

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



Proyecto Fin de Carrera

**Sistema de comunicación de clickers a un
servidor web basado en Raspberry Pi**
(Clickers communication system to a web
server based on Raspberry Pi)

Para acceder al Título de

INGENIERO TÉCNICO DE TELECOMUNICACIÓN

Autor: Raúl García García

Octubre - 2013



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

INGENIERÍA TÉCNICA DE TELECOMUNICACIÓN

CALIFICACIÓN DEL PROYECTO FIN DE CARRERA

Realizado por: Raúl García García

Director del PFC: Adolfo Cobo García

Título: “Sistema de comunicación de clickers a un servidor web basado en Raspberry Pi”

Title: “Clickers communication system to a web server based on Raspberry Pi”

Presentado a examen el día: 11/10/2013

para acceder al Título de

INGENIERO TÉCNICO DE TELECOMUNICACIÓN, ESPECIALIDAD EN SISTEMAS ELECTRÓNICOS

Composición del Tribunal:

Presidente: Mirapeix Serrano, Jesús

Secretario: Cobo García, Adolfo

Vocal: Mañana Canteli, Mario

Este Tribunal ha resuelto otorgar la calificación de:

Fdo.: El Presidente

Fdo.: El Secretario

Fdo.: El Vocal

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

Vº Bº del Subdirector

Proyecto Fin de Carrera Nº
(a asignar por Secretaría)

Agradecimientos

A mi familia por todo el apoyo prestado durante todos estos años.

A mis amigos por estar siempre ahí y hacerme disfrutar de tan buenos momentos a lo largo de este trayecto.

A Adolfo, mi director de proyecto, por su ayuda y por brindarme la oportunidad de realizar este proyecto que tanto me ha aportado.

Gracias.

Índice

1	Introducción	7
1.1	<i>Contexto.....</i>	7
1.1.1	¿Qué es un clicker?.....	7
1.1.2	El uso de los clickers en la docencia	7
1.1.3	Sistemas de clickers comerciales.....	8
1.2	<i>Motivación.....</i>	9
1.3	<i>Objetivos.....</i>	9
1.4	<i>Organización del documento.....</i>	10
2	Introducción a la Raspberry Pi.....	12
3	Sistema de clickers docentes.....	15
4	Aplicación web de preguntas y respuestas.....	18
5	Sistema desarrollado	20
5.1	<i>Especificaciones.....</i>	20
5.1.1	Especificaciones del sistema.....	20
5.1.2	Especificaciones funcionales	20
5.1.2.1	Identificación de usuarios.....	20
5.1.2.2	Sistema de clickers docentes.....	21
5.1.2.3	Aplicación web de preguntas y respuestas	21
5.1.2.4	Interfaz entre el sistema de clickers y la aplicación web	22
5.2	<i>Diseño.....</i>	23
5.2.1	Diseño general del sistema.....	23
5.2.2	Diseño de la placa de control	24
5.2.2.1	Pines GPIO de la Raspberry Pi	24
5.2.2.2	Circuito para la LCD	26
5.2.2.2.1	Características de la LCD.....	26
5.2.2.2.2	Conexión de la LCD	27
5.2.2.3	Circuito para los pulsadores	29
5.2.2.4	Circuito impreso	31
5.2.3	Software de la interfaz	34
5.2.3.1	Funcionamiento de la interfaz.....	34
5.2.3.2	Lenguaje de programación Python	34
5.2.3.3	Módulos.....	35
5.2.3.4	Clases	36
5.2.3.4.1	ButtonsSet4 - InterfazClickers/src/pushbuttons.py	37

5.2.3.4.2	HD44780_16x2 – InterfazClickers/src/hd44780.py.....	37
5.2.3.4.3	ServerSession - InterfazClickers/src/serversession.py	38
5.2.3.4.4	Listener – InterfazClickers/src/seriallistener.py	39
5.2.3.4.5	ClickersData – InterfazClickers/src/clickersdata.py.....	39
5.2.3.4.6	MonitorMenu – InterfazClickers/src/monitormenu.py	40
5.2.3.4.7	LCDmenu – InterfazClickers/src/lcdmenu.py	41
5.2.3.5	Base de datos.....	43
5.2.3.5.1	SQLite	43
5.2.3.5.2	Modelo de datos E-R	44
5.2.3.5.3	Tablas y campos de la base de datos.....	44
6	Pruebas y resultados.....	46
7	Resumen, conclusiones y líneas futuras	57
7.1	<i>Resumen</i>	57
7.2	<i>Conclusiones</i>	59
7.3	<i>Líneas futuras</i>	60
7.3.1	Rediseño de la placa de control	60
7.3.2	Uso de I ² C para la comunicación con la placa de control.....	61
7.3.3	Permitir volver atrás desde las opciones de configuración	61
7.3.4	Implementación de un servicio web REST	61
7.3.5	Añadir retroalimentación en los clickers.....	62
7.3.6	Diseño de un sistema de preguntas y respuestas sin necesidad de usar una conexión a Internet	62
8	Glosario de términos.....	63
9	Bibliografía	64
10	Anexo I - Manual de uso del sistema.....	65
10.1	<i>Introducción.....</i>	65
10.2	<i>Conexión de la placa de control a la Raspberry Pi.....</i>	65
10.3	<i>Uso de la placa de control</i>	66
10.4	<i>Configuración de la aplicación.....</i>	67
10.4.1	Uso de monitor y teclado	67
10.4.2	Configuración de los clickers	67
10.4.2.1	Añadir un clicker a la base de datos	68
10.4.2.2	Añadir un usuario a la base de datos	68
10.4.2.3	Asociar/disociar un usuario	69
10.4.2.4	Actualizar identificador numérico de un clicker.....	70
10.4.2.5	Actualizar contraseña de usuario	71
10.4.2.6	Borrar un clicker de la base de datos	71

10.4.2.7	Borrar un usuario de la base de datos.....	71
10.4.2.8	Mostrar listado de todos los clickers.....	72
10.4.2.9	Mostrar listado de todos los usuarios	72
10.4.3	Configuración de los cursos.....	73
10.4.3.1	Añadir un curso a la base de datos.....	74
10.4.3.1.1	Localización del ID del curso.....	74
10.4.3.2	Actualizar nombre corto del curso	75
10.4.3.3	Actualizar nombre completo del curso	76
10.4.3.4	Borrar curso de la base de datos.....	76
10.4.3.5	Mostrar listado de todos los cursos	77
10.4.3.6	Mostrar curso configurado por defecto.....	77
10.4.3.7	Seleccionar el curso por defecto	77
10.5	<i>Escucha de los clickers</i>	78
10.6	<i>Apagar y reiniciar la Raspberry Pi</i>	80
11	Anexo II – Guía de instalación	81
11.1	<i>Introducción.....</i>	81
11.2	<i>Instalación de la Interfaz de clickers.....</i>	81
11.2.1	Ubicación de la aplicación	81
11.2.2	Instalación de librerías.....	81
11.2.2.1	pySerial	82
11.2.2.2	Beautiful Soup 4	82
11.2.2.3	Requests	82
11.2.2.4	RPi.GPIO.....	82
11.3	<i>Configuración para inicio automático al encender la Raspberry Pi</i>	83
11.3.1	Creación de un nuevo usuario.....	83
11.3.2	Editar el fichero /etc/inittab.....	83
11.3.3	Editar el fichero .bashrc.....	83
11.4	<i>Instalación y configuración de GNU Screen.....</i>	84
11.4.1	Instalar GNU Screen.....	84
11.4.2	Editar el fichero .bashrc.....	84
11.4.3	Iniciar sesión SSH	85
12	Anexo III – Esquema de la placa de control	86
13	Anexo IV - Circuito impreso de la placa de control	87
14	Anexo V – Esquema de los clickers.....	88
15	Anexo VI – Circuito impreso de los clickers	89

1 Introducción

1.1 Contexto

1.1.1 ¿Qué es un clicker?

Un clicker es un pequeño dispositivo de radiofrecuencia, similar a un mando a distancia, que dispone de una serie de botones que permiten enviar una respuesta a determinadas preguntas.

El objetivo de estos clickers está fijado principalmente en la docencia, donde las preguntas las planteará el profesor y son los alumnos quienes utilizándolos enviarán las respuestas.

Por lo tanto, una definición sencilla de los clickers es que son unos mandos a distancia para contestar a las preguntas del profesor en clase.

1.1.2 El uso de los clickers en la docencia

Los sistemas de clickers en la docencia son un elemento dinamizador de las clases, que estimulan el interés del alumno durante el aprendizaje de la materia y que además ayuda al profesor a realizar un seguimiento de los conocimientos que van adquiriendo sus alumnos durante las clases.

Eric Mazur es uno de los pioneros en la utilización de estos sistemas de preguntas y respuestas en la enseñanza. Este reconocido profesor de física en la universidad de Harvard lleva años utilizando un método de enseñanza denominado “enseñanza entre pares” (peer-instruction) que fomenta la interacción en clase como método de aprendizaje, involucrando a los alumnos en su propio aprendizaje.

Con el método de enseñanza entre pares ha logrado que los alumnos dimensionen el curso desde otra perspectiva y consigan llegar a conclusiones lógicas sobre el concepto planteado a partir de análisis propios.

Lo que propone este método es que el profesor haga una breve presentación sobre el punto a discutir en clase, pasando luego a la realización de una prueba conceptual a los alumnos. Es en este punto donde entra en juego el sistema de clicker docentes.

La estrategia a seguir por el profesor consistiría en que el éste plantee una pregunta y los alumnos haciendo uso de los clickers la respondan de manera anónima. De este modo, el profesor puede visualizar los resultados de las votaciones y decidir cómo proceder: revisar el concepto presentado a los alumnos, proponer una discusión de las

respuestas entre los compañeros de clase o dar una explicación detallada del concepto y volver a repetir el mismo procedimiento para ver la variación de resultados.

Los beneficios de encuestar a los alumnos durante el desarrollo de las clases docentes son múltiples, tanto para el alumnado como para el profesor. A los profesores les permite evaluar constantemente a los alumnos y comprobar si realmente están asimilando correctamente los conceptos que se les quiere transmitir. Por otro lado, los alumnos mostrarán un nivel de atención mucho mayor, al pasar a formar parte de su propio aprendizaje.

Aunque el uso de un sistema de clickers docentes no es un requisito fundamental para poder aplicar el método de enseñanza entre pares, éstos resultan una herramienta que facilita mucho la tarea tanto para el alumno como para el profesor.

Por ejemplo, ante una pregunta propuesta en clase y a la que haya que contestar públicamente, puede que el alumno se sienta coartado a responder debido al miedo que pueda tener a fallar en la respuesta. Con los clickers este inconveniente queda eliminado al tratarse de un sistema de votación anónimo.

Por otro lado, el uso de clickers permite a los profesores visualizar de manera inmediata las estadísticas de las respuestas enviadas por sus alumnos, por lo que se ahorra en tiempo y proporciona mayor comodidad para el profesor.

1.1.3 Sistemas de clickers comerciales

El uso de los sistemas docentes de clickers está proliferando progresivamente, y es por ello que cada vez se pueden encontrar más y más modelos comerciales de estos sistemas en el mercado, lo que ha favorecido la competencia y que en consecuencia los precios se vean reducidos.

Igualmente, estos sistemas poco a poco están convirtiéndose en sistemas más completos e incluyen nuevas funcionalidades que pueden ser de utilidad tanto para el profesor y como para los alumnos durante el desarrollo de las clases.

Pero a pesar de la mayor competencia en el mercado y de la posibilidad de buscar entre diferentes alternativas con más o menos funcionalidades, la realidad es que los precios aún no son lo suficientemente competitivos como para que muchas instituciones educativas puedan permitirse una adquisición masiva de estos sistemas que permitirían impulsar el aprendizaje activo en sus aulas.

Como ejemplo, podemos centrarnos en un sistema desarrollado por la empresa EduClick, concretamente el mando RF LCD. Este mando ofrece multitud de opciones gracias a un teclado alfanumérico y a una pequeña pantalla incorporada, pero su alto precio (unos 2.500€ por el sistema completo que incluye 20 clickers y software) supone una alta inversión, lo que por el momento puede hacer que estos sistemas sean poco atractivos.

1.2 Motivación

La motivación de este proyecto es básicamente lograr desarrollar un sistema de clickers docentes que sea completo, sencillo de utilizar y sobre todo que sea barato.

Como ya se ha explicado en el punto anterior, el uso de un sistema de clickers docente puede mejorar notablemente el aprendizaje de los alumnos; pero en el contexto de crisis y recortes que se está sufriendo actualmente, realizar un desembolso importante por parte de una institución educativa para adquirir un número suficiente de clickers puede ser una “misión imposible”.

Por ello, el desarrollo de un sistema de clickers económico podría ser el desencadenante para que estos mandos docentes se empiecen a utilizar en más aulas.

Además de la intención de desarrollar un sistema económico, con este proyecto también se pretende lograr un sistema lo más sencillo e intuitivo posible para el alumno, de modo que éste únicamente se deba centrar en analizar la pregunta y sus respuestas y razonar cuál cree que es la correcta, abstrayéndose de las complicaciones que podrían suponer el uso de unos mandos con muchos botones y opciones complejas.

Por otro lado, con el objetivo de convertir al sistema en lo más portable posible y dotarlo de una gran capacidad de evolución en el futuro, se propone el uso de un pequeño ordenador conocido como Raspberry Pi que sirva como receptor de las respuestas enviadas por los clickers.

El uso de la Raspberry Pi proporciona un mayor abanico de posibilidades a la hora de desarrollar un software específico para el sistema, pudiendo además aprovechar las posibilidades de expansión que ofrece un ordenador como son los puerto USB, Ethernet, HDMI, GPIO, etc.

Además, la utilización de la Raspberry Pi no interfiere en absoluto en el principal objetivo de proyecto, que es el de lograr un sistema lo más económico posible, ya que la Raspberry Pi se trata de una placa base del tamaño de una tarjeta de crédito con un precio aproximado de uno 30€. Un precio que podemos considerar lo suficientemente reducido si tenemos en cuenta todas las posibilidades que nos puede ofrecer, ya no solamente en el sistema de clickers docentes de este proyecto, sino en otros sistemas o proyectos que se puedan ejecutar sobre la misma Raspberry Pi en el futuro.

1.3 Objetivos

Puesto que a la hora de la realización de este proyecto los clickers ya se encontraban diseñados, así como también se encontraba en funcionamiento una página web de preguntas y respuestas desarrollada por el Grupo de Ingeniería Fotónica de la

Universidad de Cantabria, el objetivo de este proyecto es el de desarrollar un sistema que comunique los clickers y el servidor web mediante el uso de una Raspberry Pi.

Para llevar a cabo este objetivo se desarrollará una aplicación específicamente diseñada para funcionar en una Raspberry Pi, que será la que se encargue de recibir las respuestas enviadas por los clickers y enviar estas a la página web de preguntas y respuestas.

El sistema deberá funcionar de manera simultánea usando la web y los clickers, de este modo el profesor podrá utilizar la página web para visualizar las estadísticas de todas las respuestas enviadas por los alumnos, tanto las respuestas de quienes han hecho uso de los clickers como de quienes han hecho uso de su propio usuario desde la página web.

De manera adicional, la aplicación irá acompañada de una placa de control que el profesor podrá usar para el control y configuración del sistema.

Al desarrollar este sistema de comunicación de clickers al servidor web se logrará reducir el coste de la utilización de los clickers en la enseñanza, puesto que no será necesario la fabricación de un gran número de ellos al poder combinarse la utilización del sistema de preguntas y respuestas mediante la página web (ya sea desde un ordenador o un *smartphone*) o mediante la utilización de los clickers.

Con todo esto, el principal objetivo del proyecto no deja de ser el innovar en los métodos de enseñanza para lograr involucrar a los alumnos en su propio aprendizaje y fomentar así el método de la enseñanza entre pares, pero lográndolo hacer de la forma más económica posible.

1.4 Organización del documento

El presente documento se estructura en los siguientes siete capítulos:

- **Introducción.** Es el primer capítulo y en él se expone contexto, la motivación y los objetivos del proyecto, así como la organización del documento del presente documento.
- **Introducción a la Raspberry Pi.** En el segundo capítulo se explicará de una forma resumida qué es una Raspberry Pi, para que sirva y sus ventajas para el desarrollo de este proyecto.
- **Introducción a los clickers.** En el tercer capítulo se resumirá el funcionamiento de los clickers utilizados en el desarrollo del proyecto.
- **Introducción a la aplicación web de preguntas y respuestas.** En este cuarto capítulo se explicará de una forma breve en que consiste la aplicación web de preguntas y respuestas y cómo funciona.

- **Sistema desarrollado.** El quinto capítulo será donde se darán los detalles de las partes que componen el sistema desarrollado, tanto en el aspecto *hardware* como *software*.
- **Pruebas y resultados.** En este capítulo se someterá a prueba el sistema desarrollado y se observarán los resultados obtenidos.
- **Resumen, conclusiones y líneas futuras.** En el último capítulo se sacarán las conclusiones y valoraciones oportunas sobre el proyecto y también se plantearán las posibles mejoras que se podrían realizar en el sistema.

2 Introducción a la Raspberry Pi

Hoy en día los niños son capaces de hacer uso de casi cualquier ordenador o dispositivo electrónico a la perfección y sin necesidad de aprender su funcionamiento o consultar el manual de instrucciones. Pero a pesar de que el manejo de las nuevas tecnologías es casi algo innato en ellos, muy pocos saben programar una sencilla aplicación informática.

Conocedores de la necesidad de impulsar la enseñanza de las ciencias de la computación en las escuelas y en el hogar, la Fundación Raspberry Pi desarrolló y lanzó al mercado a finales de febrero del año 2012 un sencillo ordenador, de bajo coste y del tamaño de una tarjeta de crédito, con un precio que se aproxima al de un libro de texto. Este pequeño ordenador saldría al mercado con el nombre de Raspberry Pi.

Tal fue la demanda de la Raspberry Pi que incluso antes de su lanzamiento ya les había desbordado en expectativas. Todo esto resulta aún más sorprendente si tenemos en cuenta que el objetivo inicial de la Fundación Raspberry Pi era comercializar el pequeño ordenador enfocándose en la enseñanza.

Pero la realidad ha sido bien distinta, y a pesar de que sí que se esté usando para la enseñanza, su reducido tamaño y precio la han convertido en una herramienta ideal para el desarrollo de diferentes proyectos, tanto en el ámbito empresarial como en el personal, llegando incluso a sustituir o complementar a la placa Arduino en algunos de estos proyectos.

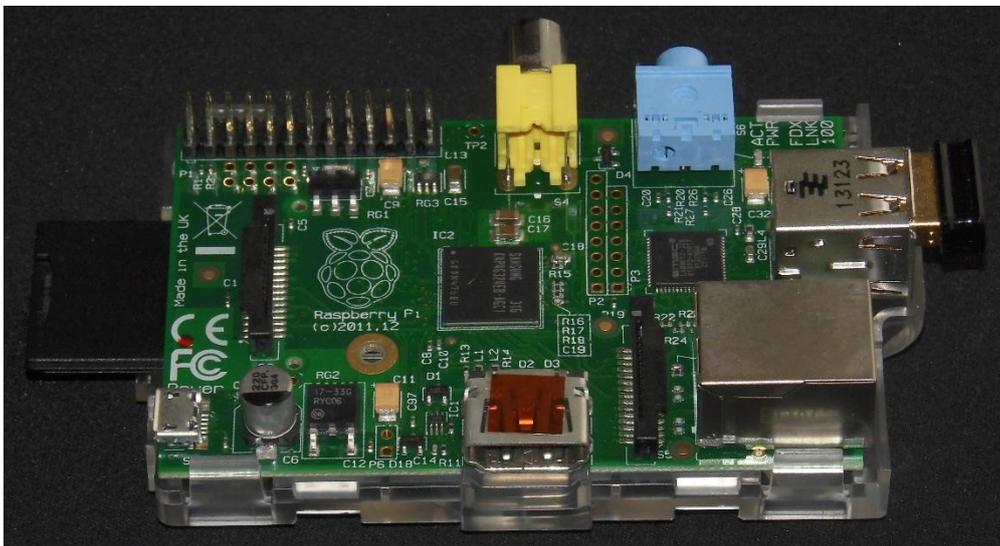


Figura 1 - Raspberry Pi modelo B REV2

Actualmente hay dos versiones de la placa a la venta, el modelo A y el modelo B. El modelo A es el más económico, pero por el contrario carece de algunos puertos y especificaciones que si están presentes en el modelo B, destacando entre ellos la

ausencia de un puerto USB menos respecto al modelo B y la carencia de un puerto Ethernet con el que poder conectar la Raspberry Pi a una red.

El modelo B en cambio es el que hasta el momento ofrece las mejores especificaciones, pero dispone de dos revisiones entre las cuales hay algunas pequeñas variaciones. La revisión 1.0 fue el primer modelo de la Raspberry Pi puesto a la venta, mientras que la revisión 2.0 fue anunciada en septiembre de 2012, ofreciendo una serie de correcciones y mejoras como son los nuevos agujeros de montaje, un circuito para hacer *reset*, soporte para depuración JTAG y un aumento de la memoria RAM de 256 MB a 512 MB.

El modelo B de la Raspberry Pi está compuesto por un chip Broadcom BCM2835 que integra todos los módulos que componen el ordenador: procesador central (CPU) ARM1176JZF-S a 700 MHz, procesador gráfico (GPU) VideoCore IV y 512 MB de memoria RAM. En cuanto a las conexiones, son de destacar los dos puertos USB 2.0, un conector RCA para salida de vídeo, un conector HDMI para salida de vídeo en alta definición y audio, un conector Jack de 3,5 mm para salida de audio, una ranura para tarjetas de memoria SD/MMC, un puerto Ethernet 10/100, un cabezal de 26 pines para conexión de periféricos de bajo nivel (GPIO, I²C, SPI y UART) y un conector microUSB para alimentar la Raspberry Pi con una fuente de alimentación de 5V y 700 mA.

RASPERRY PI MODEL B

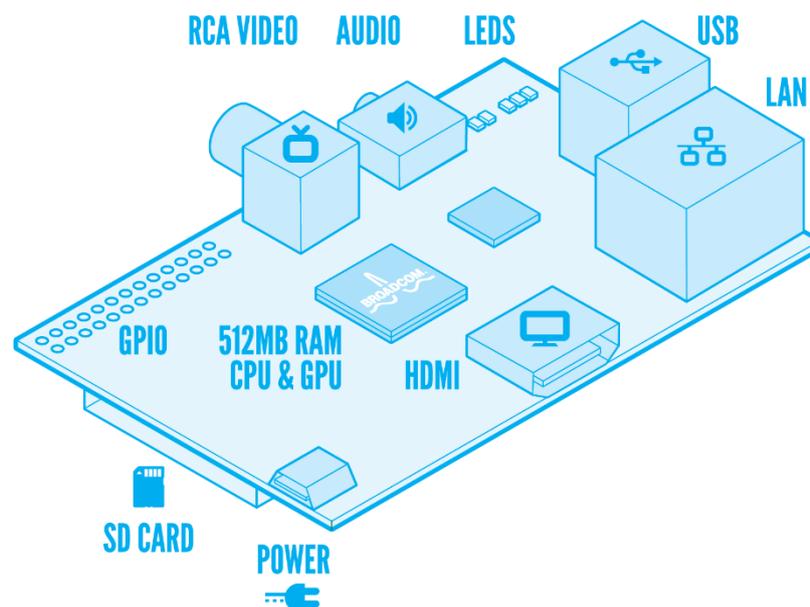


Figura 2 - Localización de los componentes de la placa modelo B

La Raspberry Pi no dispone de disco duro ni memoria para almacenar datos, para ello hace uso de la ranura para las tarjetas de memoria. En la tarjeta de memoria se debe hacer la instalación del sistema operativo con el que queramos que corra la Raspberry Pi. Desde la página oficial de Raspberry Pi es posible descargar distintas distribuciones: Raspbian, Pidora, OpenELEC, RaspBMC, RISC OS y ArchLinux Pi.

En el caso de este proyecto se ha instalado Raspbian en una Raspberry Pi modelo B Rev2. Raspbian está basado en Debian y ha sido optimizado para ser usado con una Raspberry Pi, añadiéndole utilidades que permiten sacar el máximo partido a esta pequeña computadora. Además dispone de interfaz gráfica para que usuarios menos avanzados puedan hacer uso del sistema sin necesidad de partir con una gran base de conocimientos sobre administración de sistemas Unix.

Para realizar la conexión a Internet de la Raspberry Pi podemos elegir entre dos opciones. La primera, conectar directamente un cable de red Ethernet al puerto del que dispone el modelo B de la Raspberry Pi. Pero si preferimos conectarnos a una red inalámbrica, podemos hacer uso de algún adaptador Wifi USB compatible con la Raspberry Pi, aunque esto nos ocupará uno de los escasos y preciados puertos USB de la placa.

Por último, remarcar que la Raspberry Pi ofrece un gran abanico de posibilidades de expansión y de desarrollo de proyectos gracias a sus puertos GPIO, que permiten controlar a través de *software* el *hardware* que le conectemos a la Raspberry Pi.

3 Sistema de clickers docentes

Como ya se ha explicado en el contexto de este proyecto, los clickers surgen de la necesidad de crear un sistema de encuestación a los alumnos que permita que éstos respondan de forma anónima a las preguntas que plantee el profesor en clase. Al mismo tiempo, estos sistemas de clickers ofrecen al profesor unas estadísticas inmediatas de las contestaciones de los alumnos, indicando el porcentaje de fallos y de aciertos en las respuestas a la pregunta.

