


ILUSTRACIÓN 16. CONFIGURACIÓN DEL PATH DE LA BASE DE DATOS.

En ella hay que seleccionar la ruta en la cual está la base de datos local para poder realizar las operaciones sobre dicha base de datos y no sobre otra base de datos local que se encuentre en el ordenador en el cual se está ejecutando la aplicación. Dicha base de datos tiene una extensión .udl, para crear la conexión con la base de datos se deberá realizar la conexión mediante la herramienta de Windows ODBC, en el cual deberá dar permiso a la base de datos para su ejecución y creará el archivo mencionado .udl .

Dentro de la interfaz de usuario, existen otras tres pestañas que son las siguientes, “usuarios”, “órdenes” y “estaciones y módulos”.

3.4.3.2.1. Usuarios.

En el apartado usuario se podrán realizar operaciones para agregar, eliminar o buscar usuarios que estén en la base de datos registrados.

The screenshot shows a web application interface for user management. At the top, there are navigation tabs: 'Usuario', 'Ordenes', and 'Estaciones y Modulos'. The main interface is divided into two main sections: 'Crear Nuevo Usuario' and 'Buscar Usuarios'. The 'Crear Nuevo Usuario' section contains a form with five input fields: 'ID' (with a spinner and the value '10000000'), 'Nombre' (with the value 'borja'), 'Apellidos' (with the value 'martinez'), 'Telefono' (with the value '653963625'), and 'Clave' (with the value 'maestra'). Below these fields is a green button labeled '+ Crear Usuario'. The 'Buscar Usuarios' section contains a dropdown menu with the value 'nombre', an empty search input field, a table with several empty rows, and a red button labeled '- Eliminar Usuarios'. At the bottom of the interface is a large table with the following columns: 'ID Usuario', 'Nombre', 'Apellidos', 'Telefono', and 'Clave de acceso'. The table is currently empty.

ILUSTRACIÓN 17. MODIFICACIÓN DE USUARIOS EN LA BASE DE DATOS [I].

Como se aprecia en la *Ilustración 17*, para realizar las pruebas se ha procedido a crear un usuario con un número de identificación, un nombre, un apellido, un número de teléfono y una clave de acceso, que será la clave que deberá de usar el usuario para que el supervisor pueda verificar sus datos.

Para agregar el usuario se deberá de pulsar la tecla crear usuario, situada en la esquina superior izquierda y confirmar para crear correctamente el usuario.

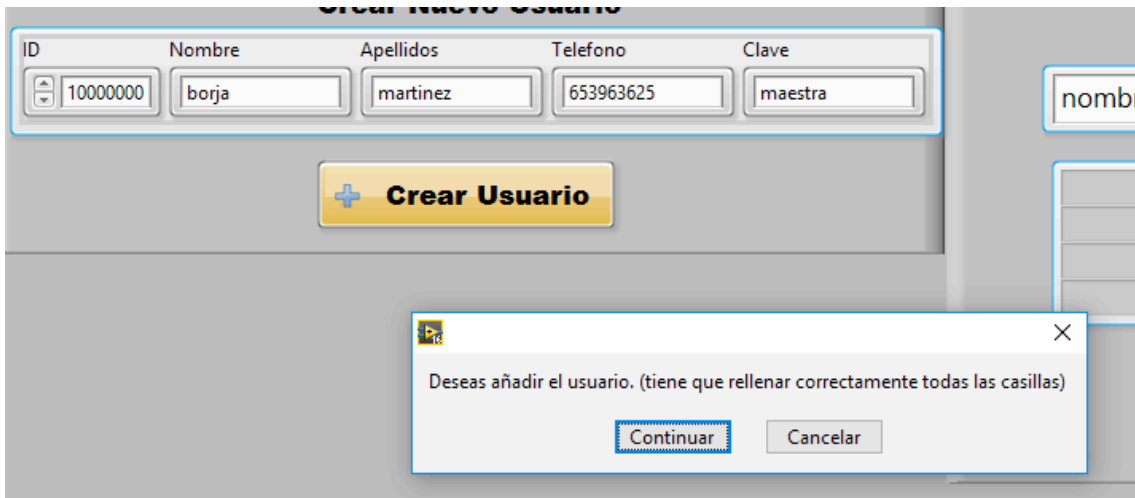


ILUSTRACIÓN 18. MODIFICACIÓN DE USUARIOS EN LA BASE DE DATOS [II].

Una vez confirmado por el operario, el usuario quedará registrado en el sistema tal y como se muestra en la *Ilustración 19*.

ID Usuario	Nombre	Apellidos	Telefono	Clave de acceso
10000000	borja	martinez	653963625	maestra

ILUSTRACIÓN 19. MODIFICACIÓN DE USUARIOS EN LA BASE DE DATOS [III].

En esta última ilustración se muestran todos los usuarios registrados en ese momento en la base de datos (en este caso sólo uno), el supervisor cuando reciba una llamada de un usuario, podrá realizarle un pedido usando los datos de identificación del usuario mediante la clave de acceso.

El software que se ejecuta detrás interfaz de usuario para crear un usuario es el mostrado en la *Ilustración 20*. Consiste en insertar una nueva línea en la tabla usuario con todos los campos tal y como se han visto con anterioridad.

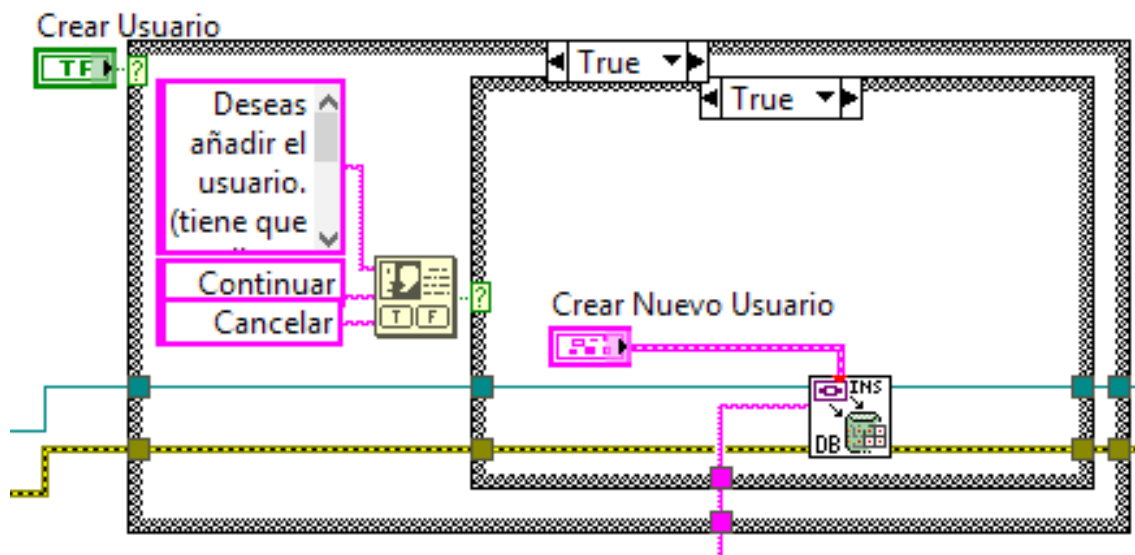


ILUSTRACIÓN 20. MODIFICACIÓN DE USUARIOS EN LA BASE DE DATOS [IV].

El proceso para eliminar un usuario es similar, solo que para eliminar un usuario tendremos que seleccionar uno de los campos para realizar una búsqueda por dicho campo, por ejemplo, borrar al usuario número X.

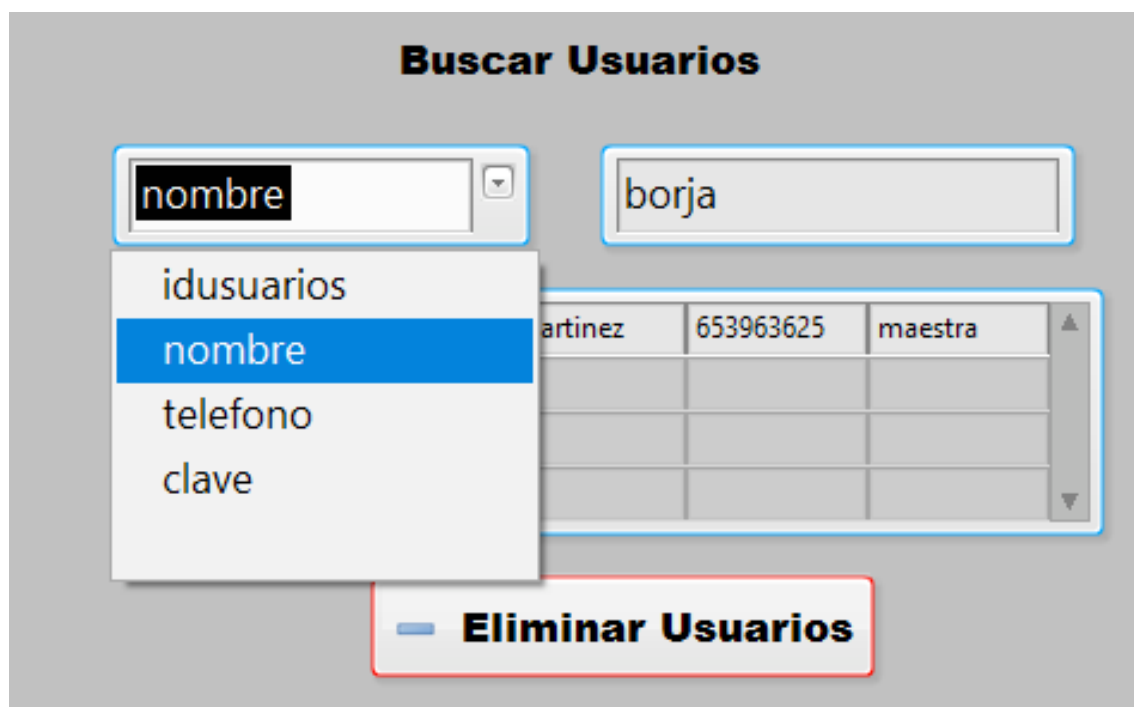


ILUSTRACIÓN 21. MODIFICACIÓN DE USUARIOS EN LA BASE DE DATOS [V].

En este caso buscaremos los usuarios que coincidan con el nombre “Borja” y procederemos a eliminarlos de la base de datos.

