

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**

### **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE AUDIO Y VIDEO INTERACTIVO PARA EL MUSEO DE HISTORIA NATURAL GUSTAVO ORCÉS V. UTILIZANDO ORDENADORES DE PLACA REDUCIDA Y BAJO CONSUMO**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN  
ELECTRÓNICA Y CONTROL**

**PAMELA CAROLINA CABEZAS VÁSQUEZ**

**mela\_cv@hotmail.com**

**DIRECTOR: ING. CARLOS ENRIQUE IMBAQUINGO MUÑOZ MSc.**

**imbaquingo9@gmail.com**

**CODIRECTOR: ING. NELSON GONZALO SOTOMAYOR OROZCO MSc.**

**nelson.sotomayor@epn.edu.ec**

**Quito, Febrero 2017**

## DECLARACIÓN

Yo, Pamela Carolina Cabezas Vásquez, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

---

Pamela Carolina Cabezas Vásquez

## AGRADECIMIENTO

A Dios, porque me guarda como a la niña de sus ojos y me esconde bajo la sombra de sus alas desde que existí.

A mí amada familia:

Mis papitos: Lucy y Eddy.

Mi tía y madrina, Chachita.

Mis hermanos: Juan y Castorcito. (Y a Pepe, por supuesto)

Mis ñaños: Iván, Ferito, Wily, y Gus.

Mis abuelitos en el cielo: Julio, Martha, Sergito y Cori.

Mi Sor Ceci (+), Georginita y Tío Oswaldo.

Mis tías: Oyita, Tere, y Yoli.

Mis guapísimos primos y primas.

Mi amor, Mario Santiago.

Mi familia C. que aunque está lejos me tiene siempre en sus oraciones.

A mis amigos:

Los de la vida, Caro y Jorge.

Las que conozco desde bebés, Sol y Gaby.

Los más sinceros y solidarios que me pudo regalar la EPN: Conejito, Rafa, Gabo, Gnomo, Ale, Orejitas, Naty, Wafer, Teo, Rommel, Freddy, Cris R., Osito, Plopi, George y Wily.

A Carlos Imbaquingo y Nelson Sotomayor, mis guías y amigos que dirigieron este último peldaño con todo el cariño y la paciencia del mundo.

Al Personal del Museo de Historia Natural Gustavo Orcés, que me apoyaron en todo momento.

Y a la vida, que me ha dado tanto.

*Pamela*

## DEDICATORIA

A mi Lunita,

A Chachita, y

A Eddy Fernando.

*Pamela*

## CONTENIDO

RESUMEN.....	vii
PRESENTACIÓN.....	viii
CAPÍTULO 1.....	1
MARCO TEÓRICO .....	1
1.1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.2 ANTECEDENTES.....	2
1.3 SISTEMAS AUDIOVISUALES A DESARROLLAR.....	4
1.3.1 SISTEMA AUDIOGUÍA PORTÁTIL.....	4
1.3.2 SISTEMA AUDIOVISUAL FIJO .....	4
1.4 SISTEMAS SIMILARES EN MUSEOS.....	4
1.5 ORDENADORES DE PLACA REDUCIDA.....	6
1.5.1 VENTAJAS DE LOS ORDENADORES DE PLACA REDUCIDA ....	6
1.5.2 TIPOS DE ORDENADORES DE PLACA REDUCIDA .....	6
1.6 ORDENADOR DE PLACA REDUCIDA SELECCIONADO.....	10
1.6.1 DESCRIPCIÓN DEL HARDWARE DE LA RASPBERRY PI 2 .....	11
1.6.1.1 SoC Broadcom 2836.....	12
1.6.1.2 Audio y Video.....	13
1.6.1.3 Puertos USB y Ethernet .....	13
1.6.1.4 Lector de tarjetas micro SD .....	13
1.6.1.5 GPIO.....	13
1.7 GENERALIDADES DE LOS DISPOSITIVOS EMPLEADOS.....	14
1.7.1 LCD TFT.....	14
1.7.2 Módulos Xbee.....	16
1.7.3 Interruptores para botones arcade.....	18
CAPÍTULO 2.....	20
DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LOS SISTEMAS .....	20
2.1 INTRODUCCIÓN.....	20
2.2 ARQUITECTURA DEL SISTEMA AUDIOGUÍA PORTÁTIL .....	20
2.2.1 SISTEMA DE ALIMENTACIÓN Y CARGA .....	20
2.2.1.1 Baterías Li-Po .....	21

2.2.1.1.1	Dimensionamiento de la capacidad de la batería .....	22
2.2.1.2	Módulo Cargador de Baterías Li Po TP4056 .....	23
2.2.1.3	Circuito Elevador de Voltaje .....	24
2.2.1.3.1	Calibración del circuito elevador de voltaje .....	25
2.2.1.4	Sensado de nivel de batería e indicadores luminosos .....	25
2.2.2	INTERFAZ VISUAL Y SALIDA DE AUDIO .....	28
2.2.3	COMUNICACIÓN INALÁMBRICA .....	30
2.2.3.1	Transmisor Inalámbrico .....	30
2.2.3.2	Receptor Inalámbrico .....	31
2.2.4	DISEÑO DE CARCASA.....	32
2.2.5	CONSTRUCCIÓN DEL DISPOSITIVO AUDIOGUÍA PORTÁTIL ..	34
2.3	ARQUITECTURA DEL SISTEMA DE AUDIO Y VIDEO FIJO .....	37
2.3.1	ALIMENTACIÓN.....	37
2.3.2	SISTEMA DE DISIPACIÓN DE CALOR .....	38
2.3.3	PERIFÉRICOS .....	38
2.3.3.1	Interfaz visual, salida de audio y mouse .....	39
2.3.3.2	Botones Tipo Arcade.....	39
CAPÍTULO 3	.....	42
DESARROLLO DE HMI Y PROGRAMAS DE CONTROL	.....	42
3.1	INTRODUCCIÓN.....	42
3.2	SISTEMA OPERATIVO DE LA RASPBERRY PI 2 .....	42
3.3	SOFTWARE UTILIZADO EN EL DESARROLLO DEL PROYECTO ..	42
3.3.1	PYTHON .....	42
3.3.2	PYGAME .....	43
3.3.3	OMXPLAYER WRAPPER .....	43
3.3.4	DESCRIPCIÓN DE HERRAMIENTAS UTILIZADAS EN LA PROGRAMACIÓN .....	44
3.3.4.1	Clases .....	44
3.3.4.2	Manejo de imágenes .....	44
3.3.4.3	Manejo de Sonidos .....	45
3.3.4.4	Manejo de GPIOs.....	45
3.3.4.5	Manejo de Textos.....	46
3.3.4.6	Reproducción de Video con Omxplayer Wrapper.....	46
3.4	HMI DEL SISTEMA AUDIOVISUAL FIJO .....	47
3.4.1	DESCRIPCIÓN.....	47

3.4.2	PANTALLAS PRESENTADAS .....	47
3.4.2.1	Pantalla Inicial .....	47
3.4.2.2	Juego Big-Bang.....	48
3.4.2.3	Juego Galaxy Trivia .....	49
3.4.3	DIAGRAMAS DE FLUJO DE LOS PROGRAMAS DE CONTROL	51
3.5	HMI DEL SISTEMA AUDIOGUÍA PORTÁTIL.....	53
3.5.1	DESCRIPCIÓN.....	53
3.5.2	PANTALLAS PRESENTADAS .....	54
3.5.3	COMUNICACIÓN INALÁMBRICA XBEE.....	57
3.5.3.1	Configuración del Xbee Receptor en XCTU .....	59
3.5.3.2	Configuración del Xbee Transmisor en XCTU .....	60
3.5.4	DIGRAMAS DE FLUJO DE LOS PROGRAMAS DE CONTROL ..	62
CAPÍTULO 4 .....		67
PRUEBAS Y RESULTADOS .....		67
4.1	Pruebas y resultados de desempeño del sistema audiovisual fijo .....	67
4.1.1	MOVIMIENTO EN EL JUEGO BIG BANG .....	67
4.1.2	FUENTES UTILIZADAS .....	67
4.1.3	REPRODUCCIÓN DE VIDEOS .....	68
4.1.3.1	Botones de detener y pausar .....	68
4.1.3.2	Sistema de altavoces .....	69
4.1.4	RESULTADOS .....	69
4.2	PRUEBAS Y RESULTADOS DE DESEMPEÑO DEL SISTEMA AUDIOGUÍA PORTÁTIL .....	70
4.2.1	PANTALLA TÁCTIL .....	70
4.2.2	TIEMPO DE AUTONOMÍA .....	71
4.2.3	COMUNICACIÓN INALÁMBRICA .....	71
4.2.3.1	Alcance del Xbee .....	71
4.2.3.2	Velocidad de respuesta del Xbee .....	72
4.2.3.3	Ubicación y conexión del Xbee receptor .....	72
4.2.3.4	Sistema de Altavoces.....	73
4.2.4	RESULTADOS .....	74
4.3	LISTA DE ELEMENTOS Y COSTO .....	74
CAPÍTULO 5 .....		76
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		76

5.1	CONCLUSIONES .....	76
5.2	RECOMENDACIONES .....	78
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	80
	ANEXOS .....	83
	ANEXOS A .....	A-1
	MANUAL DE USUARIO .....	A-1
	A.1 SISTEMA AUDIOVISUAL FIJO .....	A-1
	A.1.1 VIDEOS .....	A-3
	A.1.2 JUEGOS .....	A-4
	A.2 SISTEMA MÓVIL .....	A-6
	ANEXOS B .....	B-1
	MANUAL DE MANTENIMIENTO .....	B-1
	ANEXO C .....	C-1
	HOJAS DE DATOS ELEVADOR DE VOLTAJE .....	C-1
	ANEXO D .....	D-1
	HOJAS DE DATOS LM342 .....	D-1
	ANEXO E .....	E-1
	HOJAS DE DATOS DEL MÓDULO MP3 .....	E-1
	ANEXO F .....	F-1
	HOJAS DE DATOS RASPBERRY PI 2 .....	F-1
	ANEXO G .....	G-1
	HOJAS DE DATOS CARGADOR DE BATERÍAS LIPO TP4056 .....	G-1
	ANEXO H .....	H-1
	HOJAS DE DATOS BATERÍA RECARGABLE .....	H-1
	ANEXO I .....	I-1
	HOJAS DE DATOS XBEE .....	I-1

## RESUMEN

El Museo de Historia Natural Gustavo Orcés V. siempre está en busca de innovar sus sistemas audiovisuales para que sean un medio de vinculación entre los visitantes y el entorno de aprendizaje que las exhibiciones y colecciones científicas representan. El proyecto a desarrollar consiste en dos sistemas independientes que aportan una solución a varios problemas que el museo presenta. Ambos proyectos serán desarrollados utilizando ordenadores de placa reducida y bajo consumo, los cuales son ideales para el desarrollo de aplicaciones de único fin, por su tamaño, bajo costo y buen desempeño. El primer sistema basa su funcionamiento en una interfaz gráfica que puede ser visualizada en una pantalla de 40 pulgadas y controlada por medio de un mouse de selección y 10 pulsantes tipo Arcade. De este modo el usuario tiene acceso a un menú de videos y juegos con contenido basado en la temática del Origen del Universo y además de enriquecer con herramientas computacionales en el aprendizaje de los visitantes es un medio entretenido de captar su atención

El segundo sistema es un dispositivo audioguía portátil con el cuál el visitante puede realizar el recorrido del museo sin que sea necesaria la presencia de un guía. De modo que se presenta una interfaz en la que se puede seleccionar el audio que se desee reproducir el mismo que contiene la información de los temas tratados en las diferentes secciones del museo. Adicionalmente se incluye en el dispositivo audioguía una opción en dónde el visitante, al hallarse en el Panel de Biodiversidad de Fauna Ecuatoriana puede reproducir de forma inalámbrica 45 sonidos ambientales de las especies mostradas en el panel.

## PRESENTACIÓN

En el Capítulo 1, se exponen los sistemas a ser implementados mediante una breve explicación de sus funciones, seguido de la descripción de los antecedentes de sistemas similares que funcionaron en el Museo de Historia Natural Gustavo Orcés. Se presenta además un estudio de los ordenadores de placa reducida, junto con la selección del adecuado para el proyecto. Por último se realiza un análisis conceptual de los dispositivos a emplearse en el desarrollo de los sistemas.

En el Capítulo 2, se presenta la arquitectura de los sistemas, así como el diseño y construcción de los mismos. Se detallan los componentes con los que se desarrolla el proyecto, justificando su selección, detallando sus características principales con sus diagramas y conexiones.

En el Capítulo 3, se realiza una reseña del sistema operativo utilizado y de los respectivos módulos que dieron lugar al desarrollo de las interfaces y programas de control. De igual manera se exponen el funcionamiento de los programas así como también sus diagramas de flujo respectivos.

En el Capítulo 4, se realiza las pruebas y análisis de resultados de los sistemas implementados en donde se pueden encontrar la solución a algunos problemas.

En el Capítulo 5, se dan a conocer las conclusiones del proyecto, en donde se exponen los objetivos cumplidos del proyecto y las recomendaciones para futuros proyectos que estén relacionados.

# CAPÍTULO 1

## MARCO TEÓRICO

### 1.1 INTRODUCCIÓN

Los museos son instituciones culturales cuyo principal objetivo es la custodia, conservación y exhibición de contenidos de valor cultural, histórico o científico; por eso es importante que estas instituciones pongan a disposición de la comunidad diversos medios que permitan crear un vínculo interactivo con el visitante.

El Museo de Historia Natural Gustavo Orcés fue creado como parte del Instituto de Ciencias Biológicas (I.C.B.) de la Escuela Politécnica Nacional en Julio del 2005. Desde ese entonces aporta a la cultura ambiental del país poniendo al alcance del público en general una exposición permanente dispuesta en 2 áreas:

- ***Ecuador Pasado***; el recorrido empieza con una exhibición de imágenes de la teoría más conocida del Origen del Universo “El Big Bang” y de los estratos geológicos del planeta Tierra. La sala central está rodeada de un mural en dónde se aprecian los procesos evolutivos de los organismos y se exhiben una variedad de restos fósiles de distintas eras, así como también réplicas en tamaño real de especies como el mastodonte, y el dinosaurio que se puede observar en la Figura 1.1. La última sección está dedicada al ser humano, se pueden observar vestigios craneales primitivos encontrados en el país.
- ***Ecuador Presente***; inicia con la exhibición de una maqueta del Ecuador en relieve en dónde se distinguen las diversas áreas protegidas, antesala de 11 dioramas que escenifican los Ecosistemas Naturales uno de los cuáles se muestra en la Figura 1.2. En la última sección se aprecia el Panel de Biodiversidad de Fauna Ecuatoriana, 13 acuarios con una variedad de especies de peces y un terrario.



**Figura 1.1** Sala del Pasado del Museo Gustavo Orcés [1]



**Figura 1.2** Diorama del Pleistoceno [2]

Además de la exhibición permanente el museo organiza actividades durante todo el año con el fin de contribuir con la educación ambiental de la comunidad a través del conocimiento de la historia de la naturaleza.

## **1.2 ANTECEDENTES**

El Museo de Historia Natural Gustavo Orcés V. contaba con un sistema de audio y video al inicio del recorrido, el cual mostraba una interfaz con varias opciones de videos y juegos que se mostraban en una pantalla LCD de 40 pulgadas.

El sistema tenía una botonera central, con 8 pulsantes independientes dispuestos en los alrededores de esa área para activar videos y un mouse para selección directa en el menú de la interfaz. Al realizar las pruebas de

funcionamiento se presentaron algunos problemas que se detallan a continuación:

- Cuando se accede a las opciones de la interfaz mediante la selección con mouse el sistema respondía demasiado lento o se colgaba.
- Cuando se accede a los videos mediante los pulsantes y a su vez se seleccionaba un juego con el mouse, el sistema entraba en conflicto y se podía escuchar solo el audio del video mientras que en la pantalla se mostraba el juego
- Se hacía uso de una computadora de escritorio que resultaba ser una herramienta subutilizada y costosa que además ocupaba gran espacio.
- Se pudo observar mala calidad de los videos, debido al formato de video utilizado.
- Cuando el video iniciaba las luces se apagaban y debido a los conflictos entre los mandos de la interfaz, la luminaria también presentaba problemas lo que dificultaba el recorrido de los visitantes.
- Se encontró un cableado excesivo debido a los mandos para acceder a la interfaz, el mismo que utilizaban varias canaletas que perjudicaban la imagen del museo.

Por lo expuesto anteriormente, las autoridades del museo decidieron deshabilitar el sistema y posteriormente desmontarlo.

Por otra parte, en la zona del Panel de Diversidad de la Fauna Ecuatoriana, se tenía un sistema mediante el cual se podía accionar 45 diferentes botones que activaban la reproducción de sonidos y audios informativos de diversas especies animales.

Los botones utilizados no fueron lo suficientemente robustos para la constante manipulación a la que estaban sometidos, y aunque se los reemplazó en reiteradas ocasiones la botonera del panel fue deshabilitada.

### **1.3 SISTEMAS AUDIOVISUALES A DESARROLLAR**

El presente proyecto plantea desarrollar dos sistemas audiovisuales independientes utilizando ordenadores de placa reducida y bajo consumo.

#### **1.3.1 SISTEMA AUDIOGUÍA PORTÁTIL**

Se propone implementar un sistema audioguía que le permita al usuario llevar a cabo una visita independiente. Para ello se construirá un dispositivo portátil cuya interfaz se despliegue en una pantalla táctil de 3.2 pulgadas en la cual se muestre el título de cada uno de los audios con la información de las diversas áreas del museo. Adicionalmente, este dispositivo contará con un mando inalámbrico para la reproducción de los sonidos ambientales del Panel de Diversidad de Fauna Ecuatoriana.

El recorrido contará con la señalética correspondiente para que el visitante pueda encontrar fácilmente el audio según el tema en la interfaz.

#### **1.3.2 SISTEMA AUDIOVISUAL FIJO**

Se propone implementar un nuevo sistema de audio y video en la zona inicial del recorrido para compensar la carencia de actividades interactivas que dejó el desmontaje del sistema que al presentar fallos fue desmontado.

El sistema permitirá al usuario acceder a una interfaz de juegos y videos visualizada en una pantalla de 40 pulgadas. Para la selección en el menú se tendrá un mouse, y 10 pulsantes para el mando de los juegos. La temática de la interfaz trata temas como: el Origen del Universo y la formación del sistema solar.

### **1.4 SISTEMAS SIMILARES EN MUSEOS**

Los medios audiovisuales han venido evolucionando junto con la tecnología durante décadas, y hoy en día se dispone de un sinnúmero de herramientas computacionales y digitales que permiten llevar a cabo proyectos innovadores y atractivos en museos de todo el mundo.

- Audioguía automática para museos EG3

Esta audioguía funciona mediante la selección numérica de los diferentes archivos de audio que son pregrabados con anterioridad y que pueden ser escuchados a modo teléfono. Pueden grabarse hasta 2 GB de audios. [3]



**Figura 1.3** Audioguía EG3 [3]

- *Reproductor audioguía modelo AV100*

Este dispositivo reproductor de audios posee teclado numérico con altavoz y una batería recargable de hasta 60 horas de uso continuo [4]. Posee además salida para dos auriculares estereero Jack de 3.5mm y una cargadora inteligente para cargar hasta 10 dispositivos los mismos que se pueden apreciar en la Figura 1.4



**Figura 1.4** Audioguía Modelo AV100 [4]

- *Nubla "El juego"*

Nubla es un juego con fines educativos desarrollado para el Museo Thyssen-Bornemisza con colaboración y apoyo de Gamera Nest y Sony Computer Entertainment Europe. El juego está desarrollado para tablets y PlayStation 4, y está basado en el mundo del arte y pretende acercar el Museo a través de la

tecnología ya que establece una relación entre el jugador y diversas obras de arte que el museo alberga. [5]

## 1.5 ORDENADORES DE PLACA REDUCIDA

Son minicomputadoras completas que tienen todos sus componentes organizados en una placa única. Su tamaño es considerablemente menor en comparación a las computadoras de escritorio, factor que no le resta ninguna de las características y funcionalidades sino más bien, resulta ser una ventaja para un sinnúmero de aplicaciones en dónde se necesita un ordenador completo que cumpla un único fin [6].

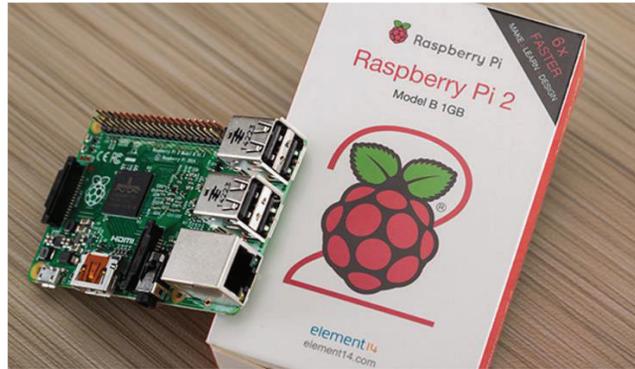
### 1.5.1 VENTAJAS DE LOS ORDENADORES DE PLACA REDUCIDA

- **Bajo costo**, a comparación de un ordenador convencional.
- **Bajo consumo**, aproximadamente consumen 700mA sin tomar en cuenta los periféricos, por eso es necesario hacer un cálculo de corriente, para usar la fuente con el amperaje suficiente. [7]
- **Accesorios de fácil disponibilidad**. Empezando con la fuente de poder, que es simplemente un cargador de 5 voltios, con salida mini o micro USB. En cuanto a la memoria, no es más que una tarjeta micro SD cuya capacidad dependerá de la aplicación.
- **Tamaño reducido**. Las placas tienen un tamaño que se compara con el de una tarjeta de crédito, característica que es sumamente importante cuando el espacio de implementación de los proyectos es pequeño.

### 1.5.2 TIPOS DE ORDENADORES DE PLACA REDUCIDA

#### ❖ Raspberry Pi

Raspberry Pi (RPI), es una placa de bajo coste desarrollada en Reino Unido por la Fundación Raspberry Pi principalmente con fines didácticos aunque actualmente debido a su popularidad se le da usos en infinidad de proyectos lo que ha significado un gran aumento de la producción del mismo, la placa puede apreciarse en la Figura 1.5.



**Figura 1.5** Placa Raspberry Pi 2 [8]

La Raspberry Pi pertenece a la nueva generación de ordenadores “placa computadora” o SBC (Single Board Computer) [8]. Actualmente se encuentran disponibles varios modelos que difieren software y hardware en dónde se destaca el modelo dos cuyas características se muestran en la Tabla 1.1

**Tabla 1. 1** Características Generales Raspberry Pi 2 [8]

CARACTERÍSTICAS GENERALES MODELO RPI 2	
<b>Dimensiones</b>	85.60mm × 53.98mm.
<b>CPU ARM Y RAM</b>	900MHz QuadCore Cortex-A7 1 GB DE RAM
<b>Número de puertos USB</b>	4
<b>Número de GPIO</b>	40 pines
<b>Puerto HDMI Full</b>	Si
<b>Puerto Ethernet</b>	Si
<b>Conector de audio</b>	3,5 mm
<b>Interfaz de la cámara (CSI)</b>	Si
<b>Interfaz de pantalla (DSI)</b>	Si
<b>Ranura para tarjeta Micro SD</b>	Si
<b>Núcleo de gráficos</b>	VideoCore IV 3D
<b>Wireless Wifi</b>	No

## ❖ Banana Pro

La banana Pi es un ordenador de placa única de bajo costo (Figura 1.6) que fue influenciado por la Raspberry Pi y de igual manera fue creado con fines educativos por la compañía Shenzhen SINOVOIP. [9]



**Figura 1.6** Placa Banana Pro [9]

El software es **compatible** con la Raspberry Pi en su totalidad y también puede manejar otros sistemas operativos como Android, Ubuntu NetBS, entre otros. Se tienen varios modelos en la que sobresale la Banana Pro, una de las últimas versiones cuyas características se describen en la Tabla 1.2

**Tabla 1. 2** Características General de la Banana Pro [9]

CARACTERÍSTICAS GENERALES BANANA PRO	
<b>Dimensiones</b>	92mm X 60mm
<b>CPU ARM</b>	Cortex™-A7 Dual-Core 1.2GHz
<b>RAM</b>	1 GB DDR3 SDRAM
<b>Número de puertos USB</b>	3
<b>Número de GPIO</b>	28 pines
<b>Puerto HDMI Full</b>	Si
<b>Puerto Ethernet</b>	Si
<b>Conector de audio</b>	3,5 mm

<b>Interfaz de la cámara (CSI)</b>	Si
<b>Interfaz de pantalla (DSI)</b>	Si
<b>Ranura para tarjeta Micro SD</b>	Si
<b>Núcleo de gráficos</b>	VideoCore IV 3D
<b>Puerto SATA</b>	Si
<b>Wireless WiFi</b>	Si
<b>Micrófono</b>	Si

### ❖ Orange Pi

Otro ordenador de placa reducida que busca imitar en muchos aspectos al exitoso Raspberry Pi, tanto en potencia y funciones es el Orange Pi, el cual se puede observar en la Figura 1.7. Tiene grandes ventajas en dónde muchas veces supera a la Raspberry Pi, más no ha alcanzado la misma popularidad, razón por la cual hay menos aplicaciones desarrolladas con la Orange Pi. [10] Sus características se ven en la Tabla 1.3.



**Figura 1.7** Placa Orange Pi [10]

**Tabla 1.3** Características Generales Orange Pi [10]

CARACTERÍSTICAS ORANGE PI PLUS	
<b>Dimensiones</b>	92mm X 60mm
<b>CPU ARM</b>	Cortex-A7 Dual-Core Allwinner A20 SoC
<b>RAM</b>	1 GB
<b>Número de puertos USB</b>	4
<b>Número de GPIO</b>	44 pines
<b>Puerto HDMI Full</b>	Si
<b>Puerto VGA</b>	Si
<b>Puerto Ethernet</b>	Si
<b>Conector de audio</b>	3,5 mm
<b>Interfaz de la cámara (CSI)</b>	Si
<b>Interfaz TP LCD</b>	Si
<b>Ranura para tarjeta Micro SD</b>	Si
<b>Núcleo de gráficos</b>	Mali-400 MP2
<b>Puerto SATA</b>	Si
<b>Micrófono</b>	Si

## 1.6 ORDENADOR DE PLACA REDUCIDA SELECCIONADO

El ordenador de placa reducida seleccionado para los dos sistemas es la placa **Raspberry Pi 2**, ya que cuenta con las características necesarias para el desarrollo del proyecto tales como:

- GPIOs suficientes para las dos aplicaciones a desarrollar
- Puertos para los periféricos de visualización y sonido.

- Puertos USB para periféricos de entrada como mouse y teclado.
- Sistema operativo accesible, con librerías y programas preinstalados que son convenientes para la programación del software.
- RAM suficiente para que las interfaces ofrezcan un acceso rápido y sin problemas para con el usuario.
- Popularidad en el mercado del país, lo que las hace fáciles de encontrar en cualquier tienda electrónica
- Tamaño compacto y ligero.
- Precio asequible comparado con otros ordenadores de placa reducida y ordenadores convencionales.

Aunque en el mercado hay otras alternativas de ordenadores de placa reducida, la Raspberry Pi es utilizada en un sinnúmero de aplicaciones didácticas y comerciales, hallándose en la web mucha documentación que facilita el desarrollo del presente proyecto.

### **1.6.1 DESCRIPCIÓN DEL HARDWARE DE LA RASPBERRY PI 2**

Las partes de la Raspberry Pi, así como procesador, memoria RAM y puertos se pueden observar en la Figura 1.8. A continuación se realiza una descripción detallada de los elementos más importantes de la placa, muchos de los cuales serán utilizados en el desarrollo de los sistemas propuestos. [11] Los elementos a describir son los siguientes:

- ❖ SoC Broadcom 2836
- ❖ Audio y Video
- ❖ Puerto SB y Ethernet
- ❖ Lector de Tarjetas micro SD
- ❖ GPIO

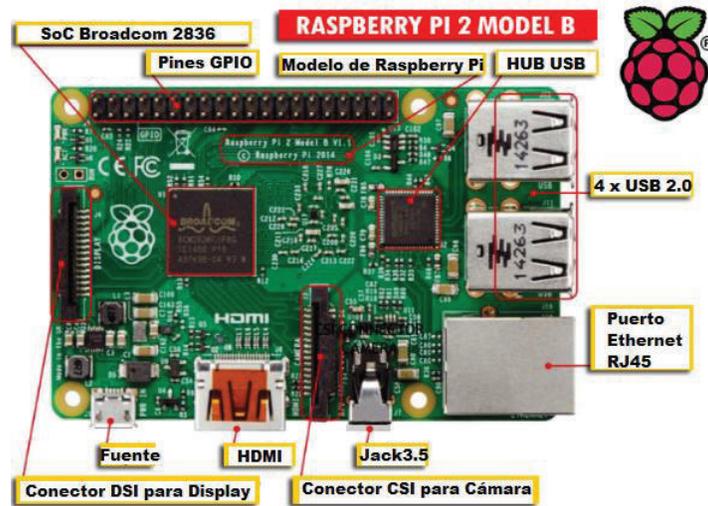


Figura 1.8 Elementos de la Raspberry Pi [12]

#### 1.6.1.1 SoC Broadcom 2836

El chip SoC (System-on-a-chip) es un circuito integrado que alberga 3 componentes de la Raspberry Pi, el procesador o CPU, la memoria RAM y la tarjeta de video cuyas especificaciones se pueden observar en la Figura 1.9 [12]



Figura 1.9 Componentes Chip SoC Broadcom 2836

- ❖ Procesador Quad-core Cortex A7.- ARM (Advanced RISC Machine) es una arquitectura RISC (Reduced Instruction Set Computer) de 32 bits desarrollada por ARM Holdings. Este tipo de procesadores son simples, económicos y por estas razones es utilizado en la gran mayoría de aplicaciones de electrónica móvil.
- ❖ Tarjeta gráfica.- VideoCore es una arquitectura de procesador multimedia para móviles de bajo consumo desarrollada por Alphamosaic y de la que ahora es propietario Broadcom. En la Raspberry pi 2 la tarjeta gráfica

VideoCore funciona a 250Mhz. y ofrece soporte para reproducir video en 1080p.

- ❖ Memoria SDRAM.- La memoria SDRAM de la Raspberry pi 2, es de 1 GB, a diferencia que sus predecesoras. Las primeras placas contaban con 256 MB de RAM.

#### **1.6.1.2 Audio y Video**

Para la reproducción de audio la placa tiene incorporado un conector mini JACK (3.5 mm), así como también un HDMI, que puede ser conectado tanto a televisores como a monitores con este tipo de entrada.

#### **1.6.1.3 Puertos USB y Ethernet**

La placa está equipada con 4 puertos USB 2.0 que permiten la conexión de periféricos, tales como teclados, ratón, cámara, entre otros. Estos puertos son OTG (On-The-Go) lo que significa que aunque le den un adecuado nivel de funcionabilidad a la mayoría de dispositivos USB, el sistema tendrá que hacer más trabajo ya que los 4 puertos envían los datos al procesador por el mismo bus.

Por otro lado, todas las versiones de Raspberry pi incorporan una tarjeta de red 10/100 Mbps. Mediante un puerto RJ45 para conexión por SSH o internet.

#### **1.6.1.4 Lector de tarjetas micro SD**

La ranura de la micro SD, está en la parte posterior de la Raspberry pi, y es recomendable que se utilice una tarjeta clase 10 cuya velocidad mejorará el rendimiento del ordenador ya que es aquí en dónde se va a cargar el sistema operativo y se almacenará la información.

#### **1.6.1.5 GPIO**

Se cuenta con 40 pines de los cuáles 26 son pines GPIO (general purpose input/output) y los otros son de alimentación y tierra. Como se puede observar en la Figura 2.4, algunos están destinados para diferentes funciones como comunicación UART, I2C, SPI, etc.

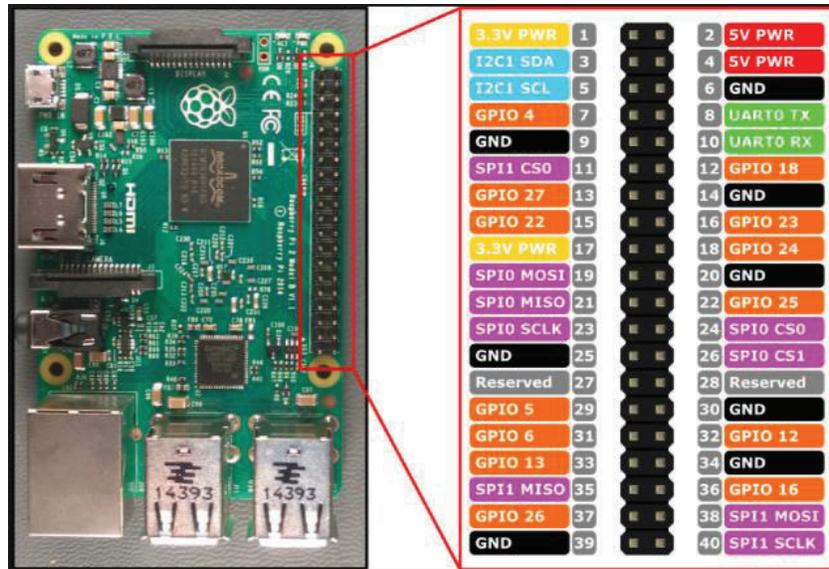


Figura 1.10 Diagrama de Pines GPIO de la Raspberry Pi 2 [13]

## 1.7 GENERALIDADES DE LOS DISPOSITIVOS EMPLEADOS

### 1.7.1 LCD TFT

Las siglas TFT significan ("*Thin Film Transistor*") o transistor de película delgada. Es un tecnología basada en transistores de efecto de campo, en la cual se coloca sobre una placa de cristal un electrodo (lamina que conduce electricidad), sobre la que se colocan capas delgadas, y al activarse por medio del electrodo cada una, se van activando los colores, formándose de esta forma cada píxel. [14]

La pantalla utilizada en el proyecto es una LCD TFT diseñada para Raspberry pi de la marca Waveshare de 3.2 pulgadas con una resolución de 320\*240 (Pixel), y de entre sus características están que soporta cualquier revisión de Raspberry pi, así como su sistema operativo, pudiéndose utilizar como cámara de fotos en diversidad de modos. La pantalla táctil es de tipo resistiva y puede ser utilizada con un puntero o con el dedo. Se puede apreciar la pantalla táctil en la Figura 1.11.