Pero como también se ha mencionado en el contexto, el precio de los sistemas comerciales de clickers es algo elevado, por lo que en este proyecto se va a utilizar un sistema de clickers docentes diseñados por la empresa Norsip (una pequeña *start-up* cántabra) con el objetivo de resultar lo más económicos posibles.

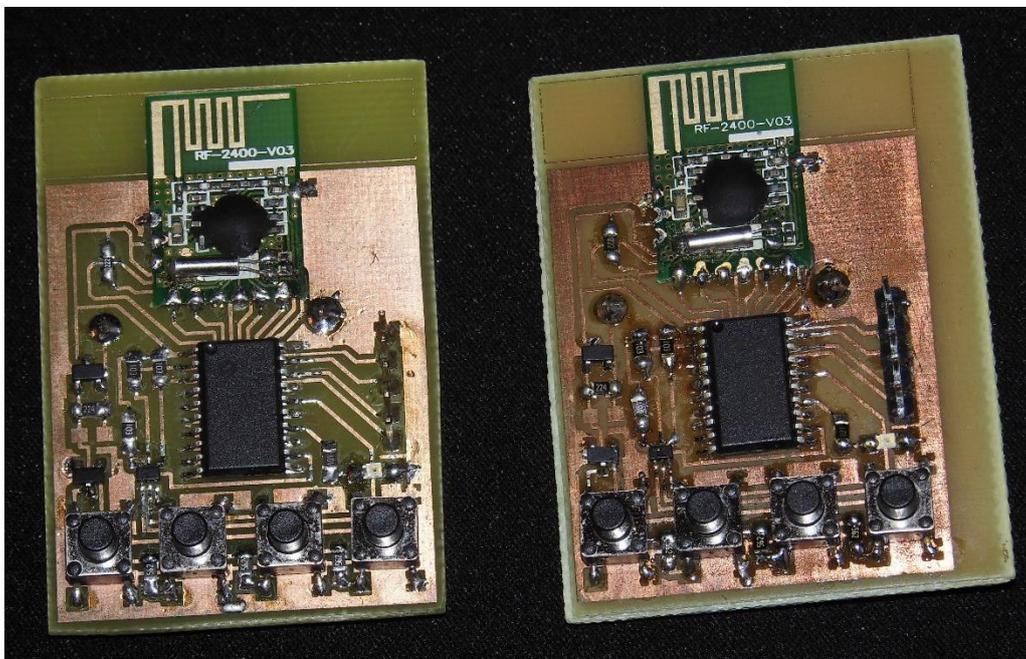


Figura 3 - Prototipos de los clickers utilizados para el proyecto

Estos clickers son un pequeño dispositivo de radiofrecuencia, similar a un mando a distancia, que disponen de cuatro botones que permiten seleccionar una respuesta diferente para cada uno de ellos.

Los clickers están alimentados por una pila de botón que proporciona una tensión de 3.3 V.

Por cada pulsación que se realice en uno de los botones, el clicker enviará mediante el chip de RF que integra en su circuito una línea de datos en la que se indicará el identificador del clicker, un código binario indicando el botón o botones que se han pulsado y el número de veces que se ha enviado esa línea. Para cada pulsación se realizan cinco envíos, reduciendo así las posibilidades de que el mensaje completo o partes de este puedan perderse.

A continuación se muestra un ejemplo de un envío realizado para el primer pulsador:

```
<0xC1C2C30000>  
<0xC1C2C30001>  
<0xC1C2C30002>  
<0xC1C2C30003>  
<0xC1C2C30004>
```

En el ejemplo mostrado se envía la misma línea hasta en cinco ocasiones, variando únicamente el indicador del número de envío, que son los dos últimos dígitos. Los seis caracteres que forman el código "C1C2C3" son el identificador del clicker, que debe ser único para cada uno de los clickers de los que se vaya a disponer. Finalmente los dos dígitos que quedan son los que indican el botón o los botones que se han pulsado.

En la siguiente figura se muestra el valor que envía cada uno de los pulsadores de un clicker. Si el dígito enviado es el resultado de la suma de varios de estos valores, quiere indicar que se han pulsado varios botones al mismo tiempo.

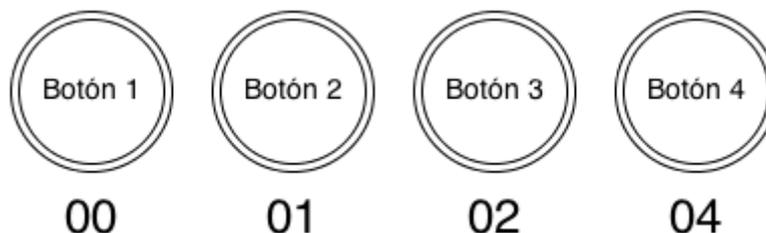


Figura 4 - Representación gráfica del valor numérico que envía cada uno de los pulsadores de un clicker

Estos mensajes serán recibidos por el receptor. El receptor dispone de un chip FT232RL que es un convertidor de serie a USB, que se encarga de emular un puerto serie a través de del USB. También dispone de otro circuito integrado de RF al que se le conecta una antena para que el circuito pueda recibir los mensajes que envían los clickers.

Este receptor es realmente el encargado de establecer la comunicación entre los clickers y el dispositivo en el que se vaya a ejecutar la aplicación. A través de un puerto USB se conecta el receptor, el cual recibe los mensajes desde los clickers y los procesa para enviar a través del cable serie-USB los mensajes que han llegado completos desde los clickers. Estos mensajes son los que posteriormente se lean desde la aplicación.

El receptor también es el encargado de gestionar el envío de los mensajes a través del cable serie-USB cuando varios clickers envían sus respuestas al mismo tiempo. Por lo tanto, el programador de la aplicación solamente deberá preocuparse de leer las líneas enviadas a través del puerto USB haciendo uso del estándar RS-232.

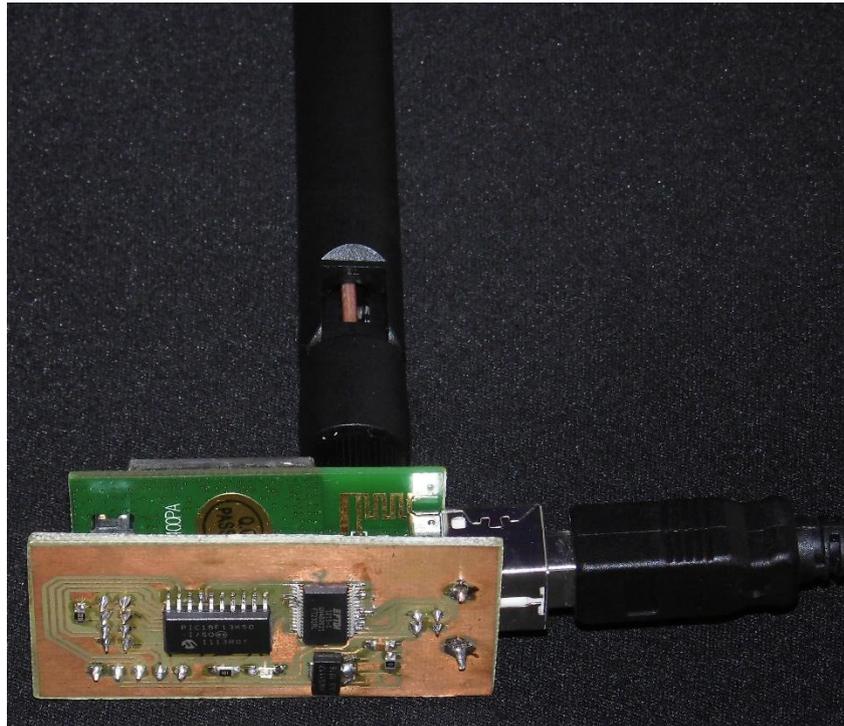


Figura 5 - Receptor del sistema de clickers

Por último, es importante resaltar que para poder leer los datos del receptor, en caso de que no nos lo detectara automáticamente nuestro ordenador, será necesaria la instalación de un driver para el chip FTS232RL que se puede ser descargado desde la web del fabricante FTDI.

4 Aplicación web de preguntas y respuestas

La aplicación web de preguntas y respuesta es una solución que ha llevado a cabo el Grupo de Ingeniería Fotónica de la Universidad de Cantabria como alternativa al uso de clickers para los alumnos que disponen de un teléfono móvil inteligente.

Este será el medio por el cual un profesor planteará una pregunta con una serie de respuestas propuestas, entra las cuales el alumno deberá seleccionar la que crea correcta y enviarla a través del formulario web disponible para ello.

A esta aplicación web de preguntas y respuestas se puede acceder a través de la URL <http://apindo.teisa.unican.es/pr> y para poder hacer uso de ella será necesario disponer de un usuario, ya sea para acceder como un profesor o para acceder como un alumno.

La aplicación está dividida por cursos, de este modo los distintos cursos pueden estar gestionados por diferentes profesores, pudiendo haber varias preguntas guardadas para cada curso pero solamente una de ellas podrá estar activa en cada instante de tiempo.

Por lo tanto, los usuarios con privilegios de profesor podrán crear cursos, editar sus descripciones, aceptar las solicitudes de acceso de los alumnos, añadir o eliminar preguntas, iniciar una pregunta para que los alumnos puedan contestarla y consultar el histórico de sesiones de las preguntas y sus correspondientes estadísticas.

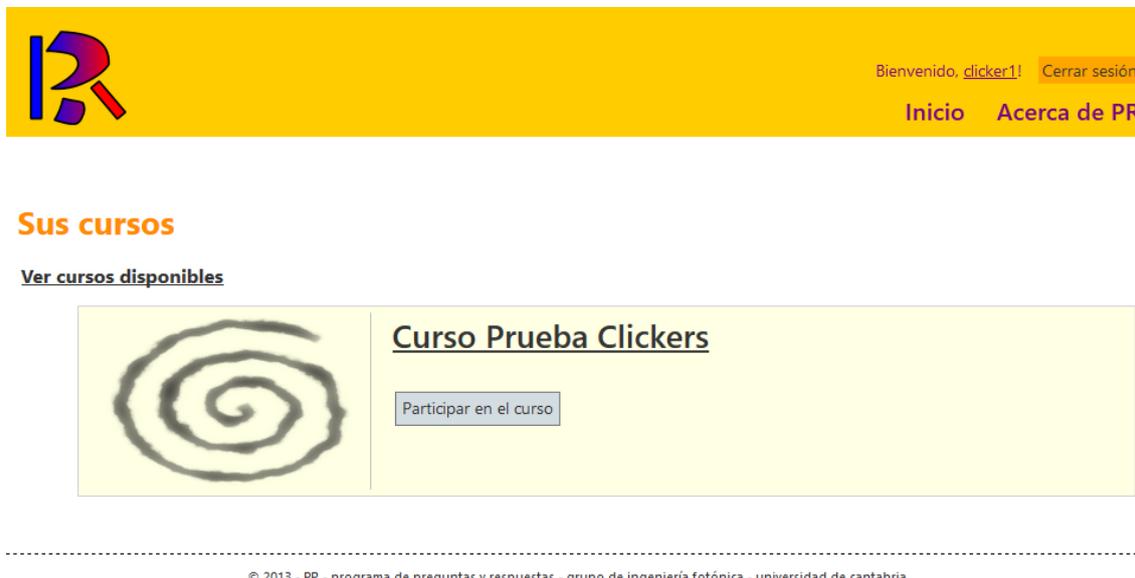


Figura 6 - Vista de la web de preguntas y respuestas para un alumno con acceso a un único curso

En cambio, si se accede a la plataforma web como un alumno, será necesario que se solicite acceso a uno o varios de los cursos disponibles para poder contestar a las preguntas que se planteen. Una vez que el profesor encargado del curso haya aprobado la solicitud, el alumno únicamente tendrá que acceder al curso que desee para responder a las preguntas.

Mientras el alumno esté dentro del curso ya no deberá hacer nada más, puesto que la página será recargada automáticamente cada vez que el profesor inicie una nueva pregunta. Si no hay ninguna pregunta activa el alumno verá un mensaje indicándole que se mantenga a la espera y si la pregunta está en revisión también le será indicado al alumno, junto a otro mensaje que le mostrará si su respuesta a la pregunta era o no la correcta.

Por último, remarcar que la aplicación web permite la creación de cuatro tipos de preguntas posibles: preguntas de respuesta única con cuatro opciones, preguntas de respuesta múltiple con cuatro opciones, preguntas con opción de verdadero o falso y preguntas con opción de si o no.

5 Sistema desarrollado

5.1 Especificaciones

5.1.1 Especificaciones del sistema

El sistema desarrollado está compuesto por un sistema de clickers docentes que ya se encontraba desarrollado, una aplicación web de preguntas y respuestas que también se encontraba desarrollada y una interfaz entre el sistema de clickers docentes y la aplicación de preguntas y respuestas.

El sistema de clickers docentes está compuesto por un receptor y una serie de pequeños dispositivos de radiofrecuencia similares a un mando a distancia. Cada uno de estos dispositivos dispone de cuatro pulsadores y cada uno de estos pulsadores corresponde a una respuesta a la pregunta planteada.

La aplicación de preguntas y respuestas es una aplicación web a la que los usuarios acceden a ella identificándose con sus credenciales. La aplicación web proporciona una interfaz gráfica a través de la cual los usuarios “alumno” pueden visualizar una pregunta planteada por un usuario “profesor” y seleccionar y enviar al servidor web una de las respuestas disponibles.

La interfaz entre el sistema de clickers y la aplicación web de preguntas y respuestas es una aplicación instalada en la Raspberry Pi. Se encargará de recibir la información enviada por el sistema de clickers docentes, de procesarla y enviar la respuesta correspondiente de cada pulsación en el clicker a la aplicación de preguntas y respuestas instalada en el servidor web.

Además, la aplicación instalada en la Raspberry Pi proporciona una interfaz humana sencilla a través de una LCD y cuatro pulsadores conectados a los pines GPIO de la Raspberry Pi. Con ella el usuario puede iniciar la escucha de los clickers o configurar el sistema.

5.1.2 Especificaciones funcionales

5.1.2.1 Identificación de usuarios

Para el sistema desarrollado se han identificado dos tipos de usuarios:

- Alumnos.
- Profesores.

Los alumnos podrán únicamente hacer uso de los clickers docentes. Con ellos podrán responder a una pregunta planteada en clase presionando uno de los cuatro pulsadores disponibles para enviar la respuesta que crean correcta.

Los profesores podrán hacer uso del menú de la aplicación a través de la placa de control, lo que les permitirá iniciar la escucha, configurar el sistema y registrar nuevos clickers, usuarios o cursos. Usando la aplicación web podrán crear nuevas preguntas y consultar las estadísticas de las respuestas enviadas por los alumnos.

5.1.2.2 Sistema de clickers docentes

El sistema de clickers docentes será el medio con el que los usuarios identificados como alumnos puedan enviar una respuesta a una pregunta planteada en clase.

Para enviar una respuesta al servidor web el alumno tendrá que pulsar el botón correspondiente a la opción que crea correcta. El botón situado a la izquierda corresponderá a la primera de las respuestas propuestas por el profesor, mientras que el botón de la derecha corresponderá a la última de las respuestas.

El clicker enviará mediante un chip de radiofrecuencia una cadena de bits que identifican clicker, la respuesta que se está enviando y el número de veces que se ha enviado esa misma cadena de bits. Por cada pulsación el clicker enviará hasta en cinco ocasiones la información, para de este modo evitar posibles pérdidas de datos durante la transmisión.

La cadena será enviada a un circuito conectado a unos de los puertos USB de la Raspberry Pi. Este circuito será el encargado de recibir los bits enviados por cada uno de los clickers y en caso de que se haya recibido una línea de datos completa será enviada a través de la conexión serie-USB a la Raspberry Pi.

5.1.2.3 Aplicación web de preguntas y respuestas

La aplicación web de preguntas y respuestas podrá funcionar independientemente del resto del sistema. En ella se podrán registrar los alumnos y solicitar acceso a los cursos disponibles para poder visualizar las preguntas activas en cada uno de ellos y poder enviar una respuesta a éstas.

La plataforma web también proporcionará al profesor una interfaz gráfica que le facilitará la creación de cursos y de preguntas, añadir las respuestas propuestas para cada pregunta, configurar cuál de ellas será la correcta y aceptar solicitudes de alta de alumnos en los distintos cursos que administre.

En cada momento solamente podrá haber una pregunta activa para cada curso y el profesor podrá iniciar la pregunta, revisar las estadísticas de las respuestas enviadas o terminar la pregunta.

5.1.2.4 Interfaz entre el sistema de clickers y la aplicación web

La interfaz entre los clickers y la aplicación web de preguntas y respuestas será la encargada de comunicar ambos sistemas, enviando a la aplicación web la respuesta que ha seleccionado el alumno a través del clicker.

Esta interfaz será una aplicación que se ejecutará en una Raspberry Pi y que debe iniciarse al terminar de arrancar el sistema operativo del ordenador. A la Raspberry Pi se conectará una LCD y cuatro pulsadores que serán los que se usen para navegar a través de las distintas opciones de la aplicación.

El primero de los pulsadores comenzando por la izquierda permitirá confirmar la opción seleccionada. El segundo pulsador servirá para subir una posición en el menú y de forma similar el tercero servirá para bajar una posición. Por último, el cuarto pulsador permitirá cancelar o volver atrás en el menú.

En cuanto al menú que mostrará la aplicación en la LCD, la primera opción permitirá iniciar la escucha de los clickers, de manera que la aplicación recibirá y procesará cada línea enviada a la Raspberry Pi desde el receptor. Una vez procesada la información, la aplicación enviará la respuesta a la plataforma web de preguntas y respuestas. Además, mientras la escucha esté en marcha la LCD mostrará el listado de clickers configurados en la aplicación junto a un símbolo que indicará para cada uno de ellos si el envío de la respuesta ha sido válido o si por el contrario se ha producido algún error y debe realizarse un nuevo intento.

Para que la escucha funcione correctamente el profesor deberá configurar previamente la interfaz haciendo uso de la segunda de las opciones del menú. Esta opción mostrará un submenú con cuatro opciones.

La primera de las opciones del submenú ofrecerá a su vez dos alternativas más, una para seleccionar el curso al que se enviarán las respuestas y otra para añadir, editar o eliminar cursos de la base de datos de la aplicación. Los cursos deberán ser establecidos con el mismo identificador numérico que usa la aplicación web.

La segunda de las opciones del submenú de configuración permitirá añadir, editar y eliminar usuarios y clickers de la base de datos de la aplicación. Los clickers deberán almacenarse reconociéndolos según su identificador único compuesto por 6 caracteres y por un identificador numérico a elección del profesor.

La tercera de las opciones del submenú de configuración permitirá apagar la Raspberry Pi, mientras que de forma similar, la cuarta y última opción permitirá reiniciar el dispositivo y a su vez la aplicación.

Al iniciar la escucha de los clickers, una vez ya configurada la interfaz, por cada línea de información que se reciba de cada uno de los mandos la aplicación extraerá el identificador único del clicker y hará uso del usuario asociado a éste para iniciar sesión en la plataforma web y posteriormente enviar la respuesta a la pregunta que se encuentre activa. Todo este proceso, se realizará en todo momento para el curso que esté configurado por defecto en la aplicación.

Por último, puesto que los clickers carecen de un método que permita al alumno confirmar si la respuesta se ha enviado o no correctamente al servidor, debe ser la aplicación instalada en la Raspberry Pi la encargada de proporcionar al profesor esa información a través de la pantalla LCD.

5.2 Diseño

5.2.1 Diseño general del sistema

En la figura 2 se muestra un diagrama con el diseño general del sistema. En él se puede apreciar cómo interactúa cada parte del sistema con el resto.

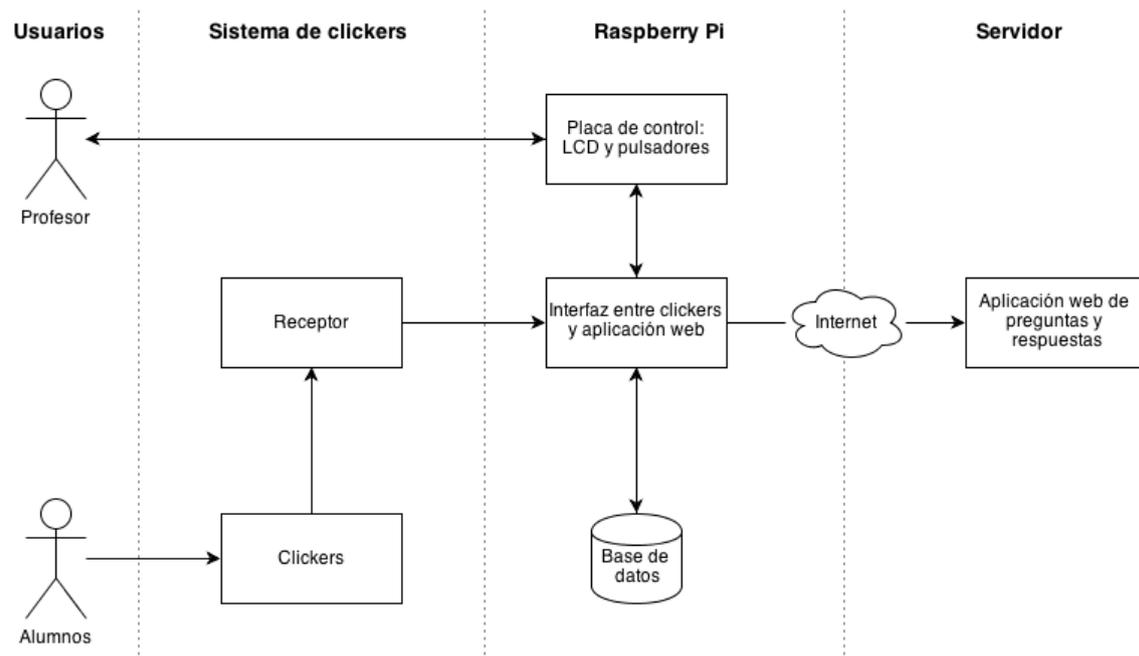


Figura 7 - Diseño general del sistema

Por un lado, como usuarios potenciales del sistema tenemos al profesor y a los alumnos.

Los alumnos hacen uso de los clickers para enviar las respuestas de las preguntas planteadas en clase, el receptor recoge la información enviada por cada uno de los clickers y ésta es enviada a la Raspberry Pi a través de una conexión serie-USB.

Por otro lado el profesor hace uso de la placa de control, un circuito impreso en el que se han integrado cuatro pulsadores y una LCD de 16x2. Este circuito impreso, que es la placa de control de la aplicación y sirve como interfaz humana, se conecta a la Raspberry Pi a través de sus pines GPIO y con él el profesor tiene el control de la aplicación y además le servirá para que la aplicación le mantenga informado de determinados estados a través de la LCD.

La aplicación a su vez se encarga de procesar la información enviada por los clickers y en función de ésta recuperará de la base de datos los datos del usuario asociado al clicker que se ha utilizado para poder iniciar sesión en la aplicación web de preguntas respuestas y enviar la respuesta seleccionada por el alumno al servidor.

De igual manera, la interfaz entre los clickers y la aplicación web podrá guardar en la base de datos nuevos alumnos, clickers y cursos y establecer una relación entre ellos.

5.2.2 Diseño de la placa de control

La placa de control es el circuito impreso que se conecta a la Raspberry Pi a través del cual el profesor puede hacer una gestión básica de la interfaz entre los clickers y la aplicación web.

En ella se ha integrado una LCD de 16x2 caracteres y cuatro pequeños pulsadores con los que se puede navegar a través de un sencillo menú que permite iniciar la escucha de los clickers, configurar el curso por defecto, añadir o editar nuevos usuarios, clickers o cursos y apagar o reiniciar la Raspberry Pi.

5.2.2.1 Pines GPIO de la Raspberry Pi

La Raspberry Pi dispone de un cabezal de 26 pines macho con una separación de 2.54 mm entre ellos y organizado en dos líneas de 13 pines.

Según la disposición de los pines en la Raspberry Pi, el primero de ellos se sitúa en la primera columna de la segunda fila.

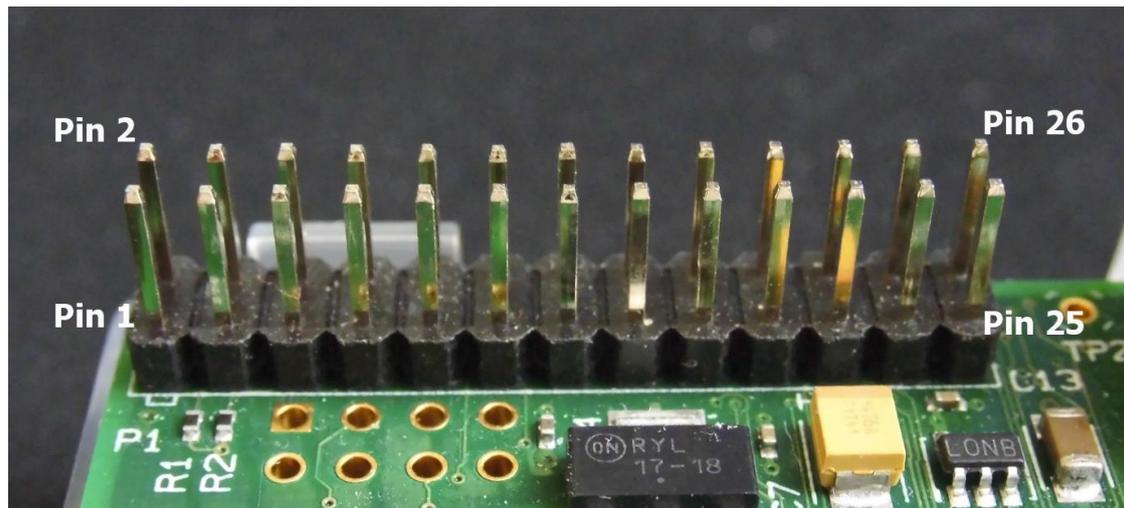


Figura 8 - Disposición de los pines GPIO de la Raspberry Pi

De estos 26 pines un total de 17 pueden ser usados como GPIO, aunque algunos de ellos podrán ser reconfigurados para hacer uso de funciones adicionales, como son los protocolos I²C, SPI y UART. Al iniciar la Raspberry Pi únicamente los pines 14 y 15 están preconfigurados a la función alternativa UART, el resto se inician como pines de propósito general.