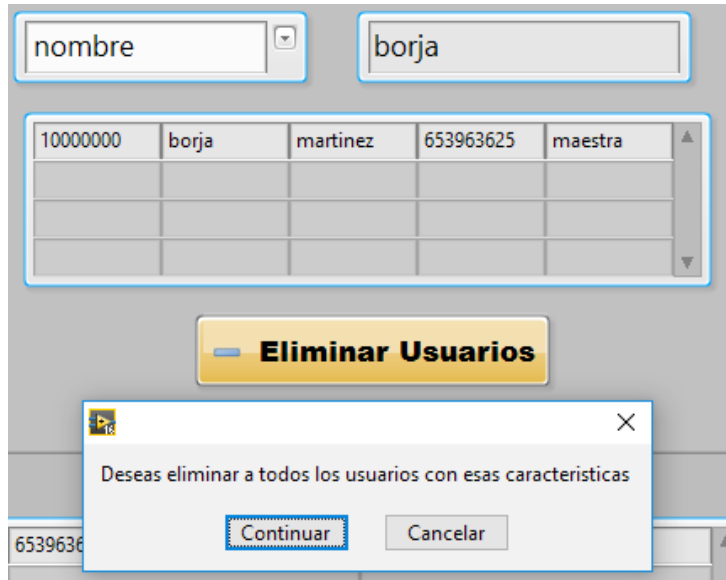


ILUSTRACIÓN 22. MODIFICACIÓN DE USUARIOS EN LA BASE DE DATOS [VI].

Una vez confirmemos no hay manera de deshacer el cambio, de ahí que siempre el sistema pregunte al supervisor en caso de querer realizar alguna modificación ya sea crear o eliminar un usuario.

Al igual que a la hora de crear un nuevo usuario, en este caso, se pretende eliminar de la base de datos los usuarios cuyo campo sea igual al introducido.

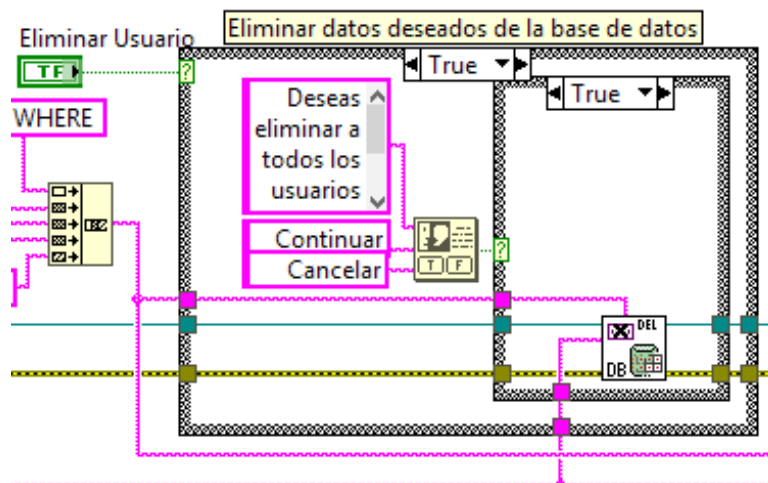


ILUSTRACIÓN 23. MODIFICACIÓN DE USUARIOS EN LA BASE DE DATOS [VII].

3.4.3.2.2. Estaciones y Módulos.

El menú de estaciones y módulos es similar al menú de usuarios, en él se podrán realizar operaciones para añadir, eliminar o buscar estaciones y balizas a nuestra base de datos.

The screenshot shows a web application interface with a navigation bar at the top containing 'Usuario', 'Ordenes', and 'Estaciones y Modulos'. The main content area is divided into four panels:

- Crear Nueva Estación:** Contains input fields for 'ID Estación' (with a dropdown showing '1000') and 'Nombre Estación' (with the text 'Pinar de Chamartin'). Below these is a green button labeled '+ Crear Estación'.
- Crear Nuevo Módulo:** Contains input fields for 'ID Módulo' (with a dropdown showing '1000') and 'ID estación' (with a dropdown showing '1001'). Below these is a green button labeled '+ Crear Módulo'.
- Buscar Estación:** Contains a dropdown for 'ID Estación' and a text input field with '1000'. Below is a table with columns for ID and Name, showing rows for '1000 Sol', '1001 Pinar de Chamartin', '1002 Las Rosas', '1003 Valdecarros', and '1004 Cuatro Caminos'. To the right is a red button labeled '- Eliminar Estación'.
- Buscar Módulo:** Contains a dropdown for 'ID Estación' and a text input field with '1000'. Below is a table with columns for ID and Station ID, showing rows for '1001 1000', '1002 1000', '1003 1000', and '1004 1000'. To the right is a red button labeled '- Eliminar Módulo'.

At the bottom of the interface, there are two larger tables. The left one is a full view of the station data table, and the right one is a full view of the module data table.

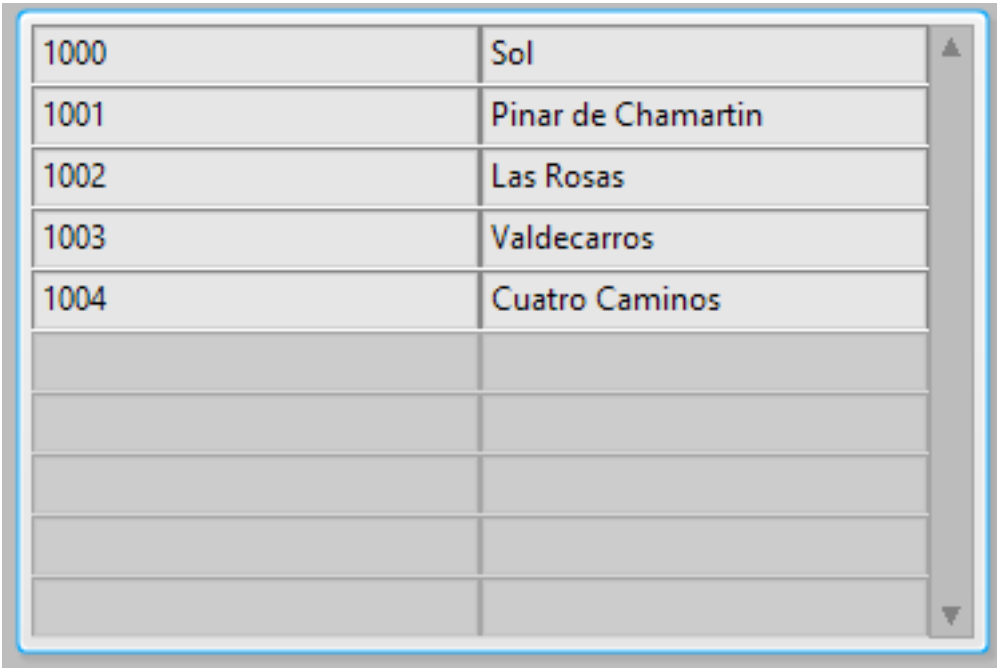
ILUSTRACIÓN 24. MODIFICACIÓN DE ESTACIONES Y MÓDULOS EN LA BASE DE DATOS [I].

La parte izquierda está asociada a la parte de la modificación de estaciones, a su vez la parte de la derecha está asociada a las balizas.

Hay que tener en cuenta que para poder crear un módulo hay que asociarlo a una estación, por lo que si se intenta crear un módulo para una estación que no existe no permitirá crearlo como medida de seguridad. Por otro lado, en las estaciones pasa lo mismo, pero en este caso a la hora de eliminar, por lo que no se podrá eliminar una estación si ésta tiene balizas enlazadas a ella.

Para el desarrollo del sistema se han creado cinco estaciones distintas. Cada una de ellas con ubicaciones distintas tal y como si se tratase de un sistema real.

Las cinco estaciones son las que vienen representadas en la *Ilustración 25*.

A screenshot of a database table with two columns. The first column contains numerical IDs (1000, 1001, 1002, 1003, 1004) and the second column contains station names (Sol, Pinar de Chamartin, Las Rosas, Valdecarros, Cuatro Caminos). The table is displayed in a window with a scroll bar on the right side.

1000	Sol
1001	Pinar de Chamartin
1002	Las Rosas
1003	Valdecarros
1004	Cuatro Caminos

ILUSTRACIÓN 25. MODIFICACIÓN DE ESTACIONES Y MÓDULOS EN LA BASE DE DATOS [II].

La estación Sol será la que simule el oeste de la tercera planta del edificio Politécnico de la Universidad de Alcalá, llevará asociado el identificador 1000. Por otro lado, se tendrá en cuenta que las otras estaciones están en distinta ubicación, por eso se presentará el final de cada pasillo como si de una vía con el destino a otra estación se tratase. En el fondo del primer pasillo se encontrará la vía para llegar hasta pinar de *Chamartín*, en el segundo fondo de pasillo se encontrará la vía con destino *Las Rosas*, en el tercer pasillo estará la vía con destino *Valdecarros* y finalmente en el último la vía con destino *Cuatro Caminos*. Dichas estaciones tendrán un número de identificación desde el 1001 al 1004 respectivamente en el sistema.

En cuanto a las balizas se han generado cuatro módulos para la estación Sol.

1001	1000
1002	1000
1003	1000
1004	1000

ILUSTRACIÓN 26. MODIFICACIÓN DE ESTACIONES Y MÓDULOS EN LA BASE DE DATOS [III].

Las balizas llevan asociadas todas un identificador de estación, que en este caso, es la estación con el número de identificación 1000 (Sol), que es la superficie en la que se instalarán correspondiendo cada una de ellas a los cruces de los pasillos en los cuales se instalarán.

En cuanto a la implementación de dichas funciones se realiza de manera muy similar a la de los usuarios, insertando o eliminando información de cada una de las tablas que se considere.

3.4.3.2.3. Pedidos.

La última pestaña de las cuatro será la relacionada a los pedidos que quiera realizar el usuario, para ello el supervisor tendrá que dar de alta el pedido mediante la siguiente interfaz gráfica.

The screenshot shows a web application interface with a navigation bar at the top containing 'Usuario', 'Ordenes', and 'Estaciones y Modulos'. The main content area is titled 'Crear Nuevo Pedido'. It features four input fields: 'ID' (value: 10000000), 'Usuario' (value: 10000000), 'Origen' (value: 1000), and 'Destino' (value: 1002). Below these fields is a green button labeled '+ Crear Pedido'. To the right, there is a dropdown menu labeled 'origen' and a text input field containing '1000'. Below these is a small table with columns 'PEDIDO', 'USUARIO', 'ORIGEN', and 'DESTINO', containing the values 10000000, 10000000, 1000, and 1002 respectively. Below this table is a red button labeled '- Eliminar Pedido'. At the bottom, there is a larger table with columns 'ID PEDIDO', 'ID USUARIO', 'ID ESTACION ORIGEN', and 'ID ESTACION DESTINO', containing the same values as the smaller table above.

ILUSTRACIÓN 27. MODIFICACIÓN DE PEDIDOS EN LA BASE DE DATOS [I].