La comunicación que utiliza la pantalla con la Raspberry pi 2 es SPI el cuál es un estándar para comunicación utilizado en transferencia de información entre circuitos integrados en dónde se acepta el flujo de datos en serie controlado de

forma sincrónica. Para usar la pantalla es necesario que previamente se instale el driver correspondiente a la Raspberry Pi 2.



**Figura 1.11** LCD TFT Waveshare de 3.2 pulgadas [15]

Los pines de la Raspberry Pi utilizados por la LCD se describen en la Tabla 1.4.

**Tabla 1.4** Descripción de Pines utilizados por la LCD TFT [15]

Número de Pin	Descripción
1, 17	3.3V
2, 4	5V
3, 5, 7, 8, 10, 22	No conectar
6, 9, 14, 20, 25	GND
11	Interrupción para Touch Panel
12	Botón 1
13	Reset
15	Control de Instrucciones de LCD
16	Botón 2
18	Botón 3
19	Entrada de Datos SPI/Panel Touch
21	Salida de Datos SPI/Panel Touch
23	Reloj SPI de la LCD/Panel Touch
24	Selección Chip LCD
26	Selección Chip Panel Touch

### 1.7.2 MÓDULOS XBEE

Los Xbee son soluciones integradas basadas en el protocolo Zigbee que ofrecen el entorno inalámbrico para la interconexión y comunicación entre diferentes dispositivos electrónicos. Los Xbee fueron creados por Digi internacional y utilizan el protocolo de red IEEE 802.15.4 mediante el cual pueden comunicarse de forma simple pudiendo establecer redes multipunto o punto a punto. Estos dispositivos son ideales cuando se requiere de un alto tráfico de datos, además de que existen una variedad de combinaciones de hardware, antenas y potencias de transmisión. [16] Existen varios modelos de Xbee, que difieren sus características por su alcance de transmisión, tipo de salida, tipo de antena, entre otros. En la Figura 1.12 se pueden apreciar varios modelos.



Figura 1.12 Módulos Xbee [17]

Xbee Series 1.- Son los dispositivos de esta gama más sencillos para trabajar y configurar y por eso se han convertido en los módulos de 2.4 GHz más populares de Digi. Entre sus características se tienen las mostradas en la Tabla 1.5

El diagrama de pines del Xbee S1 se muestra en la Figura 1.13 en dónde se pueden distinguir las salidas de comunicación UART, los pines digitales DIO, los pines de alimentación, entre otros.

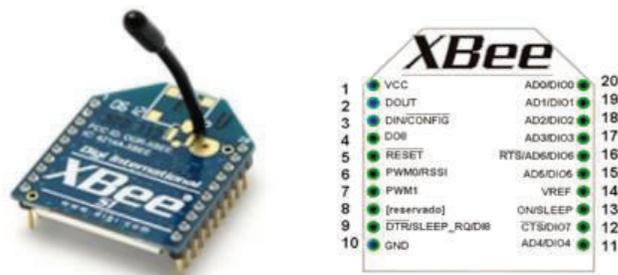


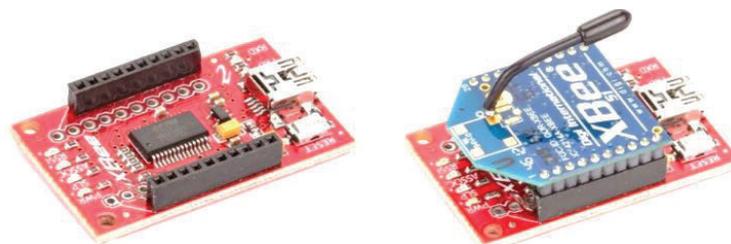
Figura 1.13 Xbee S1 y Diagrama de Pines [18]

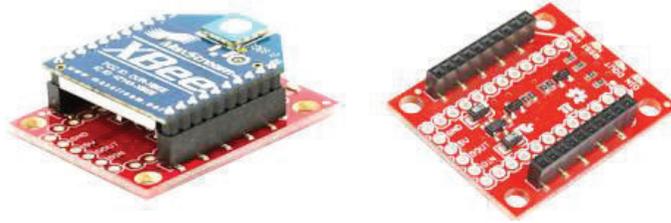
**Tabla 1.5** Características Xbee S1 [19]

<b>Características Xbee S1</b>	
<b>Alimentación</b>	3.3V - 50mA.
<b>Máxima velocidad de datos</b>	250kbps
<b>Potencia de Salida</b>	1mW
<b>Alcance</b>	100 m.
<b>Antena integrada</b>	Si
<b>N° de pines de entrada ADC</b>	6 pines de 10 bits
<b>N° de pines digitales de E/S (DIO)</b>	8
<b>Encriptación</b>	128 bits
<b>Modo de Configuración de comandos</b>	API o AT
<b>Tipo de Configuración</b>	Sobre aire o local

La configuración de los módulos Xbee se la realiza mediante el Software XCTU disponible para cualquier sistema operativo; para esto es necesario conectar el Xbee a la placa Xbee Explorer USB que se muestra en la Figura 1.14 con su respectiva conexión al Xbee. El Xbee Explorer USB es encargado de ser el vínculo de comunicación entre la PC y el Xbee.

Por otro lado, muchas veces es necesario el uso de la placa Xbee Explorer Regulated, la misma que se encarga de regular el voltaje de 5V a 3.3 V para la alimentación del Xbee. Se puede observar en la Figura 1.15 la placa y su conexión al Xbee.

**Figura 1.14** Xbee Explorer [20]



**Figura 1.15** Xbee Explorer Regulated [20]

### 1.7.3 INTERRUPTORES PARA BOTONES ARCADE

Este tipo de interruptores tiene un mecanismo de acción rápida y se encuentran encapsulados de forma precisa en carcasas plásticas. Cada interruptor contiene un grupo de contactores que convierten la energía mecánica aplicada a un actuador en una salida eléctrica. [21]

El interruptor posee 3 contactos, un común para tierra, otro normalmente abierto (NO) y otro normalmente cerrado (NC) tal y como se muestra en la Figura 1.16.



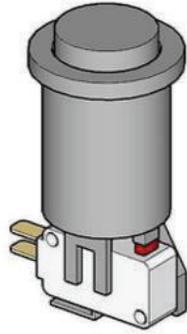
**Figura 1.16** Micro Switch [22]

Este tipo de interruptores es comúnmente utilizado con botones arcade estándar para aplicaciones de entretenimiento, se pueden encontrar en diferentes colores como el que se muestra en la Figura 1.17. Por esta razón es la herramienta adecuada para el sistema audiovisual fijo en donde se maneja una interfaz con fines de aprendizaje pero a la vez entretenimiento.



**Figura 1.17** Botón Estándar arcade

En la Figura 1.18 se puede observar el diagrama de montaje entre el botón y el switch.



**Figura 1.18** Diagrama del montaje del botón arcade al Micro Switch **[23]**

## CAPÍTULO 2

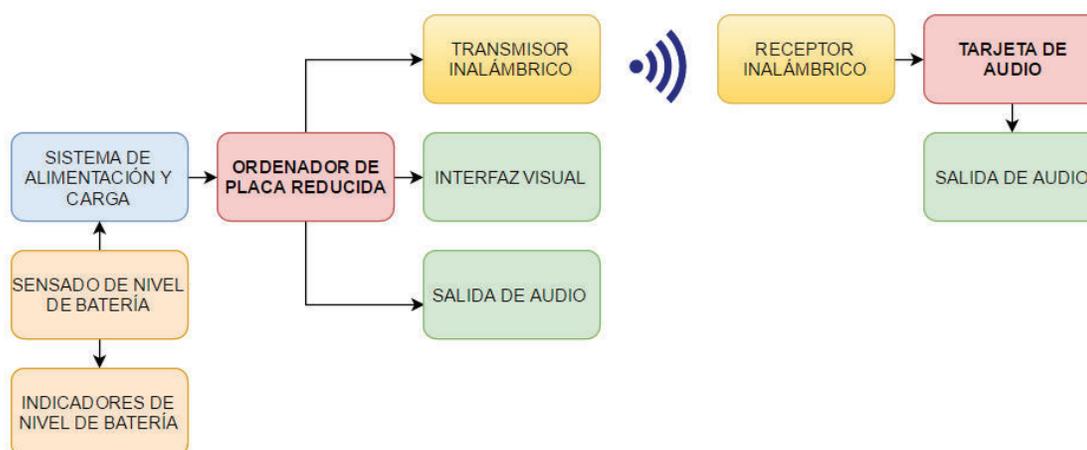
### DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LOS SISTEMAS

#### 2.1 INTRODUCCIÓN

El sistema audiovisual fijo y el audioguía portátil utilizan un ordenador de placa reducida como placa de desarrollo, ambos se manejan de manera independiente y desempeñan dos diferentes funciones.

#### 2.2 ARQUITECTURA DEL SISTEMA AUDIOGUÍA PORTÁTIL

El dispositivo audioguía está compuesto por varios sistemas que le permiten funcionar de manera autónoma mientras el visitante realiza el recorrido en el museo, la interfaz gráfica posee un menú llamativo y táctil que es muy manejable tanto para adultos como para los niños. En la Figura 2.1 se puede observar las partes que conforman el dispositivo y la función que cumplen en cada etapa.



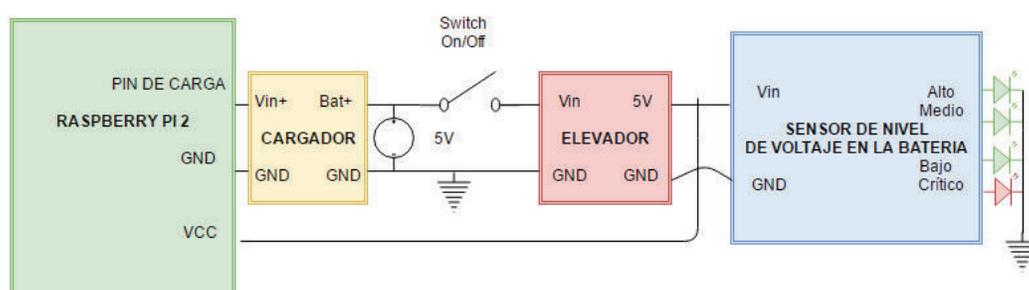
**Figura 2.1** Arquitectura del Sistema Audioguía Portátil

##### 2.2.1 SISTEMA DE ALIMENTACIÓN Y CARGA

El sistema de alimentación lo conforman varias etapas que permiten que el dispositivo audioguía funcione de manera autónoma, para esto se ha considerado el uso de una batería recargable de 3.7V con su respectivo circuito de carga. El diagrama de bloques se muestra en la Figura 2.2. Por otro lado, es necesario utilizar un circuito elevador de voltaje a la salida de la batería de modo

que se obtengan 5V que son los que la Raspberry Pi requiere para su funcionamiento.

En cuanto al estado de nivel de batería, se adapta un circuito sensor de nivel que mostrará permanentemente el nivel de voltaje de la batería mediante LEDs indicadores.



**Figura 2.2** Esquema de Conexión de alimentación, carga y sensado de nivel de batería

La selección de los circuitos así como su diseño y conexiones se describen a continuación.

### 2.2.1.1 Baterías Li-Po

Las baterías de Polímero de Litio son las más actuales en cuanto a tecnología de baterías recargables, y se han vuelto las más utilizadas en el mundo de la electrónica. Entre sus ventajas están su ligero peso y tamaño, las cuáles se pueden encontrar en el mercado según el número de celdas, capacidad de corriente, entre otros. La densidad de energía, es decir, la intensidad de energía máxima que puede dar una batería es mucho mayor que una de NiMh o Niquel-Cadmio y por tanto las baterías Li-Po tienen una mejor tasa de descarga. [24]

A pesar de sus ventajas, las baterías de polímero de litio (Li-Po) son delicadas, y requieren cuidado especial en cuánto al límite de descarga y sobrecarga. Por esta razón muchas incluyen circuitos que las protegen. [25]

### 2.2.1.1.1 Dimensionamiento de la capacidad de la batería

Para escoger correctamente la capacidad de corriente de la batería se debe conocer el consumo de corriente de los componentes del sistema. A continuación se muestra la Tabla 2.1 en dónde se puede ver el consumo de cada elemento del sistema:

**Tabla 2.1** Consumo de corriente de los componentes del sistema

Elemento	Cantidad	Corriente unitaria [mA]	Corriente Total [mA]
Salidas DIO Xbee	6	3	18
LCD TFT	1	345	345
LEDs Indicadores	4	20	80
		<b>Total</b>	443

Por otro lado, el fabricante recomienda utilizar una fuente que posea una capacidad de corriente de 1A mínimo de tal modo que se garantice el correcto funcionamiento de la placa caso contrario pueden haber daños en la tarjeta de memoria microSD. De acuerdo al resultado obtenido, se necesita una batería mínima de 500mA pero si se considera también las recomendaciones del fabricante y además un 20 por ciento adicional como margen de seguridad, se adquiere una batería de 1200mA que resulta tener capacidad de corriente suficiente para el presente proyecto.

La batería seleccionada es una *PKCEL-LP503562* que se muestra en la Figura 2.3; la misma que viene equipada con su propio circuito de protección de sobrecarga y sobredescarga y cuyas características se describen en la Tabla 2.2



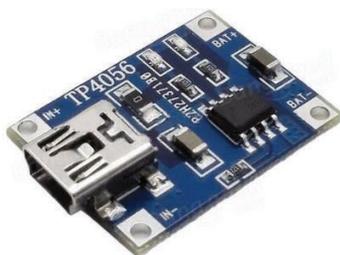
**Figura 2.3** Batería Li-Po PKCEL-LP503562

**Tabla 2.2** Características de la Batería LP503563 [26]

Características	Especificaciones
Capacidad Nominal	1200mAh
Voltaje Nominal	3.75V
Corriente Estándar de Carga	525mA
Máxima Corriente de Carga	1050mA
Voltaje de corte en Carga	4.2V
Voltaje de corte en descarga	2.75V
Voltaje de la Celda	3.7-3.9V
Impedancia	$\leq 50\text{m}\Omega$
Peso	Aprox. 22g
Humedad	65+20% RH

### 2.2.1.2 Módulo Cargador de Baterías Li Po TP4056

El cargador utilizado para la batería *PKCEL-LP503562* es el módulo cargador de baterías TP4056 el cual posee una configuración estándar que permite realizar la carga hasta un máximo de 1A de corriente. Posee un conector mini USB para conectar un adaptador de pared de 5V para la alimentación. La corriente de carga puede ser ajustada desde 50mA a 1000mA cambiando una resistencia de la placa que por defecto es de 1.2K $\Omega$ . Las entradas y salidas del módulo cargador se aprecian en la Figura 2.4. [27]



**Figura 2.4** Módulo Cargador de Baterías Li-Po

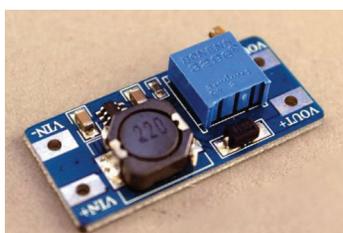
Las características y especificaciones del módulo cargador se describen en la Tabla 2.3

**Tabla 2.3** Características del módulo cargador de Baterías Li-Po [27]

Característica	Especificaciones
<b>Método de Carga</b>	Carga Lineal del 1%
<b>Corriente de Carga</b>	1 Amperio ajustable
<b>Exactitud de la Carga</b>	1.5%
<b>Tensión de Entrada</b>	3.7V-4.2V
<b>Tensión de Carga Completa</b>	4.5V-5.5V
<b>Indicadores LED</b>	Rojo indica que está cargando Verde indica la carga completa
<b>Interfaz de entrada</b>	Mini USB o pines IN+ e IN-
<b>Temperatura de Operación</b>	-10°C a +85 °C
<b>Inversión de Polaridad</b>	No se permite
<b>Dimensiones</b>	25 x 19 x 10 mm

### 2.2.1.3 Circuito Elevador de Voltaje

Para la alimentación de la audioguía portátil se utiliza una batería de 3.7V, por tanto es necesario utilizar un elevador de voltaje para alcanzar los 5 V que requiere la Raspberry Pi y el resto del sistema. El elevador utilizado es el regulador DC-DC Elevador SDB628 XY-016, cuyo tamaño es óptimo cuando se trata de aplicaciones en dónde se tiene espacio reducido. La placa del circuito elevador se puede observar en la Figura 2.5. [27]



**Figura 2.5** Elevador DC-DC XY-016 [28]

La tensión de salida es variable gracias a un potenciómetro que permite regular el voltaje hasta los 25V.

#### *2.2.1.3.1 Calibración del circuito elevador de voltaje*

La alimentación de la placa Raspberry Pi exige 5V, para lo que se realiza la calibración del potenciómetro del circuito elevador conectado a la batería de 3.7V de modo que entregue el voltaje necesario para el funcionamiento del sistema.

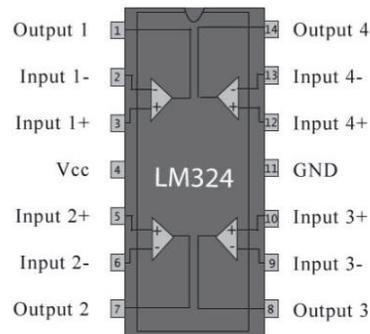
Al realizar las pruebas de funcionamiento se pudo comprobar que se tiene una salida variable de 2 a 25V, de modo que al calibrar la salida a 5V se realiza la inmovilización del potenciómetro para que así ya no pueda manipularse y causar daños a la Raspberry Pi al ser energizada por una voltaje superior al mencionada. En la figura 2.6 se puede observar la calibración del circuito elevador.



**Figura 2.6** Calibración de salida de voltaje del Circuito Elevador

#### **2.2.1.4 Sensado de nivel de batería e indicadores luminosos**

Para medir el nivel de la batería Li-Po se utiliza un circuito que basa su principio de funcionamiento en un amplificador operacional a modo de comparador de voltaje. El circuito integrado empleado es el LM324, cuyo diagrama de pines se muestra en la Figura 2.7 y se alimenta con 5V, valor que se toma como voltaje de saturación positiva.



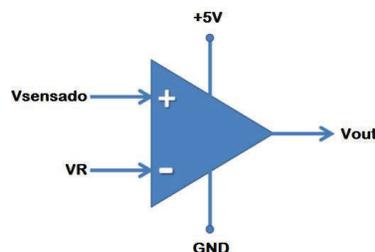
**Figura 2.7** Diagrama de Pines LM324 [28]

El voltaje de la batería es comparado con 3 valores de voltajes referenciales mostrados en la Tabla 2.4, de modo que cuando el voltaje de la batería sea menor que el de referencia, el voltaje de salida toma el valor del voltaje de saturación negativa (GND) y el LED indicador se apaga. Cuando el LED de voltaje mínimo se apaga, el LED indicador rojo se enciende alertando un nivel crítico de batería.

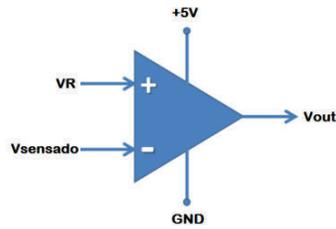
**Tabla 2.4** Voltajes Referenciales

Voltajes Referenciales	Valores [V]
Voltaje máximo (VR1)	3.75
Voltaje medio (VR2)	3.25
Voltaje mínimo (VR3)	2.88

Los diagramas de entradas y salidas se muestran en las Figuras 2.8 y 2.9, para los amplificadores operacionales (AO) que manejan el encendido de los LEDs verdes y rojos respectivamente. Los voltajes referenciales son calibrados a través de potenciómetros de 10K $\Omega$  que se pueden observar en la Figura 2.10

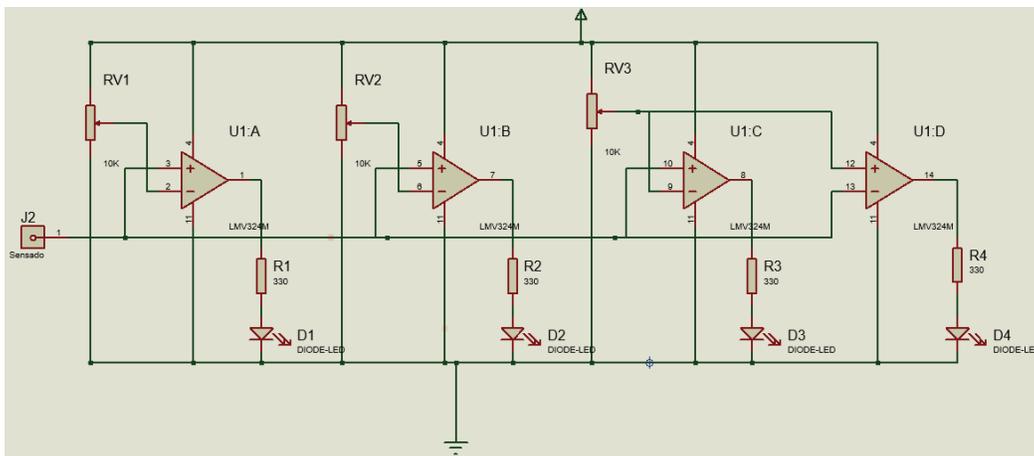


**Figura 2.8** Diagrama de Entradas y Salidas del AO para LEDs indicadores VERDES



**Figura 2.9** Diagrama de Entradas y Salidas del AO para el LED indicador Rojo

Cuando se tiene el voltaje máximo los 3 leds verdes están encendidos, los mismos que se irán apagando según la descarga de la batería. Cuando el led rojo se encienda se tendrá la oportunidad de cargar la batería antes de que se active el circuito de sobredescarga que da lugar al corte de energía del sistema.

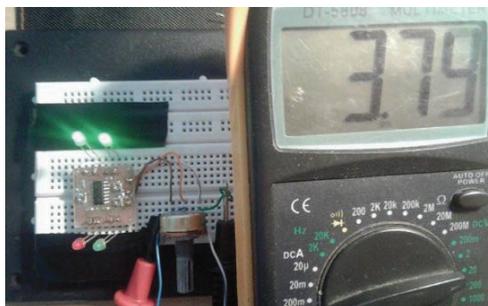


**Figura 2.10** Esquemático del Circuito Sensor de Nivel de Batería

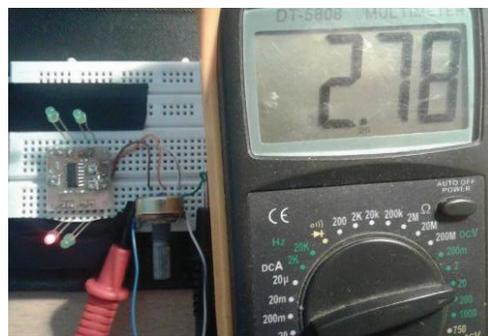
Para obtener los valores de voltaje de referencia del circuito de sensado de batería se calibran los potenciómetros de precisión smd que se incluyen en la placa de esta forma se pueden ver en las Figuras 2.11, 2.12 y 2.13 el comportamiento de los leds indicadores según la señal de voltaje sensada que se manipula mediante un potenciómetro de pruebas.



**Figura 2.11** LEDs indicando nivel máximo de voltaje



**Figura 2.12** LEDs indicando nivel medio de voltaje



**Figura 2.13** LEDs indicando nivel crítico de voltaje

## 2.2.2 INTERFAZ VISUAL Y SALIDA DE AUDIO

La pantalla utilizada es la LCD TFT Waveshare de 3.2 pulgadas, la cual permite el acceso a las opciones de la interfaz con buena calidad de imagen y sin la necesidad de puntero óptico. De acuerdo al diseño del dispositivo, la resolución que maneja la pantalla mencionada es la apropiada para la aplicación ya que se requiere un dispositivo móvil pequeño pero con una pantalla a la cual sea sencillo el manejo del visitante. En la Figura 2.14, se puede observar la conexión directa de la pantalla a la Raspberry Pi 2.

Como salida de audio es conveniente utilizar unos audífonos de diadema que resultan ser los más apropiados para la comodidad de los visitantes.



**Figura 2.14** Conexión Física de la LCD TFT a la Raspberry Pi 2

Los drivers de la pantalla están disponibles en la web del fabricante y difieren según la versión del sistema operativo y tamaño de la pantalla. Para realizar la instalación de los mismos fue necesario tener una conexión SSH preestablecida, ya que se debe desactivar la salida HDMI para que la pantalla táctil pueda entrar en funcionamiento lo que implica no tener un medio directo de visualización durante la instalación.

Después de instalar el sistema operativo en la tarjeta micro SD es conveniente configurar una dirección IP estática para la Raspberry Pi, de modo que se pueda realizar la comunicación entre una PC normal y la placa, lo que hace posible el acceso al terminal de la misma. Esta forma de acceso al entorno Raspbian se denomina SSH, que se traduce como intérprete de órdenes seguro.

Con la conexión SSH establecida se pueden realizar las configuraciones o cambios necesarios sin que se conecte ningún medio de visualización ya que se tiene acceso al terminal de la placa. Adicionalmente, para poder tener acceso a la interfaz gráfica de la Raspberry Pi, es necesario instalar un Software que permita la conexión por escritorio remoto e inicializarlo cada vez que se necesite realizar este tipo de conexión.

El servidor de escritorio remoto utilizado es el VNC Viewer de Google Chrome, el mismo que ofrece una pantalla inicial que precisa la dirección IP previamente establecida para la placa reducida, y de una contraseña que en este caso es: Raspberry Pi.

Para abrir la conexión SSH con la Raspberry Pi se utiliza el programa **Putty**, en dónde solo basta ingresar la dirección IP, que se configura previamente en la placa para iniciar sesión y tener acceso al terminal de Raspbian y realizar las configuraciones que sean necesarias sin pantalla, sea esta HDMI o TFT SPI.

De este modo se carga el driver a la placa Raspberry Pi y se conecta la pantalla de modo que se muestre la interfaz gráfica en la pantalla TFT.

## 2.2.3 COMUNICACIÓN INALÁMBRICA

El dispositivo audioguía portátil tiene como funcionalidad la activación inalámbrica de 45 sonidos ambientales ubicados en el Panel de Diversidad de Fauna Ecuatoriana del Museo Gustavo Orcés. La comunicación inalámbrica implica un transmisor y un receptor sin que sea necesario un medio de propagación física sino más bien la modulación de ondas electromagnéticas a través del espacio. Este tipo de comunicación se puede lograr gracias a diversos dispositivos cuyas características varían dependiendo del protocolo de comunicación que empleen.

Los dispositivos de comunicación inalámbrica a emplear son 2 módulos Xbee S1, uno como emisor y otro como receptor, los mismos que ofrecen un buen desempeño, durabilidad y un modo de comunicación conveniente para el proyecto.

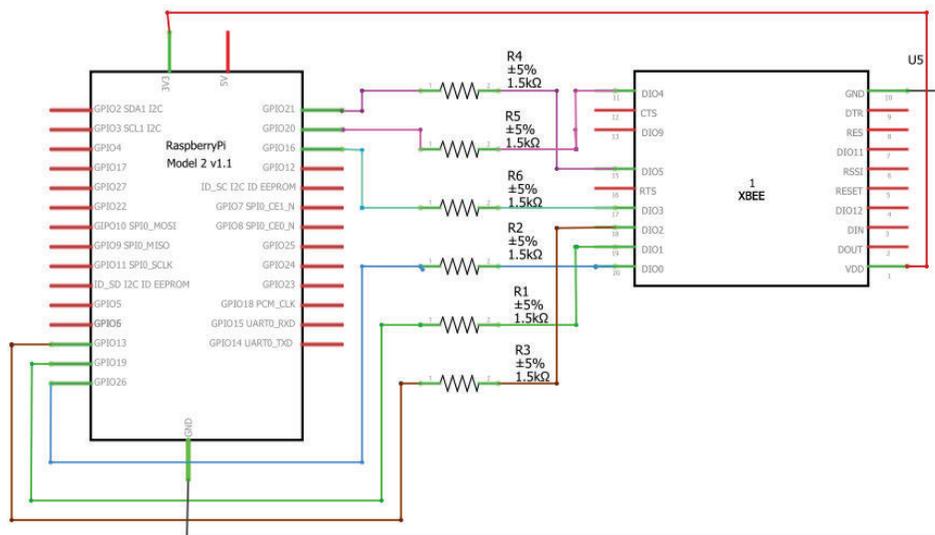
### 2.2.3.1 Transmisor Inalámbrico

La Raspberry Pi activa mediante software un arreglo de bits diferente por cada uno de los 45 sonidos a reproducir para lo cual utiliza 6 pines de salida (GPIO) que son conectados a las entradas digitales (DIO) del Xbee S1 tal y como se observa en la Figura 2.15

El Xbee no puede recibir más de 2mA por pin de entrada-salida digital (DIO). Por esta razón se debe colocar una resistencia limitadora de corriente, cuyo valor se calcula a continuación:

$$R = \frac{V}{I} = \frac{3.3V}{2mA} = 1.45K\Omega$$

La resistencia estándar utilizada es de 1.5k $\Omega$  en la entrada de cada pin de entrada-salida del Xbee. Las resistencias utilizadas son tipo SMD para reducir al máximo el espacio utilizado por los componentes del audioguía.



**Figura 2.15** Esquemático de entradas y salidas entre Raspberry Pi y Xbee transmisor

### 2.2.3.2 Receptor Inalámbrico

Gracias a la técnica de Line Passing cuya configuración y funcionamiento se detallará en el capítulo siguiente, el estado de los pines digitales del Xbee transmisor es reflejado en el Xbee receptor. De este modo se obtiene un comando para cada sonido el cuál es procesado por la tarjeta de audio y da lugar a la reproducción del mismo.

La tarjeta de audio utilizada, el sistema de altavoces, y las fuentes de energía para el receptor inalámbrico ya se encontraban previamente instaladas en el museo, de modo que solo basta añadir el Xbee receptor conectado a la Xbee Explorer Reguladora para que pueda llevarse a cabo la comunicación. El esquema de entradas y salidas de la tarjeta de audio se muestra en la Figura 2.16.



**Figura 2.16** Esquema de entradas y salidas de la tarjeta de audio

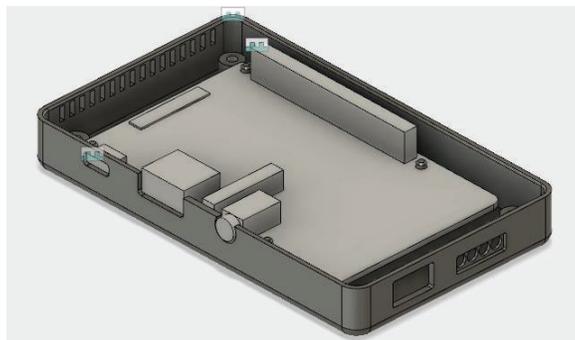
## 2.2.4 DISEÑO DE CARCASA

Fusion360 pertenece a la compañía de diseño de software AutoDesk, es la generación más avanzada de soluciones para CAD 3D ya que combina el diseño de superficies envolventes y diseño mecánico en una sola herramienta. Este Software es el ideal para crear diseños que pueden ser materializados con las principales impresoras 3D del mundo [29]. Por las razones expuestas, es el programa utilizado para el diseño de la carcasa del audioguía portátil.

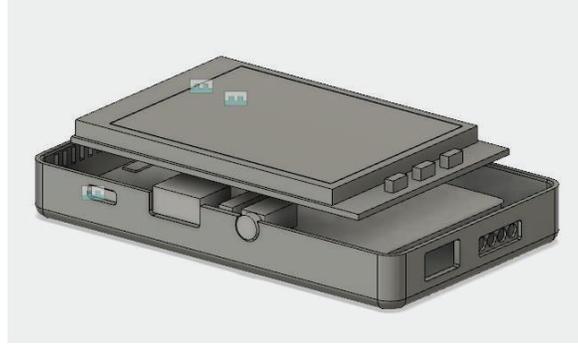
El diseño de la carcasa está adecuado para obtener un dispositivo pequeño con acceso a los periféricos necesarios y que optimice de la mejor manera los espacios. Todos los elementos involucrados en el dispositivo audioguía deben estar dispuestos de tal modo que ninguno de ellos obstaculice la conexión de los sistemas.

El software de desarrollo permite crear todas las partes necesarias para realizar el ensamble del dispositivo, por esta razón se diseñó una placa Raspberry Pi con las dimensiones exactas incluyendo las modificaciones que se le realizaron de modo que se pudiese observar con mayor claridad de modo que se tenga una mejor percepción de los espacios disponibles,

La parte inferior de la carcasa posee agujeros laterales que permiten la circulación del aire dentro de la misma, de igual manera se puede observar en la Figura 2.17 y en la Figura 2.18 las diferentes entradas y salidas para el plug de carga, los audífonos, el interruptor de encendido y los leds indicadores.

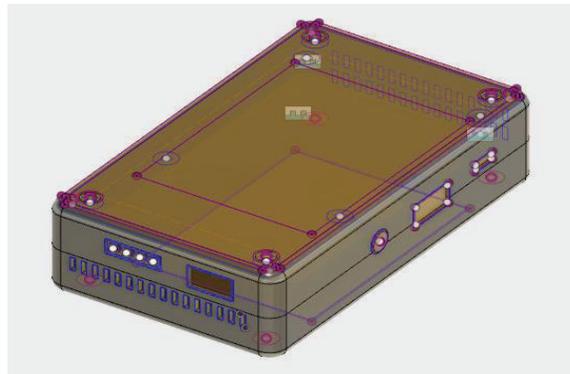


**Figura 2.17** Acople de la placa en la parte inferior de la carcasa



**Figura 2.18** Acople de la pantalla LCD TFT a la placa

En la Figura 2.19 se puede observar el diseño en dos dimensiones de todos los detalles de la carcasa.



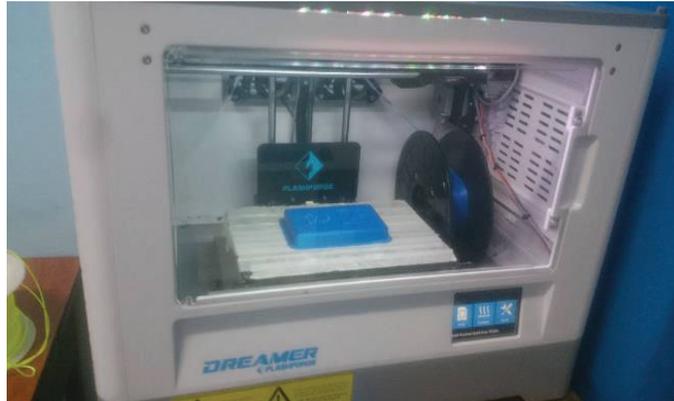
**Figura 2.19** Vista 3D de la Carcasa completa

Una vez completado el diseño, que puede incluir logos en bajo o alto relieve, como se puede ver en la Figura 2.20 se exportan las partes en formato STL, que es uno de los más manejados por el Software utilizado por las impresoras 3D.