Los pines GPIO de la Raspberry Pi trabajan a tensiones de 3.3 V y no toleran las tensiones de 5 V, por lo que hay que extremar las precauciones para no dañar la placa, ya que no dispone de protección para sobretensiones. Pero a pesar de que los pines GPIO no trabajen a tensiones de 5 V, sí que se dispone de dos pines que proporcionan una alimentación de +5V y otros dos que proporcionan una alimentación de +3.3V.

Hay que recordar que hay dos revisiones del modelo B de la Raspberry Pi, cambiando entre ellas la distribución de los pines GPIO, tal y como se puede comprobar en la siguiente tabla en la que se muestra cómo se han dispuesto los pines y cuáles son sus funciones.

Nº de Pin	Nombre Rev1	Nombre Rev2	Función alternativa
P1-01	5V		
P1-02	3.3V		
P1-03	GPIO 0	GPIO 2	I2C0_SDA / I2C1_SDA
P1-04	5V		
P1-05	GPIO 1	GPIO 3	I2C0_SCL / I2C1_SCL
P1-06	GND		
P1-07	GPIO 4		GPCLK0
P1-08	GPIO 14		UART0_TXD
P1-09	GND		
P1-10	GPIO 15		UART0_RXD
P1-11	GPIO 17		
P1-12	GPIO 18		PCM_CLK
P1-13	GPIO 21	GPIO 27	PCM_DOUT / reserved
P1-14	GND		

P1-15	GPIO 22	
P1-16	GPIO 23	
P1-17	3.3V	
P1-18	GPIO 24	
P1-19	GPIO 10	SPI0_MOSI
P1-20	GND	
P1-21	GPIO 9	SPI0_MISO
P1-22	GPIO 25	
P1-23	GPIO 11	SPI0_SCLK
P1-24	GPIO 8	SPI0_CEO_N
P1-25	GND	
P1-26	GPIO 7	SPI0_CE1_N

En la tabla, el número de pin se refiere a la posición de los pines en el cabezal marcado como P1 en la Raspberry Pi. El nombre en cambio hace referencia al nombre de la señal en el chip Broadcom BCM2835 de la Raspberry Pi.

En el caso de este proyecto la conexión de la LCD y de los pulsadores se realizará a través de pines GPIO, usando los pines GPIO 7, GPIO 8, GPIO 18, GPIO 23, GPIO 24 y GPIO 25 para la LCD y los pines GPIO 4, GPIO 17, GPIO 21/27 y GPIO 22 para los pulsadores.

5.2.2.2 Circuito para la LCD

5.2.2.2.1 Características de la LCD

Una LCD es una pantalla de cristal líquido que sirve de interfaz humana y sobre la que se pueden mostrar distintos caracteres como números, letras, símbolos, etc.

La pantalla de cristal líquido utilizada para la realización de la placa de control del proyecto tiene 2 filas y 16 columnas, por lo que se trata de una LCD de 16x2 que permite mostrar un total de 32 caracteres. Cada carácter está compuesto por una matriz de 5x8 puntos.

El chip que incorpora la LCD utilizada para el proyecto es el más común en este tipo de dispositivos, se trata del controlador HD44780 de Hitachi.

Dicho controlador es el encargado de la gestión de la pantalla: polarizar los puntos de la pantalla, generar los caracteres, realizar el desplazamiento de la pantalla o cursor, mostrar el cursor, etc. El usuario en cambio únicamente debe conocer unas instrucciones de alto nivel para poder mostrar mensajes en la LCD.

Los caracteres que pueden ser mostrados por la LCD quedan almacenados en una memoria ROM dentro del propio chip. Además también se dispone de una memoria RAM donde es posible crear y almacenar caracteres propios, pero con el inconveniente

de que esta memoria es volátil y los caracteres introducidos se eliminarán cada vez que dejemos de alimentar la pantalla.

Algunos conceptos importantes para entender el manejo de la LCD son los siguientes:

- **DDRAM (Display Data RAM):** Es un área de memoria RAM donde se almacenan temporalmente los códigos ASCII de los caracteres que se quieren visualizar en la pantalla. Tiene una capacidad de 80 bytes, lo que significa que puede almacenar hasta 80 caracteres, pero solamente unos pocos son mostrados. Esa área de la memoria que no es usada para la pantalla puede ser usada como una RAM de propósito general.
- **CGRAM (Character Generator RAM):** Es un área de memoria RAM donde es posible definir caracteres propios. Tiene un tamaño de 64 bytes, lo que permite crear hasta 8 caracteres de 5x8 puntos.
- **CGROM (Character Generator ROM):** Es el área de memoria de la LCD donde están almacenados los caracteres que se pueden mostrar.
- **AC (Address Counter):** Es el contador de direcciones y sirve para direccionar el cursor a la posición de la memoria que deseamos.

5.2.2.2 Conexión de la LCD

La LCD utilizada para este proyecto dispone de 16 pines de conexión distribuidos según se muestra en la siguiente tabla.

Nº Pin	Símbolo	Descripción
1	V _{SS}	Tierra
2	V _{DD}	Alimentación positiva, +5V
3	V _O	Ajuste de contraste
4	RS	Selección de registro RS=0 ... Registro de instrucciones RS=1 ... Registro de datos
5	R/W	Lectura/Escritura R/W=1 ... Lectura R/W=0 ... Escritura
6	E	Habilitación E=1 ... Habilitado E=0 ... Deshabilitado
7 - 14	DB0 - DB7	Pines 0 al 7 del bus de datos bidireccional
15	LED K	Ánodo del LED de retroiluminación
16	LED A	Cátodo del LED de retroiluminación

Tanto la LCD como el LED se alimentan con 5 V, tensión que sí que es posible proporcionar a través del cabezal de pines P1 de la Raspberry Pi. En cambio, el resto de

señales de datos que enviemos a la LCD deben ser de 3.3 V, tensión que el controlador de la LCD puede reconocer para las señales DB0-DB7, E, R/W y RS.

También hay que tener en cuenta que los pines del bus de datos bidireccional pueden enviar señales de +5V que la Raspberry Pi no será capaz de tolerar. Por lo tanto es extremadamente importante que el pin de lectura/escritura (pin 5) esté conectado siempre a GND, de este modo se previene de que se envíen datos salientes desde la LCD y así evitar que se pueda dañar la Raspberry Pi.

Por otro lado tenemos el pin 3, que irá conectado a un potenciómetro que sirve para el ajuste del contraste de la LCD. Cuanto más cercano a masa esté el voltaje, mayor será el contraste.

Dentro de las señales de control del chip HD44780 encontramos los pines 4, 5 y 6. En este caso, tal y como se ha comentado arriba, el pin 5 irá conectado a tierra para evitar daños en la Raspberry Pi, pero los pines 4 y 6 sí que será necesario conectarlos a los pines GPIO de la Raspberry Pi.

La señal de registro (pin 4) sirve para realizar la selección entre el registro de instrucciones (IR) o el registro de datos (DR). El registro de instrucciones es el que almacena el código de la instrucción cuando es escrito, mientras que el registro de datos se encarga de almacenar temporalmente el dato que va a ser escrito, ya sea en la DDRAM o CGRAM.

En cambio, la señal de habilitación (pin 6) permite habilitar o deshabilitar la pantalla, de modo que únicamente cuando está habilitado sea posible comunicarse con la LCD.

Por último, las señales de datos son aquellas que llegan a través de los pines 7 a 14. Estos pines (DB7 – DB0) forman un bus de datos bidireccional de 8 bits que permiten enviar las instrucciones al controlador y los caracteres que deseamos mostrar en la pantalla. Además también permiten leer el estado de la LCD, pero en este proyecto no se hará uso de esta posibilidad para no dañar la Raspberry Pi, tal y como se ha explicado con anterioridad.

Una de las posibilidades que ofrece el controlador HD44780 es que permite ser gobernado por un bus de datos de 8 bits o de 4 bits. En este caso se hará uso del bus de 4 bits para usar el menor número de pines GPIO posible. Para poder controlar la LCD con un bus de datos de 4 bits es necesario hacer uso del nibble (conjunto de 4 bits) más significativo (DB7 – DB4).

Por lo tanto, las conexiones entre los pines de la LCD y la Raspberry Pi quedarán según se muestra en la siguiente tabla y esquemático.

Nº Pin LCD	Símbolo	Nº Pin RPi	Nombre SoC
1	V _{SS}	6	GND
2	V _{DD}	2	5V
4	RS	26	GPIO 7
5	R/W	6	GND

6	E	24	GPIO 8
11	DB4	22	GPIO 25
12	DB5	18	GPIO 24
13	DB6	16	GPIO 23
14	DB7	12	GPIO 18
15	LED K	6	GND
16	LED A	2	5V

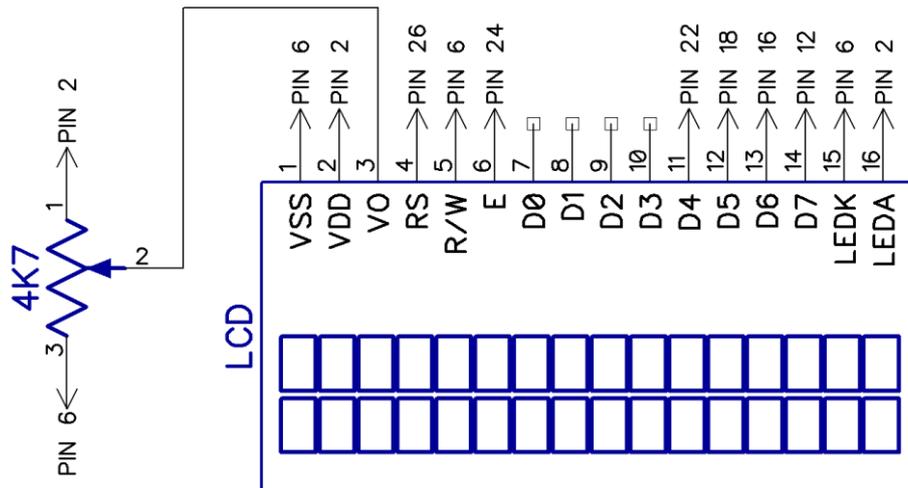


Figura 9 - Esquemático de conexiones de la LCD a la Raspberry Pi

Por último, para la conexión de la LCD únicamente será necesario disponer de un potenciómetro de 4.7 K Ω , según lo indicado en la hoja de características. Además, la polarización del LED de retroiluminación de la pantalla ya viene hecha en el circuito propio de la LCD, por lo que no será necesario ningún componente adicional para conectar la LCD a la Raspberry Pi a través de los pines GPIO.

5.2.2.3 Circuito para los pulsadores

Un pulsador es un botón que actúa como un interruptor, cerrando el circuito mientras éste está siendo presionado y volviendo a su estado original al soltarlo.

La conexión de los pulsadores se realiza a los pines GPIO de la Raspberry PI, utilizando un puerto GPIO por cada pulsador y configurándolo como entrada.

A diferencia de la conexión realizada para la LCD, en este caso los pulsadores deben montarse haciendo uso del pin de la Raspberry Pi que suministra una tensión de 3.3 V. Esto debe ser así puesto que los pines GPIO usados por los pulsadores se utilizan como una entrada y tensiones mayores dañarían los circuitos internos de la Raspberry Pi.

Para saber cuándo se ha pulsado el botón, los pines detectarían si el voltaje en ellos está por encima o por debajo de un nivel establecido. Para que los pines de la Raspberry Pi

puedan detectar los niveles alto (HIGH) y bajo (LOW) es necesario que éstos estén a un 10% del voltaje lógico, que es de 3.3 V en este caso. Por lo tanto para tensiones de entre 2.97 y 3.3 V el nivel detectado será alto y para tensiones entre 0 y 0.33 V el nivel detectado será bajo.

Para evitar que el pin GPIO de la Raspberry Pi esté leyendo un estado flotante, se añade al circuito una resistencia de *pull-down* de 10 K Ω , de modo que fuerce al circuito a mantener un estado lógico bajo (LOW) cuando éste está en reposo. A pesar de que la Raspberry Pi dispone de unas resistencias de *pull-up* y *pull-down* internas que pueden ser activadas mediante *software*, es preferible utilizar unas externas para evitar posibles errores de programación y mantener el *software* algo más simple.

De manera adicional, con el objetivo de evitar posibles daños en el circuito interno de la Raspberry Pi, también se le ha añadido al circuito de conexión de los pulsadores una resistencia de 1 K Ω . Esta protección será de utilidad en el caso de que accidentalmente se configure como una salida en vez de como una entrada alguno de los pines GPIO de los que hacen uso los pulsadores. En el circuito diseñado para este proyecto, si se diera ese supuesto y no se hubiese instalado la resistencia de protección, al pulsar el botón se produciría un cortocircuito, lo que provocaría un consumo de corriente mucho mayor del que puede soportar el pin GPIO de la Raspberry Pi. Por lo tanto, al añadir una resistencia de 1 K Ω se logra evitar ese riesgo.

No se ha instalado ningún condensador para absorber el rebote de los pulsadores, puesto que el método anti-rebotes que se ha decidido usar es mediante *software*.

Teniendo en cuenta todo esto, el circuito de conexión para el primero de los botones quedaría tal y como se muestra en el siguiente esquema.

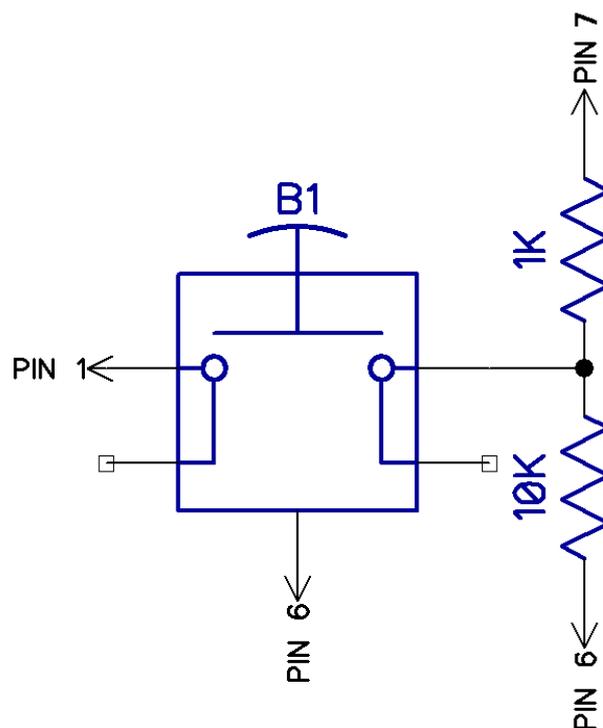


Figura 10 - Esquemático de la conexión del botón 1 a la Raspberry Pi

Como se puede apreciar en el esquemático, uno de los extremos del botón se conecta al pin 1 de la Raspberry Pi, el cual suministra una tensión de 3.3 V, mientras que en el otro extremo se conectan las resistencias de protección y de *pull-down*, que a su vez se conectan al pin 7 y al pin 6 respectivamente. El pin 7 es uno de los puertos GPIO de los disponibles en el cabezal P1 de la Raspberry Pi, mientras que el pin 6 corresponde a masa.

En la siguiente tabla y esquemático se muestra como quedan conectados los cuatro pulsadores a la Raspberry Pi.

Nº Botón	Nº Pin RPi	Nombre Rev1	Nombre Rev2
1	7	GPIO 4	
2	11	GPIO 17	
3	13	GPIO 21	GPIO 27
4	15	GPIO 22	

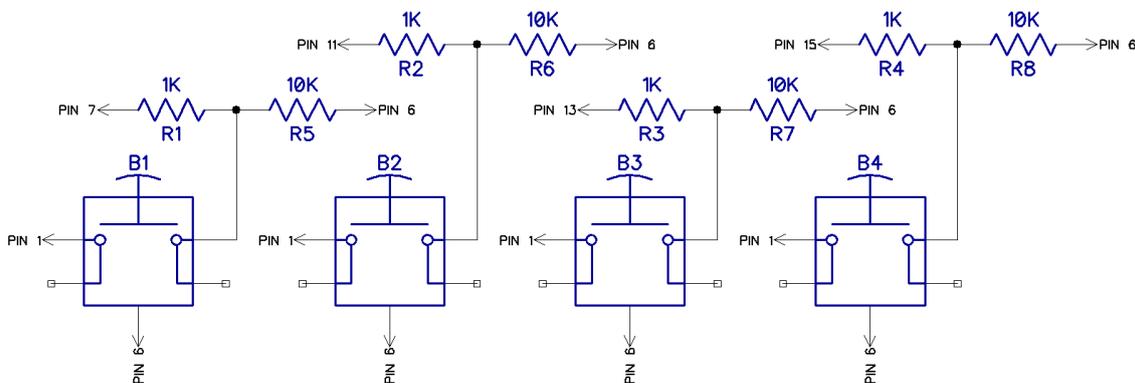


Figura 11 - Conexión de los pulsadores a la Raspberry Pi

5.2.2.4 Circuito impreso

Para poder disponer de la LCD y los cuatro pulsadores en una única placa con una sencilla conexión a la Raspberry Pi, se ha diseñado un circuito impreso que integra los dos circuitos anteriores y que se conecta a través de un cable con dos conectores hembra de 13x2 pines.

Para el diseño del circuito impreso se han utilizado resistencias SMD 0805 para las resistencias de protección y de *pull-down* de los pulsadores. El resto de componentes son de agujero pasante. Para unir dos planos de tierra que quedaban aislados se ha usado un cable, reflejándolo en el diseño como una resistencia de 0 ohmios.

En la siguiente imagen puede verse la huella del circuito impreso.

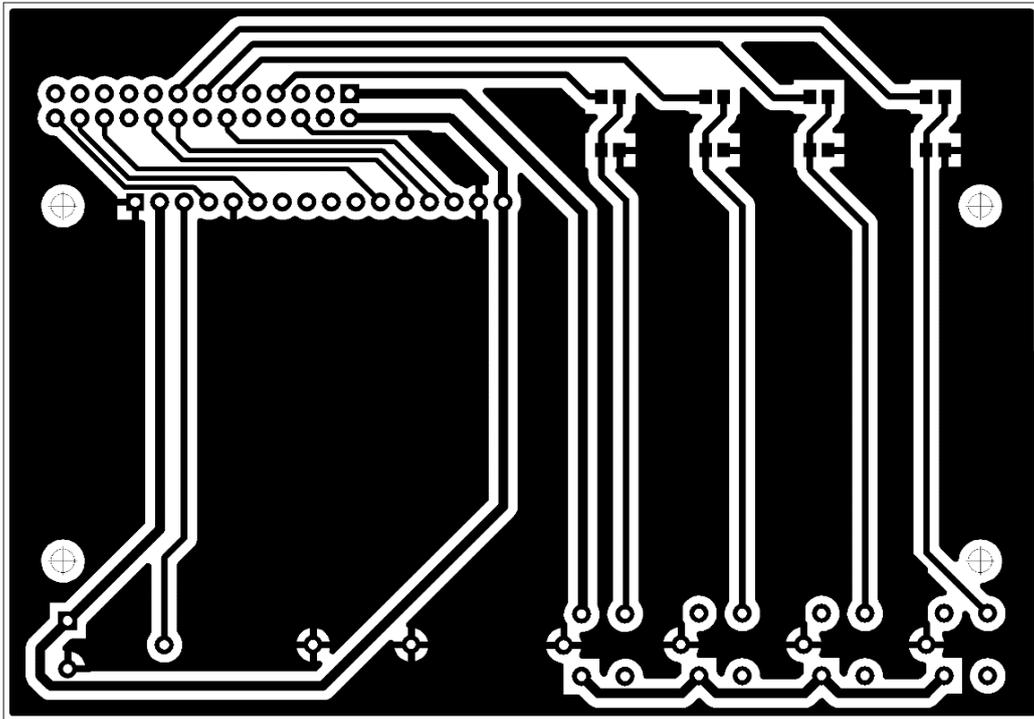


Figura 12 - Huella del circuito impreso de la placa de control

La cara superior de la PCB queda como se muestra en la siguiente figura.

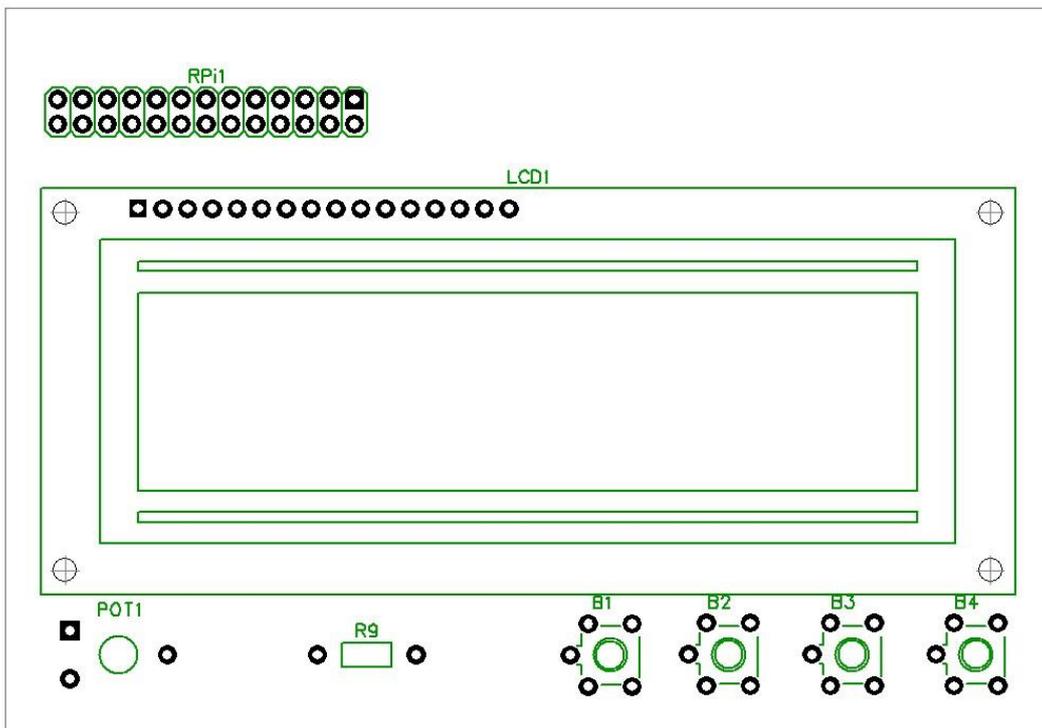


Figura 13 - Cara superior del circuito impreso

Los pines de conexión de la Raspberry Pi a la PCB se han dispuesto de forma que el pin 1 del cabezal P1 de la Raspberry Pi corresponda al pin de la última columna de la primera

fila en la placa de control. Asimismo, el pin 26 del cabezal P1 debe corresponder al pin situado en la primera columna de la segunda fila de la PCB.

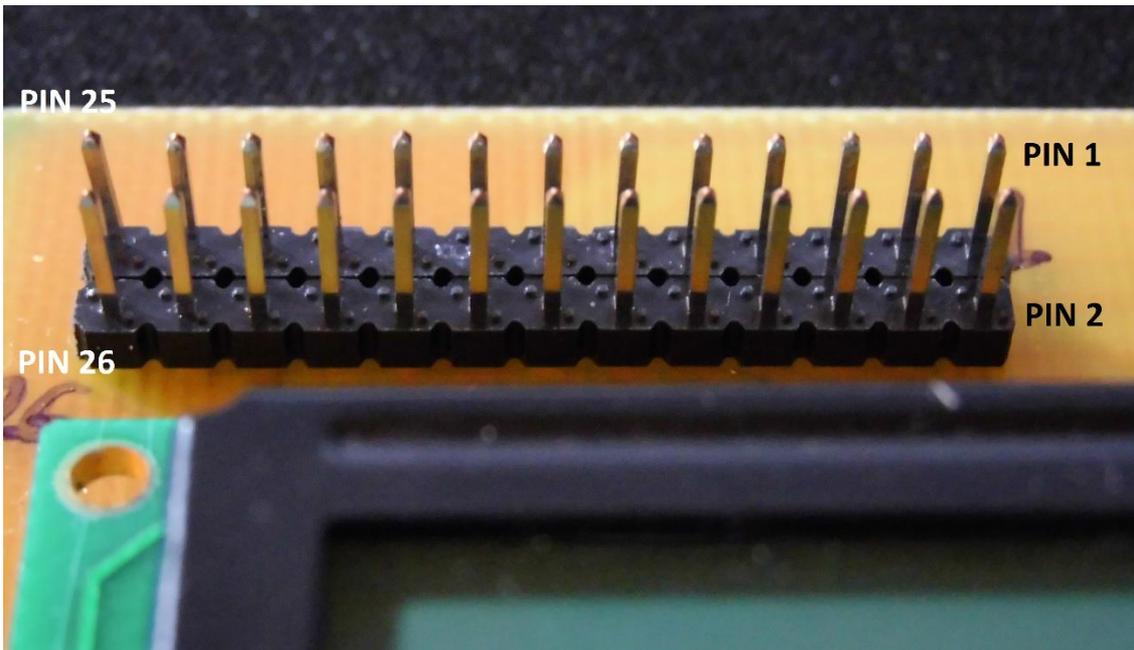


Figura 14 – Disposición de los pines del circuito impreso

Las dimensiones de la placa son 107.5 x 75 mm.