Para crear un pedido, se tiene que tener en cuenta varios factores, ya que tanto el usuario como las estaciones de origen y destino tienen que ser válidas, puesto que no se pueden realizar pedidos para usuarios que no se tenga un registro dentro de la base de datos, ni realizar pedidos a estaciones que no estén alojadas en la base de datos.

En este caso cuando un pedido nuevo es añadido al sistema, se realiza una conexión al servidor indicándole los datos, tal y como se puede apreciar en la *Ilustración 28*.

ID PEDIDO	ID USUARIO	ID ESTACION ORIGEN	ID ESTACION DESTINO
10000000	10000000	1000	1002

ILUSTRACIÓN 28. MODIFICACIÓN DE PEDIDOS EN LA BASE DE DATOS [II].

Cuando un pedido es realizado con éxito dichos datos se envían al servidor web tal y como muestra la *Ilustración 29*. En este caso el pedido se puede apreciar que es el realizado por el usuario “10000000”, con número de pedido “10000000”, que la estación destino es la “1002”, con información para las balizas situadas en las puertas, que son el número “1001” y “1004”, todos estos datos son los relacionados con las dos líneas superiores de la ilustración.

astation	bmodule	cuser	dmessage	eorder	fack	timestamp
1002	1004	ID10000000	msg0001	ID10000000	0	2017-05-04T14:35:36.207Z
1002	1001	ID10000000	msg0003	ID10000000	0	2017-05-04T14:35:33.653Z
1002	1004	ID10000000	msg0001	ID10000002	0	2017-05-04T13:16:29.224Z
1002	1001	ID10000000	msg0003	ID10000002	0	2017-05-04T13:16:26.749Z

ILUSTRACIÓN 29. MODIFICACIÓN DE PEDIDOS EN LA BASE DE DATOS [III].

En el servidor web se han comunicado dos nuevas peticiones con los datos, con los datos del pedido “ID10000000” con usuario “ID10000000”, y como destino la estación “1002”, que simularía la estación “Las Rosas” como si el andén para acceder a dicha estación se tratase y se situase en el pasillo al final del pasillo, además cada petición se realiza asociado a dos balizas distintas, uno la baliza “1001” que es la entrada del por la parte sur, y otro a la baliza “1004” que es la asociada a la puerta ubicada por el norte. Cada una de las balizas con mensajes distintos para que el usuario que esté utilizando la aplicación móvil. Dichas peticiones se realizan cuando se confirma el pedido.

En cuanto a la programación es similar a la citada en el primer apartado “usuarios”, por lo que se ha considerado irrelevante, ya que toda la programación queda adjunta en anexos y ficheros adjuntos.

3.4.3.3. Sistema autónomo.

Por último, se ha desarrollado el sistema autónomo, que es capaz de leer datos del servidor web de manera síncrona. Esta función es clave para el desarrollo del sistema, por lo que es capaz de leer información del servidor web, en el cual queda reflejada toda la información de los pedidos paso a paso. Gracias a esto, puede realizar las operaciones oportunas y con certeza de que un usuario recibió un mensaje de audio, por lo que procederá a crear el siguiente paso de la ruta y subirá los datos nuevos al servidor web para informar a la siguiente baliza, con el correspondiente mensaje que debe entregar y así sucesivamente hasta llegar al destino final del trayecto propuesto por el usuario.

En la *Ilustración 29*, se muestra la conexión con el servidor web, que espera respuesta de la última entrada del mismo con mensaje ACK "1", ésto quiere decir que; el usuario ya realizó ese tramo de su ruta y recibió correctamente el mensaje de audio, por lo que necesitara información del siguiente tramo para llegar hasta el destino. Dichas peticiones son para ver la última entrada de datos en el servidor web, por lo tanto, si los dos últimos datos obtenidos son el mismo significa que no tendrá que realizar ninguna operación, ya que significa que dicho tramo ya se calculó con éxito con anterioridad. En caso de tratarse de un valor distinto, implicará que los datos del servidor web obtenidos, se tratan de una nueva petición de una de las balizas. Por lo tanto, ahora si realizará el cálculo de la ruta y confirmará los datos en el servidor web mediante una petición HTTP.

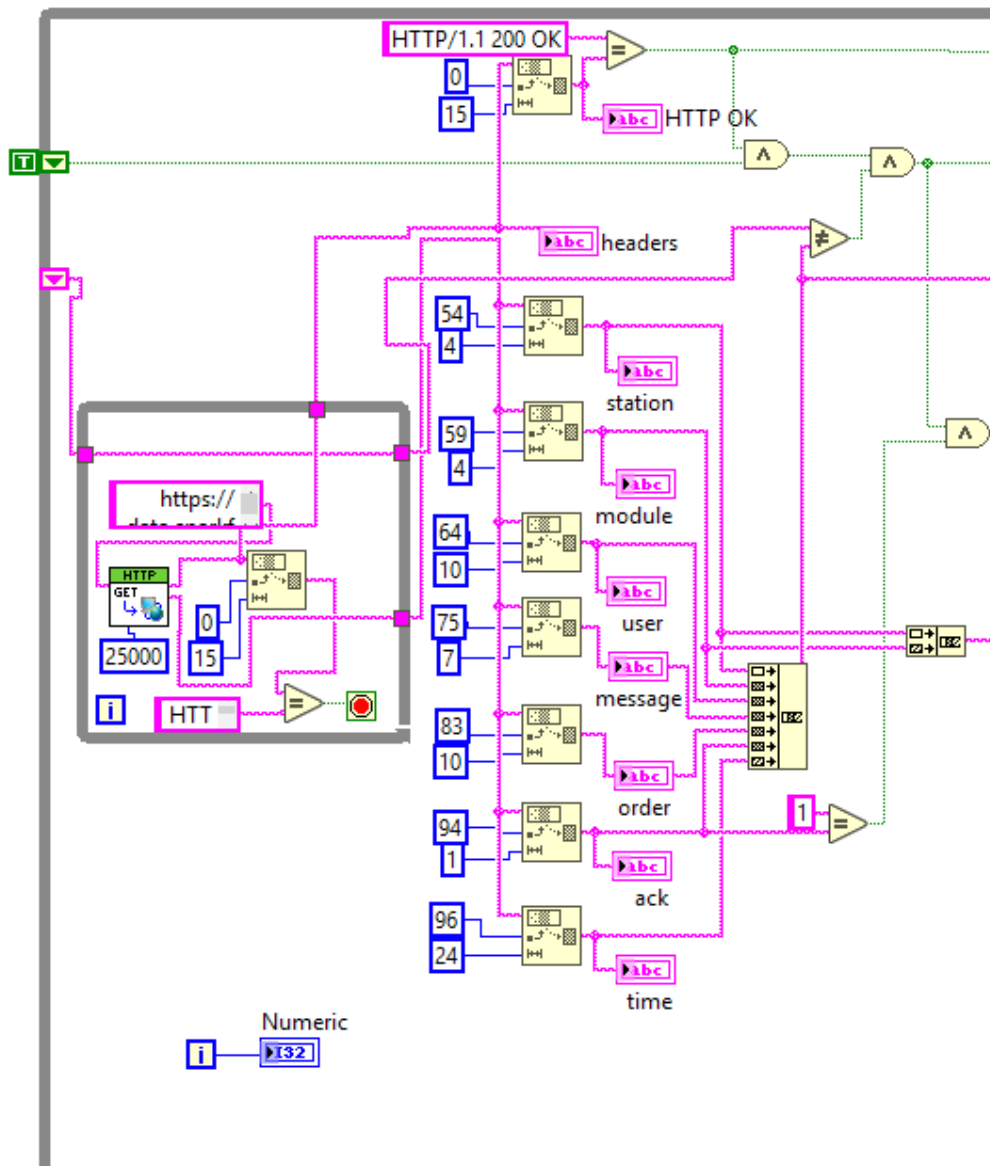


ILUSTRACIÓN 30. SOFTWARE SISTEMA AUTÓNOMO SERVIDOR CENTRAL [I].

Cada vez que se reciba una petición por parte de una de las balizas se procederá a enviar una nueva petición al servidor web, en función de la última obtenida y de sus datos. Se tendrán en cuenta tanto la estación destino como la baliza que ha enviado dicha petición, por lo que se configurará automáticamente mediante una serie de case anidados el mensaje que se entregará al servidor web, para éste ser leído correctamente por la baliza correspondiente. La *Ilustración 30* superior representa el primer paso del [diagrama de flujo](#) en busca de nuevos datos, y si tiene que realizar una ruta al respecto.

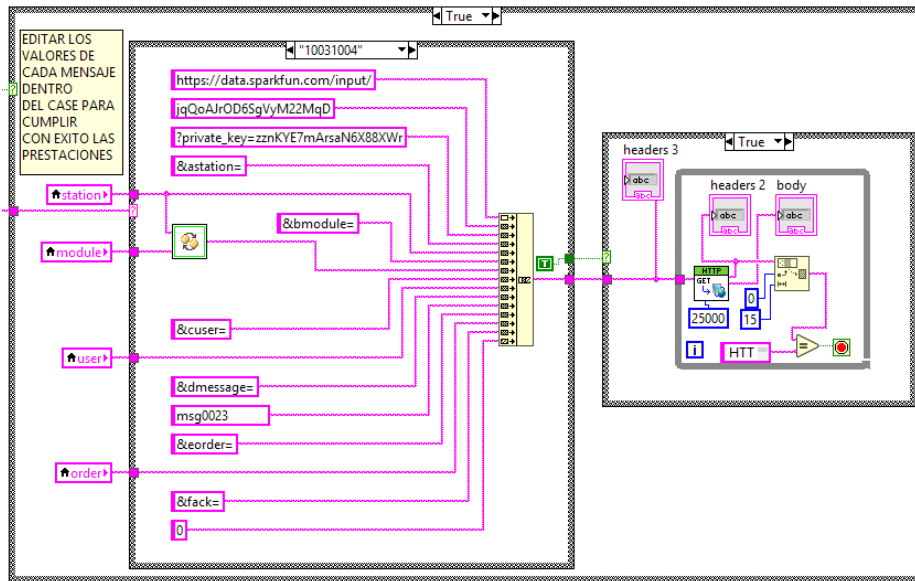


ILUSTRACIÓN 31. SOFTWARE SISTEMA AUTÓNOMO SERVIDOR CENTRAL [II].

Una vez confirmado que se debe realizar la ruta, hay que generarla con unas características especiales, como ya se comentó con anterioridad, tal y como muestra la ilustración son un conjunto de case anidados que realizarán la operación de registrar la nueva ruta y enviar los datos al servidor web, para que la siguiente baliza tenga información para entregar al usuario que está realizando su ruta. En esta última ilustración, se muestra como se realizan el resto de operaciones del [diagrama de flujo](#), comprobar el cliente, calcular su ruta y enviar la información al servidor Web.