**Figura 2.20** Parte inferior de la carcasa con el Logo del Museo de Historia Natural Gustavo Orcés

En la Figura 2.21, se puede apreciar el proceso de impresión finalizado de la parte inferior de la carcasa.

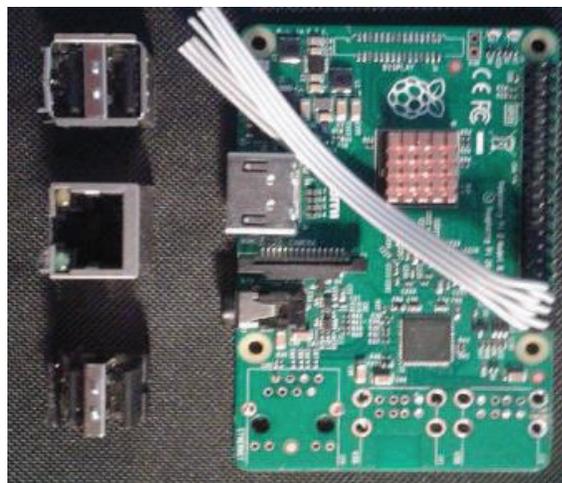


**Figura 2.21** Impresión 3D finaliza de la parte superior de la carcasa

### 2.2.5 CONSTRUCCIÓN DEL DISPOSITIVO AUDIOGUÍA PORTÁTIL

La ubicación de los elementos así como la conexión de los sistemas del audioguía portátil se puede describir en las imágenes mostradas en las figuras siguientes.

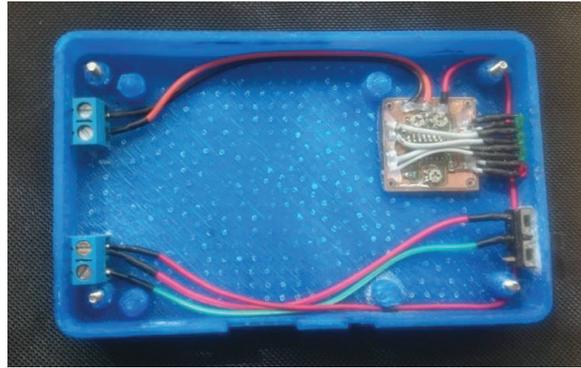
En la Figura 2.22 se pueden apreciar las modificaciones realizadas a la placa Raspberry Pi que al ser utilizada para reproducir audios y comunicarse inalámbricamente no utiliza puertos USB ni puerto de red, de tal modo que estos fueron removidos para poder obtener una placa más ligera y de menos espesor.



**Figura 2.22** Modificaciones de la placa Raspberry Pi 2

Para tener una mejor organización de los cables de conexión se acoplan dos borneras en la parte izquierda de la carcasa, las mismas que serán utilizadas

para las conexiones de tierra y VCC. Los LEDs indicadores se introducen en las ranuras y se inmovilizan con pegamento para plástico. El circuito de sensado de nivel de batería se fija en la base de la carcasa y se esmalta para prevenir la oxidación de la misma y posibles cortocircuitos en el futuro. En la Figura 2.23 se puede observar la disposición de los elementos y el acople del interruptor.



**Figura 2.23** Disposición de placa de sensado y acoplamiento de elementos en las ranuras

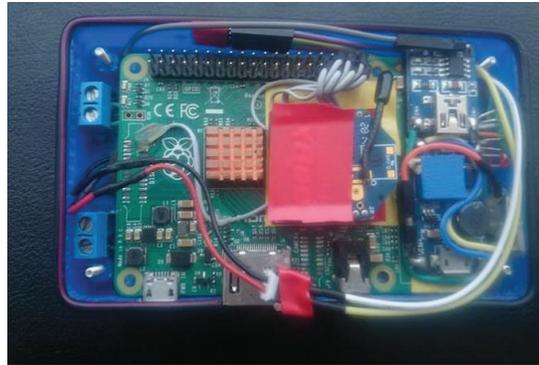
Es importante cubrir con cinta aislante los espacios que ocupaban los puertos USB y Ethernet en dónde se fijan el módulo de carga de batería y el circuito elevador de voltaje; de igual manera con el circuito del Xbee transmisor. La ubicación de los módulos se puede observar en la Figura 2.24.



**Figura 2.24** Ubicación del módulo de carga, circuito elevador de voltaje y Xbee

La batería está ubicada en la parte inferior de la carcasa cuyos terminales se conectan a las borneras ubicadas en la parte superior izquierda. Los cables de alimentación de la Raspberry Pi se conectan a las borneras del interruptor de encendido para luego acoplarla a los puntos fijos de la carcasa.

En la Figura 2.25 se puede apreciar la placa acoplada en la parte posterior de la carcasa.



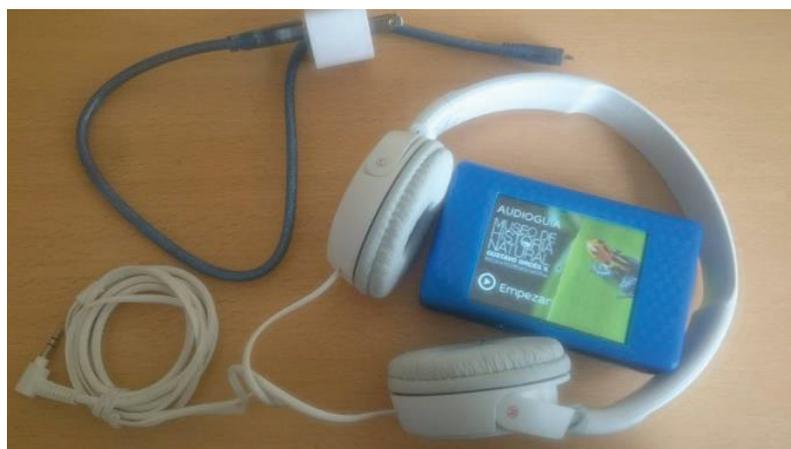
**Figura 2.25** Acoplamiento de la placa en la carcasa

Finalmente se conecta la pantalla y se coloca la parte superior de la carcasa. Los tornillos se colocan en la parte posterior y se ajustan hasta cerrar completamente el audioguía. El dispositivo completamente armado se muestra en la Figura 2.26.



**Figura 2.26** Vista Superior del Dispositivo Audioguía Portátil

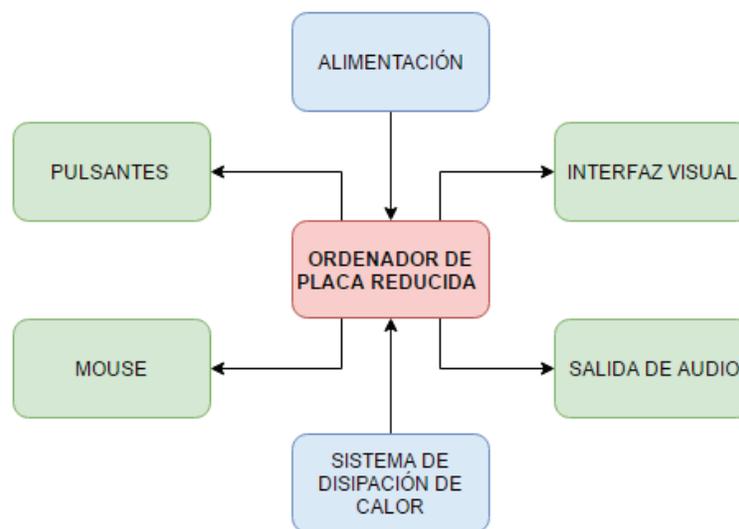
En la figura 2.27 se puede observar el audioguía con sus respectivos accesorios, teniendo entre ellos, los audífonos y el adaptador de 1A que se necesita para la respectiva carga de la batería cuyo cable tiene salida micro USB.



**Figura 2.27** Audioguía con sus accesorios

## 2.3 ARQUITECTURA DEL SISTEMA DE AUDIO Y VIDEO FIJO

El sistema de audio y video fijo se encuentra en la primera sección de la Sala del pasado del Museo de Historia Natural Gustavo Orcés, cuya temática hace referencia al Origen del Universo, la formación del Sistema Solar, y el Desplazamiento de las masas continentales. La interfaz se despliega en una pantalla LCD de 40 pulgadas, la cual está ubicada en un pedestal que permite la instalación del miniordenador y de sus respectivos periféricos. Las partes que conforman el sistema se pueden observar en la Figura 2.28.



**Figura 2.28** Arquitectura del Sistema Audiovisual Fijo

### 2.3.1 ALIMENTACIÓN

Para alimentar el sistema se utiliza una fuente de 5V de 2A que suministra la corriente necesaria tanto en la etapa de programación como en la implementación. La fuente utilizada es un adaptador de Poder USB marca ANERA, mostrado en la Figura 2.29, el mismo que dispone de dos puertos, que suministran 5V a 1A y 2A respectivamente.



**Figura 2.29** Fuente de Poder marca Anera

### 2.3.2 SISTEMA DE DISIPACIÓN DE CALOR

El sistema audiovisual fijo puede estar en funcionamiento durante gran parte del día, razón por la cual es conveniente agregar un kit de disipadores diseñados para Raspberry Pi, los cuáles disminuyen en aproximadamente 20 grados la temperatura del Chip procesador así como del Hub USB. La ubicación de los disipadores en los encapsulados se puede observar en la Figura 2.30. Del mismo modo, se coloca en la parte superior de la carcasa de la placa un ventilador pequeño de 5V, que se muestra en la Figura 2.31 garantizando así que la Raspberry Pi nunca tenga sobre temperaturas y desempeñe sus funciones en las mejores condiciones.



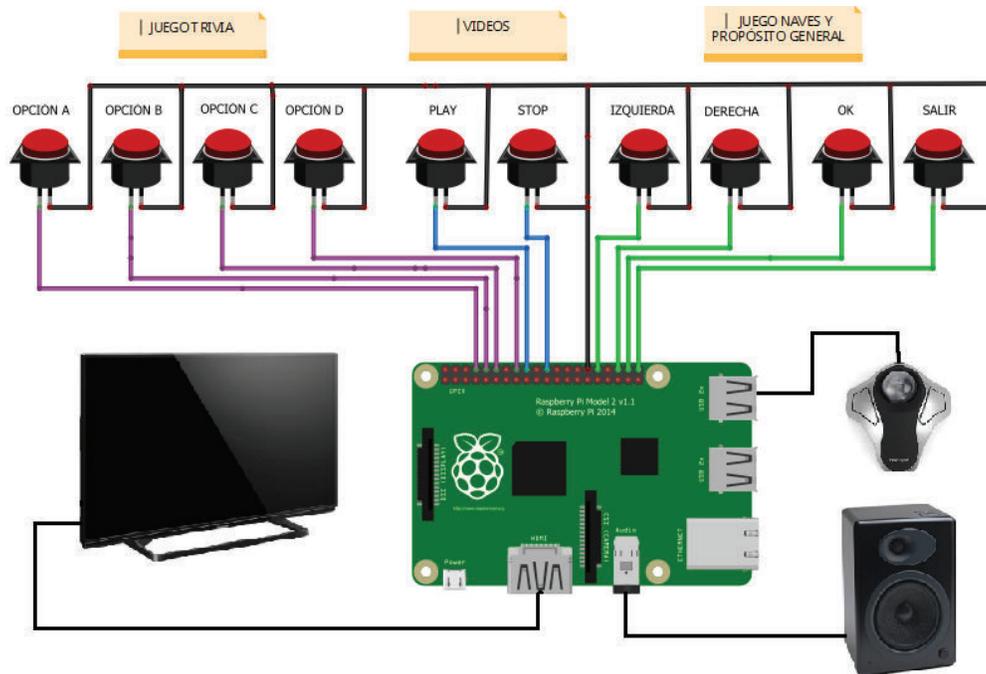
**Figura 2.30** Raspberry Pi 2 con disipadores



**Figura 2.31** Ventilador 5V

### 2.3.3 PERIFÉRICOS

Los periféricos del sistema de audio fijo se utilizan para la selección y mando del HMI. Entre ellos se tienen un ratón para selección en el menú inicial, botonera para control de juegos, pantalla LCD de 40 pulgadas con conexión HDMI para la visualización de la interfaz, y por último un sistema de altavoces. Todos los elementos mencionados se pueden observar en el esquema de la Figura 2.32.



**Figura 2.32** Esquema completo de los periféricos conectados a la Raspberry Pi 2

### 2.3.3.1 Interfaz visual, salida de audio y mouse

La interfaz se visualiza en una pantalla Samsung de 40 pulgadas que se conecta mediante cable HDMI al puerto correspondiente de la placa Raspberry Pi 2. La resolución de la pantalla es de 1920x1080 la misma que es compatible con el ordenador de placa reducida antes mencionado.

La pantalla, el mouse fijo, el pedestal y el sistema de audio fueron elementos reutilizados del proyecto anterior de tal manera que no representaron costos en el presente proyecto. La conexión es directa a los puertos de la Raspberry Pi correspondiente.

### 2.3.3.2 Botones Tipo Arcade

Los botones están conectados desde el contacto normalmente abierto al GPIO respectivo de la Raspberry Pi, de modo que cuando se realice una pulsación el contacto envíe cero a la entrada del mini ordenador

Los botones se encuentran distribuidos en una placa de acrílico como se puede observar en la Figura 2.33, ocho de los cuales son utilizados para el control de los juegos, y los dos restantes se utilizan para controlar la reproducción de videos; ya sea para pausar/reproducir o detener el video. A los botones

correspondientes se les coloca un adhesivo para identificar su respectiva función. (Figura 2.34)

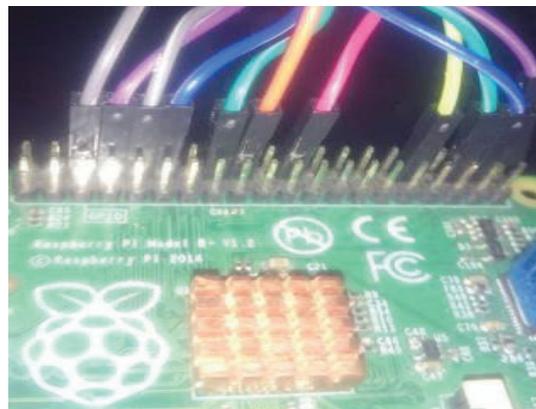


**Figura 2.33** Pedestal del Sistema Audiovisual Fijo



**Figura 2.34** Botonera etiquetada

La asignación de pines GPIO de la Raspberry Pi 2 para los botones se muestra en la Tabla 2.5, en la cual también se describe la función que cumple cada pulsante en su respectivo juego o video. La respectiva conexión física se muestra en la Figura 2.35.



**Figura 2.35** Pedestal del Sistema Audiovisual Fijo

**Tabla 2.5** Asignación de Pines GPIO de la Raspberry Pi para botones de control

N° Pin	de	Nombre	Función	Descripción de la función
8		GPIO14	Juego Big-Bang	Movimiento hacia la derecha
10		GPIO15	Juego Big-Bang	Movimiento hacia la izquierda
12		GPIO18	Juego Big-Bang/ Juego Galaxy Trivia	Disparo/Empezar el juego/Nueva Pregunta
14		GND	GND	GND
16		GPIO23	Salir	Salir/Atrás
18		GPIO24	Videos	Play/Pause
22		GPIO25	Videos	Stop
32		GPIO12	Juego Galaxy Trivia	Respuesta Opción A
36		GPIO16	Juego Galaxy Trivia	Respuesta Opción B
38		GPIO20	Juego Galaxy Trivia	Respuesta Opción C
40		GPIO21	Juego Galaxy Trivia	Respuesta Opción D

## **CAPÍTULO 3**

### **DESARROLLO DE HMI Y PROGRAMAS DE CONTROL**

#### **3.1 INTRODUCCIÓN**

En este capítulo se describe el funcionamiento de las interfaces creadas, así como también, el software seleccionado para desarrollar los programas de control. La estructura e instrucciones que definen las operaciones y decisiones lógicas para el ordenador, son representadas en diagramas de flujo que están orientadas hacia el tratamiento de la información.

#### **3.2 SISTEMA OPERATIVO DE LA RASPBERRY PI 2**

Raspbian es un sistema operativo libre para Raspberry pi basado en Debian de Linux cuya primera versión fue completada en el 2012. Un Sistema operativo es un set de programas y utilidades que controlan los procesos básicos de una computadora y el funcionamiento de otros programas [30].

A pesar de que existen otras distribuciones para este mini ordenador, Raspbian es la que más aprovecha el rendimiento.

Raspbian viene con más de 35.000 paquetes pre-compilados que pueden ser instalados sin conexión en la Raspberry pi dependiendo de las necesidades del usuario. Al ser éste un sistema operativo nuevo se encuentra aún en desarrollo en donde se pone gran énfasis en la estabilidad y desempeño.

Actualmente en la página web de la Fundación Raspberry pi, se pueden encontrar 2 versiones descargables de la última versión de Raspbian denominada Raspbian Jessie, así como también una versión Lite de la misma que no posee acceso a la interfaz gráfica.

#### **3.3 SOFTWARE UTILIZADO EN EL DESARROLLO DEL PROYECTO**

##### **3.3.1 PYTHON**

Python es un lenguaje de programación gratuito que fue creado a finales de los 80, y que gracias a su simplicidad puede ser fácil de comprender y ha llegado a ser muy popular en la actualidad. Entre sus principales características está el

hecho de ser de Código Abierto lo que ha permitido que mediante diversos aportes sea adaptado para que pueda funcionar en diversas plataformas tales como: Linux, Solaris, Windows, Macintosh, Solaris, Palm, RISC OS, Raspbian, entre otros. [31]

Python tiene un sinnúmero de librerías, tipos de datos y funciones incorporadas que permiten realizar tareas simples sin tener que empezar a programar desde cero.

### 3.3.2 PYGAME

Pygame es un conjunto de módulos del lenguaje python que permite la creación de software multimedia, y requiere la librería SDL que proporciona funciones básicas para realizar operaciones de dibujo en dos dimensiones, además de la gestión de efectos de sonido, video y música. [32]

El editor de textos **Geany** es el software que pone a disposición todas las herramientas necesarias para la programación en python ya que utiliza el toolkit GTK+ y ofrece una interfaz amena que muestra un código indentado y colorido según la estructura del mismo. [33]

Pygame no solo es atractivo por tener una variedad de módulos útiles en el desarrollo de juegos, sino también para la creación de Interfaces Gráficas. Los menús y pantallas de presentación son parte fundamental en la presentación de cualquier proyecto que comprenda un entorno visual ya que aporta y lo hace más atractivo para el usuario.

### 3.3.3 OMXPLAYER WRAPPER

Raspbian maneja un reproductor de audio y video llamado Omxplayer, librería que viene instalada por defecto junto con el sistema operativo, y se maneja mediante ingreso de comandos en la terminal. El control del reproductor requiere un previo conocimiento de procesos internos del sistema así como de programación en Linux. Para poder realizar un control del reproductor Omxplayer mediante Python, se encuentra a disposición un módulo de libre acceso desarrollada por Will Price Revert, denominada Omxplayer-Wrapper [34]. De este modo se puede acceder a la reproducción de los videos del sistema audiovisual fijo utilizando una interfaz desarrollada en python. El módulo tiene su

guía de instalación y debe estar ubicado en la ruta origen del programa python que utilice sus funcionalidades.

### **3.3.4 DESCRIPCIÓN DE HERRAMIENTAS UTILIZADAS EN LA PROGRAMACIÓN**

#### **3.3.4.1 Clases**

Una clase es una plantilla para la creación de objetos de datos según un modelo con características predefinidas. Las clases definen un conjunto de variables y métodos apropiados para utilizarlos como patrones de comportamiento. Cada objeto creado a partir de una clase se denomina instancia. [35]

En el desarrollo del proyecto se utilizan una clase para la creación de botones, en dónde se les asigna determinadas funciones como la configuración de coordenadas, y la carga de su imagen respectiva. Esta clase puede ser utilizada en cualquier parte de programa para la creación de diferentes botones que a pesar de cumplir una función diferente se crean bajo un esquema predefinido.

De igual modo en el Juego Galaxy Trivia que se detalla a continuación; utiliza la clase Pregunta, en dónde se definen las características de la misma, que incluyen su selección de entre un banco de preguntas, y el texto a mostrarse según la pregunta.

#### **3.3.4.2 Manejo de imágenes**

En pygame se tiene un módulo que contiene funciones para cargar, guardar y mostrar imágenes, las mismas que son cargadas como un objeto superficie, y pueden ser manipuladas y asignadas a una ubicación en específico. Para cargar la imagen se tiene la función `pygame.image.load`, y para mostrarla `pygame.image.blit`, ambas son usadas recurrentemente para el diseño de la interfaz para introducir imágenes de fondo, botones de acceso y demás figuras. Cabe destacar que la función `pygame.image.blit` muestra las imágenes según el orden en el que se escribieron en el código, una sobre otra. Los formatos que soporta el módulo son los siguientes [36]:

- JPG
- PNG
- GIF (no animado)

- BMP
- PCX
- TGA (uncompressed)
- TIF
- LBM (and PBM)
- PBM (and PGM, PPM)
- XPM

#### **3.3.4.3 Manejo de Sonidos**

El módulo de sonidos, así como el módulo de reproducción de música que tiene pygame son manejados por el módulo mixer que es el encargado de cargar y reproducir los sonidos. Los formatos de sonido que pueden ser soportados por el módulo son ogg, wav, y para música; algunos tipos de MP3.

Pygame, aunque no cuenta con un módulo muy sofisticado de audio pone a disposición esta herramienta de sonido que resulta útil e ideal para agregar efectos de sonido en los juegos y cargar tanto como reproducir los audios del dispositivo audioguía portátil.

#### **3.3.4.4 Manejo de GPIOs**

Lo primero en cuanto a manejo de GPIOs es la configuración de los mismos, especificando el modo, sea Board o BCM, en dónde se los puede considerar según la numeración de la distribución de los pines en la placa o la numeración que le da el fabricante respectivamente. El siguiente paso es definirlo como entrada o salida, escoger el número de pin y agregar resistencias de pullup, las mismas que también pueden ser implementadas por hardware.

Para las salidas, se puede indicar mediante orden opcional, el estado inicial que puede ser: alto o bajo.

Los GPIOs se pueden utilizar en el programa dependiendo de las necesidades y destacan los siguientes modos de funcionamiento [37]:

- Básico.- cuando se trabaja con entradas se lee el pin, y se puede utilizar el dato en una condicional para realizar alguna tarea o función.
- Interrupciones.- Se puede añadir este tipo de funcionabilidad cuando se necesita ejecutar alguna acción dependiendo de la entrada o cambio de estado de determinado GPIO sea por Rasing (cambio de 0 a 1), Falling (cambio de 1 a 0) o ambos. Se pueden tener 3 casos de interrupciones:
  - *Por espera*: el programa se queda en un punto en espera del cambio de pin respectivo.  
  
GPIO.wait\_for\_edge(num\_canal, GPIO.RISING)  
  
GPIO.wait\_for\_edge(num\_canal, GPIO.FALLING)
  - *Por Flag*: se detectan el cambio de las entradas al principio del código y en algún punto de la aplicación se le pregunta si hubo un cambio para realizar determinada acción.  
  
GPIO.wait\_for\_edge(num\_canal, GPIO.RISING)
  - *Por interrupción de programa*: Cuando se produzca un cambio en el pin el programa se detiene y ejecuta la función indicada por la interrupción

#### 3.3.4.5 Manejo de Textos

Para mostrar textos, pygame dispone de un módulo en dónde se puede cargar el tipo de letra, seguido de la configuración del estilo de la misma y su tamaño. De igual manera se debe cargar mediante una instrucción y mostrarla con otra en la parte de la aplicación que se desee.

#### 3.3.4.6 Reproducción de Video con Omxplayer Wrapper

Para utilizar el módulo Omxplayer Wrapper no hace falta más que cargar el video o audio, asignarle un nombre y llamar al comando de reproducción. Del mismo modo se tienen otros comandos para pausar, detener, fijar volumen, entre otros.

## 3.4 HMI DEL SISTEMA AUDIOVISUAL FIJO

### 3.4.1 DESCRIPCIÓN

El sistema audiovisual fijo tiene la tarea de crear un vínculo entre el museo y el visitante a través de videos y juegos que además de informar resultan un medio entretenido de fomentar la educación.

La interfaz se presenta con colores llamativos con el emblemático logo del museo, ofreciendo varias opciones que pueden ser seleccionadas con el mouse.

Cada juego tiene una pantalla inicial con las instrucciones del mismo, y se inician con el mando del botón “Ok”, de igual manera se puede volver al menú principal presionando el botón “Salir”. Ambos juegos brindan efectos auditivos al presionar los botones de control.

### 3.4.2 PANTALLAS PRESENTADAS

#### 3.4.2.1 Pantalla Inicial

La pantalla inicial que se muestra en la Figura 3.1, ofrece 3 opciones de videos seleccionados por el personal del museo y 2 juegos: Big-Bang, y Galaxy Trivia, los mismos que están basados en la Teoría de Origen del universo y la formación del sistema solar.

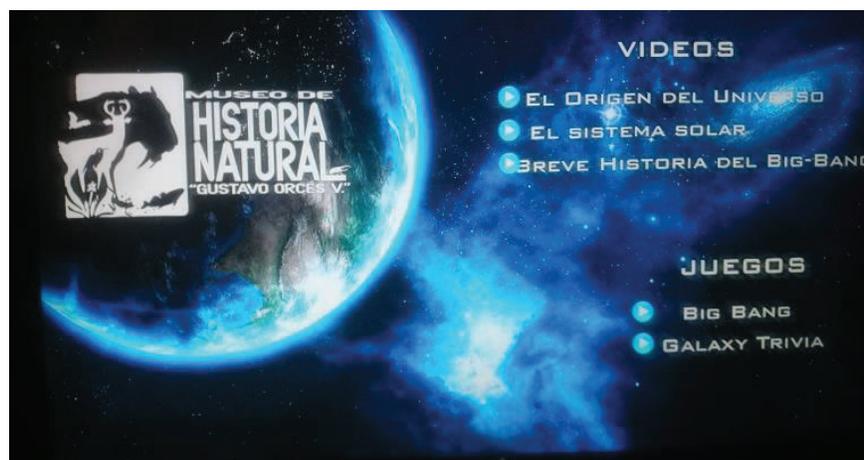
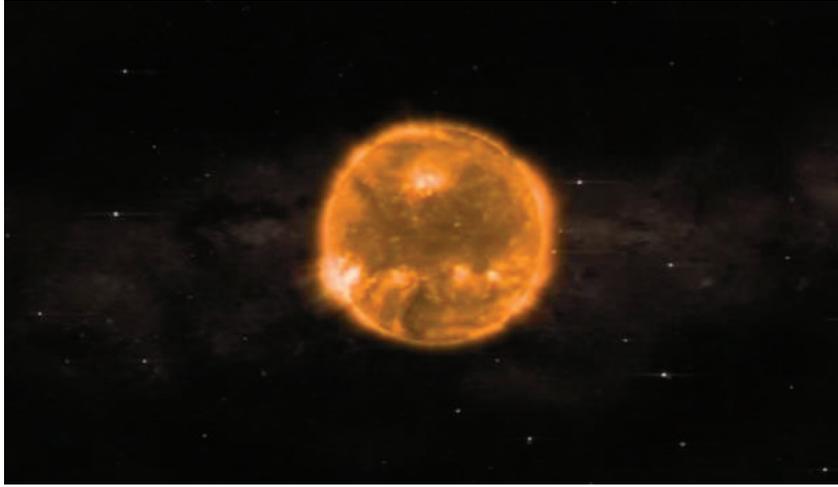


Figura 3.1 Pantalla Inicial

Cuando se selecciona un video, el mismo se despliega en pantalla completa como se muestra en la Figura 3.2, y puede ser pausado o detenido mediante 2

pulsantes dispuestos en el pedestal con estos fines. Al finalizar el video, se regresa a la pantalla inicial.



**Figura 3.2** Reproducción de Video del Sistema Solar

El sistema cuenta con un botón escondido en la interfaz, ubicado en la parte superior del logo del museo, de modo que solo el personal del museo pueda apagar el sistema al finalizar el día.

#### **3.4.2.2 Juego Big-Bang**

Cuando se selecciona el juego Big-Bang en la pantalla inicial, se despliega otra en dónde se explican las instrucciones del juego y el visitante debe presionar el botón "Ok" para empezar. En las instrucciones, se hace énfasis en la búsqueda de la historia perdida del Big-Bang a la cual se podrá tener acceso siempre y cuando se salga victorioso del juego.

El objetivo del juego es que el visitante controle el movimiento de una nave y además pueda disparar (utilizando el botón "Ok") a diversos obstáculos que irán apareciendo en la pantalla mientras se recorre el espacio. La nave se encuentra ubicada en la parte inferior de la pantalla y puede moverse en forma horizontal, gracias al control de los botones de movimiento a la izquierda y movimiento a la derecha. Entre más obstáculos elimine el jugador, más puntos irá acumulando, de manera que cuando elimine todos gana el juego.

Al ganar se muestra una pantalla con un mensaje de felicitaciones y un botón que mediante un click despliega la reproducción del video en dónde se cuenta la historia perdida del Big-Bang.

El primer obstáculo que se tiene es una barrera de naves extraterrestres comandadas por un Alien, que cuando son eliminados dan lugar a una lluvia de meteoritos (Figura 3.4). Si la nave colisiona con alguno de los obstáculos antes mencionados, se muestra un letrero de game over con opción a intentar de nuevo presionando “Ok” o regresar a la pantalla inicial presionando “Salir”.

Se puede salir del juego en cualquier momento, y basta con presionar el botón destinado para dicha opción para regresar a la pantalla inicial. En la Figura 3.4 se pueden observar la interfaz gráfica al momento de perder del juego.



**Figura 3.3** Nave esquivando y eliminando lluvia de meteoritos



**Figura 3.4** Pantalla de Game Over

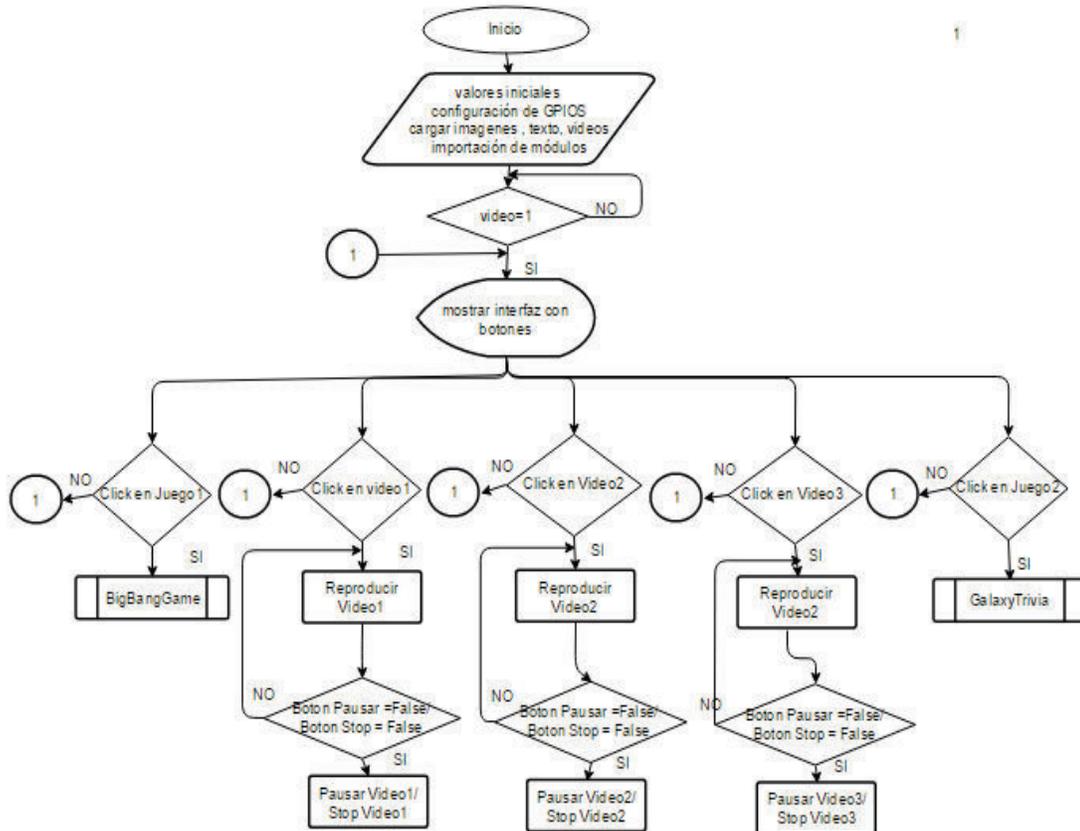
### 3.4.2.3 Juego Galaxy Trivia

El segundo juego es una trivia en la cual el visitante acciona el botón “Ok” para desplegar una pregunta con 4 opciones de respuesta, si se responde



### 3.4.3 DIAGRAMAS DE FLUJO DE LOS PROGRAMAS DE CONTROL

En los siguientes diagramas de flujo se muestra la estructura general del diseño de la interfaz gráfica del sistema audiovisual fijo. En la Figura 3.7 se puede apreciar el esquema del algoritmo para la pantalla inicial de la HMI.



**Figura 3.7** Diagrama de flujo de la pantalla inicial

En el diagrama de flujo de la Figura 3.8 se observa el comportamiento del algoritmo del juego Big-Bang el mismo que es ejecutado por la selección con puntero en la pantalla inicial. De igual manera se presenta el diagrama de flujo del juego Galaxy Trivia en la Figura 3.9.