En la siguiente imagen puede observarse como que la placa de control conectada a Raspberry Pi a través de un cable plano que dispone de dos conectores hembra de 13x2 pines.



Figura 15 - Raspberry Pi conectada a la placa de control

5.2.3 Software de la interfaz

5.2.3.1 Funcionamiento de la interfaz

La interfaz es la es motor del sistema de comunicación de clickers al servidor web. Es la encargada de recibir, procesar y enviar la información que envía un clicker al servidor web.

Cada vez que uno de los botones de un clicker es pulsado lo que hace la aplicación es:

- 1º Crea un nuevo hilo que se encarga de procesar los datos recibidos.
- 2º Extrae el ID del clicker y busca en la base de datos los datos del usuario asociado.
- 3º Inicia sesión en la aplicación web.
- 4º Consulta el estado de la pregunta.
- 5º Si la pregunta está activa envía la respuesta.
- 6º Cierra sesión en la aplicación web.

De este modo cada petición enviada por el clicker es contenida, es decir, es una petición que no depende de las anteriores.

5.2.3.2 Lenguaje de programación Python

El lenguaje de programación elegido para el desarrollo de la aplicación que hace de interfaz entre los clickers y la aplicación web de preguntas y respuestas ha sido Python.

La elección de este lenguaje se ha debido a la gran versatilidad que ofrece al ser un lenguaje de alto nivel, con una sintaxis limpia, multiplataforma y multiparadigma. Además como otro punto a favor a tener en cuenta, Python dispone de una serie de librerías desarrolladas por terceros que serán de gran utilidad para el desarrollo del proyecto.

Por otro lado, el disponer del intérprete de Python preinstalado en las distribuciones de Linux y concretamente en la distribución Raspbian utilizada en la Raspberry Pi es otro punto a favor del uso Python para la ejecución del proyecto.

En el momento del desarrollo de la aplicación las versiones de Python disponibles eran Python 2.7.5 y Python 3.3.2. La aplicación ha sido desarrollada con Python 2.7.5 y se garantiza su compatibilidad con esta versión, pero es incompatible con la versión de Python 3.3.2, puesto que Python 2 y Python 3 cambian algunas estructuras y no son versiones compatibles entre sí.

La elección de utilizar Python 2.7.5 frente a Python 3.3.2 es debida a que algunas de las librerías utilizadas para el desarrollo de la aplicación no funcionan correctamente con la versión más moderna de Python. A pesar de todo esto no es de mayor importancia, puesto que Python 2.x sigue estando actualizado e incorporando casi todas las nuevas

herramientas que se están añadiendo en Python 3. De hecho, Python 2.x tiene más soporte por parte de la comunidad de desarrolladores que la versión de Python 3.x.

5.2.3.3 Módulos

El diseño de la aplicación se ha dividido en distintos módulos lógicos. En cada módulo lógico se agrupan las funcionalidades del programa que están relacionadas entre sí.

La división entre los módulos lógicos en ningún momento representa la división en clases o ficheros, sino que reúnen un conjunto de funcionalidades del programa en un grupo. La división en ficheros y clases se detalla más adelante.

Los módulos identificados son los siguientes:

- **Clickers.** En este módulo se implementan las funciones necesarias para leer las respuestas enviadas por cada uno de los clickers y procesar los datos recibidos.
 - **Escucha.** Lee las respuestas enviadas por los clickers desde la conexión serie-USB del receptor.
 - **Comprobación.** Para cada respuesta, procesa la información recibida para comprobar si es correcta.
- **Aplicación web.** Este es el módulo en el que se desarrollan las funcionalidades para el envío al servidor de las respuestas leídas desde el clicker.
 - **Inicio de sesión.** Se encarga de recoger el *token* de sesión e iniciar la sesión con el usuario y contraseña asociados al ID del clicker que envía la respuesta.
 - **Envío de respuesta.** Consulta el estado en el que se encuentra la pregunta, determina de qué tipo de pregunta se trata y envía la respuesta correspondiente al botón del clicker pulsado por el alumno.
- **Profesor.** En este módulo se proporciona la interfaz y funcionalidades de administración por parte del profesor. Se ha dividido en los siguiente submódulos:
 - **Placa de control.** Es el submódulo que engloba las funcionalidades necesarias para detectar las pulsaciones de cada botón y enviar mensajes a la LCD, también se encarga de determinar la opción a ejecutar dependiendo de la posición del menú en la que se encuentre el usuario.
 - **Configuración.** Recoge las funcionalidades encargadas de mostrar un menú para la configuración de distintas partes del programa y guardar en la base de datos los datos introducidos por el profesor.

En la siguiente figura se puede observar cómo están relacionados los módulos y submódulos indicados.

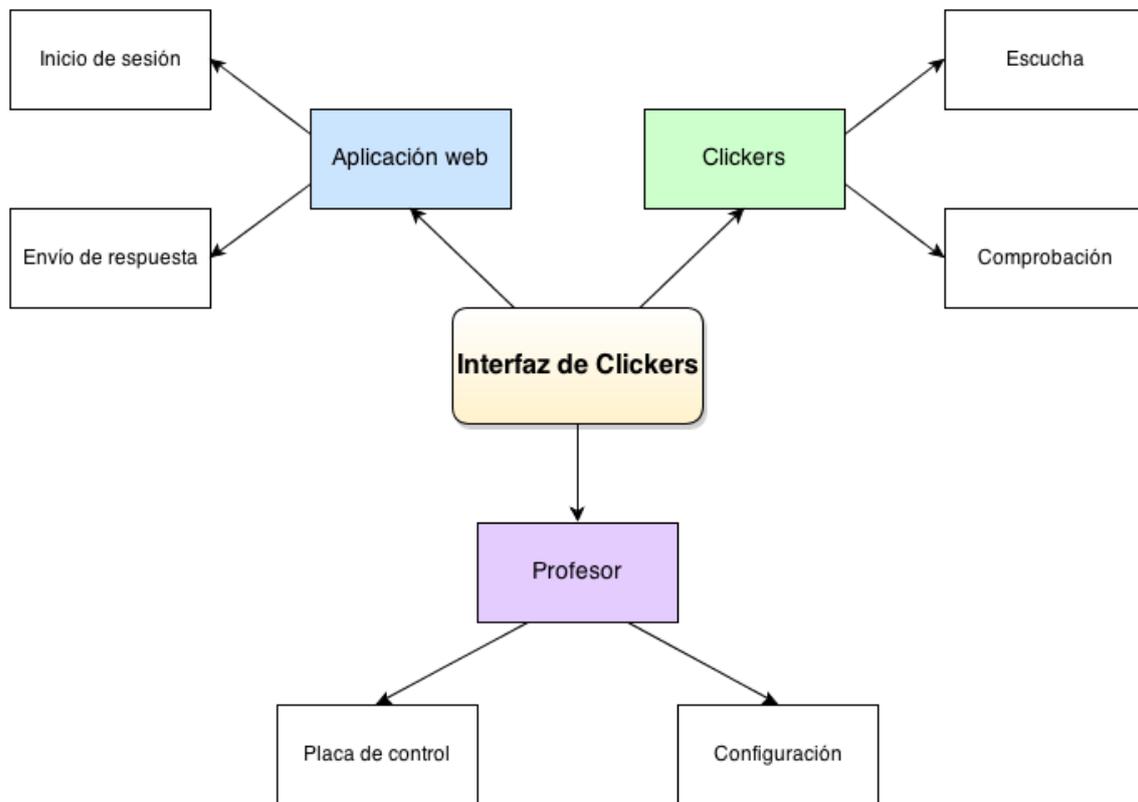


Figura 16 - Diagrama de módulos de la aplicación

5.2.3.4 Clases

Para el desarrollo de la aplicación se ha seguido el paradigma de programación orientada a objetos.

La aplicación se ha dividido en siete clases que contienen los atributos y métodos necesarios para poder llevar a cabo todas las funciones de la aplicación, mantenido el mayor nivel de abstracción posible.

Además también se ha hecho uso de librerías desarrolladas por terceros para facilitar la lectura de datos desde el puerto serie, enviar peticiones al servidor web o buscar y extraer partes del código HTML de la página web.

Las clases propias de la aplicación se han dividido en distintos ficheros, incluyendo en ellos también las correspondientes clases para la creación de excepciones personalizadas. Disponemos por lo tanto de los siguientes ficheros.

- pushbuttons.py
- hd44780.py

- seriallistener.py
- serversession.py
- lcdmenu.py
- monitormenu.py
- clickersdata.py
- main.py

Las librerías desarrolladas por terceros y necesarias para el funcionamiento de la aplicación son:

- pySerial 2.6
- Beautiful Soup 4.3.1
- Requests 2.0.0
- RPi.GPIO 0.5.3.a

5.2.3.4.1 ButtonsSet4 - InterfazClickers/src/pushbuttons.py

Esta clase será la encargada de detectar las pulsaciones de los cuatro botones de la placa de control.

Dispone de un único método que se encarga de consultar si alguno de los 4 pulsadores ha sido accionado, para ello se hace uso de la librería RPi.GPIO que ya viene preinstalada en la distribución Raspbian junto al intérprete de Python. Se configuran cada uno de los pines para la entrada de datos y mediante un bucle se comprueba el momento en el que el pin cambia de estado.

Para evitar que debido al rebote de los pulsadores se puedan detectar varias pulsaciones cuando realmente únicamente ha sido una, se ha programado un sistema anti-rebotes que lee y guarda el estado hasta que este cambie, además de añadir una pausa de 30 milisegundos.

Al crear una instancia de la clase lo primero que se hace es configurar los pines que van a ser utilizados por cada uno de los pulsadores como entradas y en el caso del tercer botón, puesto que la configuración de los pines GPIO la hace a través del nombre del SoC, se realiza una comprobación de la revisión de la Raspberry Pi que se está usando para asignar el pin GPIO correspondiente.

5.2.3.4.2 HD44780_16x2 - InterfazClickers/src/hd44780.py

La clase HD44780_16x2 es la encargada de comunicarse con la LCD de 16x2 caracteres y que dispone de un controlador HD44780 de Hitachi.

Al crear una instancia de la clase se configuran todos los pines GPIO de la Raspberry Pi conectados a la LCD como salidas y a continuación ejecuta la secuencia de inicialización del chip HD44780 utilizando el bus de datos de 4 bits.

Esta clase dispone de varios métodos que permiten el control total de la LCD: limpiar la pantalla, colocar el cursor en una posición determinada de la DDRAM, apagar o encender la pantalla, mostrar o no el cursor, activar o desactivar el parpadeo del cursor, desplazar la pantalla hacia la derecha o la izquierda, configurar el sentido del cursor al escribir los caracteres, activar y desactivar el desplazamiento automático de la pantalla, crear nuevos caracteres en la CGRAM, escribir un carácter a la dirección indicada por el cursor a la LCD y enviar un mensaje completo a la LCD.

A continuación se da una breve explicación de los métodos más importantes de la clase:

- `home`: método que retorna a la posición inicial el cursor.
- `clear`: limpia la pantalla y retorna a la posición inicial el cursor.
- `set_cursor`: establece el cursor en una posición pasada por parámetros.
- `cursor_on/cursor_off`: establece la configuración para mostrar/ocultar el cursor.
- `blink_on/blink_off`: habilita/deshabilita el parpadeo del cursor.
- `scroll_display_left/scroll_display_right`: desplaza la pantalla hacia la izquierda/derecha sin cambiar el contenido de la DDRAM.
- `write`: se encarga de enviar una instrucción o un carácter al controlador.
- `create_char`: crea un nuevo carácter en la memoria CGRAM.
- `message`: envía una cadena de caracteres a la LCD.

Para hacer uso de esta clase, al igual que sucedía con la anterior, será necesario disponer de la librería RPi.GPIO para Python instalada en la Raspberry Pi.

5.2.3.4.3 ServerSession - InterfazClickers/src/serversession.py

Esta clase es la encargada de enviar al servidor web las respuestas seleccionadas por los alumnos desde el clicker.

Para poder llevar a cabo esta tarea de una forma más óptima hace uso de las librerías Requests y BeautifulSoup. La primera de ellas es una evolución de la librería estándar *urllib2* que facilita el trabajo al realizar las peticiones HTTP. La segunda librería en cambio está diseñada para poder buscar dentro del código HTML de manera sencilla.

Esta clase nos proporciona los métodos necesarios para iniciar sesión en la aplicación web de preguntas y respuestas, cerrar sesión y enviar la respuesta a la pregunta.

Antes de iniciar o cerrar sesión, la aplicación debe obtener el *token* desde el código HTML de la web, para que la petición sea válida. De forma similar, antes de enviar una respuesta se deberá obtener el ID de la sesión.

Al haber varios tipos de preguntas disponibles en la web, antes de enviar nada el programa debe consultar el tipo de pregunta del que se trata para poder enviar la respuesta correspondiente al botón pulsado por el alumno en el clicker.

A continuación se explican brevemente algunos de los métodos más importantes de la clase:

- `_get_token`: recoge el *token* de sesión del HTML, este *token* es necesario para enviar los formularios de inicio y cierre de sesión.
- `login`: inicia la sesión con el usuario correspondiente al clicker usado para enviar la respuesta.
- `_get_state`: comprueba el estado en el que se encuentra la pregunta.
- `_get_answer_id`: retorna la ID de la respuesta para el tipo de pregunta a la que se está contestando.
- `send_answer`: envía la petición POST con la respuesta al servidor web.

5.2.3.4.4 Listener – InterfazClickers/src/seriallistener.py

Esta es la clase responsable de leer los datos que envían los clickers a través del receptor conectado a la Raspberry Pi mediante uno de los puertos USB.

Para facilitar la lectura de los datos enviados a través de la conexión serie-USB, la clase hace uso de la librería pySerial 2.6, disponible para su descarga en PyPi, el repositorio oficial de software para aplicaciones de terceros de Python.

Los datos se leen desde el puerto “/dev/ttyUSB0” a una velocidad de transmisión de 230400 baudios, sin paridad, con un bit de parada y con una longitud de 8 bits en los mensajes.

Los métodos de la clase permiten leer las líneas de datos enviadas por el receptor, procesar la información leída para extraer de ahí el identificador del clicker y la respuesta enviada, así como enviar esa información al servidor web haciendo uso de uno de los métodos de la clase `ServerSession` anteriormente mencionada.

A continuación se detallan brevemente los métodos más importantes de la clase:

- `_process_data`: método que lee los datos recibidos por el puerto serie y envía la respuesta al servidor web.
- `listen_serial`: lee los datos enviados a través del puerto serie en un bucle infinito, creando un hilo nuevo para cada línea leída para que esta sea procesada.

5.2.3.4.5 ClickersData – InterfazClickers/src/clickersdata.py

Esta es la clase que se va a encargar de añadir y recuperar la información de la base de datos. Para ello hace uso de la librería estándar sqlite3, que permite hacer consultas a una base de datos SQLite 3 desde Python.

La clase proporciona los métodos necesarios para la manipulación de la base de datos: añadir, borrar y actualizar usuarios, clickers o cursos y obtener listados de los usuarios, clickers y cursos guardados en la base de datos.

A continuación se detallan brevemente algunos de los métodos más importantes en esta clase:

- `add_clicker/add_user/add_course`: añaden a la base de datos la información asociada al clicker, usuario o curso.
- `delete_clicker/delete_user/delete_course`: eliminan la base de datos la información asociada a un clicker, usuario o curso.
- `update_user`: permite actualizar la contraseña de usuario o su clicker asociado identificándolo por el nombre de usuario.
- `update_clicker`: permite actualizar el identificador numérico del clicker, identificándolo según su ID o antiguo número.
- `update_course`: permite actualizar el nombre corto y largo de un curso identificándolo por su ID.
- `get_all_users/get_all_clickers/get_all_courses`: devuelve todos los usuarios, clickers o cursos de la tabla correspondiente.
- `get_user`: devuelve la información del usuario asociado a un clicker.
- `get_clicker`: devuelve la información de un clicker buscándolo por su ID alfanumérico o su número.
- `get_course`: devuelve la información de un curso buscándolo por su ID.
- `get_max_clickers`: devuelve el identificador numérico más alto asociado a un clicker que hay en la base de datos.
- `get_user_data`: devuelve la información de usuario asociada a un clicker, buscándola por el ID alfanumérico del clicker.

Más adelante en este documento se detalla la organización de la información en la base de datos.

5.2.3.4.6 MonitorMenu – InterfazClickers/src/monitormenu.py

La clase MonitorMenu es la encargada de interactuar con el monitor conectado a la Raspberry Pi, en caso de haberlo.

Los métodos de la clase permiten mostrar los mensajes de estado, menús de configuración y leer los datos introducidos por el profesor desde el teclado. Por lo tanto, el principal cometido de la clase es la de mostrar los menús de configuración y permitir que el profesor pueda configurar la interfaz a través de ellos.

A continuación se detallan brevemente algunos de los métodos más importantes de la clase:

- `print_header`: limpia el antiguo contenido de la pantalla e imprime una cabecera para la nueva pantalla.
- `clickers_config`: muestra el menú de configuración de los clickers y de los usuarios y decide que acción ejecutar en función de la opción del menú seleccionada por el usuario.
- `courses_config`: muestra el menú de configuración de los cursos y decide que acción ejecutar en función de la opción del menú seleccionada por el usuario.

5.2.3.4.7 LCDmenu – InterfazClickers/src/lcdmenu.py

Por último, la clase LCDmenu es la encargada de mostrar el menú en la LCD.

Los distintos métodos permiten que la clase pueda mostrar al usuario una pantalla diferente y ejecutar la acción correspondiente en función del botón que pulse. Así, si el profesor selecciona la primera opción del menú (opción “Iniciar”), se iniciará la escucha de los clickers y en la pantalla LCD se mostrará para cada clicker si el envío de la respuesta ha sido correcto o si por el contrario el alumno debe volver a intentar el envío.

Si el profesor selecciona la segunda opción se le mostrará un submenú con opciones para configurar los cursos, configurar los clickers y apagar o reiniciar la Raspberry Pi. Al seleccionar la configuración de los cursos en la LCD se mostrarán dos nuevas opciones, la primera de ellas permitirá seleccionar el curso por defecto para el que trabajará la aplicación, guardando su ID en un fichero.

Al crear una instancia de esta clase se crearán varios caracteres en la CGRAM de la LCD para poder usarlos a lo largo del menú.

A continuación se detallan brevemente algunos de los métodos más importantes de esta clase:

- `show_options`: muestra en la LCD el menú con las opciones disponibles.
- `show_config`: muestra en la LCD el menú de configuración.
- `show_course_config`: muestra en la pantalla el submenú de configuración para los cursos.
- `_show_courses_list`: muestra en la pantalla la lista con los cursos almacenados en la LCD, mostrando el nombre corto de los cursos.
- `show_responses`: muestra en la LCD un listado que muestra si los clickers han enviado o no una respuesta válida.
- `add_response`: actualiza la lista de respuestas cada vez que se envíe una respuesta con éxito o se produzca algún error.

- `read_options_buttons/_read_config_buttons/_read_course_config_buttons`: ejecuta una acción dependiendo del botón pulsado por el usuario y de la posición del menú principal en la que se encuentra.
- `_read_courses_list_buttons`: permite seleccionar el curso por defecto y moverse por la pantalla de los cursos disponibles.
- `_read_responses_buttons`: permite reiniciar la escucha y moverse por la pantalla de los clickers registrados para ver si han enviado las respuestas correctamente o no.

A continuación se muestran algunas capturas de los menús que muestra la LCD.



Figura 17 - Pantalla inicial del menú de la aplicación



Figura 18 - Primera pantalla del submenú de configuración



Figura 19 - Segunda pantalla del submenú de configuración



Figura 20 - Pantalla del submenú de configuración de los cursos

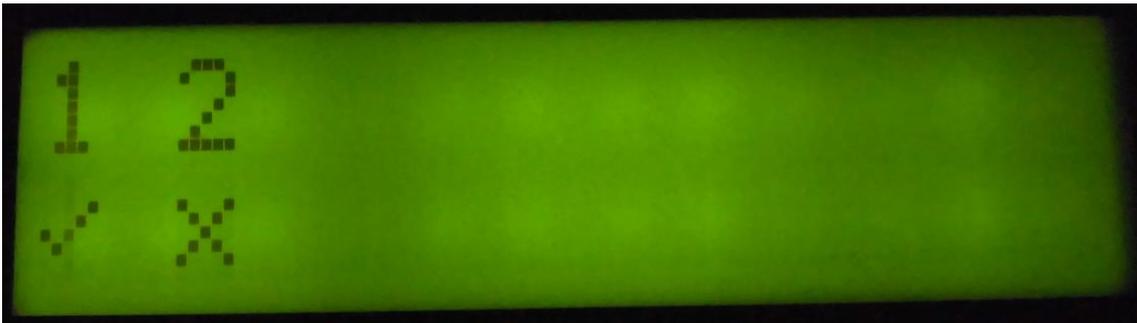


Figura 21 - Pantalla de la escucha de los clickers mostrando una respuesta correctamente enviada por el clicker 1 y un error en la respuesta del clicker 2

Las opciones de configuración de los cursos y clickers mostrarán un mensaje en la pantalla y requerirán el uso de un teclado y un monitor para poder continuar haciendo uso de la aplicación.

5.2.3.5 Base de datos

5.2.3.5.1 SQLite

El sistema de gestión de bases de datos elegido para el desarrollo de la aplicación es SQLite, dada su simplicidad y disponibilidad de forma gratuita y en el dominio público.

Una característica importante de SQLite es que no es un sistema de base de datos basado en el modelo cliente-servidor, sino que la base de datos completa pasa a formar parte de un único archivo que se encuentra en el mismo directorio donde se encuentra la aplicación. Por lo tanto, en vez de trabajar como un proceso independiente que se comunica con la aplicación, es una parte integral del propio programa.

Esto además implica otra gran ventaja, y es que al no necesitar de un servidor para funcionar, no hace falta realizar ninguna configuración para que se pueda hacer uso del sistema de gestión de bases de datos, por lo que con tener SQLite instalado en nuestro sistema será suficiente.

5.2.3.5.2 Modelo de datos E-R

En la siguiente figura se puede observar mediante un diagrama de entidad-relación como se han organizado las distintas entidades de datos.

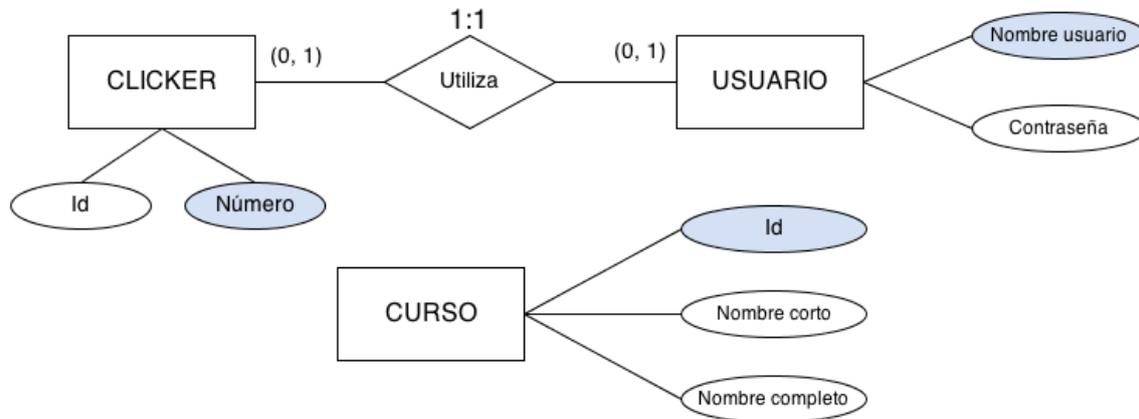


Figura 22 - Modelo Entidad-Relación

En total se han identificado tres entidades de datos:

- **Clickers.** Contiene los identificadores alfanuméricos de los clickers asociados a un identificador numérico para facilitar su uso.
- **Usuarios.** Es la entidad para los datos pertenecientes a un usuario de la web. Contiene como atributos el nombre de usuario y la contraseña. Cada usuario es utilizado por un clicker.
- **Cursos.** Es una entidad independiente que contiene los datos de un curso. Sus atributos son el identificador numérico del curso, el nombre corto del curso y el nombre completo del curso.

La única relación entre las entidades que podemos observar en el diagrama es entre los clickers y los usuarios. Cada clicker podrá utilizar ninguno o un usuario y cada usuario podrá ser utilizado como mínimo por ningún clicker y como máximo por uno.

La entidad cursos no está relacionada de ninguna manera con el resto de entidades, pero es necesaria para almacenar información relativa al curso para el que va a trabajar la aplicación.

5.2.3.5.3 Tablas y campos de la base de datos

Cada una de las tablas que se muestran a continuación corresponden a una de las entidades del modelo E-R.

Clickers

La tabla “Clickers” es donde se almacenan los clickers que se van a utilizar para la aplicación, guardándolos en la base de datos según su identificador alfanumérico de seis caracteres y asociándolo a un identificador numérico más fácil de reconocer por parte del profesor.

CLICKERS		
Campo	Tipo	Descripción
Number	Integer (PK)	Identificador numérico único
Id	Text	Identificador del clicker

Users

La tabla “Users” es la que almacena la información de los usuarios que se utilizará para iniciar sesión en la aplicación web y enviar las respuestas a las preguntas. Cada usuario podrá ser asociado a un clicker utilizando el identificador numérico como clave foránea.