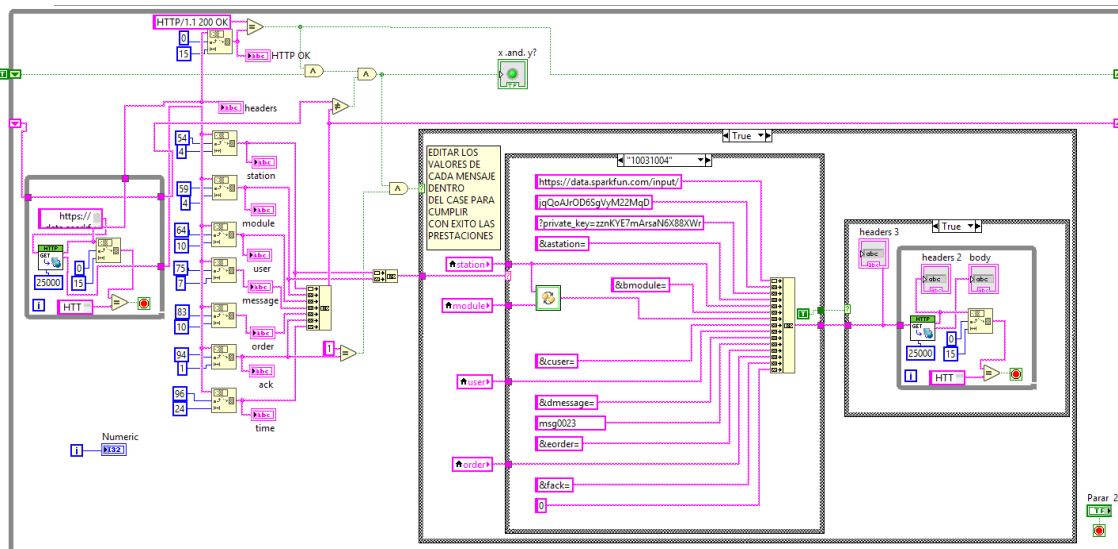


ILUSTRACIÓN 32. SOFTWARE SISTEMA AUTÓNOMO SERVIDOR CENTRAL [III].

3.5. SERVIDOR WEB.

3.5.1. CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES.

Es un servicio necesario para la conexión entre el servidor central y las balizas en caso de no encontrarse en la misma red local. En este caso podría evitarse tal y como se ha mencionado con anterioridad, puesto que tanto el servidor como las balizas se encontrarán ubicadas en el mismo lugar físico bajo la misma red local. Pero en una situación real, el servidor central podría encontrarse en Madrid, pero a través del servidor controlar todas las estaciones, aunque se encuentren fuera del núcleo de Madrid, por ejemplo, en Coslada, por lo que se podría recurrir a dos alternativas, crear una VPN para tener acceso a ellas o por mediación de un servidor web accesible desde cualquier lugar con conexión a internet, aunque se optó finalmente por este último.

En él se produce todo el intercambio de información entre el servidor central y las balizas. Almacena los datos para que puedan ser leídos o escritos desde cualquier terminal del sistema, en él se alojara la información guardada en orden cronológico.

Para realizar estas conexiones es obligatorio el uso de peticiones HTTP tanto para lectura o escritura con una serie de comandos por el método GET.

3.5.2. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN.

Para su diseño se ha recurrido al uso de un servidor web con hosting gratuito. Este host es data.sparkfun.com, es un host pensado para almacenar datos e información. La función de este host está pensada para el uso del internet de las cosas (IoT), en concreto pensado para domótica, pero en este caso se ha planteado su uso para otra función totalmente distinta, ya que en él dan la posibilidad de albergar datos hasta una capacidad de 50.00MB. Te permite crear y publicar información sobre las variables que se consideren oportunas. Como ya he mencionado antes, el principal uso es para publicar información de un sistema domótico, en el cuál se suelen subir datos del sistema, típicamente temperatura, humedad, presión, gas etc. En este caso, en el servidor web se almacenarán variables totalmente diferentes que son las siguientes:

1. **astation:** será la variable en la cual se almacena la estación destino a la cual el usuario quiere llegar desde una estación origen.

2. **bmodule**: almacenará el ID del módulo que está esperando la llegada de un cliente.
3. **cuser**: almacenará el ID del usuario, será el usuario al que la baliza tiene que entregar la información del mensaje.
4. **dmessage**: tendrá el número de mensaje de audio que la baliza deberá entregar al usuario en su aplicación móvil para su correcta reproducción.
5. **eorder**: contiene el ID del pedido que se ha realizado, puesto que un usuario puede pasar varias veces por la misma baliza al cabo de los días, pero nunca lo hará bajo el mismo número de pedido, por lo que sirve para garantizar que el mensaje se entrega a un usuario concreto y con el pedido correcto y no de un pedido que realizo anteriormente.
6. **fack**: tendrá la información de control respecto al trayecto.
7. **timestamp**: almacena toda la información respecto a la fecha y hora en la cual se ha introducido todos los datos anteriores en el servidor web.

100% (49.97 of 50 MB) remaining.

astation	bmodule	cuser	dmessage	eorder	fack	timestamp
1001	1004	ID11234514	msg1095	ID00003333	1	2017-03-20T15:35:33.330Z
1001	1002	ID11234514	msg1001	ID00003333	0	2017-03-19T22:05:57.756Z
1001	1002	ID11234514	msg1001	ID00003333	0	2017-03-19T22:02:04.702Z
1001	1002	ID11234514	msg1001	ID00003333	0	2017-03-19T21:23:17.217Z
1001	1003	ID11234514	msg1095	ID00003333	1	2017-03-19T21:23:08.259Z
1001	1002	ID11234514	msg1001	ID00003333	0	2017-03-19T21:22:53.195Z
1001	1003	ID11234514	msg1095	ID00003333	1	2017-03-19T21:22:51.239Z
1001	1003	ID11234514	msg1001	ID00003333	0	2017-03-19T21:22:35.982Z
1001	1004	ID11234514	msg1095	ID00003333	1	2017-03-19T21:22:34.763Z
1001	1001	ID11234514	msg1002	ID00003333	0	2017-03-19T21:13:29.504Z
1001	1001	ID11234514	msg1002	ID00003333	0	2017-03-19T21:00:33.640Z
1001	1001	ID11234514	msg1002	ID00003333	0	2017-03-19T20:55:52.819Z
1001	1001	ID11234514	msg1002	ID00003333	0	2017-03-19T20:50:29.510Z
1001	1001	ID11234514	msg1002	ID00003333	0	2017-03-19T20:33:17.851Z
1001	1001	ID11234514	msg1002	ID00003333	0	2017-03-19T20:21:38.182Z

ILUSTRACIÓN 33. ESTRUCTURA DE ALMACENAMIENTO DE DATOS EN EL SERVIDOR WEB.

Como se observa claramente los siete campos que tiene el servidor web están ordenador alfabéticamente por defecto en data.sparkfun.com, por lo que se ha

introducido una letra antes del nombre de la palabra en orden alfabético para que siempre se realicen en dicho orden.

Como apunte importante, optar por este servidor implica una reducción de costes, puesto que ofrece servicios gratuitos para capacidades de almacenamiento inferiores a 50.00MB, que son más que suficientes para el uso de dicho sistema completo, ya que permite almacenar con dicha capacidad hasta 250.000 entradas de ruta, ya que cada línea de texto tiene un tamaño aproximado de 200 Bytes.

Con el objetivo final de tener un cierto patrón que facilite la lectura y la identificación de ciertas variables se ha decidido tener un número fijo de caracteres para cada una de las variables, en este caso se ha considerado oportuno lo siguiente:

- Los campos tanto de *station* como *module* tienen una longitud de cuatro caracteres, más que suficientes, puesto que si se quiere realizar de manera real ni sumando todas las estaciones de metro de España se alcanzarían a la cifra de 10.000 estaciones.
- Tanto el campo *user* como *order*, tienen una longitud de diez caracteres con la siguiente estructura *IDxxxxxxx*. Los dos primeros caracteres se utilizan como caracteres de control del sistema, los ocho restantes indicaran el número de usuario o el número de pedido, lo que permitiría albergar hasta 100 millones de usuarios y pedidos distintos.
- El campo de *message*, contiene siete caracteres con la siguiente estructura *msgxxxx*, el motivo de introducir dígitos es por el hecho de tener un control y estar plenamente seguro de que esa cadena se trata de un mensaje, y con cuatro dígitos es suficiente para añadir 10.000 mensajes de audio, un número bastante elevado.
- Por último, el campo *ack* será de solo un carácter de longitud, que tendrá dos posibles valores, que son “0” o “1”. En caso de tener el valor de campo un “0”, significara que ese mensaje lo ha publicado el servidor central, en caso de obtener un “1” significa que el mensaje lo publica una baliza después de haber entregado el mensaje.

El acceso al servidor web permite dos métodos distintos, ya sea para realizar una lectura del servidor, como una escritura en el mismo. Para la primera de ellas se procederá a utilizar la siguiente cadena:

[https://data.sparkfun.com/output/\(clave_publica\)](https://data.sparkfun.com/output/(clave_publica))

En caso de no querer realizar una lectura completa y solo de la información relevante se podrá acceder de la siguiente manera para buscar un valor de una variable en concreto.

[https://data.sparkfun.com/output/\(clave_publica\)?eq\[\(variable\)\]=\(valor\)](https://data.sparkfun.com/output/(clave_publica)?eq[(variable)]=(valor))

En este caso el servidor web devolverá solamente la información cuya variable tenga el valor deseado. Por ejemplo, para buscar todos los pedidos de la estación 1000 será la siguiente cadena:

[https://data.sparkfun.com/output/\(clave_publica\)?eq\[astation\]=\(1000\)](https://data.sparkfun.com/output/(clave_publica)?eq[astation]=(1000))

Por último, para enviar al servidor web información nueva respecto a una ruta, se utilizará un comando similar, en el cual se necesita además una clave privada, para que nadie así pueda escribir en el servidor, aparte de tener que rellenar todos los campos de las variables correctamente a excepción de timestamp, el cual se rellena de manera automática con la fecha y hora en la que el servidor recibe la petición.