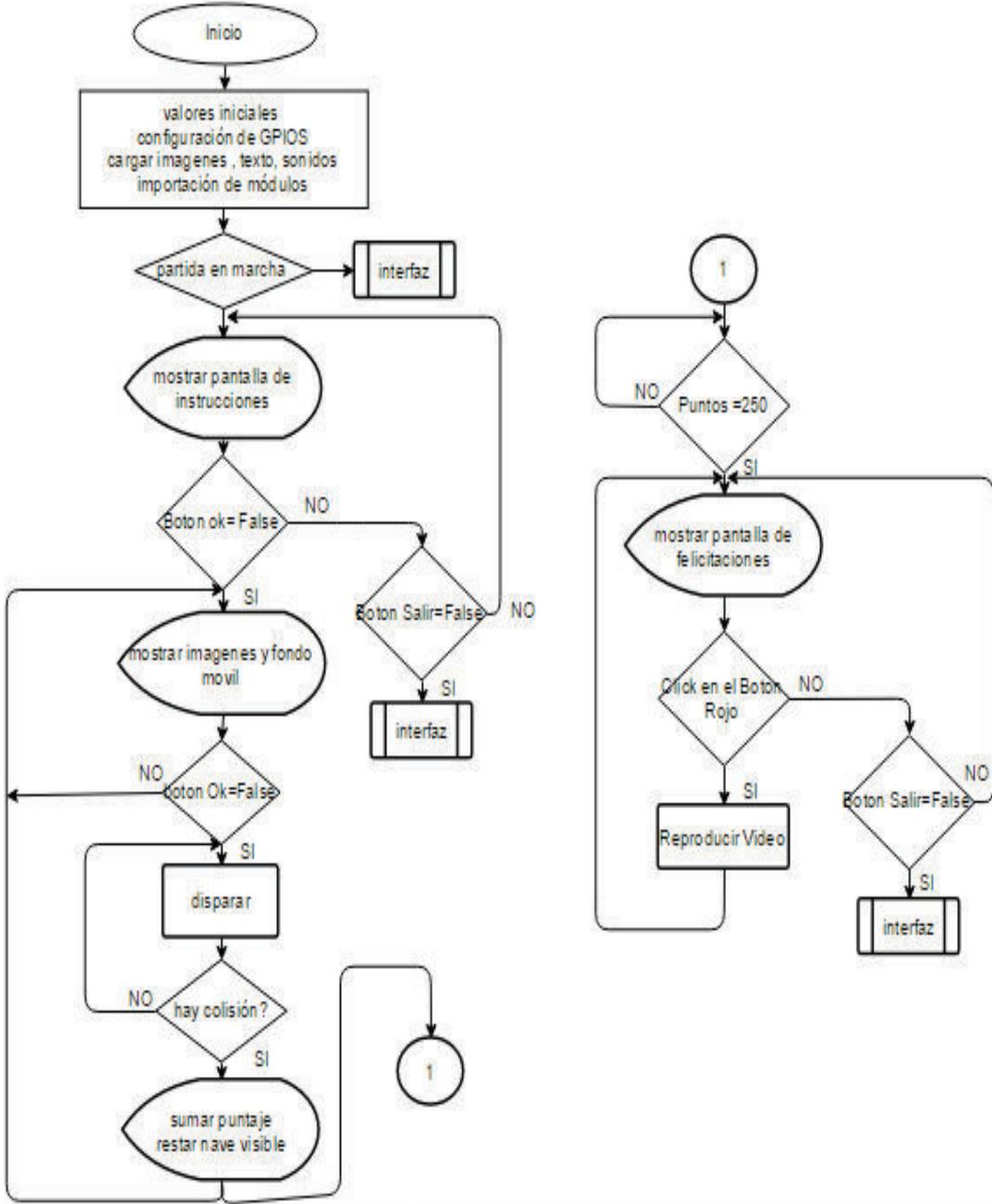


Figura 3.8 Diagrama de Flujo del Juego Big-Bang

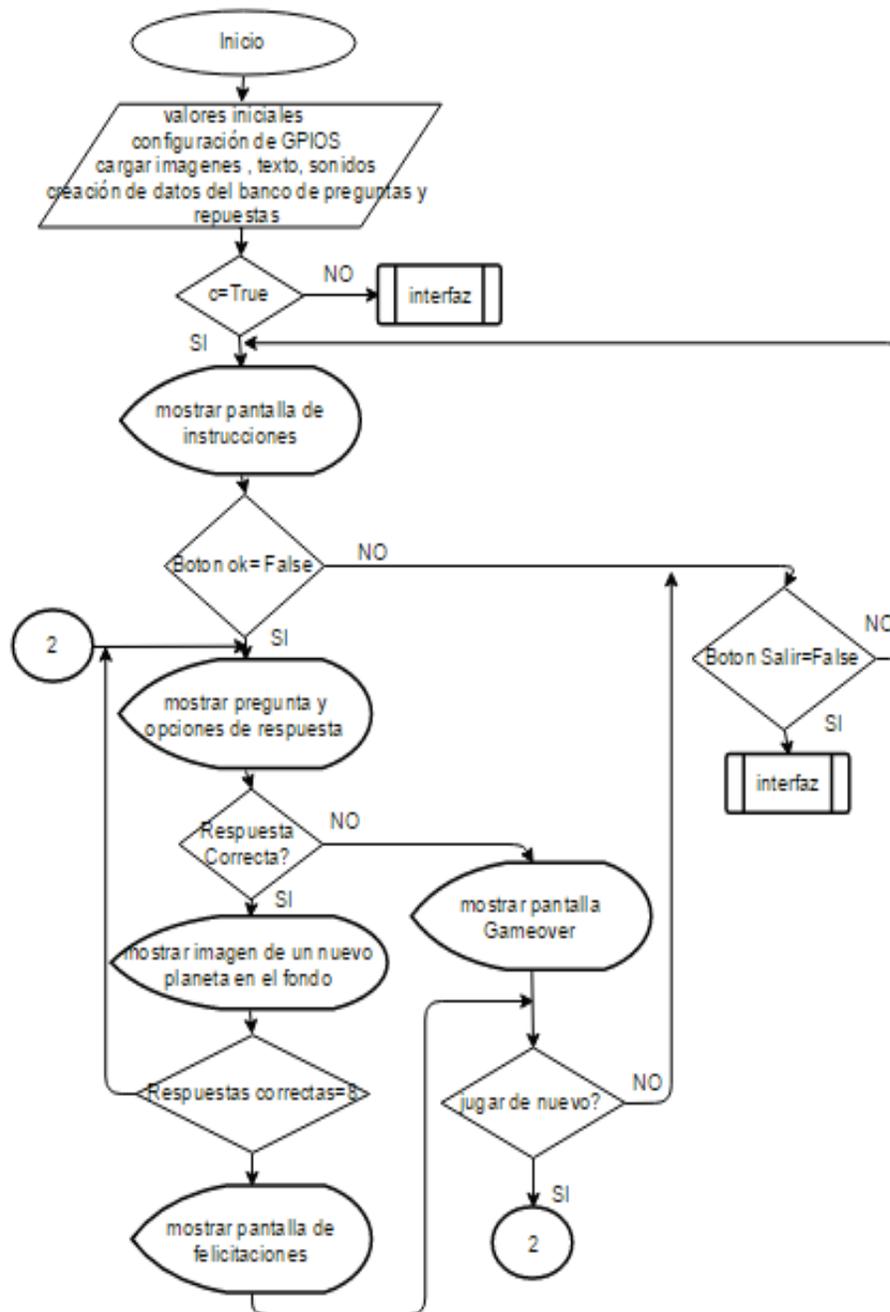


Figura 3.9 Diagrama de Flujo del Juego Galaxy Trivia

### 3.5 HMI DEL SISTEMA AUDIOGUÍA PORTÁTIL

#### 3.5.1 DESCRIPCIÓN

El dispositivo audioguía portátil tiene por objetivo permitir que el visitante pueda hacer el recorrido en el museo sin que sea necesario la presencia de un guía. Es conveniente que se disponga de este tipo de herramienta cuando se tiene la

visita de un solo usuario que puede cómodamente realizar una visita autónoma y a la vez crear un vínculo de interacción con las diferentes zonas del museo.

La comunicación inalámbrica que maneja el dispositivo, permite que el usuario pueda reproducir 45 sonidos de animales que se pueden observar en el Panel de Biodiversidad de la Fauna Ecuatoriana los cuáles podrán ser escuchados ambientalmente gracias a un sistema de altavoces previamente distribuidos e instalados en la sala. Los diferentes nombres de los animales se muestran en la interfaz según el tipo de especie y el sonido puede activarse siempre y cuando el usuario se encuentre cerca del panel. De este modo se puede apreciar las láminas con el gráfico de cada animal y su respectivo sonido.

### 3.5.2 PANTALLAS PRESENTADAS

La pantalla inicial de la interfaz presenta un diseño personalizado propio del Museo de Historia Natural Gustavo Orcés en dónde se pueden observar 5 imágenes de fondo que representan la temática del museo y algunas de sus atracciones.

Las imágenes van cambiando cada 3 segundos en espera de la pulsación del botón inicio. En la Figura 3.10 se puede observar la pantalla inicial de la interfaz y en la Figura 3.11 se observa la misma pantalla con otra imagen de fondo.



**Figura 3.10** Primera pantalla del Dispositivo Audioguía Portátil



**Figura 3.11** Cambio de imágenes de fondo de la pantalla inicial

Al pulsar el botón “Empezar” se despliegan una serie de pantallas las cuales incluyen determinada temática, la misma que está estrechamente relacionada con la disposición de las colecciones y exhibiciones en las salas del museo. En la Figura 3.12 se puede observar la primera pantalla con 4 temas a los que está dedicado el pasillo inicial. Del mismo modo se muestran dos botones, con flechas de “Siguiete” y “Atrás”, las cuales permiten que el usuario navegue por las pantallas que contienen los botones que dan lugar a la reproducción de los audios con la información.



**Figura 3.12** Primera pantalla del dispositivo Audioguía con contenido auditivo

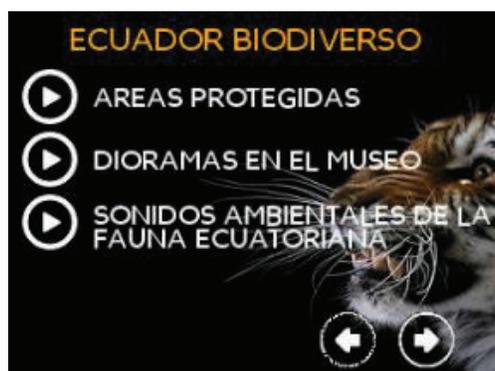
En total son 4 pantallas con los diferentes temas, las mismas que se muestran en detalle en la Tabla 3.1

**Tabla 3.1** Distribución de la temática por pantalla

<b>PRIMERA PANTALLA:</b> EL ORIGEN DEL UNIVERSO	Big Bang
	Sistema Solar
	Desplazamiento de Masas Continentales
	Estratos Geológicos

<b>SEGUNDA PANTALLA:</b> MURAL DE LA EVOLUCIÓN	Bosque Petrificado de Puyango
	Yacimientos Fósiles
	Era del Hielo
	Evolución de Hombre
<b>TERCERA PANTALLA:</b> ECUADOR BIODIVERSO	Áreas protegidas
	Dioramas en el museo
	Sonidos de la Fauna Ecuatoriana
<b>CUARTA PANTALLA:</b> PECERAS Y TERRARIOS	Peceras
	Terrarios

El tercer botón de la tercera pantalla muestra la opción de los Sonidos Ambientales de la Fauna Ecuatoriana, la misma que da lugar a 12 pantallas que abarcan los 45 sonidos a reproducir de manera inalámbrica mediante el audioguía portátil. En la Figura 3.13 se puede observar la pantalla mencionada.



**Figura 3.13** Tercera Pantalla

La lista de animales cuyos sonidos se reproducen ambientalmente en el sistema se muestra en la Tabla 3.2.

**Tabla 3.2** Animales del panel de Biodiversidad de la Fauna Ecuatoriana

MAMÍFEROS		AVES	
Barizo	Tinamú grande	Amazilla andina	
Oso hormiguero	Cormorán Neotropical	Quetzal cabecidorado	
Capibara	Aninga	Martín pescador	

Pacarana	Canclón	Tucán
Lobo de Páramo	Pato torrentero	Gallo de la peña
Oso de Antejos	Espátula rosada	Tirano tropical
Puma	Gavilán campestre	Oropéndola crestada
Jaguar	Rascón Montés	
Lobo Marino	Trompetero	
Tapir	Aguja canela	
Puerco sahino	Guacamayo Rojo y verde	
	Hoazín	
<b>ANFIBIOS</b>	<b>PECES</b>	<b>INVERTEBRADOS</b>
Rana1	Piraña	Medusa
Rana2	Paiche	Lombriz de tierra
Caimán negro	Pez eléctrico	Caracol
Caimán de anteojos	Raya	Pulpo
		Escarabajo
		Mariposa

Al encender los altavoces y el sistema receptor de la comunicación inalámbrica los sonidos empezarán a reproducirse en orden de forma automática por preferencia del personal del museo, que hacen uso de esa funcionalidad cuando se tienen grupos grandes; cuando se elija una opción desde el dispositivo audioguía el sistema deja su lazo de reproducción dando prioridad al mando desde la audioguía.

Al terminar la sección de reproducción de audio ambiental, el usuario puede volver a las pantallas iniciales y terminar el recorrido escuchando por medio de audífonos el resto de información.

En la pantalla final se muestran opciones de volver a la pantalla inicial, ir a la pantalla anterior y apagar el sistema.

### 3.5.3 COMUNICACIÓN INALÁMBRICA XBEE

En algunas situaciones se requiere enviar de manera inalámbrica el estatus de un botón o de un sensor de manera sencilla y confiable, en este proyecto se

necesita enviar un comando de 6 bits de manera inalámbrica y para eso se utilizará la técnica de Line passing que puede ser empleada únicamente con dispositivos Xbee S1. [39]

Esta característica es única de los módulos XBee 802.15.4. La comunicación llamada Line Passing, se puede traducir como técnica de reflejo, en dónde el estado de los pines DIO del Xbee transmisor se puede reflejar en los pines DIO del Xbee receptor respectivamente. En esencia, esta función permite al usuario cambiar el estado de cualquier pin DIO en un dispositivo transmisor y tener el mismo pin en uno o más dispositivos receptores. Esta funcionalidad es una manera fácil de controlar de forma inalámbrica el comportamiento de muchos dispositivos electrónicos. Para realizar este tipo de comunicación es necesario configurar los parámetros mencionados en la Tabla 3.3. mediante el software XCTU de la compañía DIGI.

**Tabla 3.3.** Configuración de parámetros de los Xbee para Modo Espejo [39]

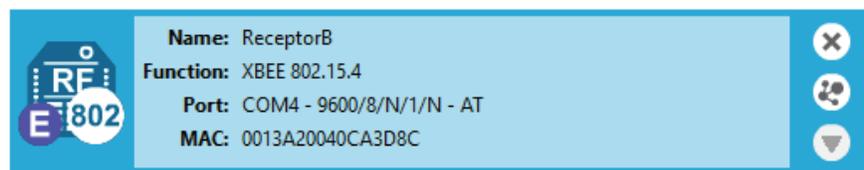
Parámetro	Xbee Transmisor	Xbee Receptor	Efecto
<b>CH</b>	B	B	Define la frecuencia de la comunicación
<b>ID</b>	2015	2015	Define la Red del Xbee
<b>DH</b>	0013A200	-	Define la dirección del destino del dato transmitido. SH del otro radio
<b>DL</b>	SL Xbee Receptor		Define la dirección del destino del dato transmitido. SL del otro radio
<b>MY</b>	FFFF	FFFF	Habilita la recepción de paquetes
<b>NI</b>	TransmisorA	ReceptorB	Define el identificador del Xbee
<b>D0,D1, D2, D3,D4, D5,</b>	DI[3]	DO HIGH[5]	Configura los pines del Xbee TransmisorA como entradas y los pines del Xbee TransmisorB como salidas
<b>IC</b>	3F	---	Configura la transmisión cuando los DIOS 0, 1, 2, 3, 4, y 5 cambien. Número en hexadecimal.

IA	---	SH-SL Xbee Transmisor	Define la dirección del módulo transmisor
----	-----	-----------------------------	---

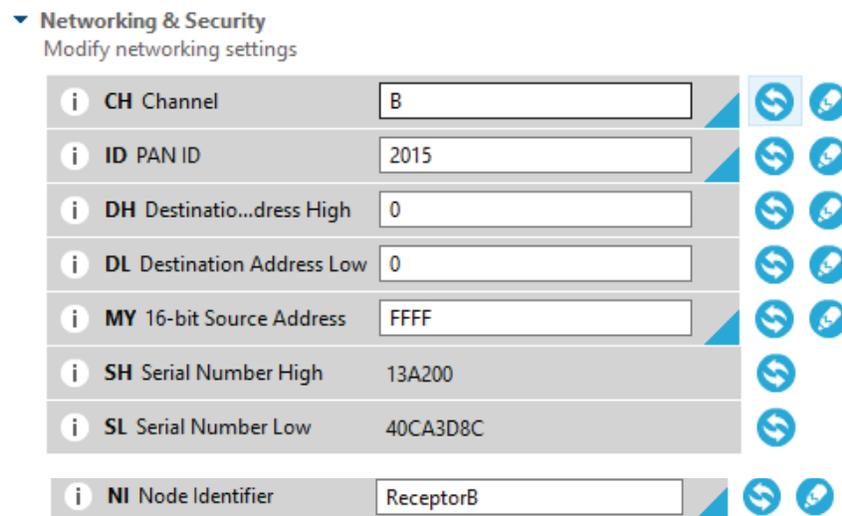
### 3.5.3.1 Configuración del Xbee Receptor en XCTU

En la Figura 3.14 se puede observar en detalle la dirección MAC del Xbee Receptor identificado con el nombre de ReceptorB.

Los parámetros de Seguridad y Redes configurados en el Xbee Receptor A se pueden observar en la Figura 3.15.

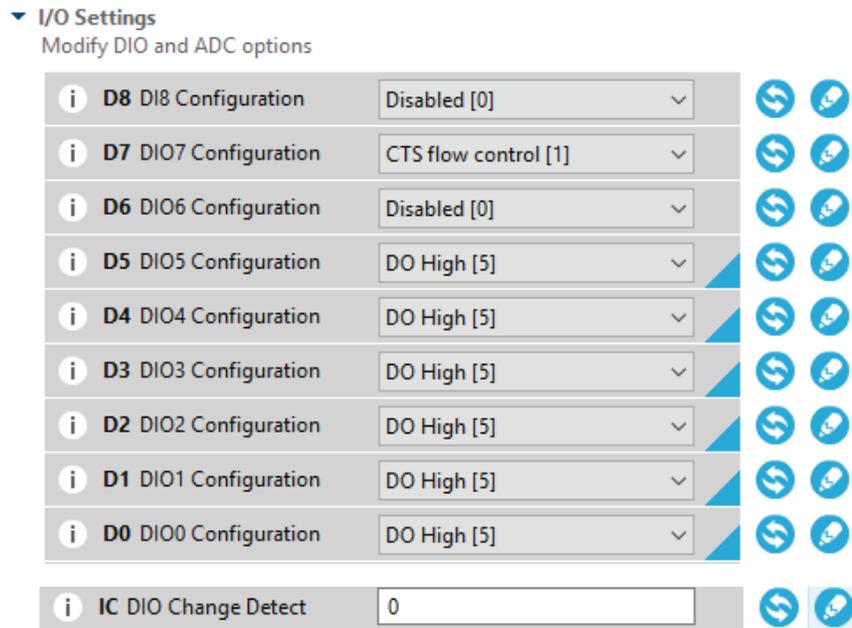


**Figura 3.14** Identificación del Xbee Receptor



**Figura 3.15** Configuración de parámetros de Seguridad y Redes del Xbee Receptor

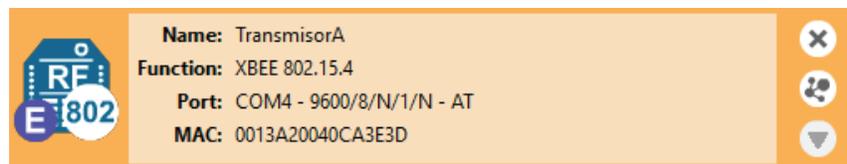
Los parámetros de configuración I/O se muestran en la Figura 3.16. Se pueden apreciar los pines DIO utilizados para el envío de comandos a la tarjeta de audio por medio del Xbee receptor.



**Figura 3.16** Parámetros de Configuración de entradas y Salidas del Xbee Receptor

### 3.5.3.2 Configuración del Xbee Transmisor en XCTU

En la Figura 3.17 se puede observar en detalle la dirección MAC del Xbee Transmisor identificado con el nombre de TransmisorA.



**Figura 3.17** Identificador del Xbee Transmisor

Los parámetros de Seguridad y Redes configurados en el Xbee TransmisorA se pueden observar en la Figura 3.18.

▼ **Networking & Security**  
Modify networking settings

i	<b>CH</b> Channel	<input type="text" value="B"/>	 
i	<b>ID</b> PAN ID	<input type="text" value="2015"/>	 
i	<b>DH</b> Destinatio...dress High	<input type="text" value="13A200"/>	 
i	<b>DL</b> Destination Address Low	<input type="text" value="40CA3D8C"/>	 
i	<b>MY</b> 16-bit Source Address	<input type="text" value="FFFF"/>	 
i	<b>SH</b> Serial Number High	<input type="text" value="13A200"/>	
i	<b>SL</b> Serial Number Low	<input type="text" value="40CA3E3D"/>	
i	<b>MM</b> MAC Mode	<input type="text" value="802.15.4 + MaxStream header"/>	 
i	<b>RR</b> XBee Retries	<input type="text" value="0"/>	 
i	<b>RN</b> Random Delay Slots	<input type="text" value="0"/>	 
i	<b>NT</b> Node Discover Time	<input type="text" value="19"/> x 100 ms 	 
i	<b>NO</b> Node Discover Options	<input type="text" value="0"/>	 
i	<b>NI</b> Node Identifier	<input type="text" value="TransmisorA"/>	 

**Figura 3.18** Configuración de parámetros de Seguridad y Redes del Xbee Transmisor  
 Los parámetros de configuración I/O se muestran en la Figura 3.19 Se pueden apreciar los pines DIO utilizados para el envío de comandos desde la Raspberry Pi al Xbee Transmisor, los cuales serán los encargados de general el comando para activar los sonidos.

▼ I/O Settings  
Modify DIO and ADC options

i	D8 DI8 Configuration	Disabled [0]	↺ ↻
i	D7 DIO7 Configuration	CTS flow control [1]	↺ ↻
i	D6 DIO6 Configuration	Disabled [0]	↺ ↻
i	D5 DIO5 Configuration	DI [3]	↺ ↻
i	D4 DIO4 Configuration	DI [3]	↺ ↻
i	D3 DIO3 Configuration	DI [3]	↺ ↻
i	D2 DIO2 Configuration	DI [3]	↺ ↻
i	D1 DIO1 Configuration	DI [3]	↺ ↻
i	D0 DIO0 Configuration	DI [3]	↺ ↻
i	PR Pull-up Resistor Enable	FF	↺ ↻
i	IU I/O Output Enable	Enabled [1]	↺ ↻
i	IT Samples before TX	1	↺ ↻
i	IC DIO Change Detect	3F	↺ ↻
i	IA I/O Input Address	FFFFFFFFFFFFFF	↺ ↻

**Figura 3.19** Parámetros de Configuración de entradas y Salidas del Xbee Transmisor

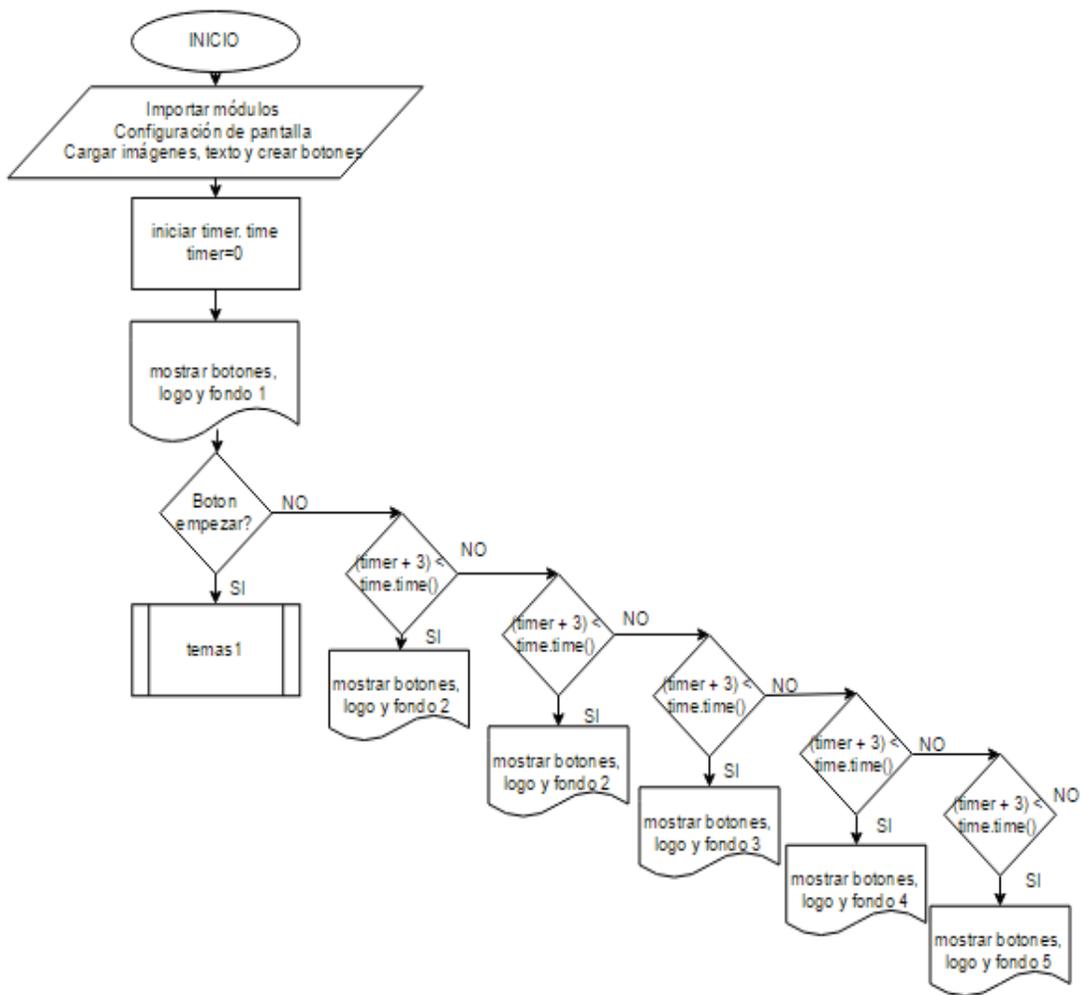
### 3.5.4 DIGRAMAS DE FLUJO DE LOS PROGRAMAS DE CONTROL

Los diagramas de Flujo de los programas implementados en el dispositivo audioguía detallan el esquema de algoritmo utilizado para realizar el HMI.

El diagrama de flujo del programa principal se muestra en la Figura 3.20.

Cuando se presiona el botón “Empezar” se llama a la librería Temas, creada para organizar de mejor manera los títulos de los audios dependiendo del botón que se presiones.

En el diagrama de flujo de la Figura 3.21 se muestra la estructura del programa Temas, en el mismo se detalla el funcionamiento de los botones que dan paso a la reproducción de los audios.



**Figura 3.20** Diagrama de Flujo del Programa Principal del HMI del audioguía

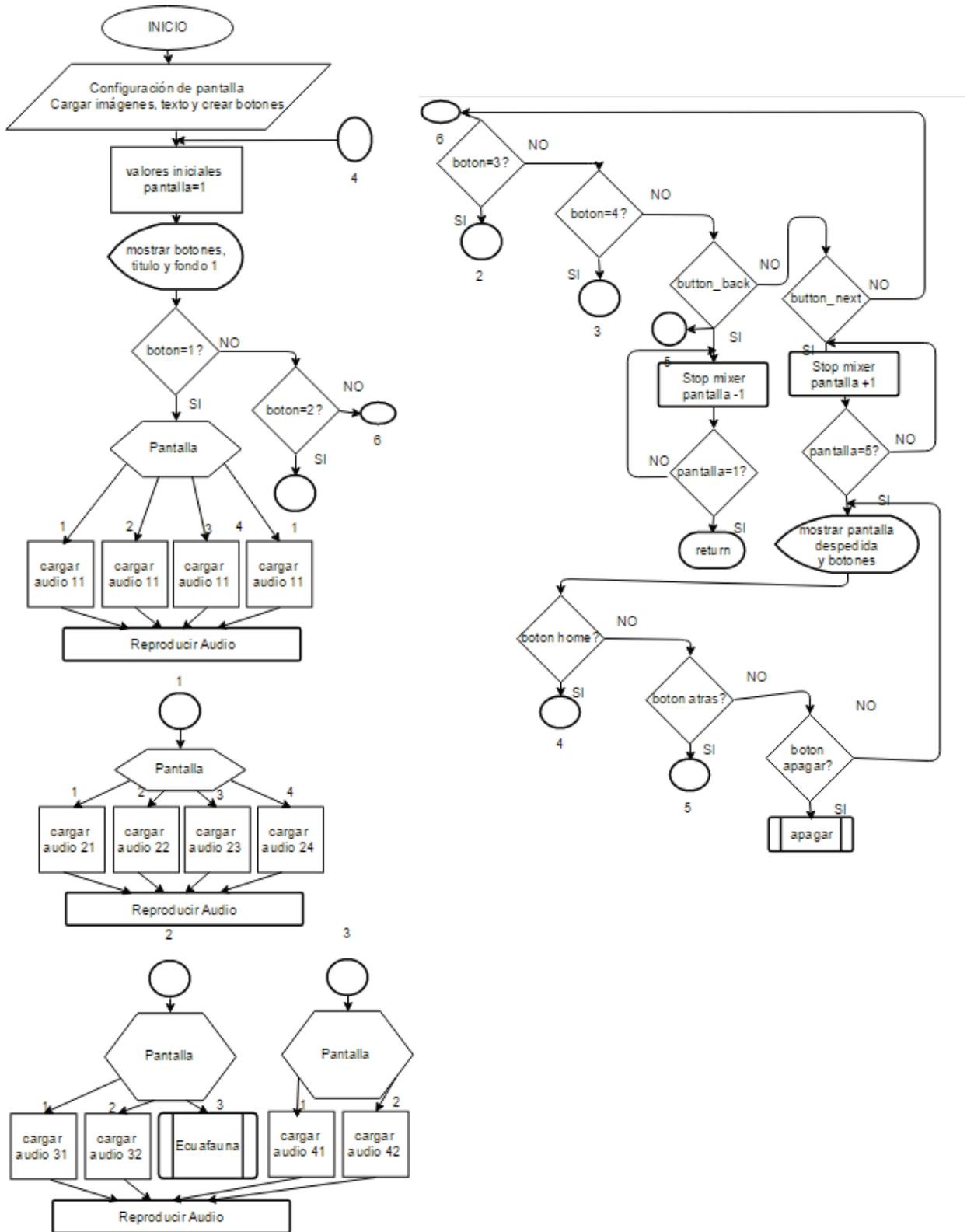


Figura 3.21 Diagrama de Flujo del Programa de temas de la audioguía

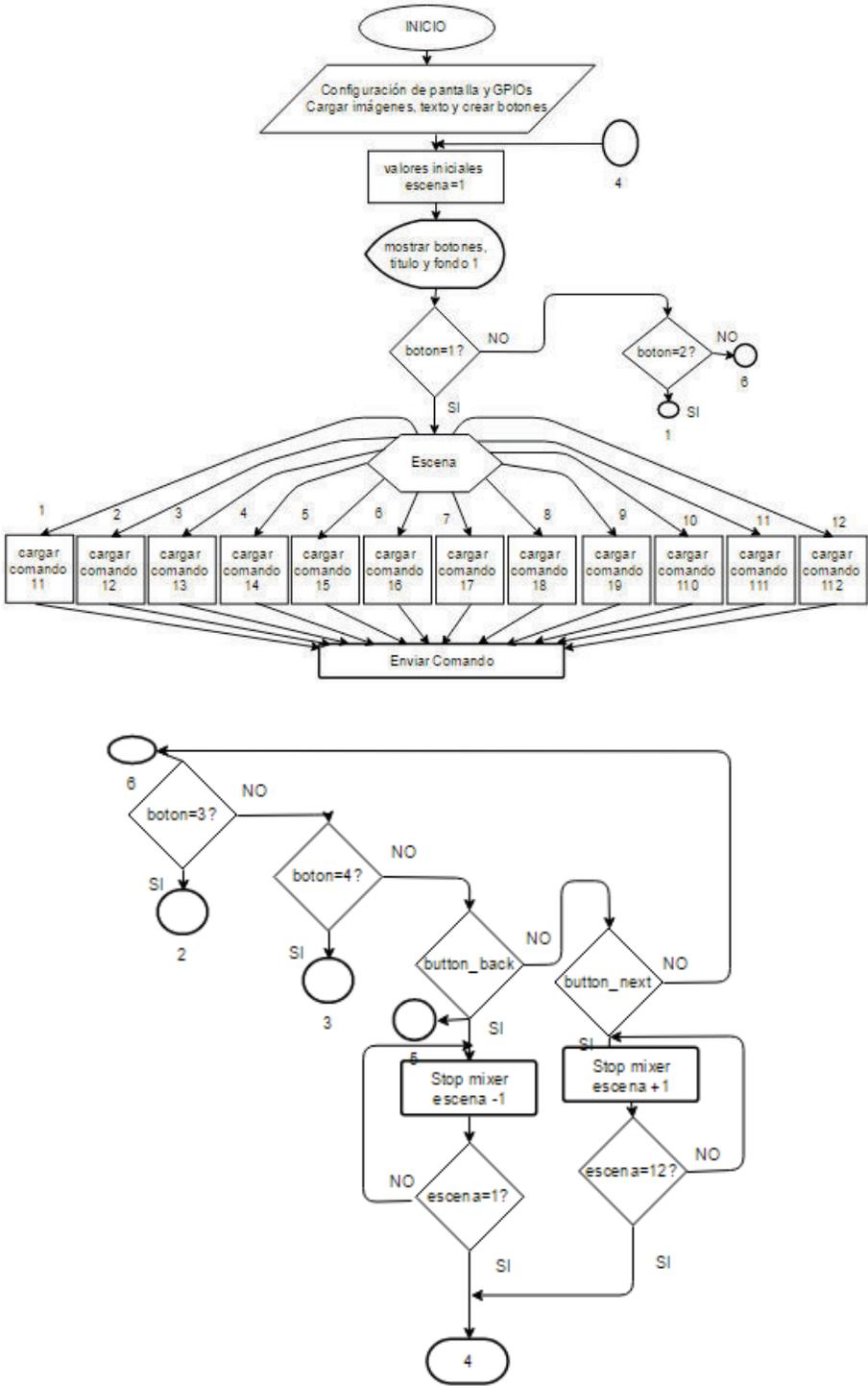
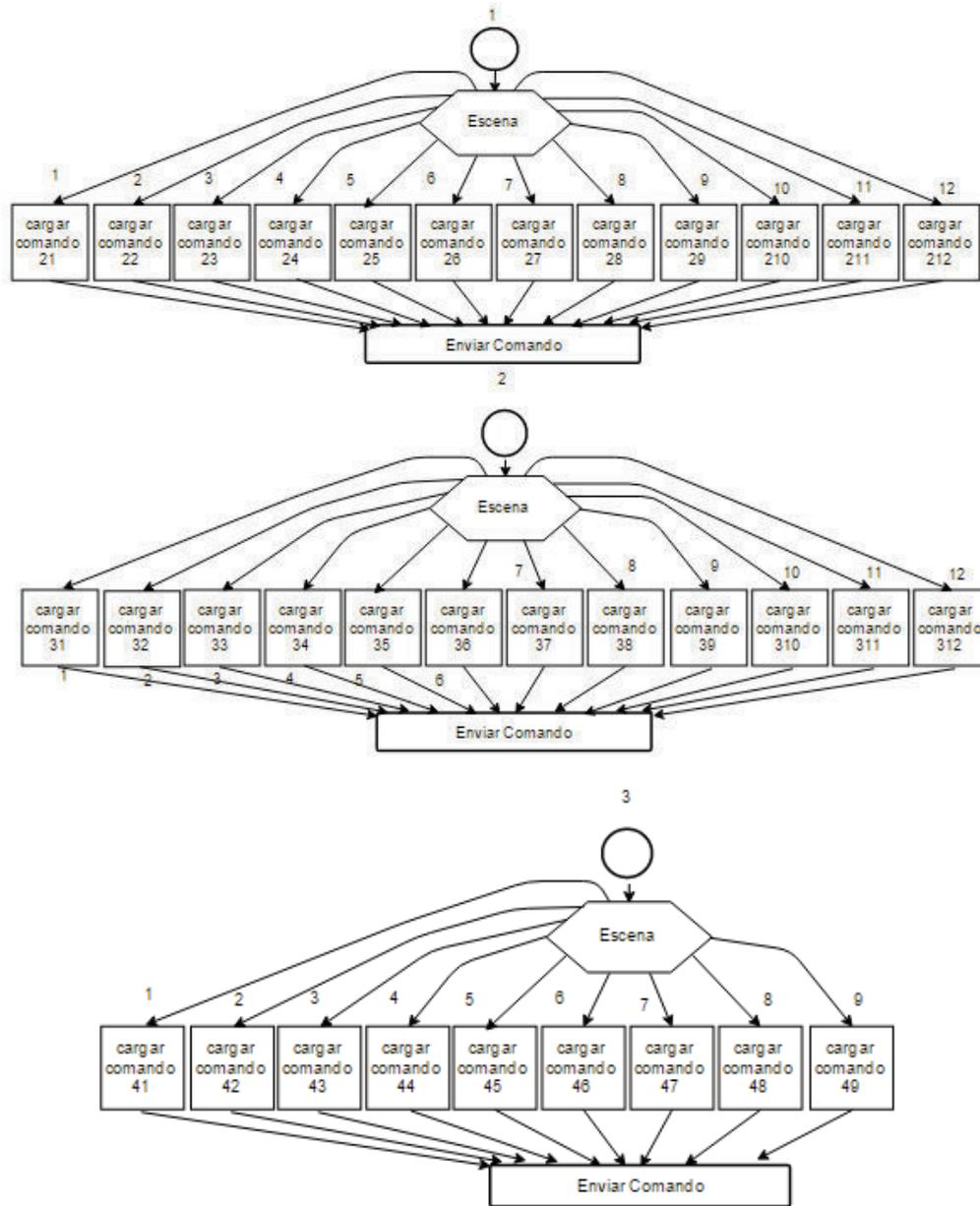


Figura 3.22 Diagrama de Flujo del Programa ecuafauna de la audioguía



**Figura 3.23** Continuación del diagrama de Flujo del Programa ecuafaua de la audioguía

## **CAPÍTULO 4**

### **PRUEBAS Y RESULTADOS**

#### **4.1 PRUEBAS Y RESULTADOS DE DESEMPEÑO DEL SISTEMA AUDIOVISUAL FIJO**

Las pruebas realizadas durante el desarrollo del proyecto permitieron realizar una serie de mejoras para poder obtener un sistema con el mejor rendimiento posible, y que el mismo represente soluciones a muchos de los problemas que se tenían con anteriores sistemas implementados.