USERS		
Campo	Tipo	Descripción
Username	Text (PK)	Nombre de usuario
Password	Text	Contraseña de acceso
Clicker_Num	Integer (FK)	Número de clicker asociado

Courses

La tabla “Courses” se usa para almacenar la información de los cursos con los que puede trabajar la aplicación. En ella se debe almacenar un identificador numérico único para cada curso que debe coincidir con el utilizado por la aplicación web para identificarlos.

COURSES		
Campo	Tipo	Descripción
Id	Integer (PK)	Identificador numérico del curso
Short_Name	Text	Nombre abreviado del curso, máximo 11 caracteres
Full_Name	Text	Nombre completo del curso

6 Pruebas y resultados

Una vez tenemos el sistema completo, se han realizado una serie de pruebas para comprobar su comportamiento y observar los resultados.

Para la realización de las pruebas se dispone de dos clickers, un receptor, una Raspberry Pi modelo B rev2 y una conexión a Internet inalámbrica mediante la cual el sistema puede comunicarse con la aplicación web de preguntas y respuestas en la URL <http://apindo.teisa.unican.es/pr>.

La plataforma web de preguntas y respuestas ya ha sido probada con éxito durante algunas clases del curso académico 2012/2013, por lo que las pruebas realizadas se han centrado sobre el sistema de comunicación de clickers al servidor web.

La aplicación ha sido instalada en la Raspberry Pi de modo que ésta se inicie cada vez que se arranque el sistema, ejecutándose en un terminal perteneciente al usuario "clickers" creado para tal efecto.

Cuando se encienda la Raspberry Pi, para que la interfaz diseñada funcione será totalmente imprescindible que esté conectada a la placa de control a través de los pines GPIO y respetando la numeración de los pines para evitar dañar el pequeño ordenador.

Por otro lado, en ningún caso será necesaria la conexión de un monitor o teclado a la Raspberry Pi para poder utilizar las funciones básicas de la aplicación, pero sí que será algo imprescindible si lo que se desea es añadir, editar o eliminar registros de la base de datos.

Por lo tanto al iniciar la Raspberry Pi también se inicia la aplicación que comunica los clickers con la aplicación web y la LCD nos mostrará un menú con dos opciones. La primera opción permite comenzar la escucha de los clickers mientras que la segunda permite configurar la aplicación.



Figura 23 - Menú principal de la aplicación

Antes de iniciar la escucha de los clickers debemos configurar la aplicación para que funcione correctamente con el curso que queramos trabajar. En esta ocasión es un curso creado exclusivamente para realizar las pruebas del sistema de comunicación de clickers al servidor web desarrollado.

Dentro de las opciones de configuración encontraremos cuatro alternativas.



Figura 24 - Menú de configuración de la aplicación (Pantalla 1)



Figura 25 - Menú de configuración de la aplicación (Pantalla 2)

La primera opción nos permite acceder a un nuevo submenú para la configuración de los cursos, la segunda opción permite acceder a la configuración de los clickers y usuarios, mientras que la tercera y cuarta opción permite apagar o reiniciar la Raspberry Pi respectivamente.

Primero pasaremos a configurar los clickers y usuarios de la aplicación, por lo que seleccionaremos la segunda opción del menú de configuración. Al hacerlo se nos

mostrará un mensaje en la LCD indicando que es necesario conectar un monitor y un teclado para poder realizar la configuración.



Figura 26 - Pantalla de aviso durante la configuración con monitor y teclado

Al conectar la pantalla se nos mostrará un menú en el terminal que nos invita a seleccionar una opción de las disponibles.

```
clickers@raspberrypi: ~
*****
***** Configuracion de los Clickers *****
*****
Opciones disponibles:
 1- Anadir clicker
 2- Anadir usuario
 3- Actualizar clicker
 4- Actualizar contraseña de usuario
 5- Asociar/disociar usuario
 6- Borrar clicker
 7- Borrar usuario
 8- Mostrar clickers
 9- Mostrar usuarios
 0- Salir
Seleccione una opcion: █
```

Figura 27 - Menú de configuración de los clickers

Añadimos los usuarios y clickers que vayamos a utilizar, en este caso para la realización de las pruebas se han añadido los dos clickers disponibles asignándoles identificadores numéricos discontinuos entre sí. Esto es un caso excepcional para la realización de las pruebas, pero para una óptima utilización de la aplicación es recomendable que se numeren los clickers en el orden de registro en la aplicación.



```
clickers@raspberrypi: ~
*****
***** Listado de Clickers *****
Numero  ID
-----
1        C1C2C3
10       C5C6C7

Pulse cualquier tecla para continuar.
```

Figura 28 - Vista de los clickers introducidos en la base de datos

De igual manera que lo realizado con los clickers, debemos registrar los usuarios que se utilizarán para acceder a la aplicación web junto a sus contraseñas. Posteriormente podremos asociarlos a un clicker existente para que cada vez que éste envíe una respuesta lo haga a través de ese usuario.

En este caso se han añadido cuatro usuarios, de los cuales sólo dos han sido asociados a los clickers registrados.



```
clickers@raspberrypi: ~
*****
***** Listado de Usuarios *****
Usuario      Contraseña      Clicker
-----
clicker6     c11cker6        None
clicker2     c11cker2        None
clicker1     c11cker1        1
clicker10    c11cker10       10

Pulse cualquier tecla para continuar.
```

Figura 29 - Vista de los usuarios introducidos en la base de datos

Una vez introducidos los clickers y usuarios, pasaremos a introducir los cursos. Para ello debemos acceder al menú de configuración de los cursos, que es la primera opción del menú de configuración.

En el submenú de configuración de cursos tendremos disponibles dos opciones, la primera de ellas permite seleccionar de entre los cursos almacenados en la base de datos con cuál va a trabajar el sistema para enviar las respuestas, mientras que la segunda opción nos permite realizar una configuración similar a la realizada anteriormente para los clickers y usuarios.



Figura 30 - Submenú de configuración de los cursos

```

clickers@raspberrypi: ~
*****
***** Configuracion de los Cursos *****
*****
Opciones disponibles:
  1- Anadir curso
  2- Actualizar nombre corto
  3- Actualizar nombre completo
  4- Borrar curso
  5- Mostrar cursos
  6- Mostrar curso por defecto
  0- Salir
Seleccione una opcion: █

```

Figura 31 - Menú de configuración de cursos

Para introducir los datos de los cursos seguiremos un procedimiento similar al anterior, utilizando las opciones ofrecidas por el menú. Para esta prueba se han añadido cuatro cursos de los que se han creado en la plataforma web de preguntas y respuestas.

```

clickers@raspberrypi: ~
*****
***** Listado de Cursos *****
*****
ID  Nombre Corto  Nombre Completo
-----
2   EyT           Energia y Telecomunicacion
3   Com Opticas  Comunicaciones Opticas
4   UCEM-G1     Foro UCEM-Grupo1
5   Prueba Click Curso de prueba para clickers

Pulse cualquier tecla para continuar. █

```

Figura 32 - Vista de los cursos introducidos en la base de datos

El último paso que se va a realizar para configurar la aplicación es establecer el curso por defecto que se va a utilizar para el envío de las respuestas. Para ello utilizaremos la primera opción del submenú de la configuración de los cursos, donde se mostrará el

listado de los cursos almacenados en la base de datos y de los cuales debemos seleccionar uno.



Figura 33 - Lista de los cursos almacenados en la base de datos (pantalla 1)



Figura 34 - Lista de los cursos almacenados en la base de datos (pantalla 2)

Para la realización de las prueba se utilizará el curso de prueba para los clickers y es por lo tanto el que seleccionaremos como curso por defecto.

Una vez realizada toda la configuración podremos proceder a iniciar la escucha de los clickers. Al hacer esto, en la LCD veremos un listado de números que representan los identificadores numéricos de los clickers, mostrándose una lista desde el 1 hasta el último número que hayamos usado como identificador. Es por ello que para mantener limpio y organizado el sistema, es recomendable asignar a los clickers una numeración que corresponda al orden de registro de éstos en la aplicación.

Una vez iniciada la escucha podemos probar a enviar respuestas con los clickers. En la LCD se nos mostrará si el clicker ha conseguido enviar correctamente la respuesta al

servidor o si por el contrario se ha producido un error, mientras que si tenemos conectado un monitor podremos recibir más información sobre los errores y sucesos que se produzcan durante la escucha de los clickers.

Para la realización de la comprobación se activará en el curso de prueba para los clickers una pregunta con dos respuestas posibles, por lo tanto los pulsadores 3 y 4 de los clicker devolverán un error y sólo se podrán utilizar los pulsadores 1 y 2.

A continuación vemos unas capturas de lo que muestra la LCD en caso de que el clicker con ID 1 envíe una respuesta no válida y el clicker 10 envíe una respuesta válida.



Figura 35 - LCD mostrando una respuesta invalida para el clicker 1

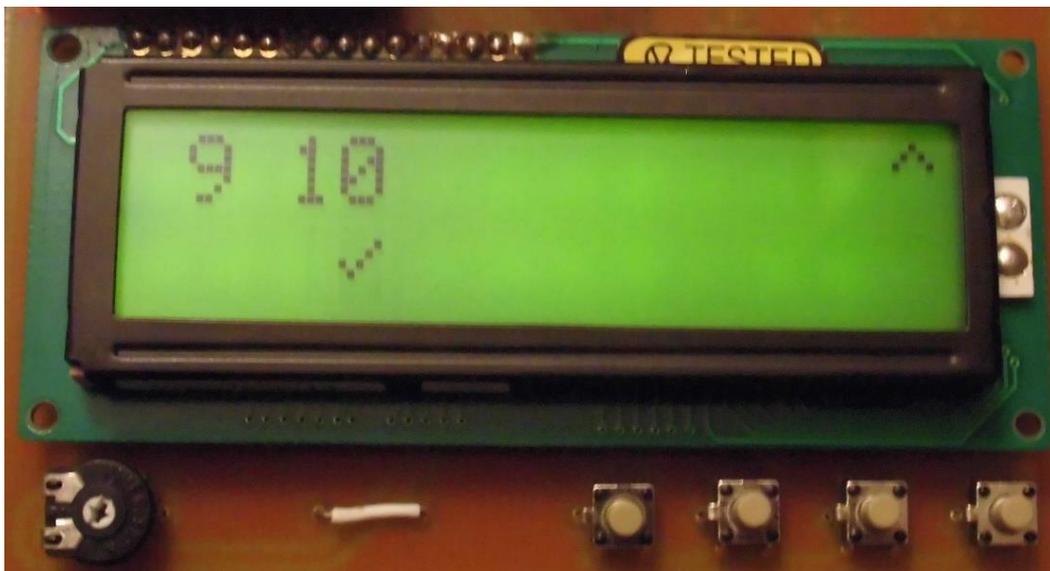


Figura 36 - LCD mostrando una respuesta válida para el clicker 10

Si el clicker 1 tras enviar una respuesta inválida envía finalmente la respuesta válida, desde un monitor podríamos ver la siguiente pantalla de terminal durante la escucha.

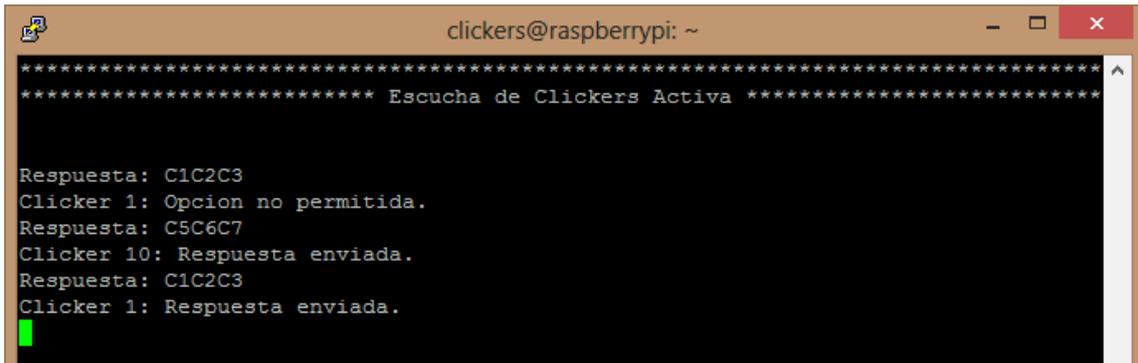


Figura 37 – Escucha de los clickers

Si pasamos a revisar las respuestas en la página web de preguntas y respuestas comprobamos que se han enviado correctamente y se muestran en las estadísticas.

Estadísticas

Número de respuestas
2
Respuestas correctas
1
Respuestas incorrectas
1

Porcentaje de aciertos

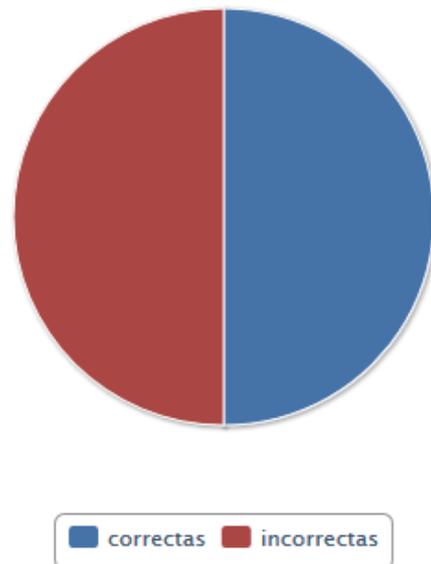
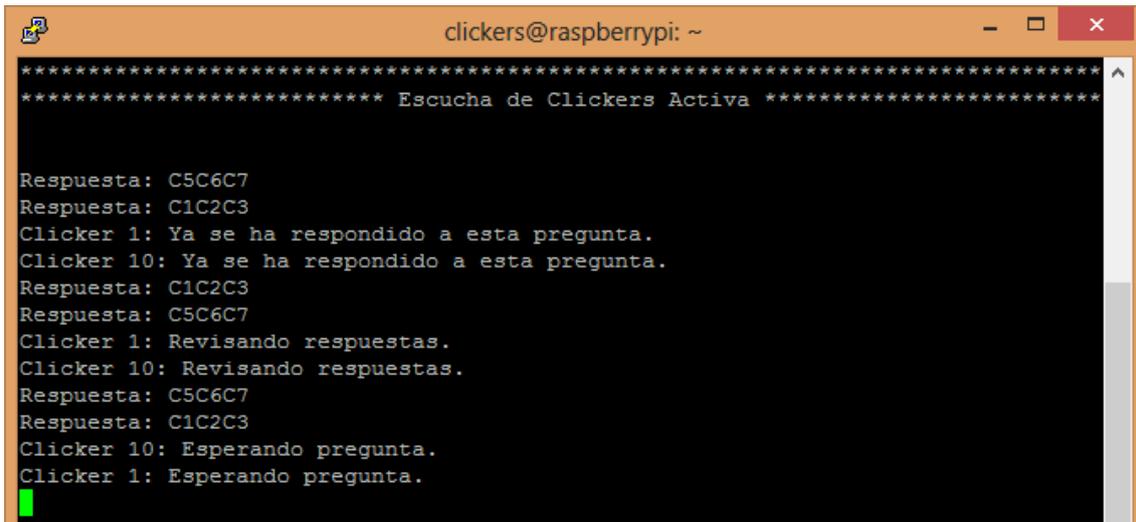


Figura 38 - Estadísticas de las respuestas enviadas visualizadas desde la aplicación web de preguntas y respuestas

Si se envían respuestas desde los clickers mientras se está esperando a una pregunta o no hay una respuesta activa, estas no se tendrán en cuenta y en la LCD no se producirá

ningún cambio, pero en cambio en el terminal se mostrarán los mensajes indicando el estado de la pregunta.



```
clickers@raspberrypi: ~
*****
***** Escucha de Clickers Activa *****
*****
Respuesta: C5C6C7
Respuesta: C1C2C3
Clicker 1: Ya se ha respondido a esta pregunta.
Clicker 10: Ya se ha respondido a esta pregunta.
Respuesta: C1C2C3
Respuesta: C5C6C7
Clicker 1: Revisando respuestas.
Clicker 10: Revisando respuestas.
Respuesta: C5C6C7
Respuesta: C1C2C3
Clicker 10: Esperando pregunta.
Clicker 1: Esperando pregunta.
█
```

Figura 39 – Mensajes de estado durante la escucha de los clickers

Para comprobar el funcionamiento de una forma exhaustiva se ha probado la aplicación en situaciones que pueden provocar un error. Por ejemplo, al iniciar la escucha de los clickers sin haber conectado el receptor al puerto USB se nos mostrará un mensaje de error tanto en la LCD como en el terminal.



Figura 40 - Mensaje de error en la LCD cuando no está conectado el receptor

Si se intenta reiniciar la escucha o salir de ésta mientras hay peticiones pendientes de enviar, la aplicación no lo permitirá y obligará a esperar a que se terminen de enviar las peticiones para poder reiniciar la escucha o volver atrás en el menú.



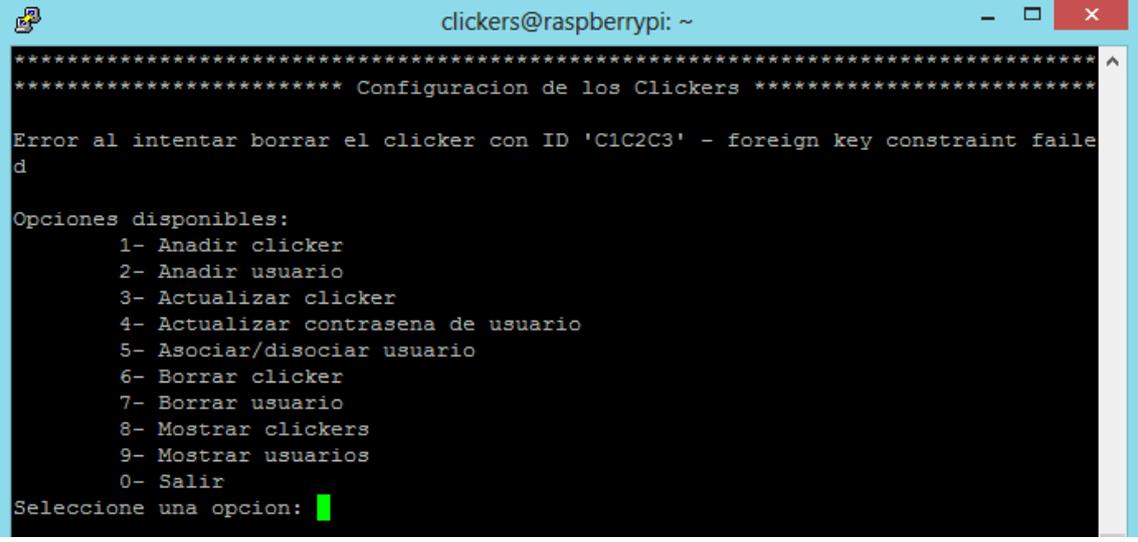
Figura 41 - Mensaje de error en la LCD al intentar reiniciar o salir de la escucha mientras hay peticiones pendientes

Por otro lado, si se intenta enviar una respuesta con un clicker que no se encuentra registrado en la base de datos o con un clicker que no tiene un usuario asociado, en la pantalla LCD no se mostrará ningún cambio pero en el terminal se mostrarán los mensajes de error correspondientes.

```
clickers@raspberrypi: ~
***** Escucha de Clickers Activa *****
Respuesta: C1C2C3
ERROR: no se ha encontrado ningun usuario asociado al clicker con ID "C1C2C3"
Respuesta: C5C6C7
ERROR: no se ha registrado ningun clicker con ID "C5C6C7" en la base de datos
█
```

Figura 42 - Mensajes de error para clickers no registrados o asociados en la base de datos

Por último, todo los errores que se produzcan durante la configuración de los clickers, usuarios o cursos se mostrarán indicados en la parte superior del menú o si por el contrario se ha realizado la operación satisfactoriamente se mostrará un mensaje que lo indique.



```
clickers@raspberrypi: ~
***** Configuracion de los Clickers *****
Error al intentar borrar el clicker con ID 'C1C2C3' - foreign key constraint failed
Opciones disponibles:
1- Anadir clicker
2- Anadir usuario
3- Actualizar clicker
4- Actualizar contraseña de usuario
5- Asociar/disociar usuario
6- Borrar clicker
7- Borrar usuario
8- Mostrar clickers
9- Mostrar usuarios
0- Salir
Seleccione una opcion: █
```

Figura 43 - Ejemplo de mensaje de error durante la configuración

Se pueden sacar las siguientes conclusiones de las pruebas realizadas:

- La aplicación ha superado con éxito las pruebas.
- A raíz de la realización de las pruebas se han detectado algunas posibles mejoras del diseño de la aplicación que se han llevado a cabo:
 - o Adición de mensajes de error más descriptivos en caso de que el clicker no se encuentre registrado o asociado a un usuario en la base de datos.
 - o Eliminación de caracteres latinos en los menús del terminal para evitar problemas de codificación al visualizar la pantalla desde una sesión de terminal.
 - o Se muestra un mensaje de terminación en la LCD y se realiza la limpieza de los pines GPIO al terminar la aplicación desde el teclado.
- No se ha detectado ningún error crítico.

7 Resumen, conclusiones y líneas futuras

7.1 Resumen

Puesto que el objetivo de este proyecto era desarrollar un sistema de clickers docentes completo y económico partiendo de que ya se disponía de los clickers diseñados y de una página web en la que plantear y responder preguntas, en este proyecto lo que se desarrolló fue un sistema que comunica los clickers con un servidor web.

Para ello se decidió utilizar una Raspberry Pi en la que se instalaría la aplicación desarrollada que permitiría comunicar los clickers con la aplicación web de preguntas y respuestas, de tal forma que la aplicación funcionase como una interfaz entre ambos sistemas, enviando las respuestas que el alumno seleccionaba en el clicker a la aplicación web para que se mostraran en ésta junto al resto de respuestas.

Para el desarrollo de la aplicación el lenguaje de programación seleccionado fue Python, dado de que se trataba de un lenguaje de alto nivel y multiparadigma, que además disponía de librerías específicas para su uso en la Raspberry Pi así como de un gran soporte por parte de la comunidad de desarrolladores. Sin olvidarse de un detalle nada despreciable, que tanto el intérprete de Python como algunas de las librerías para la Raspberry Pi más destacables ya venían preinstaladas en la distribución de Raspbian usada para este proyecto.

El diseño de la aplicación se planteó desde el paradigma de la programación orientada a objetos y se realizó una división en clases de los distintos módulos conceptuales de la aplicación. Algunas de estas clases además podían ser reutilizables para otros proyectos o aplicaciones.

Las dos clases más destacables, puesto que son las que cumplían con el objetivo principal del sistema, eran la encargada de leer los datos desde el puerto serie-USB del receptor y la encargada de enviar las respuestas desde la Raspberry Pi al servidor.

Para la primera de ellas se aprovechó la existencia de una librería de Python desarrollada por un tercero que facilitaba la lectura de los datos desde un puerto serie. Haciendo uso de esta librería se creaba un objeto con determinados atributos como son la paridad, la velocidad de transmisión en baudios, los bits de parada y el tamaño del mensaje, datos que deben coincidir con los del receptor para poder leer el mensaje que envía.

En el caso de la clase encargada de enviar las respuestas al servidor web también hizo falta el uso de librerías externas para facilitar su desarrollo. Al afrontar esta parte de la aplicación por primera vez se obtuvieron tres posibles soluciones haciendo uso de diferentes librerías. Una de ellas usaba una librería que se encargaba de simular un navegador web (Mechanize), haciéndose cargo de enviar los formularios y por lo tanto abstrayendo al programador de realizar las peticiones HTTP necesarias para ello.

Las otras dos soluciones eran muy similares entre sí, con la salvedad de que en una de ellas se usaba una de las librerías estándar de Python (*urllib2*) mientras que en la otra se usaba la librería Request desarrollada por un tercero (que puede llegar a considerarse una evolución de la librería *urllib2*). Finalmente de todas las opciones obtenidas y que proporcionaban el resultado esperado, se decidió usar la que implementaba la librería Requests, al ofrecer mejor rendimiento que la primera opción y al resultar un código mucho más legible y de más fácil mantenimiento que con la segunda opción.

En cuanto al almacenamiento de datos, se dio la necesidad de guardar los identificadores de los clickers y que quedaran asociados a un usuario de la plataforma web para que con este envíen las respuestas. Se decidió por lo tanto hacer uso de un sistema de gestión de bases de datos y debido a su simplicidad de instalación y a sus características se decidió hacer uso de SQLite3.

Por otra parte, también era necesario crear un pequeño fichero de configuración para poder mantener establecido el curso por defecto para el cual trabajaría la aplicación. Para lograrlo de una manera muy sencilla se usó un fichero serializado en el que se indicaba el ID del curso que se usaría por defecto.

En cuanto a la placa de control, dado que la aplicación necesitaba poderse ejecutar sin necesidad de conectar la Raspberry Pi a un monitor y a un teclado, se decidió añadir una LCD con cuatro pulsadores para que conformaran una interfaz humana con la que el profesor pudiera tener el control de las funciones básicas de la aplicación. Tanto la LCD como los cuatro pulsadores fueron integrados en un circuito impreso que se conectaría a la Raspberry Pi a través de los puertos GPIO.