[https://data.sparkfun.com/input/\(clave_publica\)?private_key=\(clave_privada\)&astation=\(valor\)&bmodule=\(valor\)&cuser=\(valor\)&dmessage=\(valor\)&eorder=\(valor\)&fack=\(valor\)](https://data.sparkfun.com/input/(clave_publica)?private_key=(clave_privada)&astation=(valor)&bmodule=(valor)&cuser=(valor)&dmessage=(valor)&eorder=(valor)&fack=(valor))

La longitud de dichos valores tiene que ser introducida de manera correcta tal y como se ha descrito con anteriormente, al igual que se deberán introducir los dígitos de control siempre para su correcto funcionamiento.



CAPÍTULO 4

Resultados.



Capítulo 4. RESULTADOS.

4.1. EVALUACIÓN DEL SISTEMA.

Para analizar de manera objetiva los resultados se han realizado varias pruebas de las balizas en cuanto a consumo y potencia. Por un lado, las balizas tienen un consumo inferior a 150 mA cuando se encuentran en funcionamiento, aunque dicho consumo se ve reducido a menos de 20mA cuando ambos módulos se encuentran en stand-by a la espera de realizar alguna operación. Por otro lado, el módulo ESP8266 realiza conexiones de red mediante una antena Wifi de 2,4 GHz permitiendo el uso de conexiones TCP/IP con una potencia de salida de aproximadamente 20dBm, el módulo HC-06 en cambio tiene una antena Bluetooth con la misma frecuencia de trabajo, pero una potencia de 3dBm, por lo que permite conexiones en campo abierto a una distancia no superior a 10 metros.

La *Ilustración 34* se muestra físicamente una baliza, que se encuentra integrada dentro de un soporte que permite una fácil instalación en cualquier tipo de superficie.

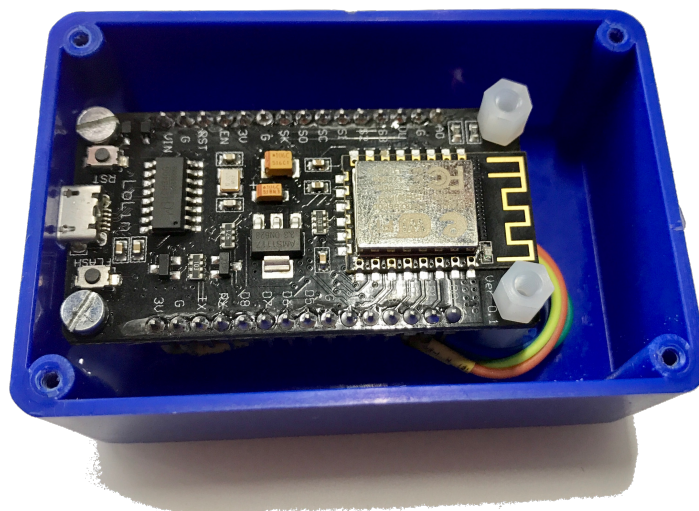


ILUSTRACIÓN 34. CAJA INTEGRADA DE LA BALIZA.

4.2. PLANOS.

Para realizar las pruebas del sistema con carácter real, como ya se comentó con anterioridad, se ha procedido a utilizar la infraestructura de la Escuela Politécnica Superior (EPS), para realizar una simulación real de la aplicación, para ello se ha considerado lo siguiente en función a las siguientes características:

- El oeste de la tercera planta del edificio politécnico, se ha considerado como si de una estación de metro, en este caso *Sol*, la cual posee de dos entradas, en este caso la entrada por el sur y la entrada por la parte norte, además de tener cuatro pasillos, los cuales se ha simulado como si el fondo de pasillo se tratase de una vía de metro.
- Cada vía simula la situación real en este caso, la línea 1 y 2 de metro de Madrid, correspondiéndose de la siguiente manera:
 - Primer pasillo: línea 1 destino “*Pinar de Chamartín*”.
 - Segundo pasillo: línea 2 destino “*Las Rosas*”.
 - Tercer pasillo: línea 1 destino “*Valdecarros*”.
 - Cuarto pasillo: línea 2 destino “*Cuatro Caminos*”.

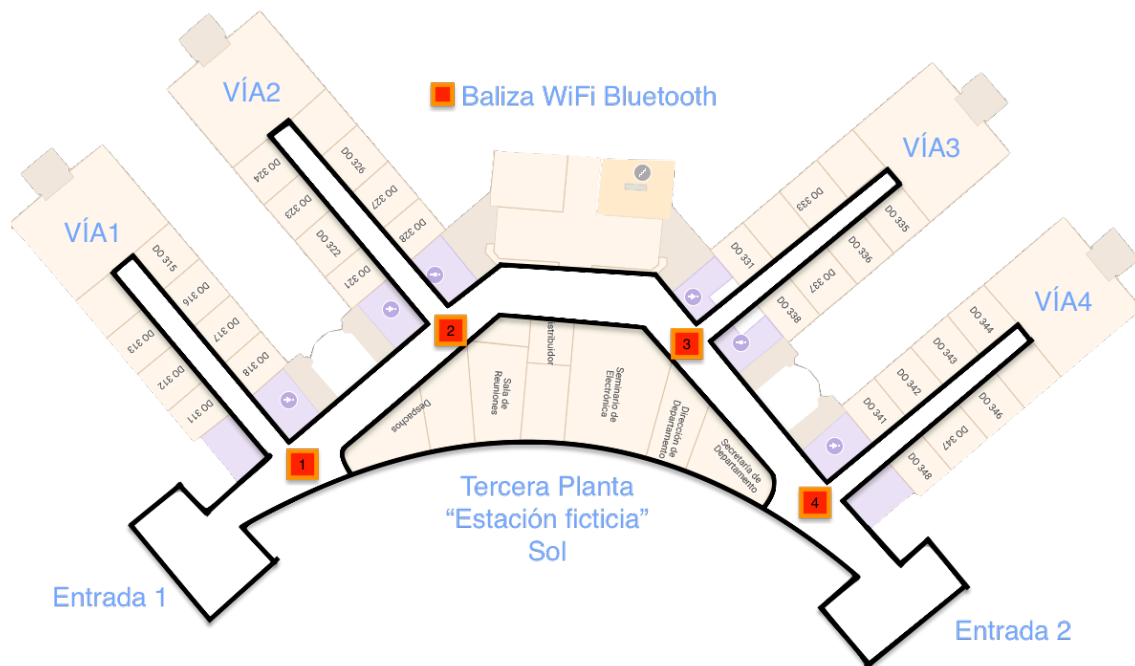
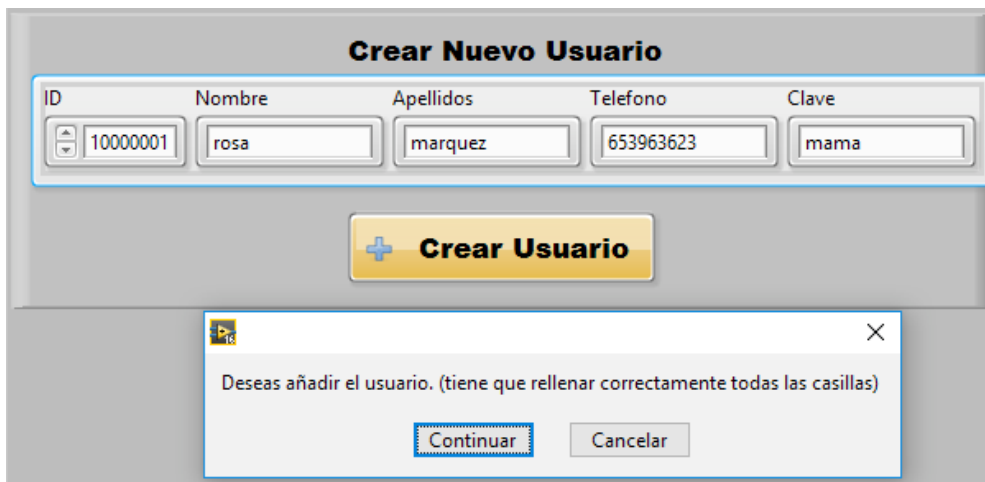


ILUSTRACIÓN 35. PLANOS OESTE TERCERA PLANTA DEL EDIFICIO POLITÉCNICO.

4.3. EJEMPLO COMPLETO.

Para demostrar el funcionamiento de manera precisa, se va a simular de manera completa el guiado de un determinado usuario, desde el comienzo hasta el final de su trayecto; para ello se va a realizar el proceso suponiendo que el usuario no está registrado en la base de datos y se procederá a hacerlo.

El primer paso el usuario realiza una llamada al centro donde se encuentre el supervisor, en este caso como ya se ha comentado, se trata de un usuario nuevo, por lo que el supervisor a través de la interfaz gráfica del servidor central realizará su ficha en la base de datos como se muestra a continuación.



Crear Nuevo Usuario

ID	Nombre	Apellidos	Telefono	Clave
10000001	rosa	marquez	653963623	mama

+ Crear Usuario

Deseas añadir el usuario. (tiene que rellenar correctamente todas las casillas)

Continuar **Cancelar**

ILUSTRACIÓN 36. DESCRIPCIÓN EXPERIMENTAL. CREACIÓN USUARIO [I].

Una vez añadido con éxito, se dispondrá de su información en la base de datos. Para ello el supervisor podrá disponer de sus datos en el panel frontal junto con la del resto de usuarios en la base de datos tal y como se muestra en la siguiente ilustración.

ID Usuario	Nombre	Apellidos	Telefono	Clave de acceso
10000000	borja	martinez	653963625	maestra
10000001	rosa	marquez	653963623	mama

ILUSTRACIÓN 37. DESCRIPCIÓN EXPERIMENTAL. CREACIÓN USUARIO [II].

En la *Ilustración 37* se muestran los datos de los usuarios registrados en el sistema, actualmente dos usuarios registrados en el sistema, en caso de que el nuevo usuario quiera realizar un trayecto, notificará previamente su usuario y su clave para saber de manera inequívoca que es dicho usuario. Como en este caso el usuario se acaba de dar de alta en el sistema le informara directamente al operario los datos de origen y destino del trayecto que desea realizar, para que así le realice el pedido correctamente.

ILUSTRACIÓN 38. DESCRIPCIÓN EXPERIMENTAL. CREACIÓN PEDIDO [III].

En este caso como se muestra en la imagen se creará el pedido con identificación “10000002”, que será realizado por el usuario “10000001” (nuevo

usuario que se acaba de registrar), que tendrá como origen la estación “1000” (Sol), que es la que simula la tercera planta de la Politécnica, y que su destino será la estación “1003” (Valdecarros), que en este caso se simula como si se encontrase la vía del tren con destino Valdecarros en el fondo de pasillo número tres.

Una vez confirmado el pedido, se visualizará en la base de datos de nuestro servidor, pero además este último realizará peticiones al servidor web con la información relevante.