##### **4.1.1 MOVIMIENTO EN EL JUEGO BIG BANG**

Después de implementar el sistema y hacer las pruebas del juego en la LCD de 40 pulgadas, se pudo apreciar que el sistema responde más lento entre más grande sea la pantalla, para la cual se debió realizar ajustes en el programa para obtener una respuesta adecuada para la resolución utilizada. Del mismo modo se puede ver que cada imagen deja una estela cuando se realiza un movimiento ya sea hacia la derecha o hacia la izquierda, lo que sucede cuando se utiliza una imagen de fondo que no corresponde con la resolución, error que se soluciona modificando el tamaño de las imágenes, de manera que se ajuste a la pantalla de visualización.

##### **4.1.2 FUENTES UTILIZADAS**

El ingreso del texto se puede realizar fácilmente mediante el módulo que ofrece pygame con estos fines, pero al momento de implementar se puede observar que el programa no reconoce el uso de tildes, apareciendo en su lugar un carácter extraño para lo cual es conveniente desarrollar el programa utilizando mayúsculas para evitar estos fallos en el despliegue de los caracteres. Es necesario tener cuidado con el uso de algunos símbolos con los que ocurre el mismo problema y así presentar el mejor diseño de interfaz.

### 4.1.3 REPRODUCCIÓN DE VIDEOS

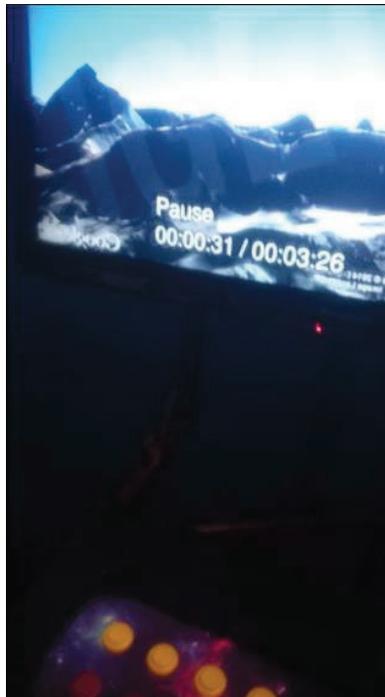
Para la reproducción de videos se hizo las primeras pruebas de reproducción utilizando el módulo de reproducción de videos de pygame, que maneja un formato MPEG1, pero la calidad que ofrece ese formato no entrega los resultados esperados, para lo cual es conveniente utilizar el módulo Omxplayer Wrapper el cual puede cargar y reproducir formatos MP4 en HD, lo que representa una ventaja significativa en sistemas de entretenimiento. En la Figura 4.1 se puede observar la calidad HD de uno de los videos a reproducir en la interfaz.



**Figura 4.1** Video reproducido en la interfaz audiovisual del sistema fijo

#### 4.1.3.1 Botones de detener y pausar

Cuando se prueba el control de los botones de reproducción, se nota que existe un rebote en el pulsador para pausar, de modo que es necesario colocar un capacitor cerámico de 10.000pF lo que soluciona el inconveniente y permite que el sistema responda de la forma esperada. Al momento de pausar, se puede apreciar en la pantalla el tiempo de reproducción en el que se hizo la pausa como se muestra en la Figura 4.2, y la duración total del video; al volver a oprimir el botón de pausa, el video continúa su reproducción.



**Figura 4.2** Pausa del Video en reproducción

#### **4.1.3.2 Sistema de altavoces**

En las pruebas de sonido, se pudo comprobar el correcto funcionamiento de los altavoces previamente instalados, pero se puede apreciar una mejor presentación cuando se utilizan el conector HDMI, ya que permite centralizar el audio en el lugar exacto, sin interrumpir la visita de otros usuarios que se encuentran en zonas aledañas.

El personal del museo, podrá elegir la salida de audio conveniente a la presentación según el público o el programa que se realice.

#### **4.1.4 RESULTADOS**

El sistema implementado muestra un funcionamiento que abarca todo el alcance planteado para el proyecto y se encuentra funcionando correctamente, el cuál puede estar sujeto a cambios según las exigencias del museo, en cuanto a la información científica que muchas veces debe ser actualizada.

Los juegos y videos, se muestran de forma llamativa debido al diseño de la interfaz que busca siempre tener la completa atención de los visitantes, además de crear un vínculo entre el entretenimiento y el aprendizaje.

## 4.2 PRUEBAS Y RESULTADOS DE DESEMPEÑO DEL SISTEMA AUDIOGUÍA PORTÁTIL

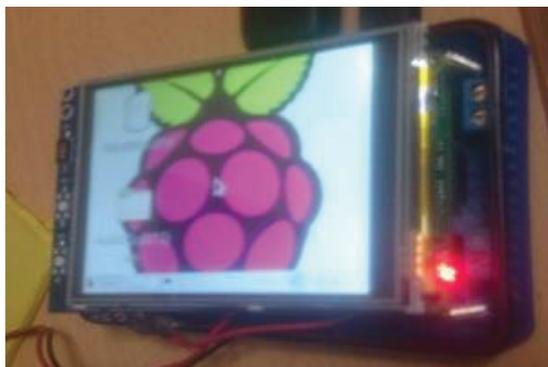
Las pruebas de funcionamiento del sistema audioguía portátil fueron realizadas por componente para dar lugar a la prueba del sistema completo.

Fue necesario hacer uso de herramientas computacionales que permitan facilitar el desarrollo del proyecto y la correcta configuración de algunos de los sistemas involucrados como es el caso de la instalación del driver de funcionamiento de la pantalla táctil utilizada.

### 4.2.1 PANTALLA TÁCTIL

Los drivers que se encontraban en la página web del fabricante tenían fallos y resultaban confusos de modo que su instalación tuvo inconvenientes y en primera instancia no se tuvo respuesta en la pantalla al arranque del sistema pero gracias a la conexión SSH se pudo corregir el error y realizar nuevamente la instalación del driver correspondiente, el cuál fue actualizado y corregido por el fabricante.

Cuando se enciende el mini ordenador Raspberry Pi, se pudo observar que la pantalla se ajustaba de forma correcta a los límites del táctil y respondía al toque sin necesidad de configuración adicional. En la Figura 4.3 se puede observar la pantalla encendida sin la carcasa superior, lo que también nos permite entender que el funcionamiento de la batería es el adecuado y del mismo modo la capacidad de corriente de la misma abastece a la pantalla que es la carga que mayor consume entre los componentes del dispositivo.



**Figura 4.3** Pausa del Video en reproducción

## 4.2.2 TIEMPO DE AUTONOMÍA

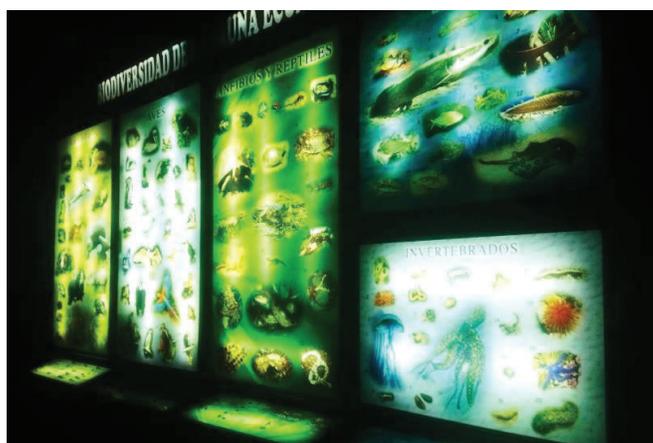
Para realizar las pruebas de autonomía del dispositivo audioguía portátil se puso en funcionamiento el mismo, realizando varias tareas como son: la reproducción de audio, la comunicación y también se dejó el sistema en la pantalla principal durante un tiempo de 2 horas y 3 minutos lo que resulta ser una buena respuesta para la aplicación que desempeña el dispositivo. Después de ese tiempo la batería activo la desconexión que la protege de sobre descarga y se cortó la alimentación de la misma.

## 4.2.3 COMUNICACIÓN INALÁMBRICA

Cuando se establece la comunicación inalámbrica es necesario comprobar el funcionamiento según varios parámetros que permiten determinar la eficiencia de los dispositivos inalámbricos utilizados. Por esta razón se realizaron pruebas de alcance y velocidad de respuesta las cuales se analizan a continuación

### 4.2.3.1 Alcance del Xbee

Al momento de establecer la conexión entre el dispositivo audioguía portátil y la tarjeta de audio acoplada al Xbee receptor, se realizó pruebas de respuesta variando la distancia de comando, lo que permitió saber que se puede lograr la comunicación a lo largo del Panel de Biodiversidad de Fauna ecuatoriana sin ningún inconveniente el mismo que se muestra en la Figura 4.8. Esa distancia abarca como mínimo 5m, y es el espacio suficiente en dónde se debe establecer la comunicación de los Xbees en la aplicación de dispositivo audioguía.



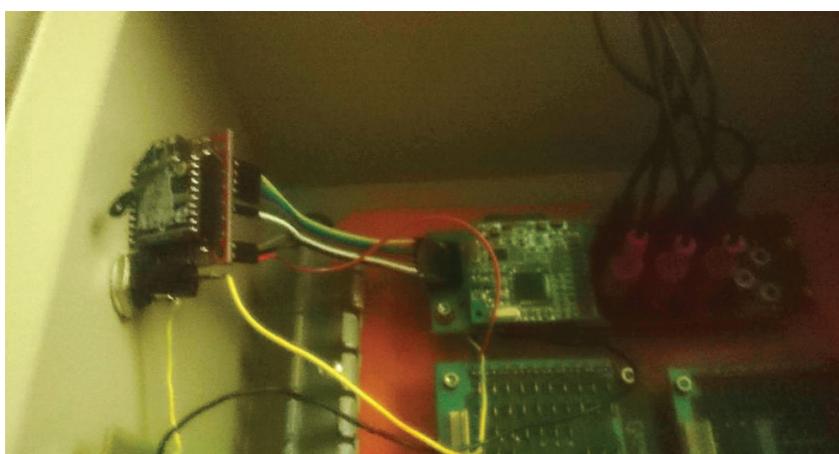
**Figura 4.8** Panel de Biodiversidad de Fauna Ecuatoriana

#### 4.2.3.2 Velocidad de respuesta del Xbee

La respuesta de los Xbees según la pulsación del audio correspondiente en la interfaz del audioguía portátil es **inmediata**, y no mostró ningún inconveniente causado por interferencias u obstáculos en la línea de vista demostrando su eficiencia en este tipo de aplicaciones.

#### 4.2.3.3 Ubicación y conexión del Xbee receptor

En la Figura 4.9 se puede visualizar la conexión directa del Xbee a las entradas de la tarjeta de audio, cuyas salidas son los conectores RCA que se envían al sistema de altavoces que estaba previamente implementado en el museo.



**Figura 4.9** Conexión del Xbee Receptor a la Tarjeta de Audio

En la parte lateral de la caja que alberga los componentes antes mencionados se encuentra un interruptor que da lugar a la energización del circuito, el mismo que funcionaba correctamente pero con el pasar de los años un par de cables se vieron deteriorados lo que no permitía tener una alimentación constante de energía al sistema. Por esta razón se reemplazó por cables nuevos los terminales de la fuente dando con la solución del mencionado problema.

En la Figura 4.10 se puede apreciar con más claridad que la tarjeta de audio junto con el dispositivo Xbee se encuentran dispuestos en una caja metálica detrás de la pared sobre el que se muestra el Panel de la Fauna Ecuatoriana.

Al probar la comunicación del dispositivo audioguía se pudo notar que no existía ningún inconveniente por la presencia de estos obstáculos en la línea de vista, pero si causan la disminución del alcance, que no significó mayor problema ya

que la comunicación se podía realizar a lo largo de todo el panel, lo que se ajustaba al objetivo del proyecto.



**Figura 4.10** Sistema de Audio ambiental

#### 4.2.3.4 Sistema de Altavoces

El sistema de altavoces, previamente instalado en el museo permite la reproducción de los sonidos del Panel de Biodiversidad de la Fauna Ecuatoriana con el cuál se puede configurar la salida de los sonidos, en tono, color, sonidos bajos, altos entre otros. En la Figura 4.11 se puede apreciar el módulo ubicado en la parte trasera del panel, el mismo que no es visible para los visitantes.



**Figura 4.11** Sistema de control de altavoces o parlantes

Se pudo comprobar el correcto funcionamiento de los altavoces que a pesar de los años se halla en perfectas condiciones. Es conveniente encender los altavoces antes del circuito receptor de modo que se reproduzcan los sonidos inmediatamente energizado el sistema caso contrario el primer sonido resultará incompleto.

Fue necesario modificar la configuración de sonidos de los altavoces ya que se hallaban demasiado agudos, lo que mejoró la sonoridad de los mismos.

#### 4.2.4 RESULTADOS

El Dispositivo audioguía portátil funciona correctamente y muestra una interfaz llamativa y personalizada para el uso de los visitantes sin ser necesario la compañía de un guía. Presenta todas sus pantallas con fondos de imágenes representativas del museo lo que permite la vinculación visual del objeto y las colecciones y objetos que se presentan en las respectivas salas. Del mismo modo se pudo conectar los audífonos comprobando que el sonido es claro y la información es la correcta de acuerdo a las observaciones de los guías del museo.

### 4.3 LISTA DE ELEMENTOS Y COSTO

En la Tabla 4.2 se pueden observar el costo de los elementos que se adquirieron para el desarrollo del proyecto, cabe recalcar que muchas de los componentes utilizados fueron reutilizados de proyectos anteriores por lo tanto no representaron ningún valor adicional.

**Tabla 4.1** Lista de elementos con su respectivo costo.

Elementos	Número	Costo por Unidad en USD	Costo Total en USD
<b>Trabajo de Ingeniería</b>	320 horas	7	2240
<b>Raspberry Pi 2</b>	2	70	140
<b>Pantalla TFT</b>	1	35	35
<b>XbeeS1</b>	2	25	50
<b>Xbee Explorer</b>	1	25	25

<b>Xbee Serial</b>	1	15	15
<b>Circuito Medición de Nivel de batería</b>	1	10	10
<b>Circuito Elevador</b>	1	5	5
<b>Módulo de Carga</b>	1	17	17
<b>Batería Lipo</b>	1	21	21
<b>Botones extra tipo arcade</b>	2	2	4
<b>Dispositivos electrónicos</b>	1 set	10	10
<b>Impresión 3D</b>	1	6	6
<b>Total</b>			2628

## CAPÍTULO 5

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 CONCLUSIONES

- Los objetivos planteados en el proyecto se cumplieron en su totalidad, del mismo modo sus alcances y demás sugerencias recibidas por parte del personal del Museo de Historia Natural Gustavo Orcés V.
- Mediante el estudio de una variedad de Software de desarrollo de Interfaces se pudo llegar a las que resultaron más convenientes en el proyecto como lo es Python, y sus módulos para programación de juegos y reproducción de videos: Pygame y Omxplayer Wrapper. Así se pudo llegar a obtener un resultado que cumplió las expectativas de la entidad que financió el proyecto: el Museo de Historia Natural Gustavo Orcés V.
- Gracias al bajo consumo que tienen los ordenadores de placa reducida se logra un ahorro de energía considerable que aporta con la cultura ambiental que maneja el Museo, el cuál siempre está empeñado en contribuir con la sensibilización y concientización de la comunidad en pro del medio ambiente.
- Los sistemas audiovisuales son medios directos de interacción con los usuarios que visitan los museos que existen alrededor del mundo, y estos avanzan junto con la tecnología a pasos agigantados razón por la cual siempre están en desarrollo en busca de innovar el entorno mediante el entretenimiento.
- Con la implementación de un dispositivo audioguía portátil se refuerzan las herramientas informativas y educativas del Museo, pudiendo el visitante realizar una visita autónoma sin la presencia de un guía.
- Las audioguías comerciales que permiten la carga de contenido informativo para realizar las visitas en museos cumplen con su función pero no tienen un diseño personalizado ni se pueden utilizar con fines interactivos como lo es el dispositivo audioguía portátil diseñado en el

presente proyecto lo que lo hace único y aporta en gran medida en el desarrollo de los dispositivos electrónicos utilizados con fines educativos.

- Los ordenadores de placa reducida representaron el centro de desarrollo del proyecto por lo que se pudieron demostrar sus capacidades y su desempeño brindando grandes ventajas en cuanto a tamaño, costo y estabilidad
- La construcción de un dispositivo portátil implica considerar varios sistemas que puedan dar autonomía a su funcionamiento y también un diseño que resulte cómodo para quien porte el dispositivo por esta razón se consideraron varias etapas en donde se incluyen diversos circuitos que permiten llevar a cabo el funcionamiento del sistema completo.
- La optimización de los recursos para el cumplimiento de una tarea en específico representa una de las más grandes ventajas de los ordenadores de placa reducida como es el caso de la Raspberry Pi que a más de ser un computador en dónde puede crearse un entorno gráfico, puede pasar a ser el actuador gracias a sus salidas y entradas digitales de propósito general GPIO.
- Los diversos modos de funcionamiento de los módulos de comunicación inalámbrica Xbee deben ser considerados en el diseño de un proyecto en dónde debe emplearse el que resulte más conveniente, ya que hay muchas aplicaciones que no ameritan comunicación serial si no una conexión inalámbrica de paso de datos en modo espejo como se realizó en el presente proyecto.
- Mediante las pruebas de funcionamiento del sistema se hizo posible una serie de mejoras que posibilitaron el correcto funcionamiento de los sistemas que se implementaron.

## 5.2 RECOMENDACIONES

- El tamaño de las audioguías es un parámetro muy importante al momento de diseñar un dispositivo de este tipo, y es recomendable que no se exceda en peso ni dimensiones, ya que debe considerarse que debe ser llevado durante todo el recorrido del museo.
- Los ordenadores de placa reducida que se pueden encontrar hoy en día, poseen cada día más características y mejores capacidades en cuanto a procesadores pero aun así es recomendable utilizar el que mejor se adapte a la aplicación, que por lo general es única, de modo que no se subutilice el miniordenador.
- Los audios y demás información, así como el material gráfico utilizado en la programación de las mismas son recursos que se recomienda sean proporcionados y supervisados por el personal del Museo ya que ellos son los que poseen la experiencia en cuanto a la interacción con el visitante.
- La información así como el material que se utiliza en los sistemas implementados requieren una apropiada actualización según los cambios científicos o ambientales que se susciten con el pasar del tiempo por eso se recomienda programar las interfaces de modo que puedan ser accesibles para el respectivo mantenimiento.
- Los medios audiovisuales que se utilizan en el desarrollo del proyecto deben tener información que esté acorde con el enfoque que maneja el Museo, por eso es recomendable que se sometan a un análisis por los profesionales correspondientes de modo que el público reciba la información de forma acertada.
- Se recomienda utilizar los medios electrónicos que permitan obtener un dispositivo ergonómico, por esta razón se utilizan placas diseñadas con

elementos SMD que requieren un espacio mínimo además de desempeñar sus funciones de forma eficiente.

- Una de las mejoras que se podrían realizar en el dispositivo audioguía sería el añadir un lector de código QR de modo que se pueda acceder a los audios correspondientes a las áreas según el recorrido del visitante.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] E. Guerrón. (2016, Jul.). Varios Museos de Quito preparan dos rutas especiales para festejar el día Nacional de la Cultura. [En línea]. Available: <http://www.andes.info.ec/es/noticias/varios-museos-quito-preparan-dos-rutas-especiales-festejar-dia-nacional-cultura.html>.
- [2] Escuela Politécnica Nacional. (2016). Dioramas-Paleontología, [En línea]. Available: <http://www.epn.edu.ec/dioramas-paleontolog%C3%ADa/>.
- [3] Electrónica Galán. (2014, Ene.). Audioguías Automáticas para museos EG3. [Online]. Available: <http://www.electronicagalán.com/audio-guias-automaticas-para-museos/851-audio-guias-automaticas-para-museos-eg3.html>.
- [4] Call&talk. (2013). Reproductor Audioguía modelo AV100. [Online]. Available: <http://www.audioguias-bluehertz.es/audioguia-reproductor-AV100.html>.
- [5] Educa Thyssen. (2015). Recursos Educativos Nubla de Game. [Online]. Available: [http://www.educathyssen.org/nubla\\_the\\_game](http://www.educathyssen.org/nubla_the_game).
- [6] C. M. Gamarra. (2014, Jul.). Microcomputadoras. [Online]. Available: <https://prezi.com/pfeto9hwtx2d/microcomputadoras-mini-pcs/>.
- [7] J. Durán. (2015, Ene 6). Raspberry Pi Primeros pasos. [Online]. Available: <https://www.somosbinarios.es/raspberry-pi-1-primeros-pasos/>.
- [8] N. Davila. (2015, Feb.). Que el límite sea la imaginación. [Online]. Available: <https://codigofacilito.com/articulos/que-el-limite-sea-la-imaginacion-raspberry-banana-inten-y-mas>.
- [9] B. Reichert. (2014, Oct). Banana Pro Lemaker. [Online]. Available: <http://www.opendisplaycase.com/product/p/banana-pro.html>.
- [10] Orange Pi. (2016). What's Orange Pi Plus. [Online]. Available: <http://www.orange-pi.org/>.
- [11] Raspberry pi Foundation. (2014). Raspberry Pi Hardware. [Online]. Available: <https://www.raspberrypi.org/documentation/hardware/raspberrypi/>.
- [12] Raspberry Pi Shop. (2013). Raspberry Pi Hardware. [Online]. Available: <http://www.raspberrypi-shop.es/>.
- [13] Raspberry Pi Stack Exchange. (2015, May.). Raspberry Pi. [Online]. Available: <http://raspberrypi.stackexchange.com/questions/47088/help-to-build-mini-pci-e-add-on-card-for-raspberry-pi-2>.

- [14] Informática moderna. (2014). La pantalla TFT. [Online]. Available: [http://www.informaticamoderna.com/Pantalla\\_TFT.htm](http://www.informaticamoderna.com/Pantalla_TFT.htm).
- [15] Waveshare. (2015). 3.2inch RPi LCD (B), 320×240. [Online]. Available: <http://www.waveshare.com/3.2inch-rpi-lcd-b.htm>.
- [16] Thayer Ojeda L. (2012, Feb 26). ¿Qué es Xbee?. [Online]. Available: <http://xbee.cl/que-es-xbee/>.
- [17] A. Unal. (2011, Mar.). Ingeniería Aplicada Al área de mecatrónica, con el fin de realimentar las competencias y conocimientos. [Online]. Available: <http://alvarounal.blogspot.com/2011/10/modulos-xbee-parte1.html>.
- [18] J. Figueroa. (2014, Mar 17). Teoria y Programacion Modulos XBEE. [Online]. Available: <https://es.scribd.com/doc/58980339/Teoria-y-Programacion-Modulos-XBEE>.
- [19] L. Gomez. (2012, Feb). Xbee y arduino. [Online]. Available: <https://hangar.org/webnou/wp-content/uploads/2012/01/Capsulab081.pdf>.
- [20] Realfinetime electronics. (2012). Funny Electronics. [Online]. Available: <http://www.learnerswings.com/2014/05/xbee-1mw-wire-antenna-series-1.html>.
- [21] HoneyWell. (2010). MicroSwitch LS. [Online]. Available: <http://sensing.honeywell.com/honeywell-sensing-micro-switch-ls-limit-product-sheet-002403-1-en.pdf>.
- [22] Relaxate, (2009, Ago.). Tutorial microswitchs en botones y joystick de Arcade. [Online]. Available: <https://www.relaxate.com/contenido-informacion-retro/tutorial-microswitchs-botones-joystick-arcade>.
- [23] C. Pro. (2011, Abr.). Game controllers for the Ipad. [Online]. Available: <http://www.diablo944.co.uk/icademod.htm>.
- [24] WordPress. (2012). Baterías de litio. [Online]. Available: <http://bateriasdelitio.net/>.
- [25] C. Pereza. (2014, Jun.). Baterías Litio, mito y verdades. [Online]. Available: <http://www.xatakamovil.com/varios/baterias-tipos-mitos-y-verdades-ii>.
- [26] Octopart. (2012). Datasheet LP-503562-1S-3. [Online]. Available: <http://datasheet.octopart.com/LP-503562-IS-3-BAK-Industries-datasheet-12495847.pdf>.
- [27] Shouding. (2013). SDB628. [Online]. Available: [http://hfdx.at.ua/\\_fr/7/SDB628.pdfhf](http://hfdx.at.ua/_fr/7/SDB628.pdfhf).

- [28] KushagraLM324. (2006). LM324 Datasheet. [Online]. Available: <http://www.engineersgarage.com/electronic-components/lm324n-datasheet>.
- [29] AutoDesk. (2016). Fusion 360. [Online]. Available: <http://www.autodesk.com/products/fusion-360/overview>.
- [30] B. Hosting (2011). Welcome to Raspbian. [Online]. Available: <https://www.raspbian.org/>.
- [31] Code Academy. (2016, Ene.). Python. [Online]. Available: <https://www.codecademy.com/es/learn/python>.
- [32] Pygame. (2014). Pygame. [Online]. Available: <http://www.pygame.org/hifi.html>.
- [33] M. B. C. W. F. L. N. T. D. H. Enrico Tröger. (2016, Feb.). Welcome. [Online]. Available: <https://www.geany.org/>.
- [34] W. Price. (2015). Omxplayer-wrapper. [Online]. Available: <https://github.com/willprice/python-omxplayer-wrapper>.
- [35] Wikipedia. (2016). Clase informática. [Online]. Available: [https://es.wikipedia.org/wiki/Clase\\_\(inform%C3%A1tica\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Clase_(inform%C3%A1tica)).
- [36] Pygame. (2016). Pygame.image, [Online]. Available: <http://www.pygame.org/docs/ref/image.html>.
- [37] Tips Raspberry. (2014, Feb.). GPIO en Python. [En línea]. Available: <http://tipsraspberrry.blogspot.com/2014/02/gpio-entradas-y-salidas-en-python.html>.
- [38] N. T. P. A. Corp. (2012, Feb.). Módulo Cargador de Batería Li-ión LiPo Mini USB TP4056. [En línea]. Available: <https://dlnmh9ip6v2uc.cloudfront.net/datasheets/Prototyping/TP4056.pdf>.

## **ANEXOS**

## **ANEXOS A**

### **MANUAL DE USUARIO**

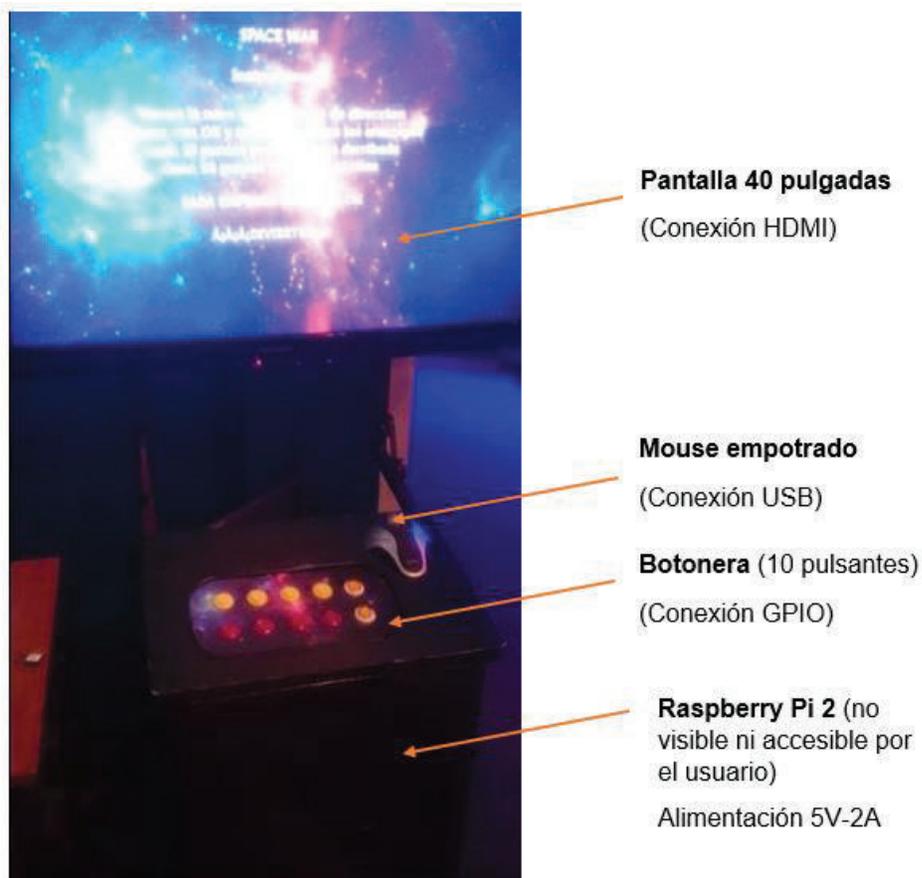
En el siguiente manual se explica en detalle el manejo de los sistemas audiovisuales implementados en el Museo de Historia Natural Gustavo Orcés V. El sistema audiovisual fijo, está montado en la sala inicial del museo en un pedestal diseñado para estos fines, el cuál se encuentra encendido de lunes a viernes de 08h00 a 12h30 y de 13h30 a 16h30. Por otro lado, el sistema audioguía portátil, queda en manos del personal del museo y son los encargados de cargar el dispositivo cuando sea necesario.