Tanto para la programación de los pulsadores como para la de la LCD se usó la librería RPi.GPIO que venía preinstalada junto al intérprete de Python en la distribución del sistema operativo con núcleo Linux usado en el proyecto. Esta librería dio algunos problemas al intentar usar la detección de eventos y las interrupciones para el control de las pulsaciones de los botones, pero debido a estos problemas (principalmente por detección de varias pulsaciones en lugar de una al fallar el sistema anti-rebotes de la propia librería) se decidió realizar la detección de las pulsaciones haciendo *casting*, es decir, comprobando dentro de un bucle infinito si se había cumplido la condición.

En el caso de la LCD hubo que codificar una clase que permitiría realizar todo tipo de operaciones con ella para poder tener así el mayor control sobre la pantalla en el futuro. El desarrollo de esta clase se basó en otra clase similar desarrollada por LiquidCrystal pero para el lenguaje de programación C++.

Finalmente, para que la Raspberry Pi pudiera iniciar la aplicación al encender el dispositivo, se editaron algunos ficheros del sistema para permitir a la aplicación ejecutarse en un nuevo terminal e iniciando sesión con un usuario creado para tal efecto. Además se instaló y configuró una herramienta que permitiría visualizar la pantalla del terminal donde se estuviera ejecutando la aplicación desde una sesión SSH.

7.2 Conclusiones

Desde un punto de vista más personal, en este proyecto he podido comprobar como el desarrollo de nuevos sistemas electrónicos pueden ayudar en el fomento de métodos de enseñanza activa, que propician que el alumno realice sus propios análisis de los conceptos explicados en clase y con ellos logre obtener sus propias conclusiones, habiendo quedado demostrado que con este método de enseñanza el aprendizaje es mucho mayor que el obtenido a través de una clase convencional en la que el alumno no es más que un mero oyente.

Además considero que para fomentar este tipo de enseñanza el sistema de clickers desarrollado en el proyecto es algo ideal, puesto que es sencillo de usar para los alumnos y además al tratarse de un sistema económico no haría falta realizar una gran inversión inicial para poder comenzar a utilizarlo en las aulas.

Respecto a los objetivos iniciales del proyecto también considero que se han logrado cumplir con creces, logrando un sistema económico y funcional. Igualmente hay que tener en cuenta una de las grandes ventajas de este sistema, y es que no todos los alumnos necesitarán de un clicker para participar en las preguntas. Si el alumno dispone de un *Smartphone* o de un ordenador portátil con conexión a Internet, éste puede acceder a la página web de preguntas y respuestas para enviar sus respuestas sin necesidad de utilizar un clicker, lo que hace que se abaraten mucho más los costes al no ser necesaria la adquisición de un clicker para cada uno de los alumnos.

Bajo mi punto de vista, también pienso que resulta muy interesante el uso de la Raspberry Pi como un elemento fundamental de este proyecto. La Raspberry Pi además de ser un ordenador muy pequeño y económico, permite un gran abanico de posibilidades gracias a sus puertos de expansión, algo que realmente me ha resultado apasionante por el gran número de posibilidades que permite.

Este es el caso de la placa de control que se incorporó al sistema de clickers. La placa se conecta a la Raspberry Pi a través de sus puertos GPIO y ésta controla mediante *software* lo que sucede en la placa. En mi opinión, esta placa de control es un gran acierto, puesto que permite ofrecer al profesor un control continuo sobre el sistema de comunicación de clickers al servidor web, además de permitir poder hacer una configuración básica de la aplicación sin necesidad de conectar un monitor y un teclado a la Raspberry Pi.

Por otro lado, la elección del lenguaje de programación Python para el desarrollo del proyecto creo que ha sido algo muy positivo tanto para mí como para el resultado final del proyecto. Al no tener yo experiencia alguna con este lenguaje y al carecer casi también de experiencia con la programación orientada a objetos, he podido afrontar el proyecto como un reto personal. En cuanto a los beneficios que ha aportado al proyecto, el hecho de que haya un gran soporte por parte de la comunidad de desarrolladores que ofrecen librerías especializadas que mejoran el comportamiento de las librerías estándar ha colaborado en que el código final quede más limpio y por lo tanto también sea mucho más fácil de mantener.

Otro de los objetivos que considero que se han logrado cumplir satisfactoriamente, es que la aplicación pudiera ejecutarse concurrentemente, permitiendo que se puedan estar enviando varias respuestas de los clickers al mismo tiempo que la escucha se mantiene activa.

Por otro lado, creo que el uso del sistema de gestión de bases de datos SQLite ha resultado muy interesante. Hasta ahora únicamente había trabajado con Oracle SQL o MySQL, que son dos sistemas de gestión de bases de datos que se ejecutan en un proceso paralelo y desde ahí se comunican con la aplicación. Pero SQLite en cambio forma parte de la aplicación, lo que se traduce en una aplicación mucho más ligera.

Por último, uno de los aspectos de este proyecto que considero más me ha ayudado, ha sido la utilización del *software* Diptrace para la creación del circuito impreso de la placa de control. Diptrace es un programa para el diseño y creación de circuitos impresos muy intuitivo y fácil de usar, algo que me ha ayudado mucho en la creación de mi primer circuito impreso.

Como conclusión final, creo que el proyecto ha resultado satisfactorio tanto en el resultado final como en lo que me ha podido aportar personalmente, logrando los objetivos planteados inicialmente, así como permitiéndome aprender y desarrollar nuevos conocimientos y habilidades del ámbito de las ciencias de la computación y la electrónica.

7.3 Líneas futuras

El sistema desarrollado ha logrado cumplir todos los objetivos propuestos inicialmente, llevando a cabo satisfactoriamente su función. Sin embargo, al igual que sucede con cualquier otro sistema, éste es mejorable.

A continuación se enumeran los aspectos más destacables en los que puede mejorarse el sistema.

7.3.1 Rediseño de la placa de control

El principal aspecto en el que puede ser mejorada la placa de control es en su tamaño. Debido a las dimensiones de la LCD utilizada se ha tenido que realizar una placa con un ancho y un largo mayores de lo deseable y que superan a las dimensiones de la propia Raspberry Pi.

Este pequeño problema con el tamaño podría solucionarse usando una LCD de dimensiones más reducidas (también de 16x2 caracteres) y ajustando el diseño del circuito impreso al tamaño de la Raspberry Pi para poder encajar la placa de control encima de la Raspberry Pi, quedando el ordenador y la placa de control como una única

pieza. Seguramente para poder comprimir todo en una placa más pequeña también sería necesario que el diseño del circuito impreso se hiciese en dos capas en lugar de una sola.

7.3.2 Uso de I²C para la comunicación con la placa de control

Otro aspecto de la placa de control que podría ser mejorado es el método de conexión a Raspberry Pi.

La placa que se ha diseñado para este proyecto hace uso de los pines GPIO de la Raspberry Pi, pero dado que a través del mismo cabezal de pines es posible utilizar protocolos de comunicación serie como I²C, se podría hacer uso de éste para reducir el número de pines usados y permitir una mayor capacidad de expansión.

7.3.3 Permitir volver atrás desde las opciones de configuración

Una mejora considerable en el diseño de la aplicación sería permitir al profesor salir de la opción de configuración de los cursos o de los clickers y usuarios sin necesidad de usar un teclado y monitor.

Tal y como se ha realizado el diseño actual, si el profesor accede a una de estas dos opciones por error y no tiene ninguna posibilidad de conectar un monitor y un teclado a la Raspberry Pi, la única opción que le quedará para poder salir del menú de configuración es desconectar la Raspberry Pi de su alimentación y volver a conectarla. Si se permitiera volver atrás haciendo uso de los pulsadores esto último no sería necesario.

7.3.4 Implementación de un servicio web REST

A pesar de que el envío de las respuestas de los clickers hasta la aplicación web funciona correctamente tal y como se ha diseñado, sería mucho más recomendable el desarrollo de un servicio web (API) que permitiría que el código de la aplicación sea mucho más sencillo y óptimo, además de facilitar en gran medida las tareas de mantenimiento de la aplicación.

Por lo tanto, si se consideran futuras mejoras para el sistema el desarrollo e implementación de una API REST, que se implementa sobre el protocolo HTTP existente, debería ser algo prioritario. Además, esta mejora también permitiría mejorar la comunicación entre la Raspberry Pi y el servidor web, al permitir la opción de añadir nuevas funcionalidades a la aplicación.

Esta implementación también supondría una mejora importante en la seguridad de la aplicación al evitar la necesidad de tener que almacenar las contraseñas de los usuarios en la base de datos.

7.3.5 Añadir retroalimentación en los clickers

Cuando un alumno envía una respuesta desde su clicker, este en ningún momento puede saber si su respuesta ha sido recibida por el receptor o si por el contrario el mensaje enviado por su clicker se ha perdido.

Como una solución intermedia a este problema, el profesor tiene disponible a través de la LCD el listado de clickers registrados, indicando si han enviado o no una respuesta válida. De este modo, en caso de se produzca un error en el envío de las respuestas de alguno de los clickers el profesor podría comunicárselo al alumno para que intente un nuevo envío. Pero esto no es una solución óptima, por lo que en futuras revisiones del diseño de los clickers se podría añadir un sistema que indique al alumno que su respuesta ha sido recibida, por ejemplo, mediante el uso de algún indicador LED.

7.3.6 Diseño de un sistema de preguntas y respuestas sin necesidad de usar una conexión a Internet

Pese a que el objetivo de este sistema no es el de mostrar las estadísticas de las respuestas enviadas por los alumnos a través de los clickers, sí que sería una opción interesante disponer de la posibilidad de que la aplicación pueda mostrar sus propias estadísticas en un modo *offline* para las ocasiones en las que la conectar la Raspberry Pi a Internet no sea posible.

El sistema podría encargarse de recopilar las respuestas enviadas por los alumnos de igual modo que se hace ahora, pero en lugar de enviar las respuestas a una web mostraría directamente las estadísticas de éstas a través de la pantalla.

8 Glosario de términos

- API (Application Programming Interface)
- ASCII (American Standard Code for Information Interchange)
- CPU (Central Processing Unit)
- GPIO (General Purpose Input/Output)
- GPU (Graphics Processing Unit)
- HDMI (High-Definition Multimedia Interface)
- HTML (Hypertext Markup Language)
- HTTP (Hypertext Transfer Protocol)
- I²C (Inter-Integrated Circuit)
- JTAG (Join Test Action Group)
- LCD (Liquid Crystal Display)
- LED (Light-Emitting diode)
- PCB (Printed Circuit Board): circuito impreso o tarjeta de circuito impreso.
- RAM (Random-Access Memory)
- REST (Representational State Transfer)
- ROM (Read-Only Memory)
- SMD (Surface Mount Device)
- SoC (System on a chip)
- SPI (Serial Peripheral Interface)
- SQL (Structured Query Language)
- UART (Universal Asynchronous Receiver-Transmitter)
- URL (Uniform Resource Locator)
- USB (Universal Serial Bus)

9 Bibliografía

- [1] Eben Upton, Garth Halfacree. “Raspberry Pi User Guide”. Wiley John + Sons, septiembre de 2012.
- [2] Mark Lutz. “Learning Python”. 4th Edition. O'Reilly Media, septiembre de 2009.
- [3] Willy F. Figueroa Celis. “Instrucción entre pares (Peer Instruction)”.
<http://willyfigueroa.wordpress.com/2011/06/12/instruccion-entre-pares-peer-instruction/>
- [4] Guillermo Ospina G. “La enseñanza entre pares un modelos para pensar”.
http://jaibana.udea.edu.co/producciones/peer_instruction.html
- [5] José Ignacio Suárez. “Cómo gobernar un display LCD basado en el controlador HD44780”.
http://eii.unex.es/profesores/jisuarez/descargas/ip/lcd_alfa.pdf

Recursos electrónicos

- [6] <http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/63673/HITACHI/HD44780.html>
- [7] http://elinux.org/RPi_Low-level_peripherals
- [8] https://en.wikipedia.org/wiki/Peer_Instruction
- [9] https://es.wikipedia.org/wiki/Raspberry_Pi
- [10] <https://es.wikipedia.org/wiki/LCD>
- [11] https://en.wikipedia.org/wiki/Python_%28programming_language%29
- [12] <https://en.wikipedia.org/wiki/Sqlite>

10 Anexo I - Manual de uso del sistema

10.1 Introducción

En este manual de uso del sistema de comunicación de clickers al servidor web se explica cómo debe usarse y configurarse la aplicación para que su funcionamiento sea el más óptimo.

Este manual va dirigido especialmente a los profesores que van a hacer uso de la aplicación, puesto que para los alumnos no hay ninguna complicación en su uso al ser exclusivamente usuarios del sistema de clickers.

10.2 Conexión de la placa de control a la Raspberry Pi

Para que la aplicación funcione correctamente es totalmente imprescindible que la placa de control esté conectada correctamente a la Raspberry Pi en el momento de iniciar la aplicación. Pero además hay que tener especial cuidado para evitar conexionar el cabezal en una posición incorrecta, lo que podría dañar la Raspberry Pi.

La conexión de los cabezales de pines se ha diseñado para que se haga de forma cruzada, es decir, el pin 1 en la Raspberry Pi (primera columna de la segunda fila) corresponde al pin situado en la última columna de la primera fila en la placa de control.

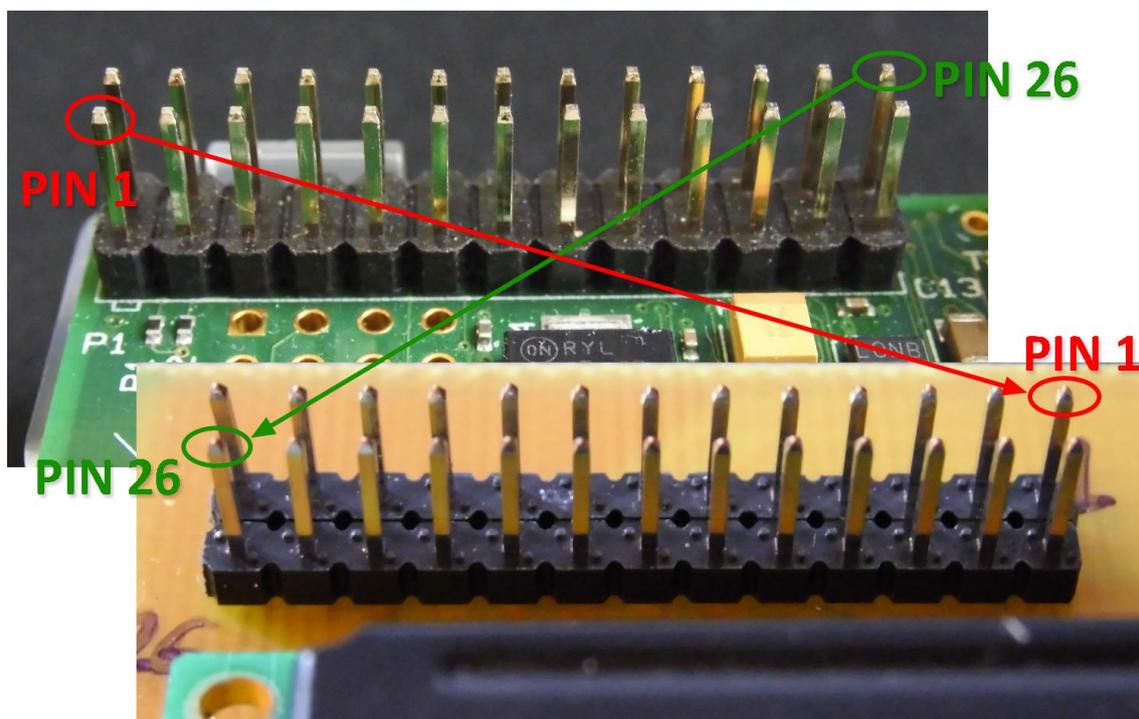


Figura 44 - Correspondencia entre los pines de la Raspberry Pi y la palca de control

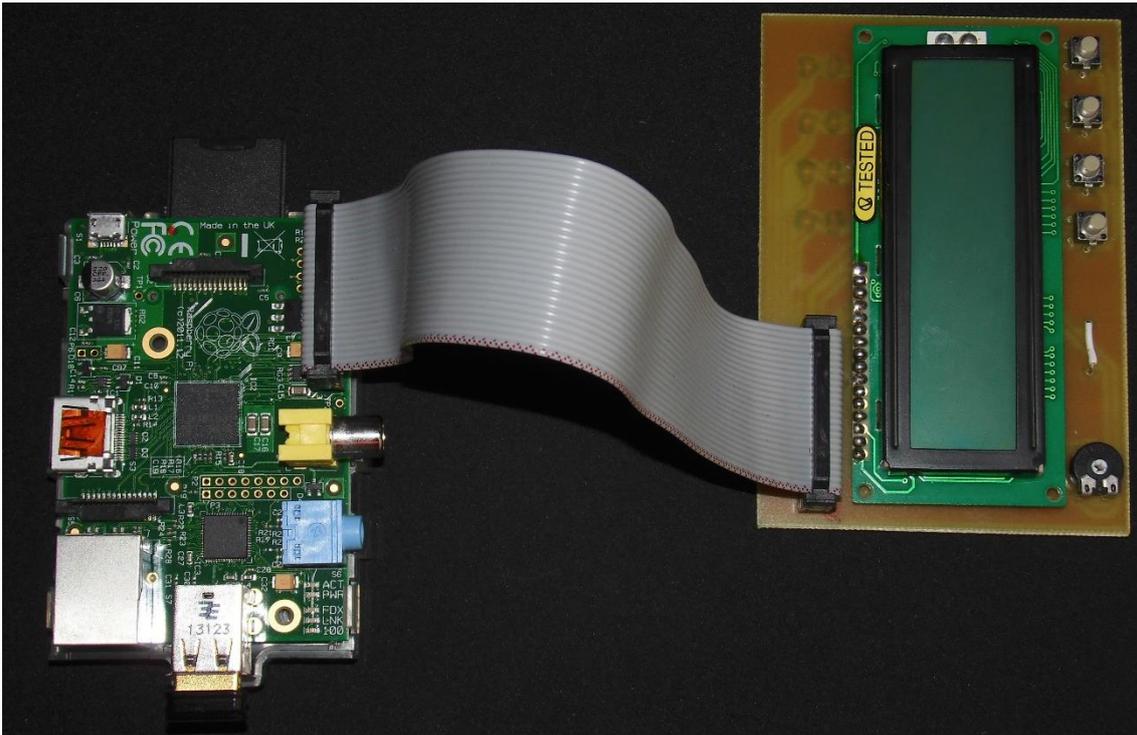


Figura 45 -Conexión entre la Raspberry Pi y la placa de control

En la figura 44 puede observarse la correspondencia entre los pines de la Raspberry Pi y los de la placa de control. En la figura 45 en cambio observamos cómo queda realizada la conexión entre ellos a través de un cable con dos conectores hembra de 2x13 pines.

10.3 Uso de la placa de control

La placa de control integra una LCD, un potenciómetro para regular el contraste de la pantalla y cuatro pulsadores para navegar por las opciones del menú.

Si al encender la Raspberry Pi y estando la placa de control conectada en la LCD no se muestra la primera fila llena de rectángulos, será necesario ajustar el contraste hasta que se consiga visualizar algo a gusto del usuario.

En cuanto a los pulsadores, están diseñados de forma que cada pulsador se encarga de las siguientes funciones (numerando los pulsadores de izquierda a derecha).

- **Pulsador 1.** Es usado para seleccionar la opción actual del menú. Estando iniciada la escucha de los clickers permite reiniciar el listado de respuestas válidas e inválidas.
- **Pulsador 2.** Permite subir una posición en el menú de la LCD cada vez que es pulsado.
- **Pulsador 3.** De manera análoga al pulsador 2, permite bajar una posición en el menú de la aplicación cada vez que es accionado.

- **Pulsador 4.** Este pulsador es el que permite volver atrás en el menú o cancelar alguna acción.

10.4 Configuración de la aplicación

10.4.1 Uso de monitor y teclado

La mayor parte de la configuración de la aplicación es necesaria hacerla a través de un monitor un teclado.

La conexión al teclado deberá realizarse mediante uno de los puertos USB, mientras que la conexión al monitor puede realizarse mediante un cable HDMI o RCA.

Es importante tener en cuenta que si vamos a usar un cable HDMI para conectar el monitor va a ser necesario realizar esta conexión antes de encender la Raspberry Pi, puesto que si al iniciar el sistema no se detecta una conexión HDMI la Raspberry Pi deshabilitará este puerto y conexiones posteriores no funcionarán, a no ser que se reinicie el dispositivo.

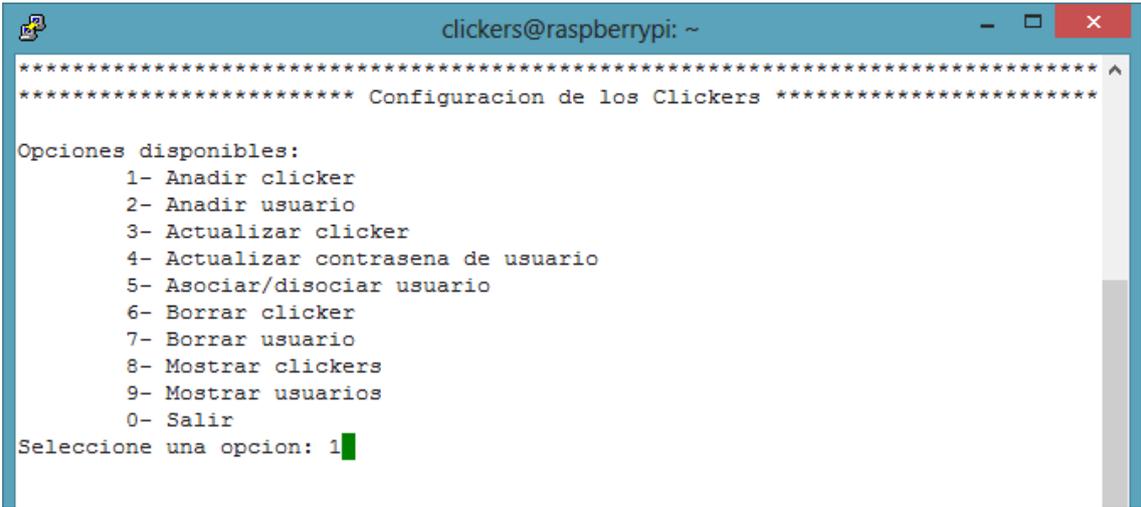
Adicionalmente, también es posible utilizar el monitor y teclado de otro ordenador si realizamos una conexión SSH entre la Raspberry Pi y este otro computador.

10.4.2 Configuración de los clickers

Para poder empezar a hacer uso del sistema de comunicación de clickers al servidor web será necesario almacenar la información de los clickers dentro de la aplicación. Para ello debe dirigirse a la opción “2- Configurar” del menú de la LCD y seguidamente en el submenú que le aparecerá debe seleccionar la opción “2- Clickers”.

Al seleccionar esta opción se nos mostrará un mensaje en la LCD indicando que es necesaria la conexión de un monitor y un teclado para poder realizar la configuración. También se debe tener en cuenta que una vez se ha entrado en esta opción no será posible volver atrás si no es con un teclado.

El menú de configuración de los clickers mostrará una pantalla con las diferentes opciones que permiten añadir, editar, eliminar o visualizar la información de los clickers y usuarios almacenada en la base de datos.

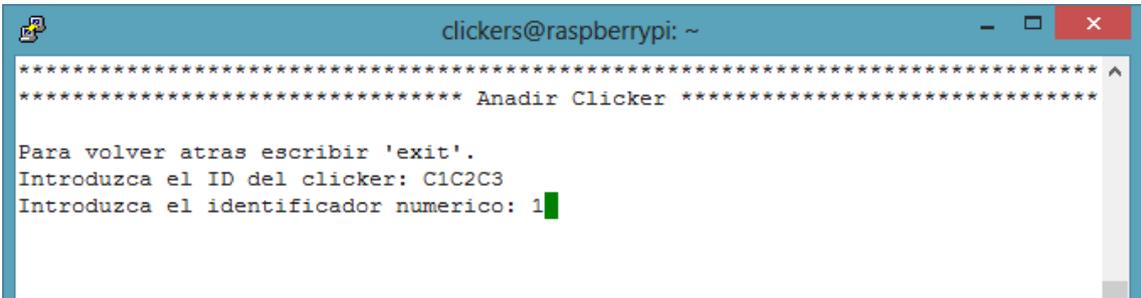


```
clickers@raspberrypi: ~
*****
***** Configuracion de los Clickers *****
*****
Opciones disponibles:
  1- Anadir clicker
  2- Anadir usuario
  3- Actualizar clicker
  4- Actualizar contraseña de usuario
  5- Asociar/disociar usuario
  6- Borrar clicker
  7- Borrar usuario
  8- Mostrar clickers
  9- Mostrar usuarios
  0- Salir
Seleccione una opcion: 1
```

Figura 46 - Menú de configuración de los clickers

10.4.2.1 *Añadir un clicker a la base de datos*

Para añadir un clicker a la base de datos se debe introducir desde el teclado el número 1 y pulsar la tecla “Entrar”. Entonces se mostrará una pantalla en la que se debe introducir el ID del clicker y un número que lo identifique.



```
clickers@raspberrypi: ~
*****
***** Anadir Clicker *****
*****
Para volver atras escribir 'exit'.
Introduzca el ID del clicker: C1C2C3
Introduzca el identificador numerico: 1
```

Figura 47 - Registro de un clicker

El ID del clicker debe conocerse y ser único. En cambio el identificador numérico puede ser cualquier número entero positivo y distinto de cero, pero es recomendable el uso de números bajos y que los clickers sean numerados en el orden de registro.

El identificador numérico es usado para reconocer a los clickers de una manera más sencilla que usando el ID alfanumérico.