ID PEDIDO	ID USUARIO	ID ESTACION ORIGEN	ID ESTACION DESTINO
10000000	10000000	1000	1002
10000001	10000000	1000	1002
10000002	10000001	1000	1003

ILUSTRACIÓN 39. DESCRIPCIÓN EXPERIMENTAL. CREACIÓN PEDIDO [IV].

La información se envía de manera correcta al servidor web por lo que se puede ver los datos que se han generado en el mismo.

DATA.SPARKFUN.COM

Guide System Servidor Web Manage Export to Analog.io

JSON CSV MySQL PostgreSQL Atom TAGS borja

100% (49.93 of 50 MB) remaining.

astation	bmodule	cuser	dmessage	eorder	fack	timestamp
1003	1004	ID10000001	msg0001	ID10000002	0	2017-05-06T21:57:09.666Z
1003	1001	ID10000001	msg0003	ID10000002	0	2017-05-06T21:57:07.162Z

ILUSTRACIÓN 40. DESCRIPCIÓN EXPERIMENTAL. DATOS SERVIDOR WEB [V].

Como se puede observar se han recibido dos peticiones con los mismos datos que había proporcionado el operario. Estos datos son la estación destino “1003”, el número de identificación de usuario “10000001” y el número de pedido “10000002”. Además, se observan otros dos datos que varían que son el módulo y el mensaje, dichos datos contienen información del número de la baliza y el mensaje de audio que reproducirá el usuario. Como no se sabe porque entrada entrara el cliente a nuestra estación Sol, se crearán tantas peticiones distintas como número de entradas tenga nuestra estación, en nuestro caso serán dos.

Cada una de dichas líneas en el servidor web va dirigida a una baliza distinta, por un lado, la baliza “1001” que es la que se encontrará en el primer pasillo de la entrada por el sur, que lleva asignado el mensaje “0003”, que tiene la

siguiente información de audio “Buenas, has entrado por la entrada sur del edificio. Avance durante veinte metros manteniendo la misma dirección, hasta recibir nuevas notificaciones”. Por otro lado, la otra baliza es la “1004”, que corresponde con la que se encuentra en la entrada por la parte norte del edificio, esta última tiene como mensaje para el destinatario el número “0001”, que contiene el siguiente mensaje de audio “Buenas, has entrado por la entrada norte del edificio. Avance durante veinte metros manteniendo la misma dirección, hasta recibir nuevas notificaciones”.

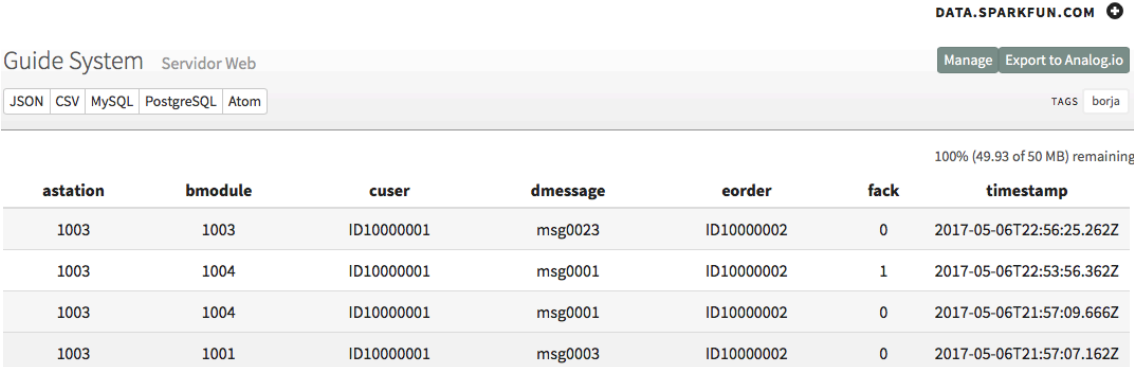
Una vez que el operario ha realizado el pedido, a su vez le notificará al cliente con los datos del pedido que deberá introducir en su terminal móvil, en este caso le informará que su identificador de usuario es el “10000001” y su número de pedido el “10000002”, el usuario lo introducirá en su aplicación móvil tal y como muestra la *Ilustración 41*.



ILUSTRACIÓN 41. DATOS DE USUARIO Y PEDIDO.

Una vez el usuario proceda a comenzar su trayecto y valide los datos en la aplicación Android, ya estará listo para comenzar su ruta. En este caso se realizará una simulación como si el usuario realiza la entrada por la puerta norte, por lo que a la primera baliza que se conectará será la número “1004”. Una vez el usuario entre y se conecte a dicha baliza le proporcionará los datos

que había introducido en la aplicación móvil. La baliza comprobaba que el usuario y el pedido coinciden con alguno de los que el servidor web alberga. Como en este caso los datos que contiene el servidor son correctos, le enviará al usuario la petición de mensaje “*msg0001*”, que provoca que se reproduzca en la aplicación el audio con el mensaje de audio, una vez confirmado que el usuario recibe con éxito el mensaje, emite al servidor web un mensaje confirmando que el usuario recibió con éxito dicho mensaje, para ello devuelve la misma entrada, pero con el valor ACK a “1”, tal y como muestra la *Ilustración 42*.



DATA.SPARKFUN.COM

Guide System Servidor Web

Manage Export to Analog.io


JSON CSV MySQL PostgreSQL Atom TAGS borja

100% (49.93 of 50 MB) remaining

astation	bmodule	cuser	dmessage	eorder	fack	timestamp
1003	1003	ID10000001	msg0023	ID10000002	0	2017-05-06T22:56:25.262Z
1003	1004	ID10000001	msg0001	ID10000002	1	2017-05-06T22:53:56.362Z
1003	1004	ID10000001	msg0001	ID10000002	0	2017-05-06T21:57:09.666Z
1003	1001	ID10000001	msg0003	ID10000002	0	2017-05-06T21:57:07.162Z

ILUSTRACIÓN 42. DESCRIPCIÓN EXPERIMENTAL. DATOS SERVIDOR WEB [VII].

A su vez, una vez que la baliza notifica al servidor web, que entregó con éxito el mensaje al cliente, el servidor central obtiene los datos que se entregaron en el servidor y procesa la información generando el siguiente tramo de la ruta para su correcto guiado hasta el destino, para ello esta vez los datos de la baliza y el mensaje vuelven a ser distintos, esta vez informa a la baliza “1003” y con el mensaje “*msg0023*” que tiene la siguiente información de audio “*Gire hacia la derecha, en 20 metros habrás llegado a su destino, te encontraras en la vía tres destino Valdecarros*”. El usuario seguirá su trayecto por lo que se conectará a la siguiente baliza, posicionada en el tercer pasillo y llegará a su destino con éxito. En el servidor web quedará reflejado que se entregó con éxito este mensaje, por lo que en el servidor central tendrá conocimiento de que el usuario llegó con éxito a su destino y ya no realizará cálculos al respecto sobre la ruta.

DATA.SPARKFUN.COM 

Guide System Servidor Web Manage Export to Analog.io

JSON CSV MySQL PostgreSQL Atom TAGS borja

100% (49.93 of 50 MB) remaining.

astation	bmodule	cuser	dmessage	eorder	fack	timestamp
1003	1003	ID10000001	msg0023	ID10000002	1	2017-05-06T23:01:12.145Z
1003	1003	ID10000001	msg0023	ID10000002	0	2017-05-06T22:56:25.262Z
1003	1004	ID10000001	msg0001	ID10000002	1	2017-05-06T22:53:56.362Z
1003	1004	ID10000001	msg0001	ID10000002	0	2017-05-06T21:57:09.666Z
1003	1001	ID10000001	msg0003	ID10000002	0	2017-05-06T21:57:07.162Z

ILUSTRACIÓN 43. DESCRIPCIÓN EXPERIMENTAL. DATOS SERVIDOR WEB [VIII].

Con esta última indicación el usuario habrá realizado su trayecto sin realizar operaciones durante el trayecto en el terminal móvil, ya que los mensajes se reproducen de manera automática, además solo utilizará conexiones Bluetooth, por lo que no necesitará usar señales GPS, al igual que tampoco necesitará conexión de datos del teléfono mientras utiliza la aplicación, siendo la introducción de los datos de usuario y el identificador de pedido la única operación que deberá realizar el cliente.



CAPÍTULO 5

Conclusiones y mejoras futuras.



Capítulo 5. CONCLUSIONES Y MEJORAS FUTURAS.

5.1. CONCLUSIONES.

Se ha implementado un sistema de ayuda para personas invidentes, permitiéndoles realizar trayectos por la red metropolitana de una manera autónoma, mediante el uso de una aplicación móvil, que les permite recibir mensajes de audio con la información de sus trayectos.

Una de las principales características de este proyecto es el gran número de tecnologías involucradas:

- **Bluetooth:** Para realizar las conexiones entre la aplicación móvil del usuario y las balizas, permitiendo detectarlos por proximidad.
- **Protocolos de red:** estableciendo conexiones entre el servidor central y las balizas por medio de un servidor web alojado en la red, haciendo una conexión del sistema para enviar datos entre dos o más elementos que se encuentren fuera de la red local.
- **MySQL:** permitiendo alojar en una base de datos local en el servidor central un registro de los usuarios, pedidos, estaciones y las balizas asociadas al sistema.
- **Interfaz gráfica:** facilitando el uso del sistema por un supervisor de una manera eficaz, permitiéndole realizar modificaciones en el sistema.
- **Aplicación Android:** ofreciendo al usuario una manera económica y accesible para los usuarios.

Por un lado, el desarrollo ha sido un éxito, tras realizar pruebas del mismo, comprobando el funcionamiento en diversas situaciones realizando varios trayectos y valorando positivamente de manera objetiva el sistema diseñado, siendo el único problema para el correcto guiado problemas relacionados con las conexiones Baliza-Servidor Web, dado que el servidor web bloquea las peticiones de las balizas cuando se realizan muchas peticiones, esto se debe a

tratarse de un servidor gratuito que no permite realizar muchas peticiones en un corto periodo de tiempo, por lo que bloquea las peticiones GET que recibe de las balizas, impidiendo que se comuniquen correctamente. La solución más eficaz sería realizar las conexiones a un servidor web privado.

```
ID10000000ID10000000connecting to data.sparkfun.com
Requesting URL: /output/jqQoAJrOD6SgVyM22MqD?eq[bmodule]=1002&eq[cuser]=ID10000000&eq[eorder]=ID10000000

HTTP/1.0 502 Bad Gateway

Cache-Control: no-cache

Connection: close

Content-Type: text/html

<html><body><h1>502 Bad Gateway</h1>

The server returned an invalid or incomplete response.

</body></html>
Requesting URL: /input/jqQoAJrOD6SgVyM22MqD?private_key=zznKYE7mArSaN6X88XWr&astation=abmodule=1002&cu:
closing connection
```

ILUSTRACIÓN 44. ERROR AL ACCEDER AL SERVIDOR.