#### **A.1 SISTEMA AUDIOVISUAL FIJO**

Para poder hacer uso del sistema fijo desarrollado en este proyecto, es menester conocer los componentes constitutivos del mismo. Por esta razón se realiza una pequeña descripción de los componentes a continuación:

El sistema fijo está esencialmente conformado por lo siguiente:

- El ordenador de placa reducida (Raspberry Pi 2), el cual incluye disipadores y ventilador.
- Una pantalla LCD de 40 pulgadas para la visualización
- Una botonera junto con un mouse para la interacción del usuario. En la siguiente imagen se detalla.
- Un mouse de selección
- Parlante



**Figura A.1** Sistema audiovisual fijo implementado

Para empezar a disfrutar del sistema implementado, es necesario seguir los siguientes pasos:

1. Constatar la correcta conexión de la fuente de alimentación de los componentes.

**Pantalla:** Alimentación 120V Alterna

**Raspberry Pi 2:** Alimentación 5V Continua

2. Encender la pantalla.
3. Encender el sistema mediante un switch de encendido colocado en la parte posterior del pedestal.

De este modo se podrá visualizar la pantalla de inicio de la interfaz del sistema fijo como se ve en la figura siguiente, en donde se presentan cinco botones para seleccionar. Tres de ellos son para la reproducción de videos, y dos para el acceso a los juegos didácticos cuya temática es el Origen del universo, las galaxias y la formación del sistema solar.

Los videos que se muestran están sujetos a cambios, de acuerdo con las necesidades del personal de museo y las actividades que desarrollen. De igual manera se pueden actualizar los mismos si es que existiese algún cambio científico.



**Figura A.2** Pantalla de inicio del sistema audiovisual fijo

Con el mouse de selección, el usuario puede elegir entre las opciones detalladas previamente.

#### A.1.1 VIDEOS

Si la elección es uno de los videos, se reproducirá en pantalla completa y el usuario puede detener el video o pausarlo gracias a dos pulsantes que se encuentran en la botonera. Los botones están ubicados en la parte derecha y se pueden identificar por el color amarillo transparente y sus respectivos símbolos.

-Si se presiona **DETENER**: el video sale de pantalla completa y se regresa al menú principal.

- Si se presiona **PAUSAR**: el video marca el tiempo en el que se quedó en espera. Si se presiona Pausa de nuevo, el video continúa.

Si la selección es uno de los juegos, la pantalla presentará el respectivo en su salida

## A.1.2 JUEGOS

### ***Juego Big Bang***

La antesala del juego es una pantalla de instrucciones las cuáles el usuario debe leer para que entienda el funcionamiento del juego, una vez hecho esto, se presiona el botón Ok, para empezar el juego.

Para controlar el juego, en la botonera se establecen 2 botones con los cuales el usuario puede realizar el movimiento horizontal de la nave jugadora. Otros dos botones son utilizados por los dos juegos para empezar el juego o para salir como se dijo anteriormente. Los botones se pueden ver en la Figura A.3.



**Figura A.3** Botonera Sistema Audiovisual Fijo

Los botones de uso compartido son:

- Botón Ok
- Botón Salir

Como en la pantalla se muestran una serie de obstáculos que el jugador debe esquivar y destruir para poder encontrar el video de “La Historia perdida del Big-Bang” se dispone del botón ok, para disparar los misiles. Cuando el misil colisiona con el obstáculo, el mismo desaparece. Cada vez que se dispara se puede escuchar un efecto de sonido.

Si existe la colisión con la nave jugadora el juego termina y se muestra la pantalla de gameover.

### ***Juego Galaxy Trivia***

Al presionar la opción respectiva a este juego, se despliega la respectiva pantalla de instrucciones con la debida explicación del juego, para empezar se presiona Ok y se muestra la pantalla en dónde el sol, no posee ningún planeta a su alrededor. Cuando se empiezan las rondas de preguntas, se muestran las 4 opciones y si se responde de forma incorrecta se da la opción de empezar de nuevo o de otro modo se presiona salir y se regresa al menú principal.

Para Galaxy Trivia, se utilizan los 4 primeros botones amarillos ubicados de forma horizontal en la botonera, cada uno de los cuáles representa una respuesta a las preguntas que se mostrarán de manera aleatoria en la pantalla.

El objetivo del juego es responder de forma correcta 8 preguntas de modo que con la respuesta correcta de cada una de ellas aparezca un planeta, hasta llegar a los 8 que conforman actualmente el sistema solar.



**Figura A.3** Pantalla Juego Galaxy Trivia

Para salir de cualquiera de la opciones, sean estas videos o los juegos, se puede presionar el botón "Salir". De esta manera, se regresa a la pantalla principal en cualquier momento.

Para el **apagado** del sistema se establece un ícono con transparencia, de forma que únicamente el personal autorizado tenga acceso a esta opción y pueda apagar el sistema de forma segura.

## A.2 SISTEMA MÓVIL

Para iniciar el funcionamiento del sistema portátil, se debe cambiar el estado del switch con el que cuenta el dispositivo como se puede ver en la Figura A.4, de manera que el dispositivo audioguía se encienda y se arranque el script con la interfaz desarrollada



**Figura A.4** Vista Lateral del Dispositivo audioguía

Generalmente el arranque toma unos segundos. Los leds indicadores de nivel de batería se van apagando de acuerdo a la descarga hasta que se prende el led rojo alertando un estado de batería crítica. La carga puede realizarse mientras el dispositivo está encendido, pero se recomienda que el personal del museo tenga el dispositivo cargado para que pueda ser utilizado por varias visitas sin necesitar recarga.

Posteriormente, se presenta la pantalla de inicio en la que se despliega una secuencia de imágenes junto con la opción "Empezar". Cuando se pulsa esta opción se podrá empezar a ver las pantallas con los diferentes temas que reproducen los audios, de modo que el visitante pueda tener la información necesaria durante todo el recorrido.



Figura A.5 Pantalla inicial Audioguía

De este modo, se tienen a disposición cuatro pantallas con temas diferentes, por las que se puede navegar presionando las teclas para siguiente y atrás. Como se puede ver en la Figura A.6..



Figura A.6 Primera pantalla de temas

En cada una de las pantallas se presentan diferentes audios informativos que se pueden reproducir, presionando los correspondientes botones virtuales.

Dentro de la tercera pantalla está la opción “Sonidos ambientales de la fauna ecuatoriana”. Al seleccionarla se expone un listado numeroso de algunos miembros de la fauna ecuatoriana que permite recrear un recorrido por su hábitat con la reproducción de sus sonidos naturales.

Para **apagar** el sistema, en la pantalla final se dispone del ícono de apagado. Una vez ejecutado es importante esperar 5 segundos para cambiar el interruptor de encendido a la posición OFF, lo que le da al dispositivo tiempo suficiente para tener un apagado seguro.

## ANEXOS B

### MANUAL DE MANTENIMIENTO

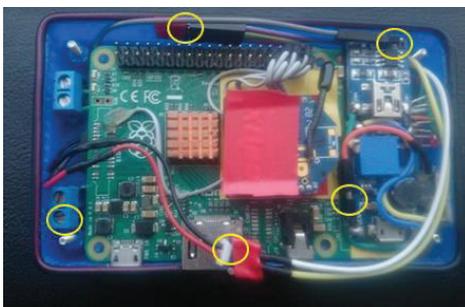
El mantenimiento del dispositivo audioguía es muy importante por esa razón el mismo se encuentra armado de forma modular de ese modo que el acceso a los sus componentes resulta más cómodo.

Para desarmar el dispositivo se retira con la ayuda de un destornillador la tapa superior de la carcasa, asimismo se retira la pantalla acoplada a los espadines de la placa Raspberry pi tal y como se muestra en la Figura B.1.



**Figura B.1** Desmontaje del dispositivo audioguía

Para retirar la placa de la base de la carcasa es necesario desconectar los cables que se encuentran conectados a borneras y espadines correspondientes. Los terminales de las conexiones a desconectar se observan marcadas con un círculo amarillo en la Figura B.2..



**Figura B.2** Puntos de desconexión.

En las Figura B-3, los terminales mencionados se encuentran desconectados, y dan lugar al desacople de la placa Raspberry Pi.



**Figura B.3** Terminales desconectados



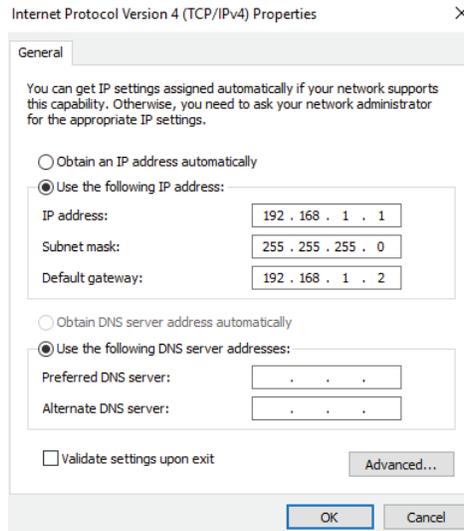
**Figura B.4** Desacople

La memoria micro SD de la placa, se encuentra en la parte posterior, la misma que debe colocarse en la placa de mantenimiento que posee el Museo Gustavo Orcés con estos fines. Para poder acceder a la programación, es preferible realizar una comunicación por escritorio remoto de manera que se pueda realizar la comunicación con la placa con un cable de red. Las conexiones de la placa de mantenimiento contemplan la entrada de alimentación y el cable de red conectado a un ordenador.



**Figura B.5** Conexión de alimentación y red

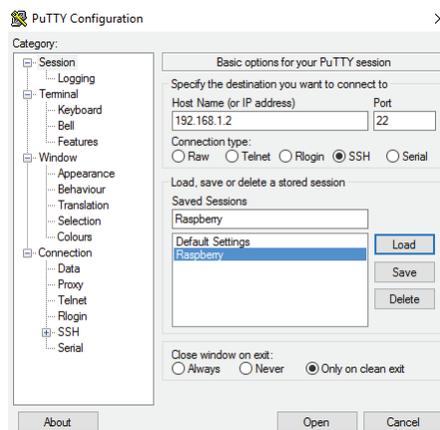
Para que se pueda dar la comunicación se debe asignar la dirección IP al ordenador, y a la placa La Raspberry Pi, tiene como IP estática la 192.168.1.2 y el ordenador 192.168.1.1. Se configura el Protocolo, de acuerdo se muestra en la figura.



**Figura B.6** Configuración de IP

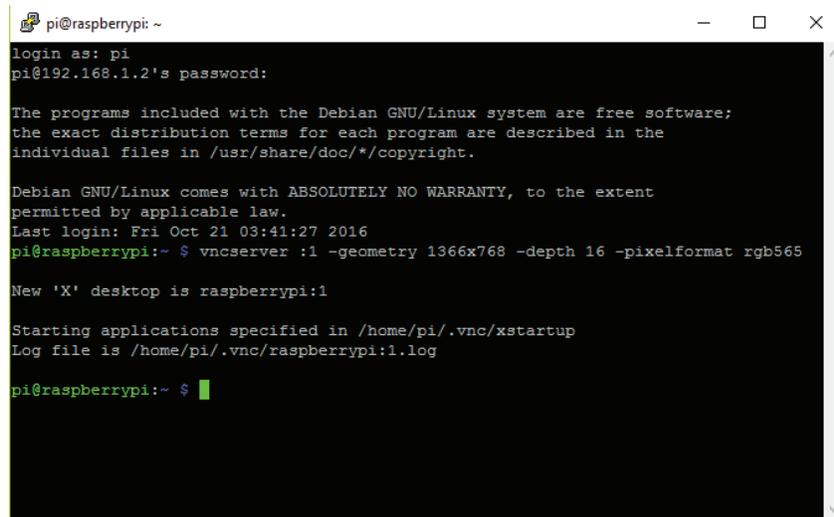
A continuación abrimos el programa Putty, que nos permite realizar una comunicación SSH con la Raspberry Pi y habilitar el servicio de escritorio remoto.

Ingresamos los datos de la Raspberry que se muestran a continuación en la siguiente figura:



**Figura B.7** Ingreso de datos

El usuario y contraseña son Pi y Raspberry respectivamente. Para correr el servicio de escritorio remoto se escribe el comando que se puede ver en la Figura B.8.



```

pi@raspberrypi: ~
login as: pi
pi@192.168.1.2's password:

The programs included with the Debian GNU/Linux system are free software;
the exact distribution terms for each program are described in the
individual files in /usr/share/doc/*/copyright.

Debian GNU/Linux comes with ABSOLUTELY NO WARRANTY, to the extent
permitted by applicable law.
Last login: Fri Oct 21 03:41:27 2016
pi@raspberrypi:~ $ vncserver :1 -geometry 1366x768 -depth 16 -pixelformat rgb565

New 'X' desktop is raspberrypi:1

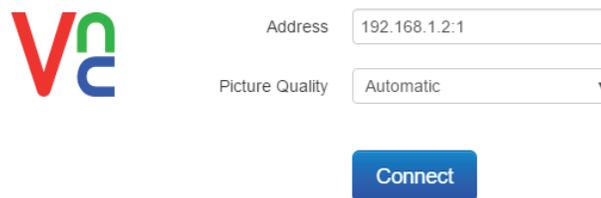
Starting applications specified in /home/pi/.vnc/xstartup
Log file is /home/pi/.vnc/raspberrypi:1.log

pi@raspberrypi:~ $

```

**Figura B.8** Terminal de acceso por SSH.

Para ingresar a la interfaz gráfica del sistema operativo podemos utilizar el programa VNC Viewer para Google Chrome, introduciendo la dirección IP de la placa y por consiguiente la misma contraseña que se mencionó anteriormente.



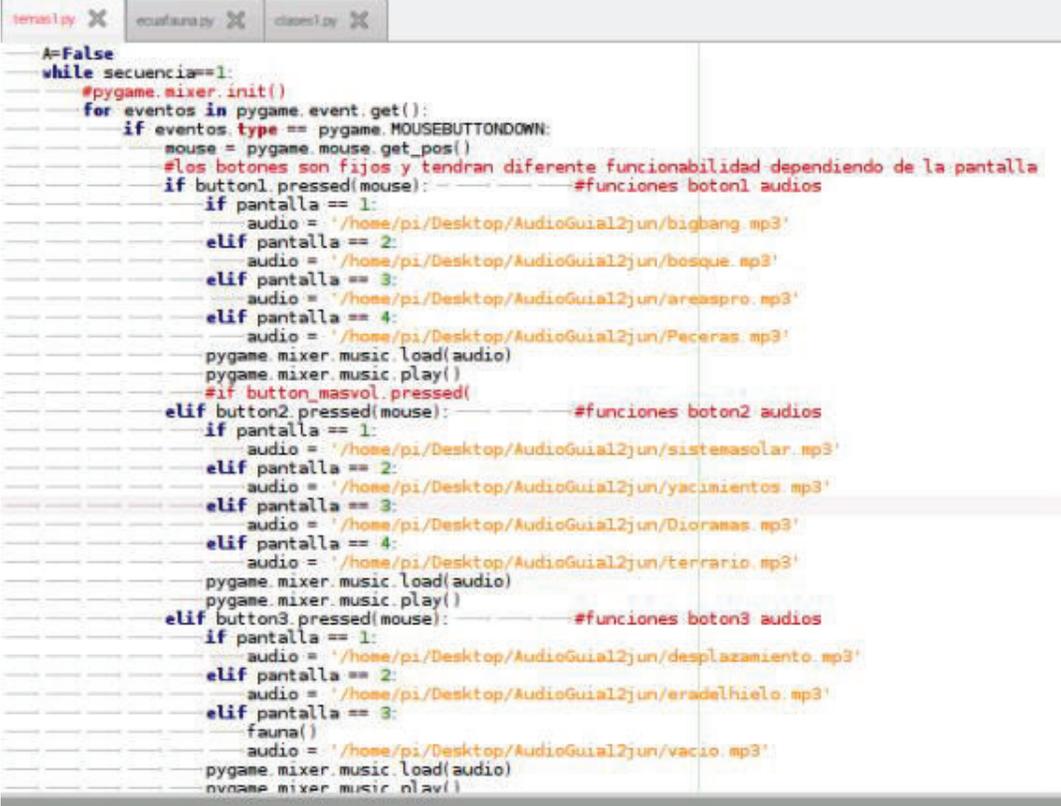
**Figura B.9** Pantalla Software escritorio remoto.

Estando ya en el escritorio, se abre en el editor de python Geany, el programa que se denomina audioguia5.py. En el mismo se pueden cambiar las imágenes que se encuentran especificadas por ruta con el nombre respectivo.

Del mismo modo en el programa temas1.py se pueden cambiar los audios o añadir nuevos dependiendo de los requerimientos futuros del museo.

Para agregar una nueva pantalla, se debe añadir esa variable ya sea en el programa de temas generales, o en el de la fauna ecuatoriana.

En la siguiente figura podemos observar el editor con el programa temas.py que despliega los nombres con las respectivas rutas de los datos que contiene el audioguía.



```

temas1.py x  ecua1a2a.py x  clima1.py x
A=False
while secuencia==1:
    #pygame.mixer.init()
    for eventos in pygame.event.get():
        if eventos.type == pygame.MOUSEBUTTONDOWN:
            mouse = pygame.mouse.get_pos()
            #los botones son fijos y tendran diferente funcionabilidad dependiendo de la pantalla
            if button1.pressed(mouse):
                #funciones boton1 audios
                if pantalla == 1:
                    audio = '/home/pi/Desktop/AudioGuia12jun/bigbang.mp3'
                elif pantalla == 2:
                    audio = '/home/pi/Desktop/AudioGuia12jun/bosque.mp3'
                elif pantalla == 3:
                    audio = '/home/pi/Desktop/AudioGuia12jun/areaspro.mp3'
                elif pantalla == 4:
                    audio = '/home/pi/Desktop/AudioGuia12jun/Peceras.mp3'
                pygame.mixer.music.load(audio)
                pygame.mixer.music.play()
            #if button_masvol.pressed():
            elif button2.pressed(mouse):
                #funciones boton2 audios
                if pantalla == 1:
                    audio = '/home/pi/Desktop/AudioGuia12jun/sistemasolar.mp3'
                elif pantalla == 2:
                    audio = '/home/pi/Desktop/AudioGuia12jun/yacimientos.mp3'
                elif pantalla == 3:
                    audio = '/home/pi/Desktop/AudioGuia12jun/Dioramas.mp3'
                elif pantalla == 4:
                    audio = '/home/pi/Desktop/AudioGuia12jun/terrario.mp3'
                pygame.mixer.music.load(audio)
                pygame.mixer.music.play()
            elif button3.pressed(mouse):
                #funciones boton3 audios
                if pantalla == 1:
                    audio = '/home/pi/Desktop/AudioGuia12jun/desplazamiento.mp3'
                elif pantalla == 2:
                    audio = '/home/pi/Desktop/AudioGuia12jun/eradelhielo.mp3'
                elif pantalla == 3:
                    fauna()
                    audio = '/home/pi/Desktop/AudioGuia12jun/vacio.mp3'
                pygame.mixer.music.load(audio)
                pygame.mixer.music.play()

```

Figura B.10 Programas en Geany.

## ANEXO C

## HOJAS DE DATOS ELEVADOR DE VOLTAJE

SHOUDING

SDB628

High Efficiency 1.2MHz  
2A Step Up Converter

## FEATURES

- Integrated 80mΩ Power MOSFET
- 2V to 24V Input Voltage
- 1.2MHz Fixed Switching Frequency
- Internal 4A Switch Current Limit
- Adjustable Output Voltage
- Internal Compensation
- Up to 28V Output Voltage
- Automatic Pulse Frequency Modulation Mode at Light Loads
- up to 97% Efficiency
- Available in a 6-Pin SOT23-6 Package

## APPLICATIONS

- Battery-Powered Equipment
- Set-Top Boxed
- LCD Bais Supply
- DSL and Cable Modems and Routers
- Networking cards powered from PCI or PCI express slots

## TYPICAL APPLICATION

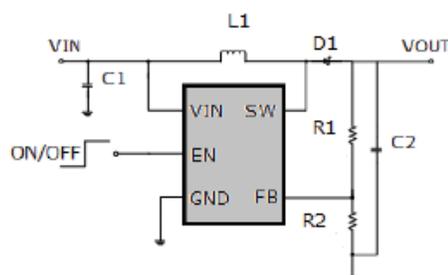


Figure 1. Basic Application Circuit

## GENERAL DESCRIPTION

The SDB628 is a constant frequency, 6-pin SOT23 current mode step-up converter intended for small, low power applications. The SDB628 switches at 1.2MHz and allows the use of tiny, low cost capacitors and inductors 2mm or less in height. Internal soft-start results in small inrush current and extends battery life.

The SDB628 features automatic shifting to pulse frequency modulation mode at light loads. The SDB628 includes under-voltage lockout, current limiting, and thermal overload protection to prevent damage in the event of an output overload. The SDB628 is available in a small 6-pin SOT-23 package.

## Efficiency

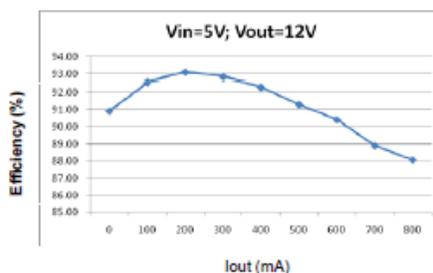


Figure 2. Efficiency Curve

# SHOUDING

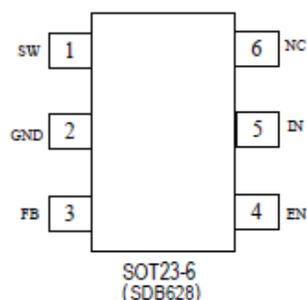
# SDB628

## ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

IN, EN voltages ..... -0.3V to 26V  
 Operating Temperature..... -40°C to +85°C  
 FB Voltages ..... -0.3V to 6V  
 Junction Temperature ..... 160°C

SW Voltage ..... -0.3V to 30V  
 Storage Temperature Range -65°C to 150°C  
 Peak SW Sink and Source Current ..... 4A  
 Lead Temperature (Soldering, 10s) ... +300°C

## PACKAGE/ORDER INFORMATION



## PIN DESCRIPTION

PIN	NAME	FUNCTION
1	SW	Power Switch Output. SW is the drain of the internal MOSFET switch. Connect the power inductor and output rectifier to SW. SW can swing between GND and 28V.
2	GND	Ground Pin
3	FB	Feedback Input. The FB voltage is 0.6V. Connect a resistor divider to FB.
4	EN	Regulator On/Off Control Input. A high input at EN turns on the converter, and a low input turns it off. When not used, connect EN to the input supply for automatic startup.
5	IN	Input Supply Pin. Must be locally bypassed.
6	NC	NC

# SHOUDING SDB628

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS

( $V_{IN}=V_{EN}=5V$ ,  $T_A = 25^{\circ}C$ , unless otherwise noted.)

Parameter	Conditions	MIN	TYP	MAX	unit
Operating Input Voltage		2		24	V
Under Voltage Lockout				1.98	V
Under Voltage Lockout Hysteresis			100		mV
Current (Shutdown)	$V_{EN} = 0V$		0.1	1	$\mu A$
Quiescent Current (PFM)	$V_{FB}=0.7V$ , No switch		100	200	$\mu A$
Quiescent Current (PWM)	$V_{FB}=0.5V$ , switch		1.6	2.2	mA
Switching Frequency			1.2		MHz
Maximum Duty Cycle	$V_{FB} = 0V$	90			%
EN Input High Voltage		1.5			V
EN Input Low Voltage				0.4	V
FB Voltage		0.588	0.6	0.612	V
FB Input Bias Current	$V_{FB} = 0.6V$	-50	-10		nA
SW On Resistance (1)			80	150	m $\Omega$
SW Current Limit (1)	$V_{IN} = 5V$ , Duty cycle=50%		4		A
SW Leakage	$V_{SW} = 20V$			1	$\mu A$
Thermal Shutdown			155		$^{\circ}C$

**Note:**

1) Guaranteed by design, not tested.

# SHOUDING SDB628

## OPERATION

SDB628 uses a fixed frequency, peak current mode boost regulator architecture to regulate voltage at the feedback pin. The operation of the SDB628 can be understood by referring to the block diagram of Figure 3. At the start of each oscillator cycle the MOSFET is turned on through the control circuitry. To prevent sub-harmonic oscillations at duty cycles greater than 50 percent, a stabilizing ramp is added to the output of the current sense amplifier and the result is fed into the negative input of the PWM comparator. When this voltage equals

The output voltage of the error amplifier the power MOSFET is turned off. The voltage at the output of the error amplifier is an amplified version of the difference between the 0.6V bandgap reference voltage and the feedback voltage. In this way the peak current level keeps the output in regulation. If the feedback voltage starts to drop, the output of the error amplifier increases. These results in more current to flow through the power MOSFET, thus increasing the power delivered to the output. The SDB628 has internal soft start to limit the amount of input current at startup and to also limit the amount of overshoot on the output.

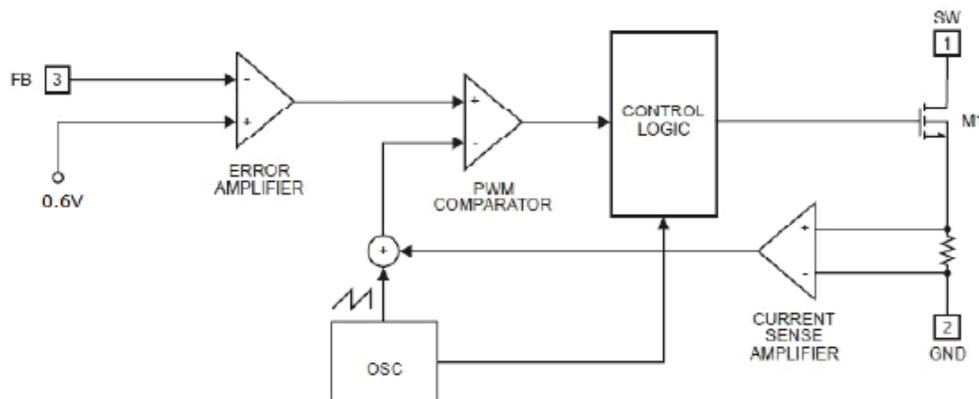


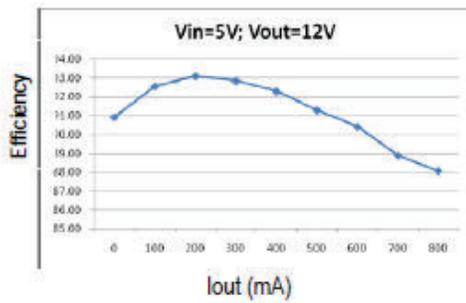
Figure 3. Functional Block Diagram

# SHOUDING

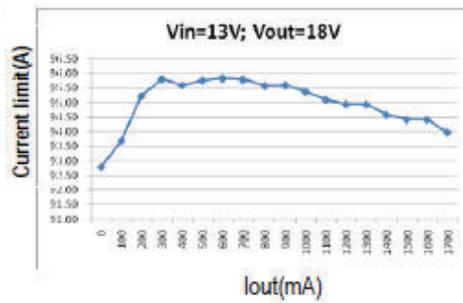
# SDB628

## TYPICAL OPERATING CHARACTERISTICS

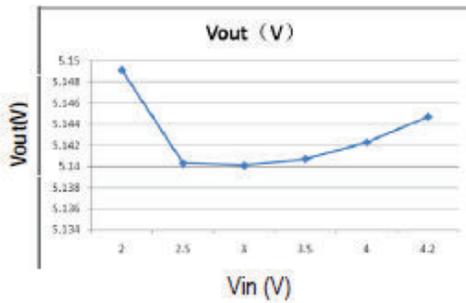
Efficiency Curve



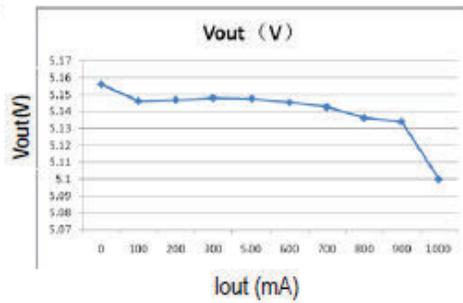
Efficiency Curve



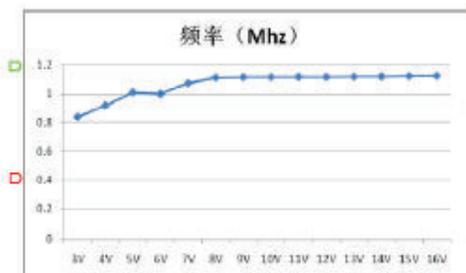
line Regulation



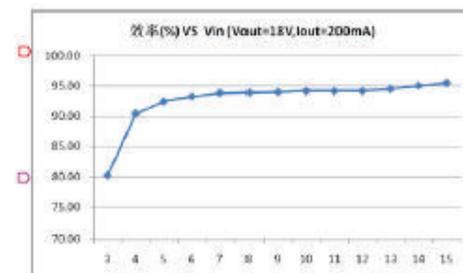
Load regulation



Freq VS Vin



Efficiency VS Vin



# SHOUDING

# SDB628

## APPLICATION INFORMATION

### Setting the Output Voltage

The internal reference  $V_{REF}$  is 0.6V (Typical). The output voltage is divided by a resistor divider,  $R_1$  and  $R_2$  to the FB pin. The output voltage is given by

$$V_{OUT} = V_{REF} \times \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right)$$

### Inductor Selection

The recommended values of inductor are 4.7 to 22 $\mu$ H. Small size and better efficiency are the major concerns for portable device, such as SDB628 used for mobile phone. The inductor should have low core loss at 1.2MHz and low DCR for better efficiency. To avoid inductor saturation current rating should be considered.

### Capacitor Selection

Input and output ceramic capacitors of 22 $\mu$ F are recommended for SDB628 applications. For better voltage filtering, ceramic capacitors with low ESR are recommended. X5R and X7R types are suitable because of their wider voltage and temperature ranges.

### Diode Selection

Schottky diode is a good choice for SDB628 because of its low forward voltage drop and fast reverses recovery. Using Schottky diode can get better efficiency. The high speed rectification is also a good characteristic of Schottky diode for high switching frequency. Current rating of the diode must meet the root mean square of the peak current and output average current multiplication as following :

$$I_D(RMS) \approx \sqrt{I_{OUT} \times I_{PEAK}}$$

The diode's reverse breakdown voltage should be larger than the output voltage.

### Layout Consideration

For best performance of the SDB628, the following guidelines must be strictly followed.

- Input and Output capacitors should be placed close to the IC and connected to ground plane to reduce noise coupling.
- The GND should be connected to a strong ground plane for heat sinking and noise protection.
- Keep the main current traces as possible as short and wide.
- SW node of DC-DC converter is with high frequency voltage swing. It should be kept at a small area.
- Place the feedback components as close as possible to the IC and keep away from the noisy devices.

# SHOUDING SDB628

## PACKAGE DESCRIPTION

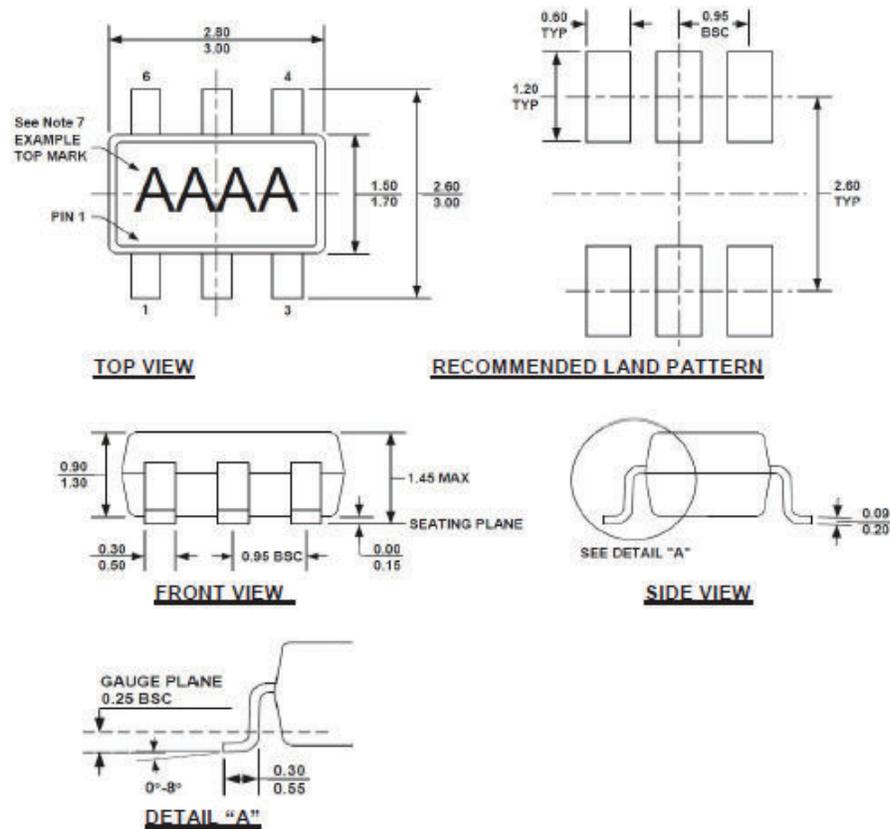


Figure 4. TSOT23-6/SOT23-6 Physical Dimensions

### NOTE:

- 1) ALL DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS.
- 2) PACKAGE LENGTH DOES NOT INCLUDE MOLD FLASH, PROTRUSION OR GATE BURR.
- 3) PACKAGE WIDTH DOES NOT INCLUDE INTERLEAD FLASH OR PROTRUSION.
- 4) LEAD COPLANARITY (BOTTOM OF LEADS AFTER FORMING) SHALL BE 0.10 MILLIMETERS MAX.
- 5) DRAWING CONFORMS TO JEDEC MO-193, VARIATION AB.
- 6) DRAWING IS NOT TO SCALE.
- 7) PIN 1 IS LOWER LEFT PIN WHEN READING TOP MARK FROM LEFT TO RIGHT, (SEE EXAMPLE TOP MARK)

## ANEXO D

## HOJAS DE DATOS LM342

## LM324, LM324A, LM324E, LM224, LM2902, LM2902E, LM2902V, NCV2902

### Single Supply Quad Operational Amplifiers

The LM324 series are low-cost, quad operational amplifiers with true differential inputs. They have several distinct advantages over standard operational amplifier types in single supply applications. The quad amplifier can operate at supply voltages as low as 3.0 V or as high as 32 V with quiescent currents about one-fifth of those associated with the MC1741 (on a per amplifier basis). The common mode input range includes the negative supply, thereby eliminating the necessity for external biasing components in many applications. The output voltage range also includes the negative power supply voltage.