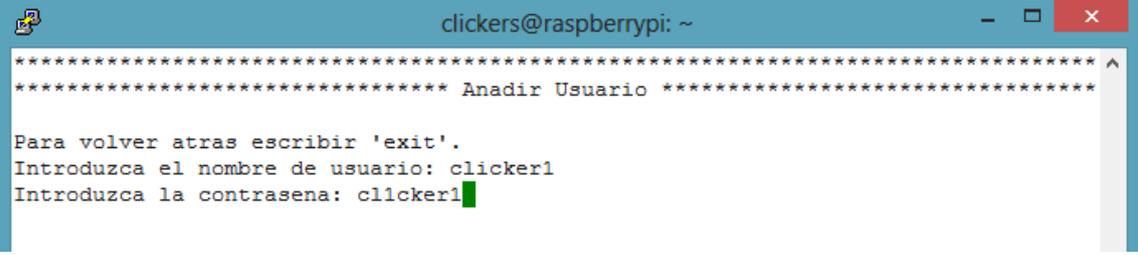
10.4.2.2 *Añadir un usuario a la base de datos*

Los usuarios que se añadan a la base de datos son los que usará la aplicación para iniciar sesión en la página web de preguntas y respuestas cada vez que el clicker envíe una respuesta.

Para registrar un usuario en la base de datos se debe seguir un procedimiento similar al seguido para añadir un clicker. Primero debe seleccionarse en el menú la opción 2 y pulsar la tecla “Entrar”.

En la pantalla que se mostrará será necesario introducir el nombre de usuario y contraseña que se utilizan para acceder a la aplicación web.

Se debe tener en cuenta que el usuario que se añada a la base de datos de la aplicación debe estar registrado en la página web, de lo contrario cada vez que se reciba una respuesta desde el clicker y se proceda a iniciar la sesión se producirá un error.

A terminal window titled 'clickers@raspberrypi: ~' with a blue header bar. The terminal content is as follows:

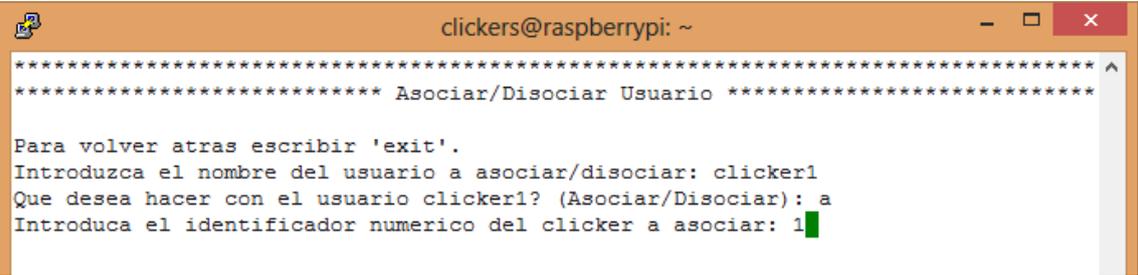
```
*****  
***** Anadir Usuario *****  
  
Para volver atras escribir 'exit'.  
Introduzca el nombre de usuario: clicker1  
Introduzca la contraseña: clicker1
```

Figura 48 - Registro de un usuario

10.4.2.3 Asociar/disociar un usuario

Si ya tenemos el clicker y el usuario registrados en la base de datos, podemos proceder a crear una asociación entre ellos, para que cada vez que se envíe una respuesta desde un clicker a la web se haga con el usuario que se haya configurado.

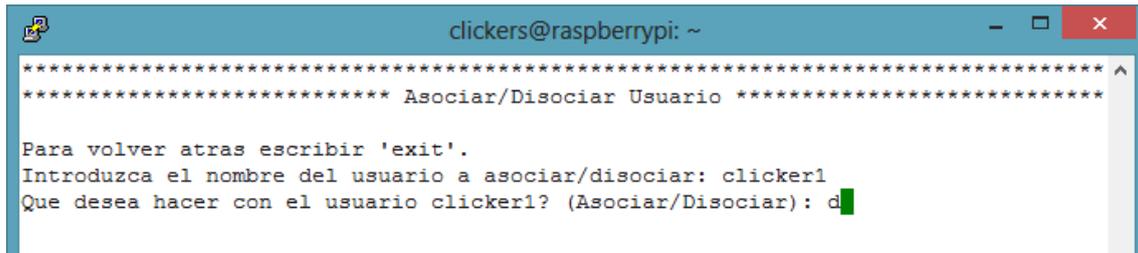
Para ello se debe seleccionar la opción 5 del menú y pulsar la tecla “entrar”. Seguidamente, en la pantalla que aparecerá habrá que indicar el nombre de usuario, introducir una “a” para que la operación que se realice sea la de asociación y por último señalar el identificador numérico del clicker al que se desea asociar.

A terminal window titled 'clickers@raspberrypi: ~' with an orange header bar. The terminal content is as follows:

```
*****  
***** Asociar/Disociar Usuario *****  
  
Para volver atras escribir 'exit'.  
Introduzca el nombre del usuario a asociar/disociar: clicker1  
Que desea hacer con el usuario clicker1? (Asociar/Disociar): a  
Introduzca el identificador numerico del clicker a asociar: 1
```

Figura 49 - Asociación de un usuario a un clicker

Usando esta opción del menú también es posible realizar la operación inversa. Por lo tanto para disociar un clicker de un usuario será necesario acceder a la quinta opción del menú y escribir el nombre del usuario a disociar. Posteriormente, cuando se pregunte por ello, se indicará mediante una “d” que la operación a realizar será de disociación.



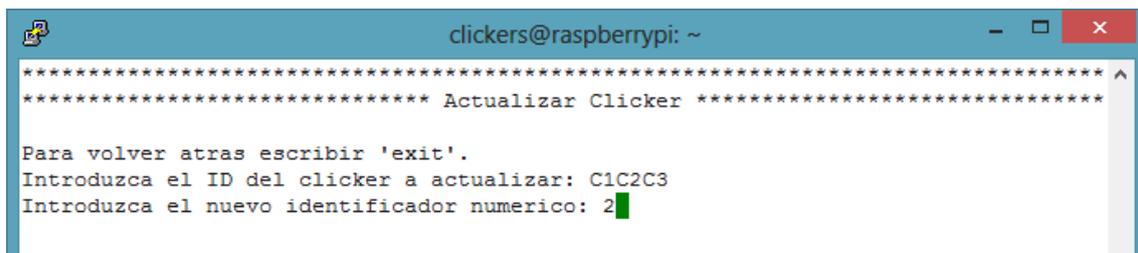
```
clickers@raspberrypi: ~
*****
***** Asociar/Disociar Usuario *****
*****
Para volver atras escribir 'exit'.
Introduzca el nombre del usuario a asociar/disociar: clicker1
Que desea hacer con el usuario clicker1? (Asociar/Disociar): d
```

Figura 50 - Disociación de un usuario

10.4.2.4 Actualizar identificador numérico de un clicker

Otra de las opciones que ofrece el menú es la actualización del identificador numérico de un clicker.

Durante esta operación lo que se debe hacer es indicar el ID alfanumérico del clicker que se desee actualizar y posteriormente señalar su nuevo identificador numérico.



```
clickers@raspberrypi: ~
*****
***** Actualizar Clicker *****
*****
Para volver atras escribir 'exit'.
Introduzca el ID del clicker a actualizar: C1C2C3
Introduzca el nuevo identificador numerico: 2
```

Figura 51 - Actualización del identificador numérico de un clicker

Hay que tener en cuenta que si el clicker que se quiere actualizar ya está asociado, la operación devolverá un error. Para evitar esto primero se deberá disociar el clicker que se vaya a actualizar.



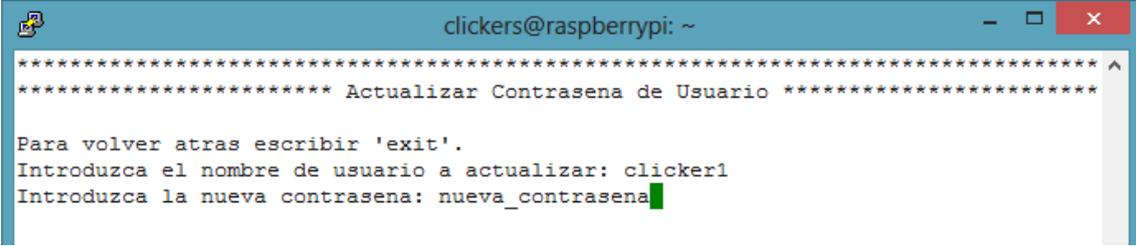
```
clickers@raspberrypi: ~
*****
***** Configuracion de los Clickers *****
*****
Error al intentar actualizar el clicker con ID 'C1C2C3' - foreign key constraint f
ailed

Opciones disponibles:
  1- Anadir clicker
  2- Anadir usuario
  3- Actualizar clicker
  4- Actualizar contraseña de usuario
  5- Asociar/disociar usuario
  6- Borrar clicker
  7- Borrar usuario
  8- Mostrar clickers
  9- Mostrar usuarios
  0- Salir
Seleccione una opcion: 3
```

Figura 52 - Error de restricción de clave foránea al intentar actualizar el clicker

10.4.2.5 Actualizar contraseña de usuario

Para actualizar la contraseña de un usuario únicamente va a ser necesario seleccionar la opción 4 del menú e introducir el nombre de usuario que se quiere actualizar y su nueva contraseña.

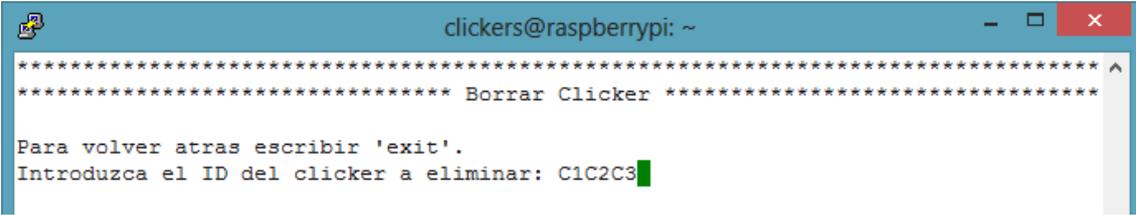


```
clickers@raspberrypi: ~
*****
***** Actualizar Contraseña de Usuario *****
Para volver atras escribir 'exit'.
Introduzca el nombre de usuario a actualizar: clicker1
Introduzca la nueva contraseña: nueva_contraseña
```

Figura 53 - Actualización de contraseña de usuario

10.4.2.6 Borrar un clicker de la base de datos

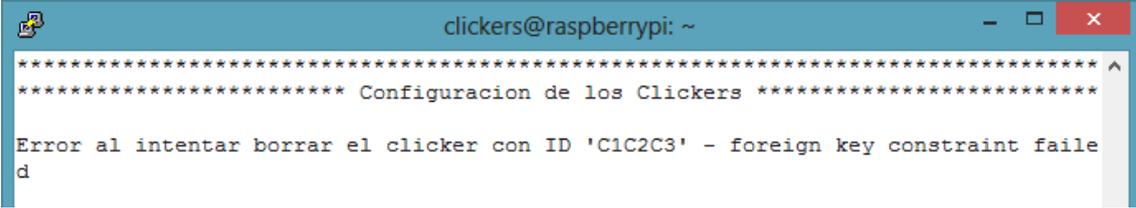
Para borrar un clicker de la base de datos se debe seleccionar la opción 6 del menú y a continuación señalar el ID alfanumérico del clicker a eliminar.



```
clickers@raspberrypi: ~
*****
***** Borrar Clicker *****
Para volver atras escribir 'exit'.
Introduzca el ID del clicker a eliminar: C1C2C3
```

Figura 54 - Borrado de un clicker

Hay que tener en cuenta que si el clicker ha sido asociado a algún usuario se producirá un error al intentar borrarlo. Por lo tanto, antes de borrar un clicker será necesario deshacer cualquier asociación a éste.



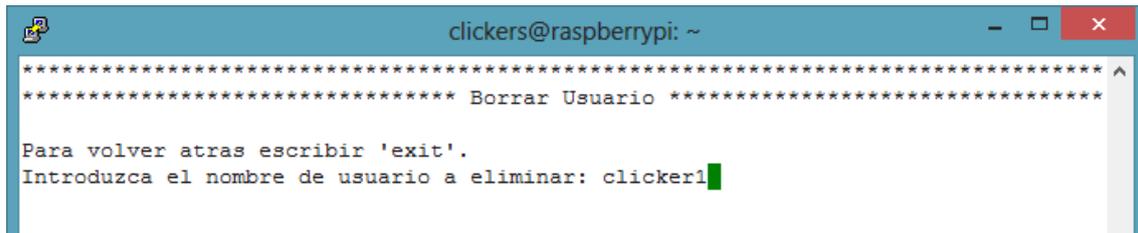
```
clickers@raspberrypi: ~
*****
***** Configuracion de los Clickers *****
Error al intentar borrar el clicker con ID 'C1C2C3' - foreign key constraint faile
d
```

Figura 55 - Error de restricción de clave foránea al intentar borrar el clicker

10.4.2.7 Borrar un usuario de la base de datos

El proceso para la eliminación de un usuario de la base de datos es tan sencillo como seleccionar la opción 7 del menú e indicar el nombre del usuario que se desee eliminar.

En este caso no es necesario tener en cuenta si hay algún clicker que esté o no asociado a este usuario, de estarlo la asociación se eliminará también.



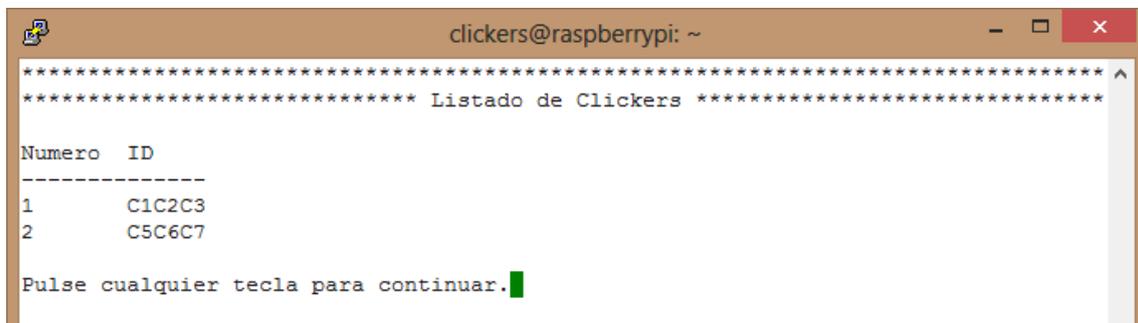
```

clickers@raspberrypi: ~
*****
***** Borrar Usuario *****
*****
Para volver atras escribir 'exit'.
Introduzca el nombre de usuario a eliminar: clicker1

```

10.4.2.8 *Mostrar listado de todos los clickers*

Si se desea visualizar un listado con la información de todos los clickers que se han añadido a la base de datos, lo único que habrá que hacer es seleccionar la opción 8.



```

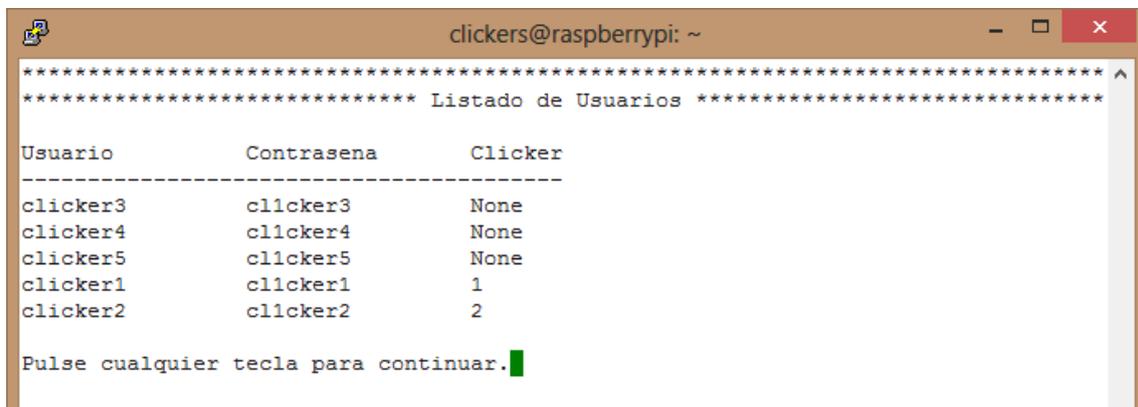
clickers@raspberrypi: ~
*****
***** Listado de Clickers *****
*****
Numero  ID
-----
1       C1C2C3
2       C5C6C7
Pulse cualquier tecla para continuar.

```

Figura 56 - Listado de clickers

10.4.2.9 *Mostrar listado de todos los usuarios*

Para poder ver un listado que muestre los usuarios guardados en la base de datos junto a sus asociaciones, habrá que seleccionar la opción 9 del menú.



```

clickers@raspberrypi: ~
*****
***** Listado de Usuarios *****
*****
Usuario      Contraseña      Clicker
-----
clicker3     clicker3        None
clicker4     clicker4        None
clicker5     clicker5        None
clicker1     clicker1         1
clicker2     clicker2         2
Pulse cualquier tecla para continuar.

```

Figura 57 - Listado de usuarios

10.4.3 Configuración de los cursos

Los cursos son los destinos a los que se enviarán la información de los clickers, por lo tanto los usuario que se creen en la página web de preguntas y respuestas deberán tener acceso a todos los cursos para los que vayan a trabajar.

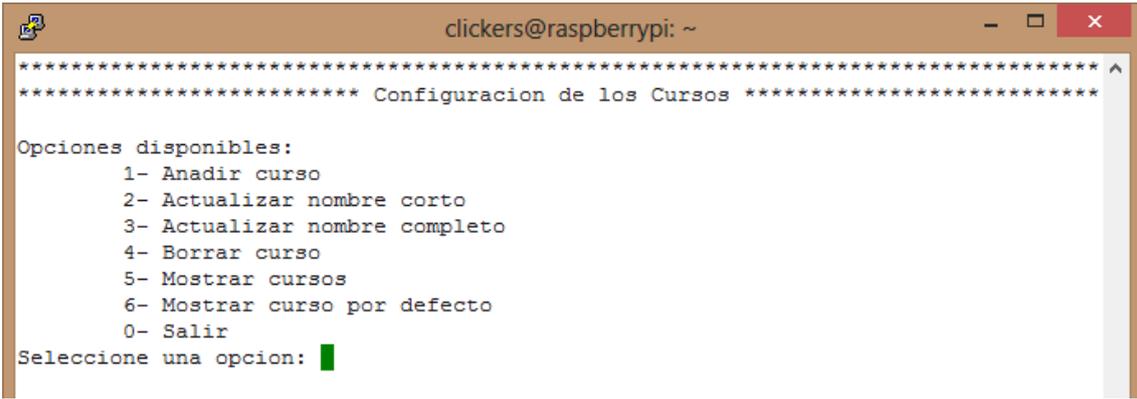
Del mismo modo, todos estos cursos deberán estar almacenados en la base de datos de la aplicación, para poder seleccionar cuando así se requiera el curso para el que debe trabajar la aplicación.

Para poder realizar esta configuración habrá que acceder a la opción “2- Configurar” del menú de la LCD y posteriormente a la opción “1- Cursos”. De este modo se nos mostrará un nuevo submenú que muestra dos alternativas: seleccionar y opciones.



Figura 58 - Submenú para la configuración de cursos

La opción seleccionar permitirá acceder desde la LCD a un listado de los cursos guardados en la base de datos para seleccionar el que queremos que se ejecute por defecto. Por otro lado, las opciones nos mostrarán un menú en el monitor que nos permitirá administrar haciendo uso de un teclado conectado a la Raspberry Pi los datos de los cursos.



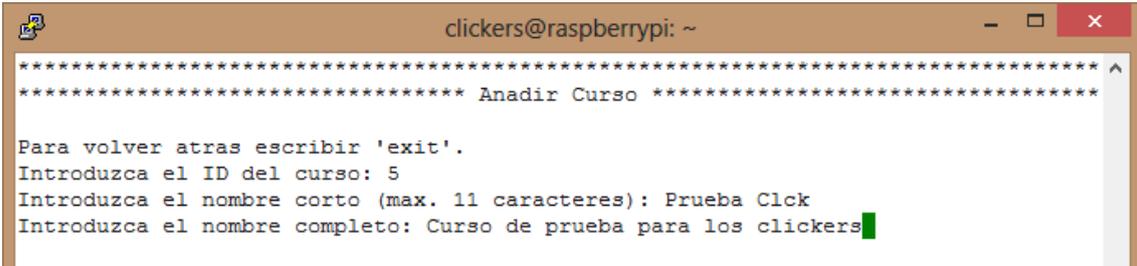
```
clickers@raspberrypi: ~
*****
***** Configuracion de los Cursos *****
*****
Opciones disponibles:
  1- Anadir curso
  2- Actualizar nombre corto
  3- Actualizar nombre completo
  4- Borrar curso
  5- Mostrar cursos
  6- Mostrar curso por defecto
  0- Salir
Seleccione una opcion: █
```

Figura 59 - Menú de configuración de los cursos

10.4.3.1 *Añadir un curso a la base de datos*

Para añadir un curso a la base de datos se debe seleccionar la opción 1 del menú de configuración de los cursos.

En la pantalla para añadir el curso se deberá introducir el ID del curso, un nombre corto de máximo 11 caracteres y el nombre completo del curso.



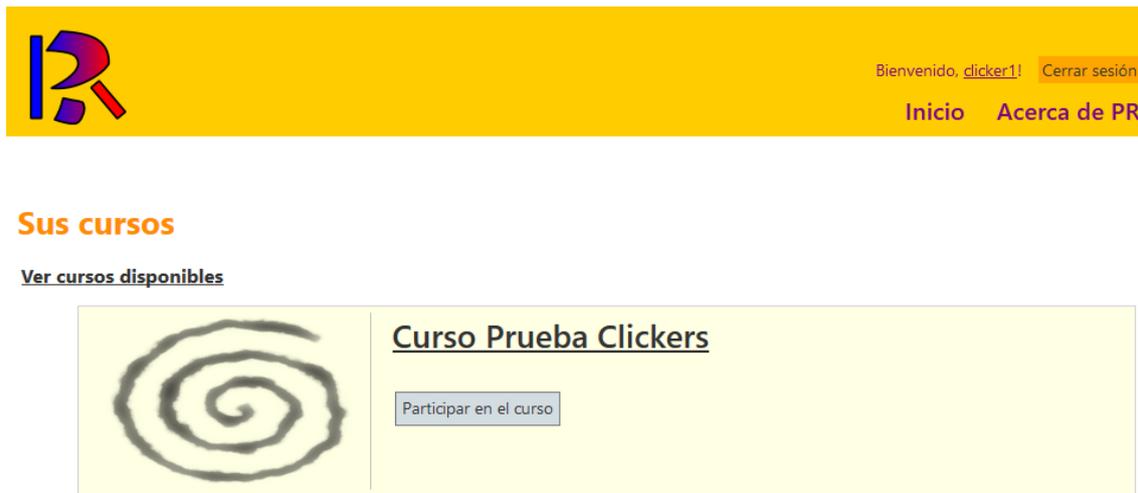
```
clickers@raspberrypi: ~
*****
***** Anadir Curso *****
*****
Para volver atras escribir 'exit'.
Introduzca el ID del curso: 5
Introduzca el nombre corto (max. 11 caracteres): Prueba Clck
Introduzca el nombre completo: Curso de prueba para los clickers █
```

Figura 60 - Registro de un curso en la base de datos

El ID del curso es en este caso la parte más importante del proceso. Este ID debe coincidir con el que tiene el curso asignado en la página web de preguntas y respuestas, una asignación que se hace de forma automática pero que es visible.

10.4.3.1.1 **Localización del ID del curso**

Para localizar el ID del curso se debe acceder a la web de preguntas y respuestas para visualizar el listado de cursos disponibles.



© 2013 - PR - programa de preguntas y respuestas - grupo de ingeniería fotónica - universidad de cantabria

Figura 61 - Listado de cursos a los que tiene acceso el usuario clicker1

Una estén visibles los cursos a los que tiene el usuario con el que se ha accedido a la aplicación web, se debe seleccionar el curso que se quiere registrar en el sistema de comunicación de clickers al servidor web.

Una vez se haya accedido al curso habrá que fijarse en la barra de direcciones del navegador web y copiar el número que aparece al final de la URL.



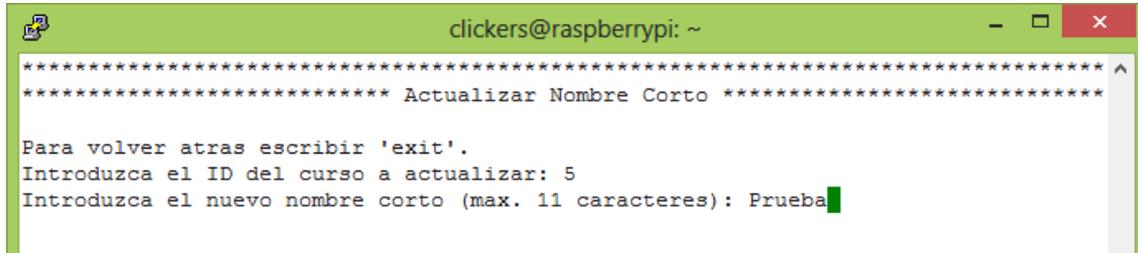
Figura 62 - Localización del ID del curso en la URL

Ese número será el ID del curso que se debe introducir durante la configuración de los cursos en la aplicación.