Tal y como muestra la *Ilustración 44*, en la baliza salta error 502 Bad Gateway, por tanto, el servidor no devuelve datos y es imposible la comunicación baliza-servidor web.

Por otro lado, me congratula haber realizado este proyecto con lo que puede implicar para mejorar la vida de personas invidentes, ya que a día de hoy las tecnologías cada vez hacen posible desarrollos más complejos y más útiles para la sociedad, sobre todo lo referido en concreto a la accesibilidad que es el principal objetivo de dicho proyecto.

5.2. MEJORAS FUTURAS.

Dado que se trata de un prototipo para implementar un sistema de guiado en la red de metro, se pretendía realizar de manera correcta con la menor cantidad de recursos disponibles, por lo que en ese aspecto se pueden realizar considerables mejoras.

- **Balizas:** se podría ofrecer la misma función además de otras muchas, pero utilizando computadores de placa simple (SBC) como es el caso de la Raspberry Pi ^[15], que además de integrar todo lo necesario en cuanto a conectividad Bluetooth, Wifi o Ethernet, incorporan mayor capacidad de procesamiento que podría significar crucial a la hora de que el sistema albergue una cantidad considerable de usuarios conectándose al mismo tiempo. Por no mencionar de la conexión directa de una baliza con otra directamente, agilizando el proceso de detección de usuarios sin tener que realizar peticiones al servidor web de una manera constante.
- **Servidor Web:** dado que el servidor actual utilizado es gratuito implica bastantes contras como la caída inesperada del mismo ya que no garantizan la estabilidad al ser de carácter gratuito o bloques momentáneos cuando se accede a él con una frecuencia elevada.
- **Base de datos y aplicación móvil:** otra futura mejora, sería la implementación de una base de datos a nivel de red. Esto permitiría que el usuario podría entrar en la aplicación a través de un registro, y poder gestionar los pedidos, sin necesidad de realizar una llamada al supervisor y que le valide el pedido. Esta característica no está implementada ya que la base de datos en la red implicaba el coste mensual de un host, a pesar de haberse intentado en host gratuitos, pero produciéndose asiduamente caídas que impedían la ejecución de la aplicación en el servidor central ya que no conseguían establecerse las conexiones con la base de datos.

Además de mejoras que conllevaban un coste mayor, también se debería mejorar todo lo referido a seguridad y privacidad del usuario. Dicho sistema no integra ningún tipo de cifrado de datos. En la actualidad es un requisito indispensable la seguridad en la red. Toda esta información que se puede cifrar, en caso de mejora se realizaría en la hipotética conexión a una base de datos en red, en el servidor web e incluso en él envió de mensajes de audio entre las balizas y el usuario.

Dado que esto es un prototipo para mejorar la accesibilidad de personas invidentes en el área metropolitana, cabe destacar que se puede implementar esta misma para todas las áreas que están referidas al transporte público. Por un lado, por ejemplo, se podría considerar la implementación de dichas mejoras en paradas de autobús de una manera similar. Por un lado, integrar dichas balizas en cada parada de autobús, para así proceder a detectar a los usuarios cuando lleguen a una determinada parada andando. Por otro lado, integrando estas mismas balizas en cada autobús, así cuando un usuario este en la parada y a su vez el autobús se aproxime a ella, se pueda comunicar con el usuario que ese autobús es el autobús correcto y que puede proceder a montarse en él, en caso contrario le informará del autobús que está parando no es el correcto para realizar su trayecto.





CAPÍTULO 6

Manual de usuario





Capítulo 6. MANUAL DE USUARIO.

Para la correcta utilización del sistema, se divide en un subconjunto de cuatro bloques con la guía de uso, de manera específica desde el punto de vista del usuario, supervisor, instalador y programador.

6.1. USUARIO.

El usuario final deberá introducir el número de usuario y pedido proporcionados por el supervisor cuando registro el pedido. Además, toda la interfaz de usuario está adaptada para ciegos, puesto que cuando pulsen sobre la interfaz recibirán instrucciones por voz de los pasos a seguir.

Una vez ejecutada la aplicación deberá introducir los dos valores que le piden por pantalla y voz en el terminal móvil, que serán el ID de usuario y el ID de pedido, una vez introducido correctamente, ya estará listo para realizar su trayecto siguiendo las pautas que se le comunicarán por medio de mensajes de audio. Para empezar el trayecto deberá usar el botón comenzar guiado de la *Ilustración 45*.

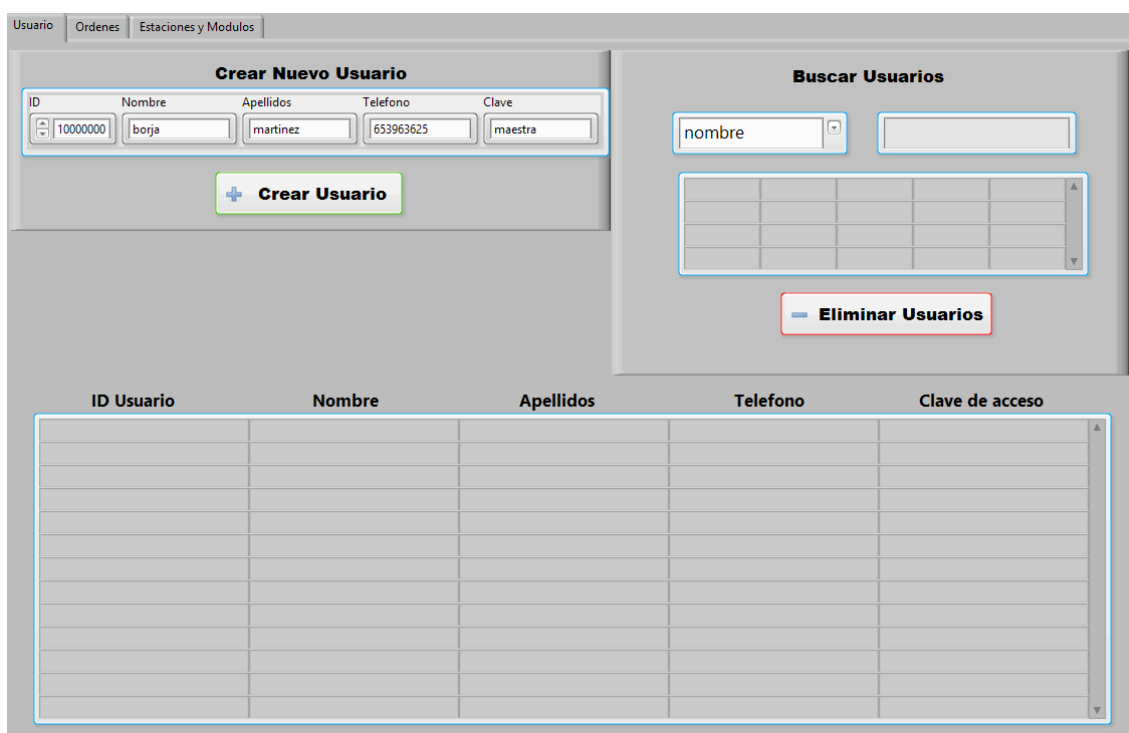


ILUSTRACIÓN 45. INTERFAZ APLICACIÓN MÓVIL.

Es recomendable el uso de auriculares para no tener que estar pendiente del teléfono móvil y así seguir las indicaciones sin que nadie a su alrededor escuche los mensajes de audio.

6.2. SUPERVISOR.

El supervisor deberá realizar correctamente las operaciones referidas a el alta o bajas de usuarios, como el registro de nuevas estaciones que se implementen en un futuro en el sistemas o nuevas balizas que se instalen para registrarlas a través de la base de datos.



The screenshot displays a web-based user management interface. At the top, there are navigation tabs for 'Usuario', 'Ordenes', and 'Estaciones y Modulos'. The main interface is divided into two primary sections: 'Crear Nuevo Usuario' on the left and 'Buscar Usuarios' on the right. The 'Crear Nuevo Usuario' section contains five input fields: 'ID' (with a spinner control), 'Nombre', 'Apellidos', 'Telefono', and 'Clave'. Below these fields is a green button labeled '+ Crear Usuario'. The 'Buscar Usuarios' section features a dropdown menu for 'nombre' and an empty search input field. Below the search area is a table with five columns and several rows, currently empty. A red button labeled '- Eliminar Usuarios' is positioned below the table. At the bottom of the interface, a large table with five columns is visible, with headers: 'ID Usuario', 'Nombre', 'Apellidos', 'Telefono', and 'Clave de acceso'. This table is currently empty.

ILUSTRACIÓN 46. INTERFAZ DE USUARIO (USUARIOS).

En la *Ilustración 46* se ve al completo la interfaz respectiva a la modificación de usuarios. Para crear un usuario bastara con rellenar correctamente los datos de la parte superior izquierda y darle a “crear usuario”. Una vez que se crea un usuario se reflejara en la tabla inferior, en la cual se encuentran todos los usuarios registrados en ese momento en la base de datos. Para eliminar un usuario tendrá que realizar una búsqueda primero del usuario que quiere eliminar, para ello rellenar la casilla superior izquierda con el parámetro que este en el menú desplegable en ese momento y confirmar ejecutando el botón “eliminar usuario”

Usario | Ordenes | Estaciones y Modulos

Crear Nuevo Pedido

ID: 10000000 | Usuario: 10000000 | Origen: 1000 | Destino: 1002

+ **Crear Pedido**

origen: [dropdown] | 1000

PEDIDO	USUARIO	ORIGEN	DESTINO
10000000	10000000	1000	1002

- **Eliminar Pedido**

ID PEDIDO	ID USUARIO	ID ESTACION ORIGEN	ID ESTACION DESTINO
10000000	10000000	1000	1002

ILUSTRACIÓN 47. INTERFAZ DE USUARIO (PEDIDOS).

En cuanto la creación/eliminación de pedidos es igual que el proceso para los usuarios, siempre tendrá que rellenar correctamente los datos del pedido, el ID (ocho dígitos del ID del pedido) usuario (ocho dígitos del ID usuario), origen (cuatro dígitos del ID de la estación origen) y destino (cuatro dígitos del ID de la estación destino).

No le estará permitido crear un pedido para un ID de usuario que no esté en la base de datos, o para un ID de estación que no esté registrada.

Al igual que con los usuarios en la parte inferior dispondrá de un panel de información de los pedidos realizados, por si necesita algún tipo de información relevante de ellos.