#### Features

- Short Circuited Protected Outputs
- True Differential Input Stage
- Single Supply Operation: 3.0 V to 32 V
- Low Input Bias Currents: 100 nA Maximum (LM324A)
- Four Amplifiers Per Package
- Internally Compensated
- Common Mode Range Extends to Negative Supply
- Industry Standard Pinouts
- ESD Clamps on the Inputs Increase Ruggedness without Affecting Device Operation
- NCV Prefix for Automotive and Other Applications Requiring Unique Site and Control Change Requirements; AEC-Q100 Qualified and PPAP Capable
- These Devices are Pb-Free, Halogen Free/BFR Free and are RoHS Compliant



ON Semiconductor®

[www.onsemi.com](http://www.onsemi.com)



PDIP-14  
N SUFFIX  
CASE 646

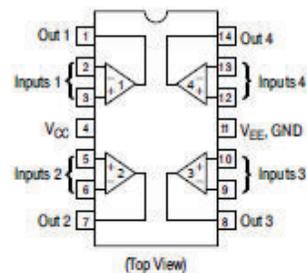


SOIC-14  
D SUFFIX  
CASE 751A



TSSOP-14  
DTB SUFFIX  
CASE 948G

#### PIN CONNECTIONS



**LM324, LM324A, LM324E, LM224, LM2902, LM2902E, LM2902V, NCV2902**

**MAXIMUM RATINGS** ( $T_A = +25^\circ\text{C}$ , unless otherwise noted.)

Rating	Symbol	Value	Unit
Power Supply Voltages Single Supply Split Supplies	$V_{CC}$ $V_{CC}, V_{EE}$	32 $\pm 18$	Vdc
Input Differential Voltage Range (Note 1)	$V_{IDR}$	$\pm 32$	Vdc
Input Common Mode Voltage Range	$V_{ICR}$	-0.3 to 32	Vdc
Output Short Circuit Duration	$t_{SC}$	Continuous	
Junction Temperature	$T_J$	150	$^\circ\text{C}$
Thermal Resistance, Junction-to-Air (Note 2)	Case 646 Case 751A Case 848G	$R_{\theta JA}$ 118 158 190	$^\circ\text{C/W}$
Storage Temperature Range	$T_{stg}$	-65 to +150	$^\circ\text{C}$
Operating Ambient Temperature Range	LM224 LM324, LM324A, LM324E LM2902, LM2902E LM2902V, NCV2902 (Note 3)	$T_A$ -25 to +85 0 to +70 -40 to +105 -40 to +125	$^\circ\text{C}$

Stresses exceeding those listed in the Maximum Ratings table may damage the device. If any of these limits are exceeded, device functionality should not be assumed, damage may occur and reliability may be affected.

- Split Power Supplies.
- All  $R_{\theta JA}$  measurements made on evaluation board with 1 oz. copper traces of minimum pad size. All device outputs were active.
- NCV2902 is qualified for automotive use.

**ELECTRICAL CHARACTERISTICS** ( $V_{CC} = 5.0\text{ V}$ ,  $V_{EE} = \text{GND}$ ,  $T_A = 25^\circ\text{C}$ , unless otherwise noted.)

Characteristics	Symbol	LM224			LM324A			LM324, LM324E			LM2902, LM2902E			LM2902V/NCV2902			Unit
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Input Offset Voltage $V_{CC} = 5.0\text{ V}$ to $30\text{ V}$ $V_{ICR} = 0\text{ V}$ to $V_{CC} - 1.7\text{ V}$ , $V_O = 1.4\text{ V}$ , $R_S = 0\ \Omega$ $T_A = 25^\circ\text{C}$ $T_A = T_{High}$ (Note 4) $T_A = T_{Low}$ (Note 4)	$V_{IO}$	-	2.0	5.0	-	2.0	3.0	-	2.0	7.0	-	2.0	7.0	-	2.0	7.0	mV
Average Temperature Coefficient of Input Offset Voltage $T_A = T_{High}$ to $T_{Low}$ (Notes 4 and 6)	$\Delta V_{IO}/\Delta T$	-	7.0	-	-	7.0	30	-	7.0	-	-	7.0	-	-	7.0	-	$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
Input Offset Current $T_A = T_{High}$ to $T_{Low}$ (Note 4)	$I_{IO}$	-	3.0	30	-	5.0	30	-	5.0	50	-	5.0	50	-	5.0	50	nA
Average Temperature Coefficient of Input Offset Current $T_A = T_{High}$ to $T_{Low}$ (Notes 4 and 6)	$\Delta I_{IO}/\Delta T$	-	10	-	-	10	300	-	10	-	-	10	-	-	10	-	$\text{pA}/^\circ\text{C}$
Input Bias Current $T_A = T_{High}$ to $T_{Low}$ (Note 4)	$I_B$	-	-90	-150	-	-45	-100	-	-90	-250	-	-90	-250	-	-90	-250	nA
Input Common Mode Voltage Range (Note 5) $V_{CC} = 30\text{ V}$ $T_A = +25^\circ\text{C}$ $T_A = T_{High}$ to $T_{Low}$ (Note 4)	$V_{ICR}$	0	-	28.3	0	-	28.3	0	-	28.3	0	-	28.3	0	-	28.3	V

LM324, LM324A, LM324E, LM224, LM2902, LM2902E, LM2902V, NCV2902

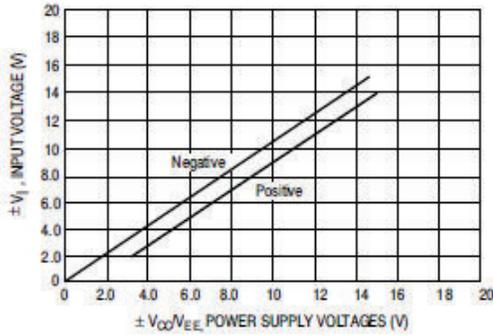


Figure 5. Input Voltage Range

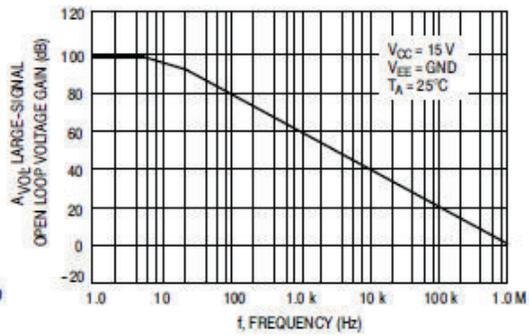


Figure 6. Open Loop Frequency

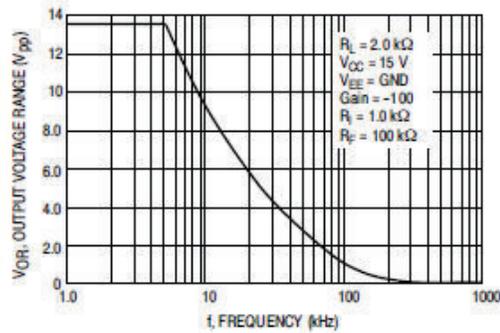


Figure 7. Large-Signal Frequency Response

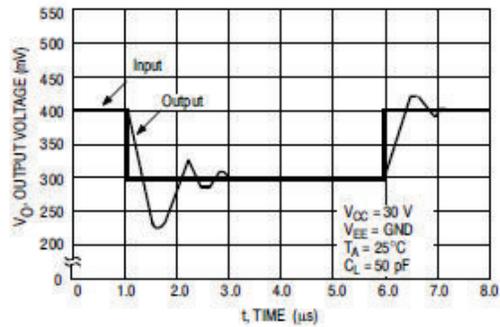


Figure 8. Small-Signal Voltage Follower Pulse Response (Noninverting)

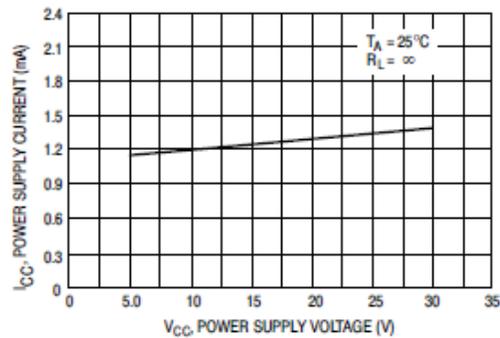


Figure 9. Power Supply Current versus Power Supply Voltage

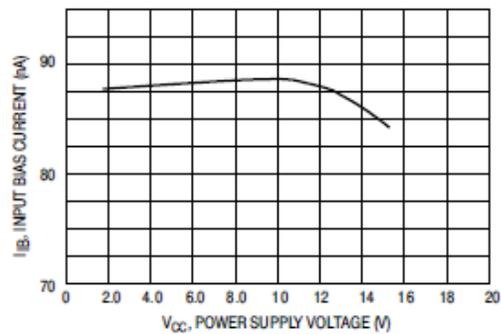
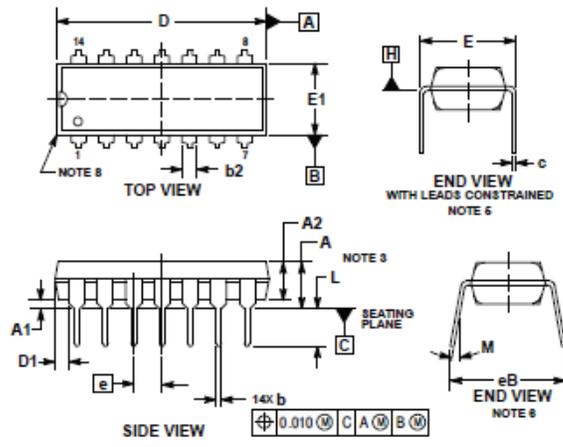


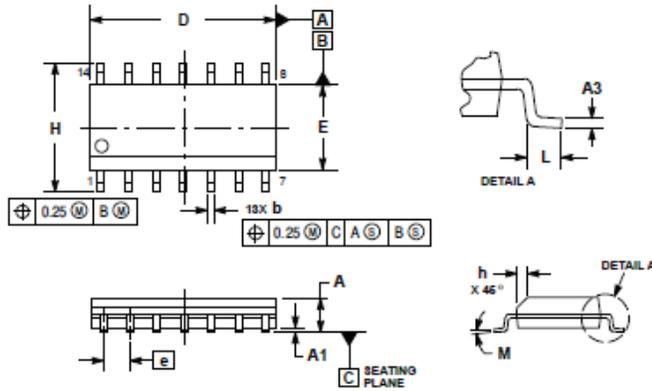
Figure 10. Input Bias Current versus Power Supply Voltage



- NOTES:
1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ASME Y14.5M, 1994.
  2. CONTROLLING DIMENSION: INCHES.
  3. DIMENSIONS A, A1 AND L ARE MEASURED WITH THE PACKAGE SEATED IN JEDEC SEATING PLANE GAUGE GS-3.
  4. DIMENSIONS D, D1 AND E1 DO NOT INCLUDE MOLD FLASH OR PROTRUSIONS. MOLD FLASH OR PROTRUSIONS ARE NOT TO EXCEED 0.10 INCH.
  5. DIMENSION E IS MEASURED AT A POINT 0.015 BELOW DATUM PLANE H WITH THE LEADS CONSTRAINED PERPENDICULAR TO DATUM C.
  6. DIMENSION eB IS MEASURED AT THE LEAD TIPS WITH THE LEADS UNCONSTRAINED.
  7. DATUM PLANE H IS COINCIDENT WITH THE BOTTOM OF THE LEADS, WHERE THE LEADS EXIT THE BODY.
  8. PACKAGE CONTOUR IS OPTIONAL (ROUNDED OR SQUARE CORNERS).

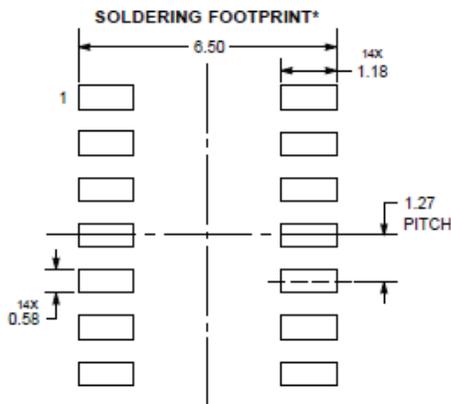
DIM	INCHES		MILLIMETERS	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	—	0.210	—	5.33
A1	0.015	—	0.38	—
A2	0.115	0.195	2.92	4.95
b	0.014	0.022	0.35	0.56
b2	0.060 TYP	—	1.52 TYP	—
C	0.008	0.014	0.20	0.36
D	0.725	0.775	18.67	19.69
D1	0.005	—	0.13	—
E	0.300	0.325	7.62	8.25
E1	0.240	0.260	6.10	7.11
e	0.100 BSC	—	2.54 BSC	—
eB	—	0.430	—	10.93
L	0.115	0.150	2.92	3.81
M	—	10"	—	10"

SOIC-14  
CASE 751A-03  
ISSUE K



- NOTES:
1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ASME Y14.5M, 1994.
  2. CONTROLLING DIMENSION: MILLIMETERS.
  3. DIMENSION b DOES NOT INCLUDE DAMBAR PROTRUSION. ALLOWABLE PROTRUSION SHALL BE 0.13 TOTAL, IN EXCESS OF AT MAXIMUM MATERIAL CONDITION.
  4. DIMENSIONS D AND E DO NOT INCLUDE MOLD PROTRUSIONS.
  5. MAXIMUM MOLD PROTRUSION 0.15 PER SIDE.

DIM	MILLIMETERS		INCHES	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	1.35	1.75	0.054	0.068
A1	0.10	0.25	0.004	0.010
A3	0.19	0.25	0.008	0.010
b	0.35	0.49	0.014	0.019
D	8.55	8.75	0.337	0.344
E	3.80	4.00	0.150	0.157
e	1.27 BSC	—	0.050 BSC	—
H	5.50	5.20	0.228	0.244
h	0.25	0.50	0.010	0.019
L	0.40	1.25	0.016	0.049
M	0"	7"	0"	7"



DIMENSIONS: MILLIMETERS

# ANEXO E

## HOJAS DE DATOS DEL MÓDULO MP3

### USB-SD MP3 Module Manual

WT9501M03

[www.elehouse.com](http://www.elehouse.com)

Copyright reserved by elehouse



#### Features

- Can play 8 ~ 320Kbps MP3 audio files;
- Support maximum capacity of 32G Byte SD card;
- Support USB flash disk and SD;
- Support key mode and serial control mode;
- Support direct audio playback of any section;
- Power memory function can be customized (mass order);
- Optional built-in Class D amplifier (3W × 1) output;
- Size: 41mm × 39mm
- Operating voltage: DC5V
- Quiescent Current: 20mA
- Maximum operating current: 70mA

#### Pin Function

GND	1	2	VDD
AL	3	4	GND
AR	5	6	GND
GBUF	7	8	TXD
PO6	9	10	RXD
POS	11	12	EN
PO4	13	14	NC
PO3	15	16	NC
PO2	17	18	3V3
PO1	19	20	/RST
BUSY	21	22	GND
USB_D+	23	24	GND
USB_D-	25	26	USB_VDD

No.	Pin Name	Functional Description
1	GND	GND
2	VCC	DC5V input
3	L	Audio left output
4	GND	Power ground
5	R	Audio right output
6	GND	Power ground
7	GBUF	Audio ground
8	TXD	Serial data transmitter
9	P06	I / O port
10	RXD	Serial data receiver
11	P05	I / O port
12	EN	Power Enable
13	P04	I / O port
14	NC	Vacant (Reserved)
15	P03	I / O port
16	NC	Vacant (Reserved)
17	P02	I / O port
18	3V3	DC3.3V Output

19	P01	I / O port
20	/ RST	Reset pin
21	BUSY	Busy signal, the output is low when playing
22	GND	Power ground
23	USB_D +	USB_D +input
24	GND	USB ground
25	USB_D-	USB_D-input
26	USB_VDD	USB Power

Difference between GBUF and GND will be explained later

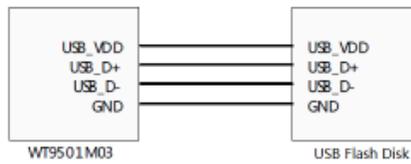
### SD card connection

WT9501M03 has SD card slot.



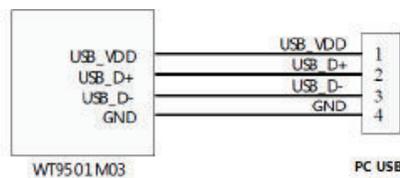
## USB flash disk connection

Connection diagram is shown below.



## SD serves as USB storage media

When the SD card is inserted in WT9501M03 module, it can be connected to a computer via USB cable, downloading or upload files.



## SD card and USB flash file storage

Mp3 files are stored in root directory of SD card or USB flash, and the file name should begin with 5 digits, such as 00001.mp3, 00002.mp3 and so on. Support maximum 10,000 segments of audio in the SD card and USB flash. However, the more the number of audio files, the longer the time from the trigger to play.

## Working Mode

### Key mode

In standard mode, I / O P01 ~ P06 is high while standby, negative pulse of 10ms will trigger the pins.

I/O port	P01	P02	P03	P04	P05	P06
Features	Play/Pause	Last	Next	VOL +	VOL-	Stop

Note: After power on or reset, the first time triggering the play/pause button will make play/stop action, and the subsequent triggering will be play/pause.

## Serial mode

UART serial communication is based on 9600 baud rate. The following communication protocol is defined, including start code, data length, operating code, data bits and stop code.

Start code	Data length	Operation code	Ten thousands digit	Thousands digit	Hundreds digit	Tens digit	Units digit	End code
7E	07	XX	XX	XX	XX	XX	XX	7E

## Operation code description

Type	Description	Operation code	Operation data
SD Card	Play (SD card)	A0H	xx xx xx xx xx
	Pause (SD card)	A1H	None
	Play from the pause point (SD card)	A2H	None
	Cease (SD card)	A3H	None
	Volume	A4H	XX
	Last	A5H	None

	Next	A6H	None
	Play one without cycle	A7H	None
	Play all in cycle	A8H	None
	Play one in cycle	A9H	None
USB Flash	Play (USB flash)	B0H	xx xx xx xx xx
	Pause (USB flash)	B1H	None
	Play from the pause point (USB flash)	B2H	None
	Cease (USB flash)	B3H	None
	Volume	B4H	XX
	Last	B5H	None
	Next	B6H	None
	Play one without cycle	B7H	None
	Play all in cycle	B8H	None
	Play one in cycle	B9H	None

Operation code A0 (SD card), B0 (USB flash), the volume A4 (SD card), and B4 (USB flash) need operation data, and the other commands do not need.

WT9501M03 can automatically recognize the MP3 files in SD card and USB flash. It assigns the file number according to creating time of files. File number is a 5-digit number. And this module reads file name in **ASCII code**. For example: 00045.mp3

- ◆ Ten thousands digit is "0", and the ASCII code is "30H"
- ◆ Thousands digit is "0", and the ASCII code is "30H"
- ◆ Hundreds digit is "0", and the ASCII code is "30H"
- ◆ Tens digit is "4", and ASCII code is "34H"
- ◆ Units digit is "5", and ASCII code is "35H"

Start code: 7E

Data Length: the total number of bytes excluding the start code and end code, but including Data Length itself.

End code: 7E

### Play Specific Track

If need to play the 45<sup>th</sup> track in SD card, send the data as follows:

Start code	Data length	Operation code	Ten thousands digit	Thousands digit	Hundreds digit	Tens digit	Units digit	End code
7E	07	A0	30	30	30	34	35	7E

If need to play the 45<sup>th</sup> track USB flash, send the data as follows

Start code	Data length	Operation code	Ten thousands digit	Thousands digit	Hundreds digit	Tens digit	Units digit	End code
7E	07	B0	30	30	30	34	35	7E

### Pause

Pause to play files in SD card:

Start code	Data length	Operation code	End code
7E	02	A1	7E

Pause to play files in USB flash:

Start code	Data length	Operation code	End code
7E	02	B1	7E

### Resume playing from the pause point

Resume playing files in SD card

Start code	Data length	Operation code	End code
7E	02	A2	7E

Resume playing files in USB flash

Start code	Data length	Operation code	End code
7E	02	B2	7E

## Cease

Cease playing files in the SD card:

Start code	Data length	Operation code	End code
7E	02	A3	7E

Cease playing files in USB flash:

Start code	Data length	Operation code	End code
7E	02	B3	7E

## Volume Adjustment

In the volume control command, there are 26 grades of volume from 00H to 19H. 00H is mute, and 19H is the highest.

Play SD card and adjust the volume, send the following data:

Start code	Data length	Operation code	Volume value	End code
7E	07	A4	XX	7E

Play USB flash and adjust the volume, send the following data:

Start code	Data length	Operation code	Volume value	End code
7E	07	B4	XX	7E

[www.elechouse.com](http://www.elechouse.com)

## Last

Play SD card content and switch to previous one, send the following data:

Start code	Data length	Operation code	End code
7E	02	A5	7E

Play USB flash content and switch to previous one, send the following data:

Start code	Data length	Operation code	End code
7E	02	B5	7E

## Next

Play SD card files and switch to next one, send the following data:

Start code	Data length	Operation code	End code
7E	02	A6	7E

Play USB flash content and switch to next one, send the following data:

Start code	Data length	Operation code	End code
7E	02	B6	7E

**Play one without cycle**

Play SD card files, and stop playing after finishing the voice file. Send the following data:

Start code	Data length	Operation code	End code
7E	02	A7	7E

Play USB flash files, and stop playing after finishing the voice file. Send the following data:

Start code	Data length	Operation code	End code
7E	02	B7	7E

**Play one in cycle**

Play SD card files, and loop one. Send the following data:

Start code	Data length	Operation code	End code
7E	02	A8	7E

Play USB flash files, and loop one. Send the following data:

Start code	Data length	Operation code	End code
7E	02	B8	7E

**Play all in loop**

Play SD card files, and loop all. Send the following data:

Start code	Data length	Operation code	End code
7E	02	A9	7E

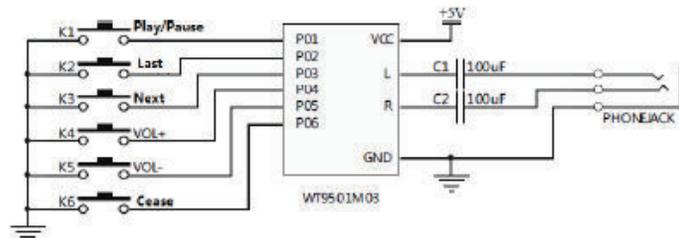
Play USB flash files, and loop all. Send the following data:

Start code	Data length	Operation code	End code
7E	02	B9	7E

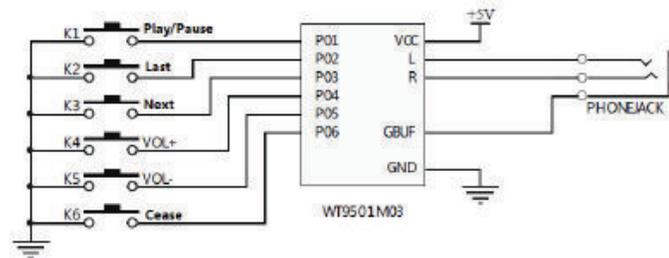
## Application Circuit

### key mode application circuit

L, R and GND connect to headphones, and audio line output requires series with 100uF capacitor.

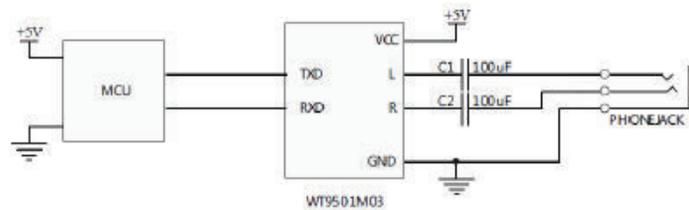


L, R and GBUF connect to headphone:

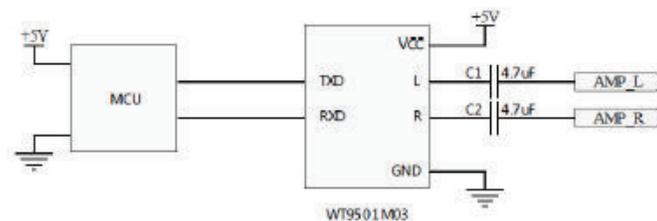


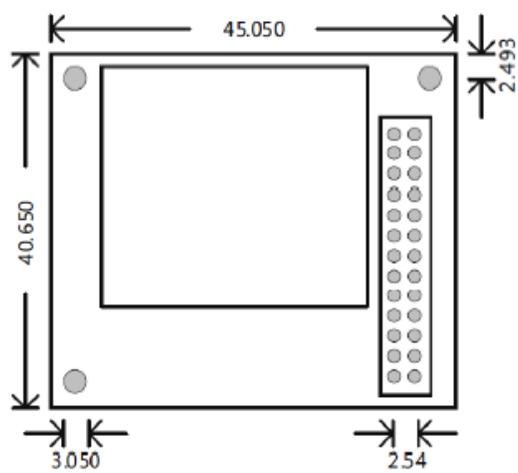
### MCU control mode application circuit

L, R and GND connect to headphones, and audio line output requires series with 100uF capacitor.



L, R and GBUF connect to headphone:



**Package dimensions**

## ANEXO F

## HOJAS DE DATOS RASPBERRY PI 2



Raspberry Pi



## Raspberry Pi 2, Model B

<b>Product Name</b>	<b>Raspberry Pi 2, Model B</b>
---------------------	--------------------------------

<b>Product Description</b>	The Raspberry Pi 2 delivers 6 times the processing capacity of previous models. This second generation Raspberry Pi has an upgraded Broadcom BCM2836 processor, which is a powerful ARM Cortex-A7 based quad-core processor that runs at 900MHz. The board also features an increase in memory capacity to 1Gbyte.
----------------------------	--

**Specifications**

<b>Chip</b>	Broadcom BCM2836 SoC
<b>Core architecture</b>	Quad-core ARM Cortex-A7
<b>CPU</b>	900 MHz
<b>GPU</b>	Dual Core VideoCore IV® Multimedia Co-Processor Provides Open GL ES 2.0, hardware-accelerated OpenVG, and 1080p30 H.264 high-profile decode Capable of 1Gpixel/s, 1.5Gtexel/s or 24GFLOPs with texture filtering and DMA infrastructure
<b>Memory</b>	1GB LPDDR2
<b>Operating System</b>	Boots from Micro SD card, running a version of the Linux operating system
<b>Dimensions</b>	85 x 56 x 17mm
<b>Power</b>	Micro USB socket 5V, 2A

**Connectors:**

<b>Ethernet</b>	10/100 BaseT Ethernet socket
<b>Video Output</b>	HDMI (rev 1.3 & 1.4)
<b>Audio Output</b>	3.5mm jack, HDMI
<b>USB</b>	4 x USB 2.0 Connector
<b>GPIO Connector</b>	40-pin 2.54 mm (100 mil) expansion header: 2x20 strip Providing 27 GPIO pins as well as +3.3 V, +5 V and GND supply lines
<b>Camera Connector</b>	15-pin MIPI Camera Serial Interface (CSI-2)
<b>JTAG</b>	Not populated
<b>Display Connector</b>	Display Serial Interface (DSI) 15 way flat flex cable connector with two data lanes and a clock lane
<b>Memory Card Slot</b>	Micro SDIO

## ANEXO G

# HOJAS DE DATOS CARGADOR DE BATERÍAS LIPO TP4056



南京拓微集成电路有限公司  
Nanjing Top Power ASIC Corp.

## TP4056 1A Standalone Linear Li-Ion Battery Charger with Thermal Regulation in SOP-8

### DESCRIPTION

The TP4056 is a complete constant-current/constant-voltage linear charger for single cell lithium-ion batteries. Its SOP package and low external component count make the TP4056 ideally suited for portable applications. Furthermore, the TP4056 can work within USB and wall adapter.

No blocking diode is required due to the internal PMOSFET architecture and have prevent to negative Charge Current Circuit. Thermal feedback regulates the charge current to limit the die temperature during high power operation or high ambient temperature. The charge voltage is fixed at 4.2V, and the charge current can be programmed externally with a single resistor. The TP4056 automatically terminates the charge cycle when the charge current drops to 1/10th the programmed value after the final float voltage is reached.

TP4056 Other features include current monitor, under voltage lockout, automatic recharge and two status pin to indicate charge termination and the presence of an input voltage.

### FEATURES

- Programmable Charge Current Up to 1000mA
- No MOSFET, Sense Resistor or Blocking Diode Required
- Complete Linear Charger in SOP-8 Package for Single Cell Lithium-Ion Batteries
- Constant-Current/Constant-Voltage
- Charges Single Cell Li-Ion Batteries Directly from USB Port
- Preset 4.2V Charge Voltage with 1.5% Accuracy
- Automatic Recharge
- two Charge Status Output Pins
- C/10 Charge Termination
- 2.9V Trickle Charge Threshold (TP4056)
- Soft-Start Limits Inrush Current
- Available Radiator in 8-Lead SOP Package, the Radiator need connect GND or

### ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

- Input Supply Voltage( $V_{CC}$ ): -0.3V~8V
- TEMP: ~~-03V~~-10V
- CE: ~~-03V~~-10V
- BAT Short-Circuit Duration: Continuous
- BAT Pin Current: 1200mA
- PROG Pin Current: 1200uA
- Maximum Junction Temperature: 145°C
- Operating Ambient Temperature Range: -40°C~85°C
- Lead Temp.(Soldering, 10sec): 260°C

### APPLICATIONS

- Cellular Telephones, PDAs, GPS
- Charging Docks and Cradles
- Digital Still Cameras, Portable Devices
- USB Bus-Powered Chargers,Chargers

### Complete Charge Cycle (1000mAh)



**TEMP(Pin 1) :Temperature Sense Input** Connecting TEMP pin to NTC thermistor's output in Lithium ion battery pack. If TEMP pin's voltage is below 45% or above 80% of supply voltage  $V_{IN}$  for more than 0.15S, this means that battery's temperature is too high or too low, charging is suspended. The temperature sense function can be disabled by grounding the TEMP pin.

**PROG(Pin 2): Constant Charge Current Setting and Charge Current Monitor Pin** charge current is set by connecting a resistor  $R_{ISET}$  from this pin to GND. When in precharge mode, the ISET pin's voltage is regulated to 0.2V. When in constant charge current mode, the ISET pin's voltage is regulated to 2V. In all modes during charging, the voltage on ISET pin can be used to measure the charge current as follows:

$$I_{BAT} = \frac{V_{PROG}}{R_{PROG}} \times 1200 \quad (V_{PROG}=1V)$$

**GND(Pin3): Ground Terminal**

**Vcc(Pin 4): Positive Input Supply Voltage**  $V_{IN}$  is the power supply to the internal circuit. When  $V_{IN}$  drops to within 30mv of the BAT pin voltage, TP4056 enters low power sleep mode, dropping BAT pin's current to less than 2uA.

**BAT(Pin5): Battery Connection Pin.** Connect the positive terminal of the battery to BAT pin. BAT pin draws less than 2uA current in chip disable mode or in sleep mode. BAT pin provides charge current to the battery and provides regulation voltage of 4.2V.

**STDBY(Pin6): Open Drain Charge Status Output** When the battery Charge Termination, the **STDBY** pin is pulled low by an internal switch, otherwise **STDBY** pin is in high impedance state.

**CHRG (Pin7): Open Drain Charge Status Output** When the battery is being charged, the **CHRG** pin is pulled low by an internal switch, otherwise **CHRG** pin is in high impedance state.

**CE(Pin8): Chip Enable Input.** A high input will put the device in the normal operating mode.

Pulling the CE pin to low level will put the YP4056 into disable mode. The CE pin can be driven by TTL or CMOS logic level.

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS

The ● denotes specifications which apply over the full operating temperature range, otherwise specifications are at  $T_A=25^\circ\text{C}$ ,  $V_{CC}=5V$ . unless otherwise noted.

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS	
$V_{CC}$	Input Supply Voltage		● 4.0	5	8.0	V	
$I_{CC}$	Input Supply Current	Charge Mode, $R_{PROG} = 1.2k$	●	150	500	$\mu\text{A}$	
		StandbyMode(Charge Terminated)	●	55	100	$\mu\text{A}$	
		Shutdown Mode ( $R_{PROG}$ Not Connected, $V_{CC} < V_{BAT}$ , or $V_{CC} < V_{UV}$ )	●	55	100	$\mu\text{A}$	
$V_{FLOAL}$	Regulated Output (Float) Voltage	$0^\circ\text{C} \leq T_A \leq 85^\circ\text{C}$ , $I_{BAT}=40\text{mA}$	4.137	4.2	4.263	V	
$I_{BAT}$	BAT Pin Current Text condition: $V_{BAT}=4.0V$	$R_{PROG} = 2.4k$ , Current Mode	●	450	500	550	mA
		$R_{PROG} = 1.2k$ , Current Mode	●	950	1000	1050	mA
		Standby Mode, $V_{BAT} = 4.2V$	●	0	-2.5	-6	$\mu\text{A}$
$I_{TRIKL}$	Trickle Charge Current	$V_{BAT} < V_{TRIKL}$ , $R_{PROG}=1.2K$	●	120	130	140	mA
$V_{TRIKL}$	Trickle Charge Threshold Voltage	$R_{PROG}=1.2K$ , $V_{BAT}$ Rising		2.8	2.9	3.0	V
$V_{TRHYS}$	Trickle Charge Hysteresis Voltage	$R_{PROG}=1.2K$		60	80	100	mV
$T_{LIM}$	Junction Temperature in Constant Temperature Mode			145		$^\circ\text{C}$	



南京拓微集成电路有限公司  
NanJing Top Power ASIC Corp.