10.4.3.2 Actualizar nombre corto del curso

Para actualizar el nombre corto del curso habrá que seleccionar la opción 2 del menú de configuración de los cursos.

Seguidamente se indicará el ID del curso a actualizar y el nuevo nombre corto que se le quiere asignar, recordando que no podrá superar los 11 caracteres.

A terminal window titled 'clickers@raspberrypi: ~' with a green header bar. The terminal content is as follows:

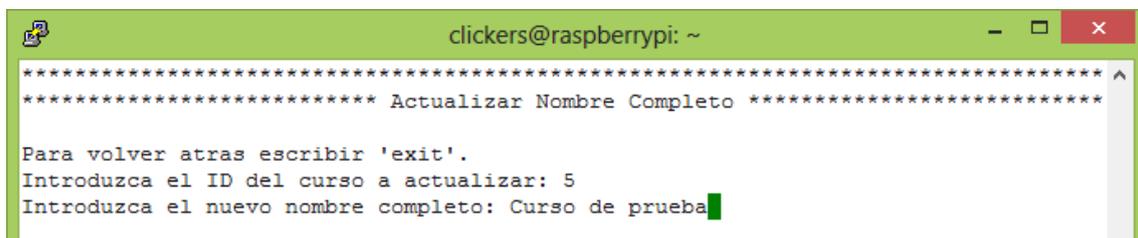
```
***** Actualizar Nombre Corto *****  
  
Para volver atras escribir 'exit'.  
Introduzca el ID del curso a actualizar: 5  
Introduzca el nuevo nombre corto (max. 11 caracteres): Prueba
```

Figura 63 - Actualización del nombre corto de un curso

10.4.3.3 *Actualizar nombre completo del curso*

Si se desea actualizar el nombre completo del curso se deberá seleccionar la opción 3 del menú.

Posteriormente se introducirá el ID del curso que se va a modificar y el nuevo nombre completo que se le quiere asignar a este curso.

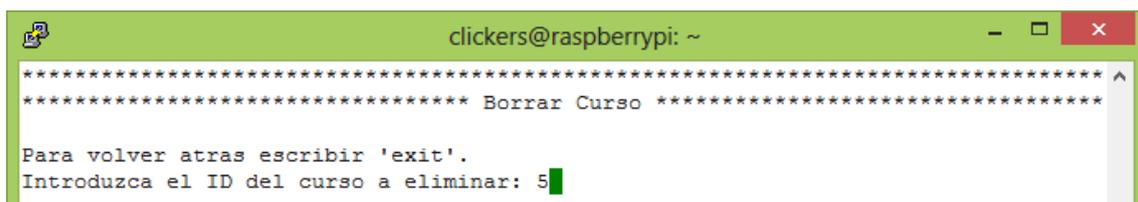
A terminal window titled 'clickers@raspberrypi: ~' with a green header bar. The terminal content is as follows:

```
***** Actualizar Nombre Completo *****  
  
Para volver atras escribir 'exit'.  
Introduzca el ID del curso a actualizar: 5  
Introduzca el nuevo nombre completo: Curso de prueba
```

Figura 64 - Actualización del nombre completo de un curso

10.4.3.4 *Borrar curso de la base de datos*

Para borrar un curso de la base de datos solamente es necesario seleccionar la opción 4 del menú y a continuación introducir el ID del curso que se desee eliminar.

A terminal window titled 'clickers@raspberrypi: ~' with a green header bar. The terminal content is as follows:

```
***** Borrar Curso *****  
  
Para volver atras escribir 'exit'.  
Introduzca el ID del curso a eliminar: 5
```

Figura 65 - Borrado de un curso

10.4.3.5 *Mostrar listado de todos los cursos*

Para visualizar el listado completo de los cursos que se han almacenado en la base de datos solamente se deberá seleccionar la opción 5 del menú.

```

clickers@raspberrypi: ~
*****
***** Listado de Cursos *****
*****
ID  Nombre Corto  Nombre Completo
-----
2   EyT            Energia y Telecomunicacion
3   Opticas       Comunicaciones Opticas
4   UCEM-G1      Foro UCEM-Grupol
5   Prueba Click  Curso de prueba para los clickers

Pulse cualquier tecla para continuar. █

```

Figura 66 - Listado de cursos almacenados en la base de datos

10.4.3.6 *Mostrar curso configurado por defecto*

Si se desea ver toda la información del curso que está configurado por defecto se debe seleccionar la opción 6 del menú.

```

clickers@raspberrypi: ~
*****
***** Curso por Defecto *****
*****
ID  Nombre Corto  Nombre Completo
-----
5   Prueba Click  Curso de prueba para los clickers

Pulse cualquier tecla para continuar. █

```

Figura 67 - Visualización del curso por defecto

10.4.3.7 *Seleccionar el curso por defecto*

La selección del curso por defecto se debe realizar desde la placa de control, por lo que no será necesario para ello disponer de un monitor y teclado.

Para seleccionar el curso por defecto habrá que acceder desde el menú de la LCD a la opción “Configurar > Cursos > Seleccionar”.

En la pantalla se mostrarás un listado de cursos que se encuentran almacenados en la base de datos. Haciendo uso de los pulsadores de la placa de control se podrá navegar a través de la lista y posicionarse en el curso que se desee seleccionar. Para seleccionar el curso no habrá que hacer más que pulsar el primer botón de la placa.



Figura 68 - Listado de cursos en la LCD

Una vez se haya seleccionado el curso, se mostrará un mensaje de confirmación en la LCD.

10.5 Escucha de los clickers

Antes de iniciar la escucha de los clickers, para evitar cualquier error se debe configurar la aplicación. Para ello puede seguir el capítulo 4 de este manual.

También será necesario que antes de proceder a la escucha de los clickers se realice la conexión del receptor a uno de los puertos USB de la Raspberry Pi.

Para iniciar la escucha solamente habrá que seleccionar la primera opción del menú principal de la aplicación en la LCD, la opción "1- Iniciar".

Durante la escucha en la LCD se mostrará un listado de los clickers junto a un indicador que muestra si la respuesta se ha enviado correctamente al servidor o web o si por el contrario se ha producido algún error. Al mismo tiempo en el monitor se mostrarán los eventos que se van sucediendo durante la escucha.



```

clickers@raspberrypi: ~
***** Escucha de Clickers Activa *****
Respuesta: C1C2C3
Respuesta: C5C6C7
Clicker 1: Opcion no permitida.
Clicker 2: Respuesta enviada.
█

```

Figura 69 - Pantalla de eventos durante la escucha

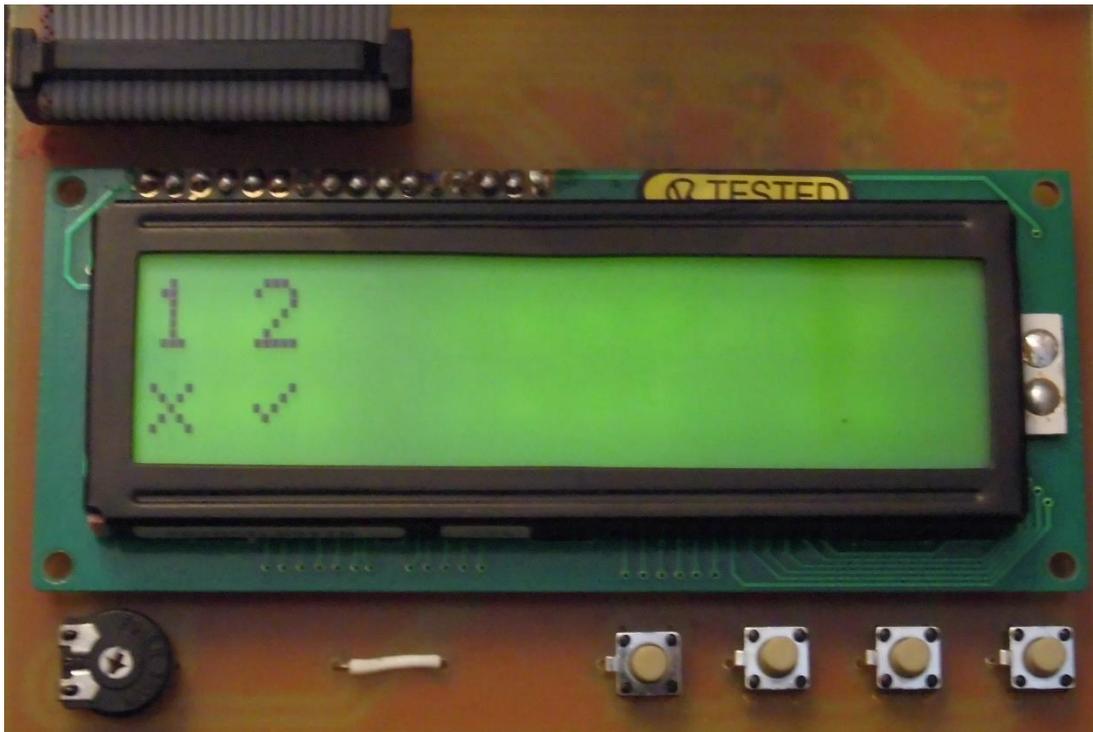


Figura 70 - Listado de clickers en la LCD durante la escucha

El significado de los iconos que se muestran debajo del número de cada clicker durante la escucha es el siguiente:

- ✓ – El mensaje ha sido enviado al servidor correctamente
- X – El mensaje no se ha podido enviar debido a alguno de los siguientes errores: opción no permitida para el tipo de pregunta, error de inicio de sesión, tiempo de espera superado, tipo de pregunta no válido o error inesperado.
- (en blanco) – Esperando nueva pregunta.

Se podrá salir de la escucha utilizando el cuarto botón de la placa de control, mientras que si se utiliza el primero se reiniciará el listado con los estados de los clickers. No se permitirá realizar ninguna de estas dos acciones mientras haya peticiones de algún clicker en curso.

10.6 Apagar y reiniciar la Raspberry Pi

Para poder apagar o reiniciar la Raspberry Pi haciendo uso de la placa de control será necesario dirigirse al menú de configuración en la LCD y seleccionar la opción 3 para apagar el dispositivo o la opción 4 para reiniciarlo.



Figura 71 - Opciones de apagar y reiniciar la Raspberry Pi en el menú

11 Anexo II – Guía de instalación

11.1 Introducción

En esta pequeña guía de instalación se va a explicar cómo debe configurarse la aplicación en la Raspberry Pi para su correcto funcionamiento bajo el sistema operativo Raspbian.

Primero se indican los pasos a seguir para instalar la aplicación y las librerías de Python necesarias para su funcionamiento.

Posteriormente se explicará cómo configurarla para que se inicie automáticamente al encender la Raspberry Pi.

Por último se darán las instrucciones necesarias para instalar y usar la aplicación GNU Screen para poder visualizar lo que está sucediendo en la aplicación desde una sesión SSH.

11.2 Instalación de la Interfaz de clickers

11.2.1 Ubicación de la aplicación

Puesto que Python es un lenguaje interpretado no es necesario generar un fichero ejecutable para poder utilizar el programa de una manera sencilla.

Lo único que habrá que hacer es copiar la carpeta que contiene la aplicación manteniendo su estructura interna en el directorio home del usuario con que la vaya ejecutar.

A la carpeta se le dará el nombre “InterfazClickers” y dentro habrá otra carpeta con el nombre “src” que contendrá todos los ficheros de código que componen la aplicación.

Como vamos a crear un usuario llamado clickers que será el encargado de la ejecución, la carpeta “InterfazClickers” la crearemos en el directorio /home/clickers.

11.2.2 Instalación de librerías

Para que la aplicación pueda ser ejecutada es necesario disponer del intérprete de Python 2.7.X o superior (no compatible con Python 3).

Además del intérprete será necesaria la instalación de varias librerías de terceros sin las que la aplicación no se podrá ejecutar.

Para facilitar la tarea de instalación de estas librerías primero instalaremos en la Raspberry Pi la herramienta `easy_install`.

\$ sudo apt-get install python-setuptools

11.2.2.1 *pySerial*

Para instalar la librería `pySerial` para Python ejecutaremos el siguiente comando.

\$ sudo easy_install pyserial

Más información sobre la librería en <http://pyserial.sourceforge.net/>.

11.2.2.2 *Beautiful Soup 4*

Para instalar la librería `Beautiful Soup 4` para Python se ejecutará el siguiente comando.

\$ sudo easy_install beautifulsoup4

Más información en <http://www.crummy.com/software/BeautifulSoup/>.

11.2.2.3 *Requests*

Para instalar la librería `Requests` para Python se ejecutará el siguiente comando.

\$ sudo easy_install requests

Más información sobre esta librería en <http://docs.python-requests.org/en/latest/>.

11.2.2.4 *RPi.GPIO*

Para instalar la librería `RPi.GPIO` para Python, si es que no lo está ya por defecto, se ejecutará el siguiente comando.

\$ sudo easy_install RPi.GPIO

Más información sobre la librería en <https://pypi.python.org/pypi/RPi.GPIO>.

11.3 Configuración para inicio automático al encender la Raspberry Pi

Para que la aplicación se pueda iniciar automáticamente al encender la Raspberry Pi se deberán seguir los siguientes pasos.

11.3.1 Creación de un nuevo usuario

Para una ejecución más óptima se recomienda crear un nuevo usuario, por ejemplo el usuario “clickers”.

Para la creación de un nuevo usuario en Raspbian escribiremos el siguiente comando en el terminal y seguiremos las instrucciones indicadas en la pantalla.

```
$ sudo adduser clickers
```

Una vez creado el nuevo usuario se procederá a incluir al usuario en el grupo para que pueda ejecutar comandos con privilegios *root*. Para ello se ejecutará el siguiente comando.

```
$ sudo adduser clickers sudo
```

11.3.2 Editar el fichero /etc/inittab

Para editar el fichero /etc/inittab usaremos el siguiente comando.

```
$ sudo nano /etc/inittab
```

Buscaremos la línea en la que ponga “1:2345:respawn:/sbin/getty 115200 tty1” y la sustituiremos por la siguiente línea.

```
1:2345:respawn:/bin/login -f clickers tty1 </dev/tty1 >/dev/tty1 2>&1
```

Con esto lograremos que al iniciarse el sistema operativo se realizará un inicio de sesión automático en el terminal tty1 con el usuario “clickers” que acabamos de crear.

11.3.3 Editar el fichero .bashrc

El siguiente paso será editar el fichero .bashrc del usuario “clickers”. Para ello utilizaremos el siguiente comando.

```
$ sudo nano /home/clickers/.bashrc
```

Iremos hasta el final del fichero y añadiremos las siguientes líneas.

```
if [ $(tty) == /dev/tty1 ]; then
    cd /home/clickers/InterfazClickers/src
    sudo python main.py
fi
```

Ahora, cada vez que iniciemos la Raspberry Pi se iniciará automáticamente la aplicación en el terminal tty1 con el usuario “clickers”.

11.4 Instalación y configuración de GNU Screen

GNU Screen es una herramienta que permite hacer multiplexación de terminales. A nosotros nos va a ser de utilidad para poder visualizar desde una sesión SSH lo que está sucediendo en el terminal tty1.

Para poder lograr esto seguiremos los siguientes pasos.

11.4.1 Instalar GNU Screen

Para instalar GNU Screen en nuestra Raspberry ejecutaremos el siguiente comando desde el terminal.

```
$ sudo apt-get install screen
```

Esto descargará el paquete y lo instalará.

11.4.2 Editar el fichero .bashrc

Nuevamente vamos a editar el fichero .bashrc del usuario “clickers” para añadir unas pequeñas líneas que permitirán que GNU Screen ejecute la Interfaz entre los clickers y la aplicación web de preguntas y respuestas.

```
$ sudo nano /home/clickers/.bashrc
```

Buscaremos la línea que hemos añadido antes en la que pone “sudo python main.py” y la sustituiremos por lo siguiente.

```
screen -S tty1 sudo python main.py
```

Con esto lograremos que al iniciarse la aplicación se haga en una nueva sesión de GNU Screen, logrando que podamos acceder a esta sesión desde la conexión SSH y ver lo que sucede en el terminal tty1.

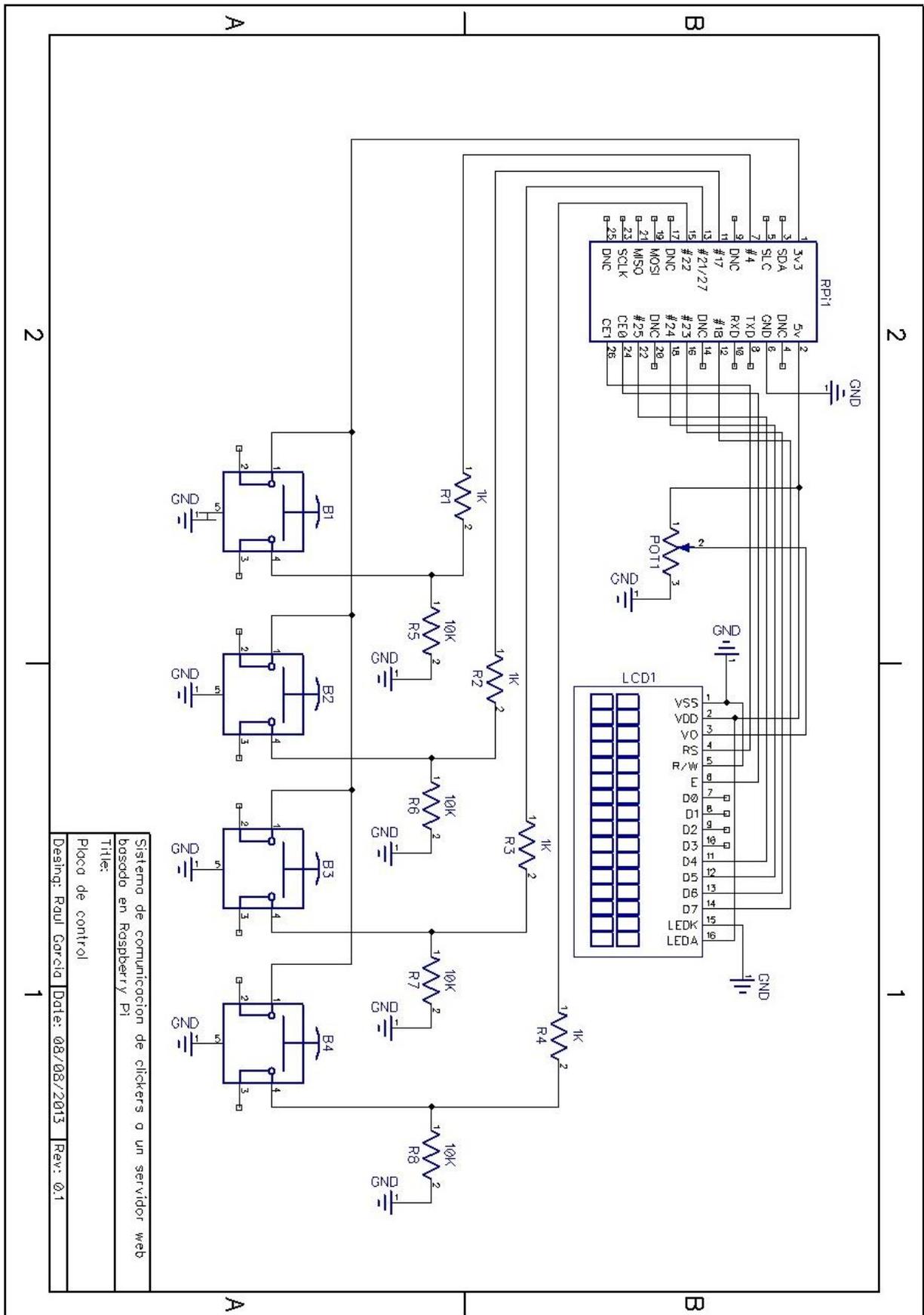
11.4.3 Iniciar sesión SSH

Iniciaremos una sesión SSH con el usuario clickers y escribiendo el siguiente comando podremos ver la pantalla del terminal tty1.

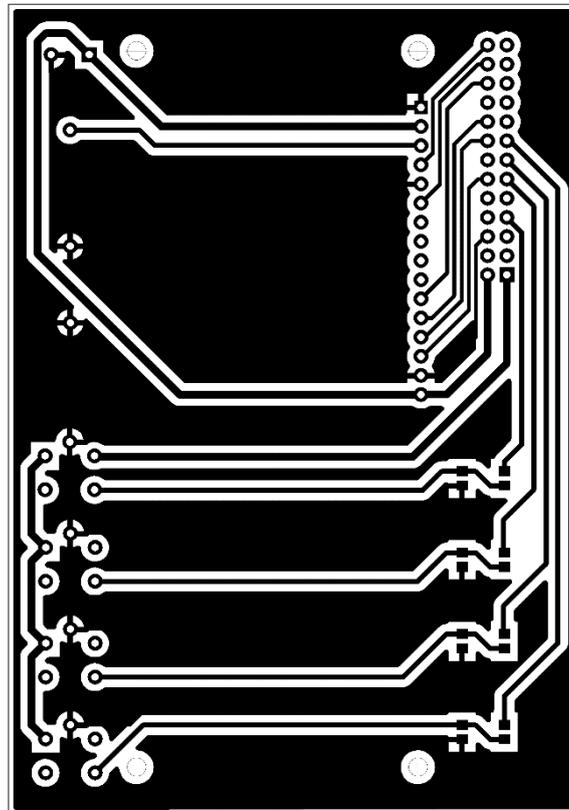
screen -x

A partir de ahora iniciando una sesión SSH también podremos controlar y ver el terminal donde se está ejecutando la aplicación sin necesidad de conectar un monitor y un teclado directamente a la Raspberry Pi.

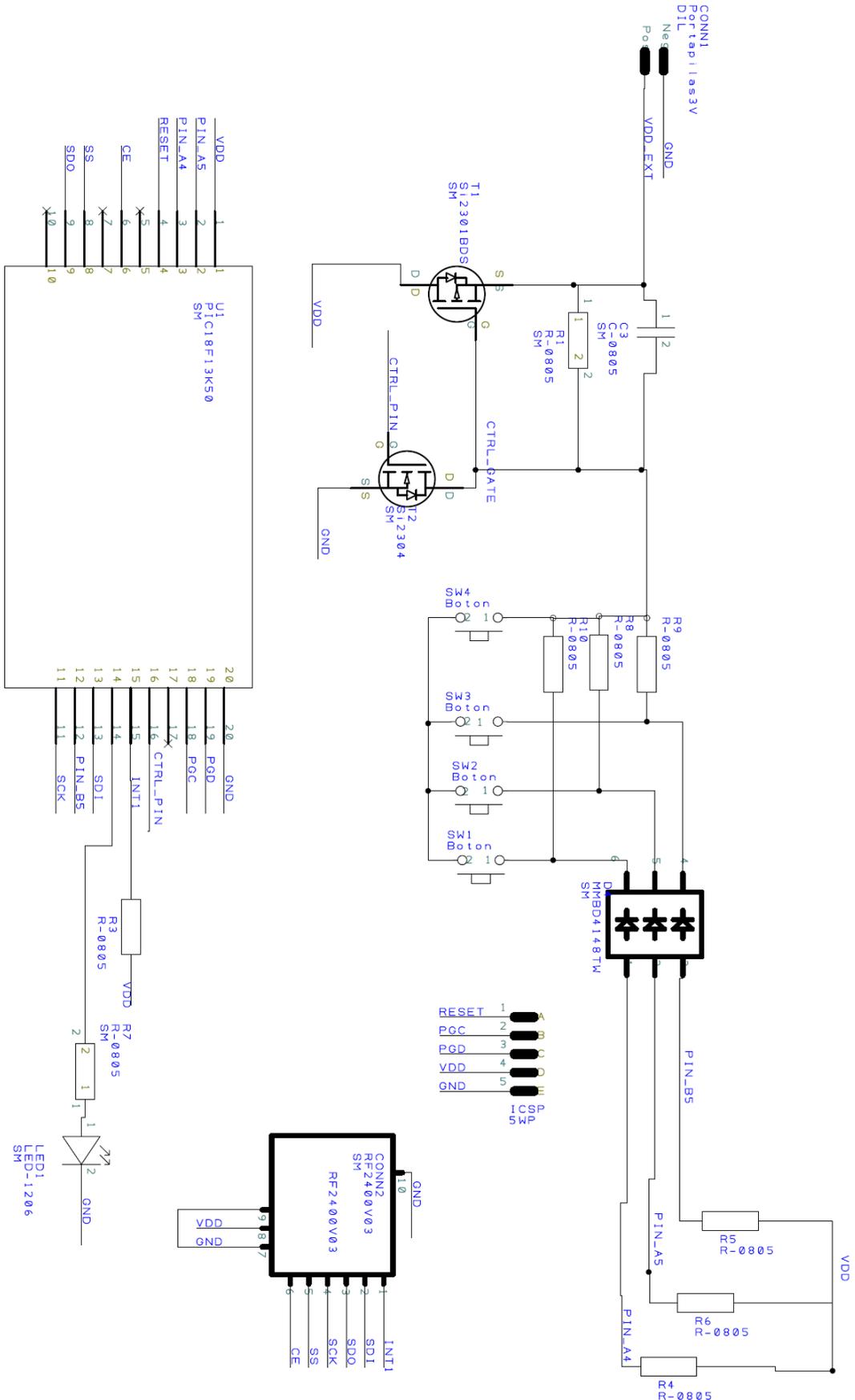
12 Anexo III - Esquema de la placa de control



13 Anexo IV - Circuito impreso de la placa de control



14 Anexo V – Esquema de los clickers



15 Anexo VI – Circuito impreso de los clickers