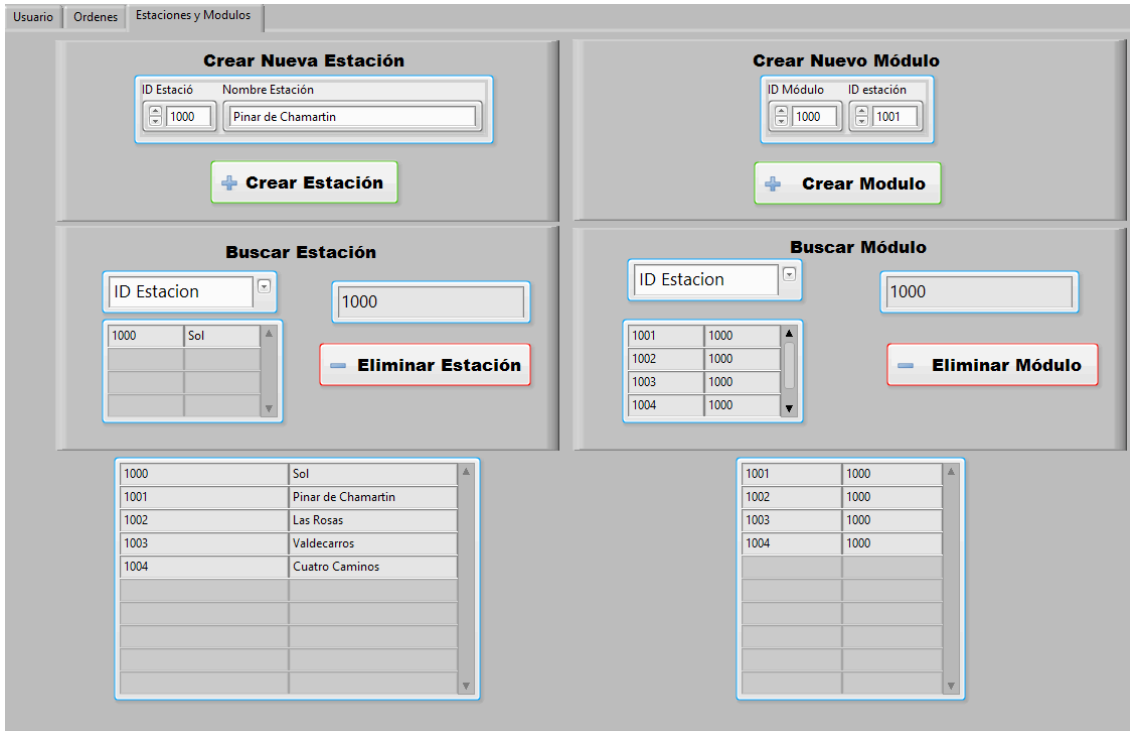


ILUSTRACIÓN 48. INTERFAZ DE USUARIO (ESTACIONES Y BALIZAS).

Por último, la última pestaña es la de creación de estaciones y módulos. El funcionamiento es igual que los anteriormente descritos, este último tiene una peculiaridad, ya que un módulo estará asociado a una estación, por lo que ni un módulo se puede crear con un número de identificación de estación que no existe, ni una estación se podrá eliminar del sistema si en ella se encuentran balizas registradas.

6.3. INSTALACIÓN.

Para la instalación del bloque completo se deberán todos los ficheros de la siguiente manera.

Los archivos de LabVIEW tienen la siguiente disposición dentro de la misma carpeta:

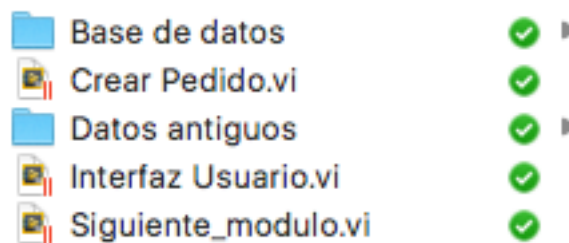


ILUSTRACIÓN 49. FICHEROS LABVIEW.

En la carpeta base de datos se encuentra los ficheros relacionados a la base de datos que se ejecuta en LabVIEW, por lo que tiene que estar dentro de la misma carpeta. El programa principal es “Interfaz Usuario.vi”, y los otros dos ficheros “Crear Pedido.vi” y “Siguiete_modulo.vi” son ficheros .vi que contienen funciones que se llaman desde el principal, por lo que tienen que estar en la misma ruta que “Interfaz Usuario.vi”. Una vez abierto el programa, solamente se necesitará ejecutar el programa para su correcto funcionamiento.

En cuanto a las balizas para su instalación, únicamente requieren de conexión a la red eléctrica, ya que una vez alimentadas establecerán las configuraciones automáticamente.



ILUSTRACIÓN 50. CARCASA BALIZA.

Para su instalación sobre la superficie deseada, se deberá de situar la pegatina mirando al frente y dejando el espacio para la alimentación, es decir, no se podrá instalar la cara de la pegatina contra la pared, ya que las señales Bluetooth perderían el rango de alcance deseado.

6.4. PROGRAMACIÓN.

La primera vez que una baliza se coloque en una superficie distinta con un punto de acceso a red se deberá reprogramar utilizando el fichero "BT_Wifi.ino", que se encuentra en una carpeta con el mismo nombre.



ILUSTRACIÓN 51. FICHERO ARDUINO.

Para ello se deberá abrir el programa y cambiar la SSID de la red a la que se conecte y la contraseña, tal y como se muestra en la ilustración inferior.

```
const char* ssid      = "vodafone8A70"; //vodafone8A70 //Nombre de la red wifi (intr
const char* password = "ndf6cDgjqvqi4o2982Dfc"; // //Contraseña de la red

const char* host      = "data.sparkfun.com";
const char* streamId  = "jq0oAJr0D6SgVyM22MqD";
const char* privateKey = "zznKYE7mArSaN6X88Xwr";

/////*****////////////////// IMPORTANTE CAMBIAR VALORES PARA LA CREACION DE MODULOS NUEV
char ID_station[7]; // ID de la estación destino.
char ID_stationB[7]; // ID de la estación destino.
const char* ID_module = "1003"; // ID del modulo para diferenciarlo del resto.
char ID_user[9];
char ID_order[9];
char ID_msg[6];
char ID_msgB[6];
```

ILUSTRACIÓN 52. PROGRAMACIÓN ARDUINO.

Además, se deberán cambiar las variables "ID_module" e "ID_station", dichas variables tienen almacenado el identificador del número de baliza y de estación, deberá conservar la misma lógica con las nuevas balizas que se introduzcan en el sistema.



CAPÍTULO 7

Presupuesto.



Capítulo 7. PRESUPUESTO.

El presupuesto global del proyecto se puede desglosar en tres apartados principales: hardware, software y mano de obra.

Hardware:

El coste de las balizas se divide en módulos Wifi ESP8266 NodeMcu V3, con precio de 8 euros, y de los módulos HC-06 con un valor de 5,50 euros por unidad. Dado que se necesitan cuatro balizas se requieren cuatro módulos de cada componente. Por otro lado, el precio del terminal móvil Samsung Galaxy Grand Duos GT-9082 alcanza el valor de 72,20€, además de un pc para la implementación del servidor central de un valor aproximado de unos 600€.

Producto	Cantidad	Precio (euros)	Total (euros)
ESP8266	4	8,00	32,00
HC-06	4	5,50	22,00
Cajas Balizas	4	2,49	9,96
Samsung	1	72,20	72,20
PC	1	600,00	600
		TOTAL	727,16

TABLA 20. PRESUPUESTO HARDWARE.

Software:

A nivel software existen aplicaciones que no requieren coste, como es el caso de Arduino IDE o Android Studio, aunque otras sí que necesitan licencia como Windows 10 o LabVIEW, además de módulos referidos a la base de datos de este último.

Producto	Cantidad	Precio (euros)	Total (euros)
Windows 10	1	121,50	121,50
LabVIEW 2016	1	999,00	999,00
Módulo BD	1	1246,00	1.246,00
		TOTAL	2.366,50

TABLA 21. PRESUPUESTO SOFTWARE.

Mano de obra:

Respecto a la mano de obra el precio por hora sería de 65€/h desempeñando varias labores ya descritas.

Producto	Cantidad	Precio (euros)	Total (euros)
Investigación	50	65,00	3.250,00
Programación	200	65,00	13.000,00
Documentación	50	65,00	3.250,00
		TOTAL	19.500,00

TABLA 22. PRESUPUESTO MANO DE OBRA.

Presupuesto total:

Producto	Total
Software	2.366,50
Hardware	727,16
Mano de obra	19.500,00
	22593,50
TOTAL (I.V.A. 21%)	26.514,86

TABLA 23. PRESUPUESTO TOTAL.

BIBLIOGRAFÍA.

- [1] Datos estadísticos anuales de afiliados a la ONCE.
Disponible en: <http://www.once.es/new/afiliacion/datos-estadisticos>

- [2] Desarrollo anillo con videocámara para invidentes.
Disponible en: <https://www.media.mit.edu>

- [3] Aplicación para permitir la conducción de invidentes.
Disponible en: <https://www.vt.edu>

- [4] Mapas Google.
Disponible en: <https://www.google.es/maps/>

- [5] Mapas Apple
Disponible en: <https://www.apple.com/es/ios/maps/>

- [6] Sistema operativo móvil de Google
Disponible en: https://www.android.com/intl/es_es/

- [7] Desarrollador de LabVIEW.
Disponible en: <http://www.ni.com/es-es.html>

- [8] Diseño de bases de datos.
Disponible en: <https://www.mysql.com>

- [9] Datasheet ESP8266
Disponible en: <https://espressif.com/en/products/hardware/esp8266ex>

- [10] Datasheet HC-06
Disponible en:
<https://www.olimex.com/Products/Components/RF/BLUETOOTH-SERIAL-HC-06/resources/hc06.pdf>

- [11] Entorno de desarrollo oficial de aplicaciones Android.
Disponible en:
<https://developer.android.com/studio/intro/index.html?hl=es-419>

- [12] Modelo OSI TCP/IP
Disponible en: https://es.wikipedia.org/wiki/Modelo_TCP/IP

-
- [13] Hosting servidor web
Disponible en: <https://data.sparkfun.com>
- [14] Conversor texto a .mp3
Disponible en: http://www.yakitome.com/tts/text_to_speech
- [15] Computadores de placa simple Raspberry Pi
Disponible en: <https://www.raspberrypi.org>

ANEXOS.

ANEXO I

Datasheet ESP8266.

ANEXO II

Programación Baliza (C).

ANEXO III

Programación APP Android (Java).

ANEXO IV

Programación Base de datos (SQL).





Universidad de Alcalá
Escuela Politécnica Superior



ESCUELA POLITECNICA
SUPERIOR



Universidad
de Alcalá