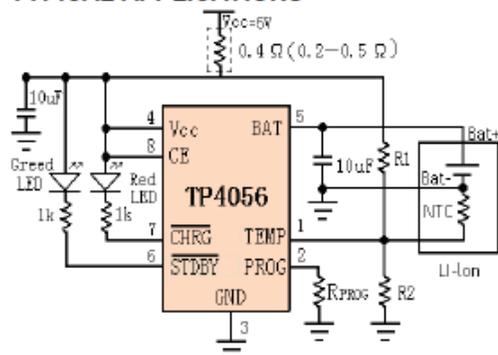
### indicator light state

Charge state	Red LED CHRG	Green LED STDBY
charging	bright	extinguish
Charge Termination	extinguish	bright
Vin too low; Temperature of battery too low or too high; no battery	extinguish	extinguish
BAT PIN Connect 10u Capacitance; No battery	Green LED bright, Red LED Coruscate T=1-4 S	

### Rprog Current Setting

R <sub>PROG</sub> (k)	I <sub>BAT</sub> (mA)
10	130
5	250
4	300
3	400
2	580
1.66	690
1.5	780
1.33	900
1.2	1000

### TYPICAL APPLICATIONS



**ANEXO H**  
**HOJAS DE DATOS BATERÍA RECARGABLE**

**Specification**  
**of**  
**Li-polymer Rechargeable Battery**

**Model No.: LP-503562-1S-3**

Reported by: 陈声宇      Date: Jan,02,2012

Checked by: \_\_\_\_\_      Date : Jan,02,2012

Approved by: \_\_\_\_\_      Date: Jan,02,2012

## 1. Scope

This specification describes the definition, technical requirement, testing method, warning and caution of the Lithium ion polymer rechargeable battery. The specification only applies to DUBILIER'S Li-ion battery.

## 2. Product Model

Battery type: Rechargeable Lithium-ion Polymer Battery

Battery Model: LP-503562-1S-3

## 3. Ratings

- 3.1. Nominal Capacity[at 0.2C]: 1050mAh (min );  
1100mAh (typical )
- 3.2. Nominal Voltage: 3.7V (average voltage at 0.2C discharge)
- 3.3. Charging Voltage: 4.20 ±0.05V
- 3.4. Max. Charging Current: 1050mA
- 3.5. Charging Method: constant current constant voltage
- Standard Charge: 525mA (constant current) charge to 4.20V, then 4.2V (constant voltage) for 3.5hr or 21mA(0.02C) cut off
- Quick Charge: 1050mA(constant current) charge to 4.20V, then 4.2V (constant voltage) for 3.0hr or 21mA (0.02C) cut off
- 3.6. Max. Continuous Discharge Current: 2100mA
- 3.7. Discharge Cut-off Voltage: 2.75V

### 3.8. Battery Dimensions (Refer to the attached drawing)

Thickness:	4.8±0.2
	( Measured with weighing 300gf at 25±2°C )
Width:	35±1
	( Measured with weighing 300gf at 25±2°C )
Length:	63±1

### 3.9. Battery Weight: 23±1g

### 3.10. Operating Temperature

Discharge: -20°C ~ +60°C

Charging: 0°C ~ +45°C

Storage in a 50% charged state

Temperature range	Duration	Typ. Capacity recovery
-20°C - +80°C	10 days	50%(expected)
-20°C - +60°C	1month	75%(expected)
-20°C - +45°C	3months	70%(expected)

## 4. Battery Performance

### 4.1. Visual Inspection

There shall be no such defects as remarkable scratches, cracks, leakage or deformations.

### 4.2. Test Condition

#### 4.2.1. Standard Test Condition

Test new cells within one month after shipment from our factory and the cells shall not be cycled over five times before the tests.

All the tests in this specification shall be conducted in an ambient temperature of 25°C

±5°C under a humidity of 25% to 85%, unless otherwise specified.

#### 4.2.2 Measuring Instrument or Apparatus

4.2.2.1. The dimension measurement shall be implemented by instruments with equal or more precision of 0.01mm.

4.2.2.2 Standard class specified in the national standard or more sensitive class having inner impedance more than 10kΩ/V.

4.2.2.3 Impedance shall be measured by a sinusoidal alternating current method (1kHz LCR meter).

4.2.2.4 The current measurement shall be implemented by instrument with equal to more precision scale of ±0.1% and the constant voltage precision should be implemented

with ±0.5%, and the timing precision should be not below ±0.1%.

4.2.2.5 The temperature measurement shall be implemented by instrument with equal or more precision seal of ±0.5°C.

### 4.3 Electrical Characteristics

#### 4.3.1 Standard Charge

The cell shall be charged at a constant current of 0.5C to 4.2V and then at constant voltage of 4.2V with a charging time of 3.5 hours or 0.02C cut off.

#### 4.3.2 Rated Capacity (0.2C): 1050mAh (minimum)

The capacity shall be measured at a discharge current of 0.2C and a cut-off voltage of 2.75V after the standard charge (Section 4.3.1.)

#### 4.3.4 Low Temperature Discharge Capacity (0°C): 80% (minimum) of Rated Capacity

The capacity shall be measured at a discharge current of 0.2C in an ambient temperature of 0°C±2°C and a cut-off voltage of 2.75V after the standard charge (Section 4.3.1.)

#### 4.3.5 Low Temperature Discharge Capacity (-10°C): 70% (minimum) of Rated Capacity

The capacity shall be measured at a discharge current of 0.2C in an ambient temperature of -10°C±2°C and a cut-off voltage of 2.75V after the standard charge (Section 4.3.1.)

#### 4.3.6 High Temperature Discharge Capacity (60°C): 100% (minimum) of Rated Capacity

The capacity shall be measured at a discharge current of 0.2C in an ambient temperature of 60°C±2°C and a cut-off voltage of 2.75V after the standard charge (Section 4.3.1.)

#### 4.3.7. Storage Characteristics (25°C)

Capacity Retention: 85% (minimum) of Rated Capacity

Capacity Recovery: 90% (minimum) of Rated Capacity

The capacity retention shall be measured at a discharge current of 0.2C and a cut-off voltage of 2.75V after standard charge (Section 4.3.1.) and being stored for 28 days

at 25°C±5°C. Then, the capacity recovery shall be measured at a discharge current of 0.2C and a cut-off voltage of 2.75V after standard charge (Section 4.3.1.).

#### 4.3.8. Storage Characteristics (45°C)

Capacity Retention: 60% (minimum) of Rated Capacity

Capacity Recovery: 70% (minimum) of Rated Capacity

The capacity retention shall be measured at a discharge current of 0.2C and a cut-off voltage of 2.75V after standard charge (Section 4.3.1.) and being stored for 28 days at

45°C±5°C. Then, the capacity recovery shall be measured at a discharge current

Of 0.2C and a cut-off voltage of 2.75V after standard charge (Section 4.3.1.)

#### 4.3.9 Internal Impedance: 95mΩ( type) ; 130mΩ( max)

The internal impedance shall be measured at a sine wave alternative current process of 1kHz after the standard charge.

#### 4.3.10. Cycle Life :

The cycle life shall be conducted as the following procedures :

Step 1: charge the cell with the standard charge (as of section 4.3.1);

Step 2: discharge the cell at 0.5C to 2.75V,

Step 3: repeat Step 1 and Step 2 for 500 times.

The capacity after 300 cycles is expected to be equal to or more than 80% of the rated capacity. The capacity after 500 cycles is expected to be equal to or more than 60% of the

#### 4.3.11 Open Circuit Voltage: 3.6V ~ 4.1V as of shipment.

### 4.4 Mechanical Performance

#### 4.4.1 Vibration Test: 95% (min) of Rated Capacity, No Leakage

After standard charge (Section 4.3.1.), the battery is vibrated with an amplitude of 0.8mm

(1.6mm total maximum excursion) for 60 minutes in three mutually perpendicular

directions. The vibration is performed between 10Hz and 55Hz at a rate of 1Hz per minute

After the completion of the vibration, the capacity shall be measured at a discharge current of 0.2C and a cut-off voltage of 2.75V

### 4.5 Environmental Performance

- 4.6.1 Short Circuit Test: No Fire, No Explosion  
After standard charge (Section 4.3.1.), the battery shall be subjected to a short-circuit condition with a wire of resistance less than 50mΩ for 1 hour.
- 4.6.2 Overcharge Test: (with a PCM) No Fire, No Explosion  
After standard charge (Section 4.3.1.), the battery shall be charged at 1C /12V For 2.5 hrs.
- 4.6.3 Thermal Exposure Test No Fire, No Explosion  
After standard charge (Section 4.3.1.), the battery is placed in an oven and is heated up at a rate of 5°C until the temperature reaches 130°C. The oven shall be maintained at 130°C for 60 minutes.

**5. Delivery Condition:** about 50% charged.

## 6. Lithium Ion Polymer Battery Handling Guideline

- 6.1 In case of contacting the materials from a damaged or ruptured cell or battery:  
Eye contact: Washing immediately with plenty of water and soap or for at least 15 minutes. Get medical attention.  
Skin Contact: Washing immediately with water and soap. Inhalation of Vented Gas: Remove to fresh air. Get medical attention. Ingestion: Get medical attention immediately.
- 6.2 Keep away batteries from children.
- 6.3 The cells/ batteries are requested to be stored within a proper temperature range specified in this specification.
- 6.4 Do not store batteries in a manner that allows terminals to short circuit.
- 6.5 Do not place batteries near heating sources, nor exposed to direct sunlight for long periods. Elevated temperatures can result in reduced battery service life.
- 6.6 Charging Battery  
Use only approved chargers and procedures. Improperly charging a cell or battery may cause the cell or battery to flame or damage.  
Charge the battery using the "CC/CV" or constant current /constant voltage method.  
Do not charge the battery with a current or voltage higher than the specified maximum value in this specification. The absolute maximum charging voltage is 4.25V per cell.  
Prohibit reverse charging of the battery. The battery must be connected correctly.
- 6.7 Discharging Battery  
Discharge battery at the max current specified in this specification. If you plan to discharge battery at a higher current than the max current, please consult us.  
Avoid discharge the battery below 2.75V for each cell.  
Do not over-discharge the battery. Over-discharging can damage the performance of the battery. It should be noted that the cell/battery would be at an over-discharged state by its self-discharge characteristics in case the cell is not used for long time. In order to prevent over-discharging, the cell/battery shall be charged periodically to maintain between 3.7V and 4.1V.

#### 6.8 Operation Temperature

The battery shall be operated (stored, charged and discharged) in the temperature specified in This specification.

#### 6.9 Cell/Battery Protection Circuit Module (PCM)

The cell/battery must be equipped with a PCM that protects the cell/battery from overcharging, over-discharging and over-current.

#### 6.10 Battery Short Circuit

Do not short-circuit a battery. A short circuit can result in over-heating of the terminals and provide an ignition source. More than a momentary short circuit will generally reduce the cell or battery service life and can lead to ignition of surrounding materials or materials within the cell or battery if the seal integrity is damaged. Extended short-circuiting creates high temperature in the cell and at the terminals. Physical contact to high temperatures can cause skin burns. In addition, extended short-circuit may cause the cell or battery to flame.

#### 6.11 Prohibit reversing cell polarity within a battery assembly.

#### 6.12 The cell edge of the heat seal zone is electrically conductive. Avoid the edge cross battery terminals, PCB, or conductive surfaces.

#### 6.13 Do not bend, fold or fall the battery or part of the battery. It may cause the battery be damaged and result in the battery swelling, leaking, explosion or ignition

#### 6.14 Do not open or manipulate the folded cell edge.

#### 6.15 Do not bend or fold the sealing edge. And do not tear off the sealing film.

#### 6.16 Battery Pack Design

The battery housing should have sufficient mechanical strength.

No sharp edge components shall be inside the battery housing. The sharp edge may destroy the cell packaging.

No cell movement is allowed in the battery housing.

The ultrasonic head shall not directly/ or indirectly pressed the cell if you need to enclose the battery housing by ultrasonic method. Please consult us for designing the ultrasonic head. Avoid designing airtight battery housing.

#### 6.17 Battery Assembly

We recommend ultrasonic welding or spot welding to connect battery with PCM or other parts. If you employ manual solder method to connect tab with PCM, please pay attention to the followings:

Use a solder with temperature controlled and ESD.

Soldering temperature should not exceed 300°C.

Soldering time should not be longer than 3s.

Soldering times should not exceed 5 times.

Keep battery tab cold down before next time soldering.

Do not directly heat cell body. It may cause the battery be damaged by heat above 90°C

#### 6.18 Battery Disassembly

Never disassemble a battery.

Should a battery unintentionally be crushed, thus releasing its contents, rubber gloves must be used to handle all battery components. Avoid inhalation of any vapors that may be emitted.

6.19 Do not mixed Batteries and Types. Avoid to use old and new cells or cells of different sizes, different chemistry or types in the same battery assembly.

6.20 Other Warnings

Do not heat or dispose the battery into fire, water or other liquids.

Do not put the battery into microwave, washing machine or drying machine.

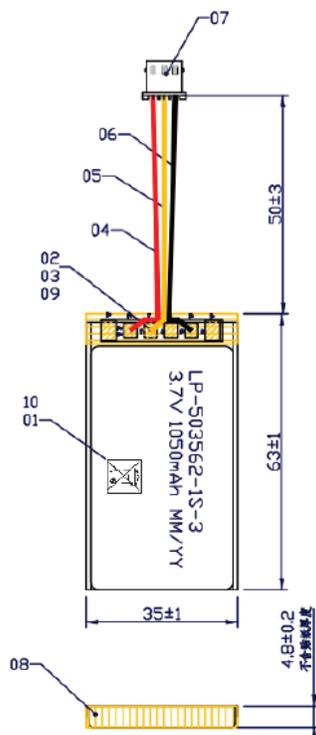
Do not use a damaged battery.

6.21 Others

Dubilier shall make no liability for problems that occur when the above specifications are not followed.

## 8. Drawing

序号	部件名称	型号	数量
01	电芯/Cell	503562P	1
02	保护板/Pcm	316B 2.5V截止电压/cut off	1
03	热敏电阻/NTC	25°C 10K±1	1
04	红线/Red Wire(+)	UL1007#24	1
05	黄线/Yellow Wire(NTC)	UL1007#24	1
06	黑线/Black Wire(-)	UL1007#24	1
07	插头/Connector	5264-3P正向/Positive	1
08	绝缘胶布/Insulating Tape	橙色/Orange	1
09	绝缘胶布/Insulating Tape	橙色/Orange	2
10	贴纸/Label	00-787(透明底黑色图案8*8)	1



## Data sheet for protect circuit board

### 1. Type and Model

2. Type: Protection Module for Li Ion/Li-Polymer Battery Pack

3.1 Absolute Maximum Ratings (for Ricoh R5402N204KD)

3.2 Supply Voltage: -0.3V to 12 V

3.3 Operating Temperature: -40°C to 85°C

3.4 Storage Temperature: -55°C to 125°C

### 4. Electrical Characteristics (for Ricoh R5402N204KD)(T=25°C )

The followings is referring to the specs of R5402N204KD of Ricoh (for details, see R5402N204KD ). These specs are guaranteed by design not by production tests.

4-A.1 Input Voltage:	1.5V (min)		5.0V(max)
4-A.2 Overcharge Detection :	4.175V (min)	4.200V(Typ)	4.225V(max)
4-A.3 Output Delay of Overcharge:	0.7s (min)	1.0s(Typ.)	1.3s (max)
4-A.4 Overcharge Release :	3.85V(min)	3.90V(Typ)	3.95V(max)
4-A.4 Over-discharge Detection :	2.438V (min)	2.500V(Typ)	2.562V(max)
4-A.5 Output Delay of Over-discharge:	14ms (min)	20ms(Typ.)	26ms(max)
4-A.6 Over-discharge Release :	2.925V (min)	3.000V(Typ)	3.075V(max)
4-A.7 Over Discharge-Current Detection :	0.185V (min)	0.20V(Typ)	0.225V(max)
4-A.8 Overcharge-Current Detection :	0.17V (min)	0.20V(Typ)	0.23V(max)
4-A.9 Over Discharge-Current Value:	3.0A(min)	4.0A(Typ)	7.0A (max)
4-A.10 Over charge-Current Value:	3.0A(min)	4.0A(Typ)	7.0A (max)
4-A.11 Output Delay of Over-Discharge-Current	8ms (min)	12ms(Typ.)	16ms (max)

4-A.12 Output Delay of 5ms (min) 8ms(Typ.) 11ms (max)

Over-charge-Current:

4-A.13 Short Protection Voltage: 0.55V (min) 0.8 V (Typ) 1.0V (max)

4-A.14 Output Delay of 230(Min) 300  $\mu$ s(Typ ) 500 $\mu$ s(max)

Short Protection:

4-A.15 Supply Current (active status): 4.0 $\mu$ A (Typ) 8.0 $\mu$ A (max)

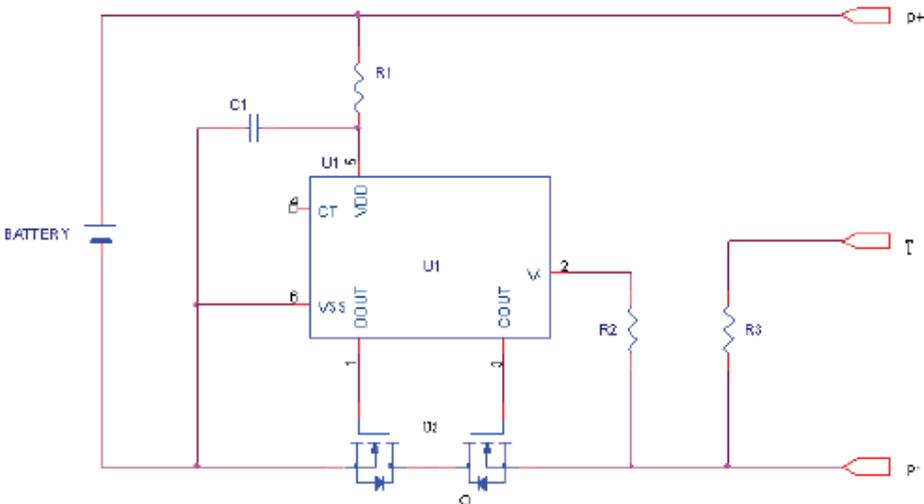
4-A.16 Supply Current (Standby): 1.2 $\mu$ A (Typ) 2.00 $\mu$ A (max)

4-A.17 PCM Resistance : 35m $\Omega$ (min) 50m $\Omega$ (Typ) 60m $\Omega$ (max)

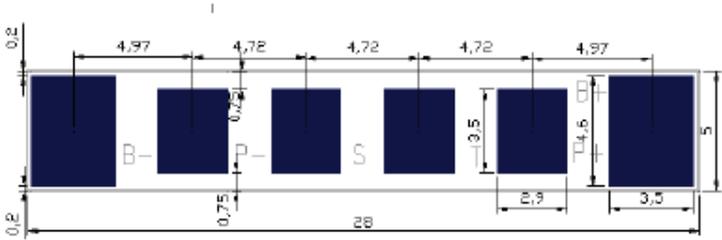
#### 5. Part List ( for 5402N101KD OR LV51140T OR Equivalent )

Part Number	Part Name	Qty	Remark
Ricoh R5402N204KD or Equivalent	Control IC	1	U1
SMS8205 or STS8205 or SMS2017or Equivalent	MOSFET	1	U2
330 $\Omega$ (0603)	Resister	1	R1
1k $\Omega$ (0603)richo	Resister	1	R2
10k(0603)	NTC	1	R3
0.1 $\mu$ F(0603)	Capacitor	1	C1

6. PCM Circuit Diagram (R5402N204KD or Equivalent)



Maps for PCM318B



## ANEXO I

## HOJAS DE DATOS XBEE

## 1. XBee®/XBee-PRO® RF Modules

The XBee and XBee-PRO RF Modules were engineered to meet IEEE 802.15.4 standards and support the unique needs of low-cost, low-power wireless sensor networks. The modules require minimal power and provide reliable delivery of data between devices.

The modules operate within the ISM 2.4 GHz frequency band and are pin-for-pin compatible with each other.



## Key Features

## Long Range Data Integrity

## XBee

- Indoor/Urban: up to 100' (30 m)
- Outdoor line-of-sight: up to 300' (90 m)
- Transmit Power: 1 mW (0 dBm)
- Receiver Sensitivity: -92 dBm

## XBee-PRO

- Indoor/Urban: up to 300' (90 m), 200' (60 m) for International variant
- Outdoor line-of-sight: up to 1 mile (1600 m), 2500' (750 m) for International variant
- Transmit Power: 63mW (18dBm), 10mW (10dBm) for International variant
- Receiver Sensitivity: -100 dBm

RF Data Rate: 250,000 bps

## Advanced Networking &amp; Security

Retries and Acknowledgements

DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum)

Each direct sequence channels has over 65,000 unique network addresses available

Source/Destination Addressing

Unicast & Broadcast Communications

Point-to-point, point-to-multipoint and peer-to-peer topologies supported

## Low Power

## XBee

- TX Peak Current: 45 mA (@3.3 V)
- RX Current: 50 mA (@3.3 V)
- Power-down Current: < 10  $\mu$ A

## XBee-PRO

- TX Peak Current: 250mA (150mA for international variant)
- TX Peak Current (RPSMA module only): 340mA (180mA for international variant)
- RX Current: 55 mA (@3.3 V)
- Power-down Current: < 10  $\mu$ A

## ADC and I/O line support

Analog-to-digital conversion, Digital I/O

I/O Line Passing

## Easy-to-Use

No configuration necessary for out-of-box RF communications

Free X-CTU Software (Testing and configuration software)

AT and API Command Modes for configuring module parameters

Extensive command set

Small form factor

## Worldwide Acceptance

**FCC Approval (USA)** Refer to Appendix A [p64] for FCC Requirements.

Systems that contain XBee®/XBee-PRO® RF Modules inherit Digi Certifications.

ISM (Industrial, Scientific & Medical) **2.4 GHz frequency band**

Manufactured under **ISO 9001:2000** registered standards

XBee®/XBee-PRO® RF Modules are optimized for use in the United States, Canada, Australia, Japan, and Europe. Contact Digi for complete list of government agency approvals.



## Specifications

Table 1-01. Specifications of the XBee®/XBee-PRO® RF Modules

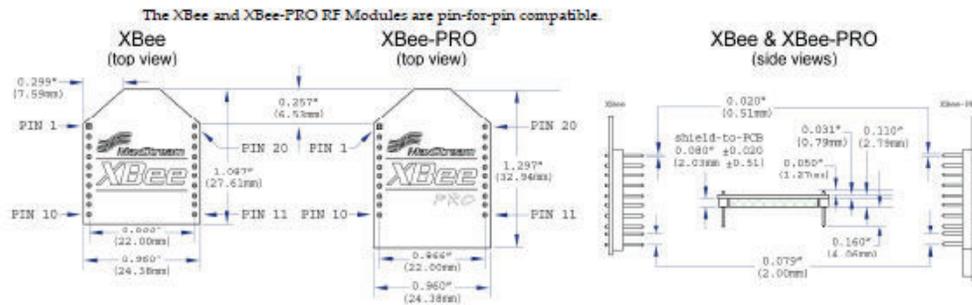
Specification	XBee	XBee-PRO
<b>Performance</b>		
Indoor/Urban Range	Up to 100 ft (30 m)	Up to 300 ft. (90 m), up to 200 ft (60 m) international variant
Outdoor RF line-of-sight Range	Up to 300 ft (90 m)	Up to 1 mile (1600 m), up to 2500 ft (750 m) international variant
Transmit Power Output (software selectable)	1mW (0 dBm)	63mW (18dBm)* 10mW (10 dBm) for International variant
RF Data Rate	250,000 bps	250,000 bps
Serial Interface Data Rate (software selectable)	1200 bps - 250 kbps (non-standard baud rates also supported)	1200 bps - 250 kbps (non-standard baud rates also supported)
Receiver Sensitivity	-92 dBm (1% packet error rate)	-100 dBm (1% packet error rate)
<b>Power Requirements</b>		
Supply Voltage	2.8 – 3.4 V	2.8 – 3.4 V
Transmit Current (typical)	45mA (@ 3.3 V)	250mA (@3.3 V) (150mA for international variant) RPSMA module only: 340mA (@3.3 V) (180mA for international variant)
Idle / Receive Current (typical)	50mA (@ 3.3 V)	55mA (@ 3.3 V)
Power-down Current	< 10 $\mu$ A	< 10 $\mu$ A
<b>General</b>		
Operating Frequency	ISM 2.4 GHz	ISM 2.4 GHz
Dimensions	0.960" x 1.087" (2.438cm x 2.761cm)	0.960" x 1.297" (2.438cm x 3.294cm)
Operating Temperature	-40 to 85° C (industrial)	-40 to 85° C (industrial)
Antenna Options	Integrated Whip, Chip or U.FL Connector, RPSMA Connector	Integrated Whip, Chip or U.FL Connector, RPSMA Connector
<b>Networking &amp; Security</b>		
Supported Network Topologies	Point-to-point, Point-to-multipoint & Peer-to-peer	
Number of Channels (software selectable)	16 Direct Sequence Channels	12 Direct Sequence Channels
Addressing Options	PAN ID, Channel and Addresses	PAN ID, Channel and Addresses
<b>Agency Approvals</b>		
United States (FCC Part 15.247)	OUR-XBEE	OUR-XBEEPRO
Industry Canada (IC)	4214A XBEE	4214A XBEEPRO
Europe (CE)	ETSI	ETSI (Max. 10 dBm transmit power output)*
Japan	R201WW07215214	R201WW08215111 (Max. 10 dBm transmit power output)*
Australia	C-Tick	C-Tick

\* See Appendix A for region-specific certification requirements.

Antenna Options: The ranges specified are typical when using the integrated Whip (1.5 dBi) and Dipole (2.1 dBi) antennas. The Chip antenna option provides advantages in its form factor; however, it typically yields shorter range than the Whip and Dipole antenna options when transmitting outdoors. For more information, refer to the "XBee Antennas" Knowledgebase Article located on Digi's Support Web site

## Mechanical Drawings

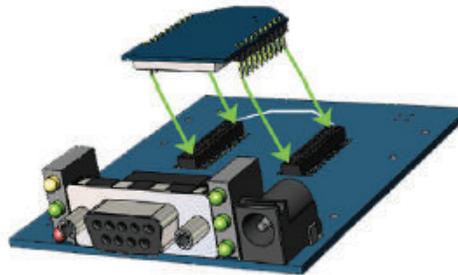
Figure 1-01. Mechanical drawings of the XBee®/XBee-PRO® RF Modules (antenna options not shown)



## Mounting Considerations

The XBee®/XBee-PRO® RF Module was designed to mount into a receptacle (socket) and therefore does not require any soldering when mounting it to a board. The XBee Development Kits contain RS-232 and USB interface boards which use two 20-pin receptacles to receive modules.

Figure 1-02. XBee Module Mounting to an RS-232 Interface Board.



The receptacles used on Digi development boards are manufactured by Century Interconnect. Several other manufacturers provide comparable mounting solutions; however, Digi currently uses the following receptacles:

- Through-hole single-row receptacles - Samtec P/N: MMS-110-01-L-SV (or equivalent)
- Surface-mount double-row receptacles - Century Interconnect P/N: CPRMSL20-D-0-1 (or equivalent)
- Surface-mount single-row receptacles - Samtec P/N: SMM-110-02-SM-S

Digi also recommends printing an outline of the module on the board to indicate the orientation the module should be mounted.

## Pin Signals

Figure 1-03. XBee®/XBee-PRO® RF Module Pin Numbers

(top sides shown - shields on bottom)

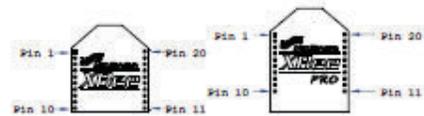


Table 1-02. Pin Assignments for the XBee and XBee-PRO Modules  
(Low-asserted signals are distinguished with a horizontal line above signal name.)

Pin #	Name	Direction	Description
1	VCC	-	Power supply
2	DOUT	Output	UART Data Out
3	DIN / CONFIG	Input	UART Data In
4	DO8 <sup>*</sup>	Output	Digital Output 8
5	RESET	Input	Module Reset (reset pulse must be at least 200 ns)
6	PWM0 / RSSI	Output	PWM Output 0 / RX Signal Strength Indicator
7	PWM1	Output	PWM Output 1
8	[reserved]	-	Do not connect
9	DTR / SLEEP_RQ / DI8	Input	Pin Sleep Control Line or Digital Input 8
10	GND	-	Ground
11	AD4 / DIO4	Either	Analog Input 4 or Digital I/O 4
12	CTS / DIO7	Either	Clear-to-Send Flow Control or Digital I/O 7
13	ON / SLEEP	Output	Module Status Indicator
14	VREF	Input	Voltage Reference for A/D Inputs
15	Associate / AD5 / DIO5	Either	Associated Indicator, Analog Input 5 or Digital I/O 5
16	RTS / AD6 / DIO6	Either	Request-to-Send Flow Control, Analog Input 6 or Digital I/O 6
17	AD3 / DIO3	Either	Analog Input 3 or Digital I/O 3
18	AD2 / DIO2	Either	Analog Input 2 or Digital I/O 2
19	AD1 / DIO1	Either	Analog Input 1 or Digital I/O 1
20	AD0 / DIO0	Either	Analog Input 0 or Digital I/O 0

\* Function is not supported at the time of this release

### Design Notes:

- Minimum connections: VCC, GND, DOUT & DIN
- Minimum connections for updating firmware: VCC, GND, DIN, DOUT, RTS & DTR
- Signal Direction is specified with respect to the module
- Module includes a 50k  $\Omega$  pull-up resistor attached to RESET
- Several of the input pull-ups can be configured using the PR command
- Unused pins should be left disconnected

## Electrical Characteristics

Table 1-03. DC Characteristics (VCC = 2.8 - 3.4 VDC)

Symbol	Characteristic	Condition	Min	Typical	Max	Unit
V <sub>IL</sub>	Input Low Voltage	All Digital Inputs	-	-	0.35 * VCC	V
V <sub>IH</sub>	Input High Voltage	All Digital Inputs	0.7 * VCC	-	-	V
V <sub>OL</sub>	Output Low Voltage	I <sub>OL</sub> = 2 mA, VCC >= 2.7 V	-	-	0.5	V
V <sub>OH</sub>	Output High Voltage	I <sub>OH</sub> = -2 mA, VCC >= 2.7 V	VCC - 0.5	-	-	V
I <sub>IN</sub>	Input Leakage Current	V <sub>IN</sub> = VCC or GND, all inputs, per pin	-	0.025	1	µA
I <sub>IOZ</sub>	High Impedance Leakage Current	V <sub>IN</sub> = VCC or GND, all I/O High-Z, per pin	-	0.025	1	µA
TX	Transmit Current	VCC = 3.3 V	-	45 (XBee) 215, 140 (PRO, Int)	-	mA
RX	Receive Current	VCC = 3.3 V	-	50 (XBee) 55 (PRO)	-	mA
PWR-DWN	Power-down Current	SM parameter = 1	-	< 10	-	µA

Table 1-04. ADC Characteristics (Operating)

Symbol	Characteristic	Condition	Min	Typical	Max	Unit
V <sub>REFH</sub>	VREF - Analog-to-Digital converter reference range		2.08	-	V <sub>DDAD</sub> *	V
I <sub>REF</sub>	VREF - Reference Supply Current	Enabled	-	200	-	µA
		Disabled or Sleep Mode	-	< 0.01	0.02	µA
V <sub>INDC</sub>	Analog Input Voltage <sup>1</sup>		V <sub>RESAD</sub> - 0.3	-	V <sub>DDAD</sub> + 0.3	V

1. Maximum electrical operating range, not valid conversion range.

\* V<sub>DDAD</sub> is connected to VCC.

Table 1-05. ADC Timing/Performance Characteristics<sup>1</sup>

Symbol	Characteristic	Condition	Min	Typical	Max	Unit
R <sub>AS</sub>	Source Impedance at Input <sup>2</sup>		-	-	10	kΩ
V <sub>AIN</sub>	Analog Input Voltage <sup>3</sup>		V <sub>REFL</sub>	-	V <sub>REFH</sub>	V
RES	Ideal Resolution (1 LSB) <sup>4</sup>	2.08V ≤ V <sub>DDAD</sub> ≤ 3.6V	2.031	-	3.516	mV
DNL	Differential Non-linearity <sup>5</sup>		-	±0.5	±1.0	LSB
INL	Integral Non-linearity <sup>6</sup>		-	±0.5	±1.0	LSB
E <sub>Z0</sub>	Zero-scale Error <sup>7</sup>		-	±0.4	±1.0	LSB
F <sub>F0</sub>	Full-scale Error <sup>8</sup>		-	±0.4	±1.0	LSB
E <sub>IL</sub>	Input Leakage Error <sup>9</sup>		-	±0.05	±5.0	LSB
E <sub>TU</sub>	Total Unadjusted Error <sup>10</sup>		-	±1.1	±2.5	LSB

1. All ACCURACY numbers are based on processor and system being in WAIT state (very little activity and no I/O switching) and that adequate low-pass filtering is present on analog input pins (filter with 0.01 µF to 0.1 µF capacitor between analog input and VREFL). Failure to observe these guidelines may result in system or microcontroller noise causing accuracy errors which will vary based on board layout and the type and magnitude of the activity.

Data transmission and reception during data conversion may cause some degradation of these specifications, depending on the number and timing of packets. It is advisable to test the ADCs in your installation if best accuracy is required.

2. R<sub>AS</sub> is the real portion of the impedance of the network driving the analog input pin. Values greater than this amount may not fully charge the input circuitry of the ATD resulting in accuracy error.

3. Analog input must be between V<sub>REFL</sub> and V<sub>REFH</sub> for valid conversion. Values greater than V<sub>REFH</sub> will convert to \$3FF.

4. The resolution is the ideal step size or 1LSB = (V<sub>REFH</sub> - V<sub>REFL</sub>)/1024

5. Differential non-linearity is the difference between the current code width and the ideal code width (1LSB). The current code width is the difference in the transition voltages to and from the current code.

6. Integral non-linearity is the difference between the transition voltage to the current code and the adjusted ideal transition voltage for the current code. The adjusted ideal transition voltage is (Current Code - 1/2) \* 1 / ((V<sub>REFH</sub> + E<sub>F0</sub>) - (V<sub>REFL</sub> + E<sub>Z0</sub>)).

7. Zero-scale error is the difference between the transition to the first valid code and the ideal transition to that code. The ideal transition voltage to a given code is (Code - 1/2) \* 1 / (V<sub>REFH</sub> - V<sub>REFL</sub>).

8. Full-scale error is the difference between the transition to the last valid code and the ideal transition to that code. The ideal transition voltage to a given code is (Code - 1/2) \* 1 / (V<sub>REFH</sub> - V<sub>REFL</sub>).

9. Input leakage error is error due to input leakage across the real portion of the impedance of the network driving the analog pin. Reducing the impedance of the network reduces this error.