

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO**

**CARRERA:
INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:
INGENIERO ELECTRÓNICO**

**TEMA:
DESARROLLO DE UN DISPOSITIVO PORTÁTIL TEXTO-VOZ PARA
PERSONAS NO VIDENTES PARA LA BIBLIOTECA DE LA UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA SALESIANA.**

**AUTOR:
DANIEL MIGUEL BURGA CAZA**

**TUTOR:
LUIS GERMÁN OÑATE CADENA**

Quito, julio del 2018

CESIÓN DE DERECHO DE AUTOR

Yo Daniel Miguel Burga Caza, con documento de identificación N° 1719319897, manifiesto mi voluntad y cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del trabajo de titulación intitulado: “DESARROLLO DE UN DISPOSITIVO PORTÁTIL TEXTO-VOZ PARA PERSONAS NO VIDENTES PARA LA BIBLIOTECA DE LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA”, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Electrónico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, julio del 2018



.....

Daniel Miguel Burga Caza

C.I.: 1719319897

DECLARATORIA DE COAUTORIA DEL DOCENTE TUTOR

Yo, declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el trabajo de titulación: “DESARROLLO DE UN DISPOSITIVO PORTÁTIL TEXTO-VOZ PARA PERSONAS NO VIDENTES PARA LA BIBLIOTECA DE LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA” realizado por Daniel Miguel Burga Caza, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana, para ser considerados como trabajo final de titulación.

Quito, julio del 2018



.....
Luis Germán Oñate Cadena

C.I.: 1712157401

DEDICATORIA

Dedico este proyecto de titulación a Dios quien supo guiarme por el camino del bien, por permitir que mi familia este unida en esta etapa de culminación de mi carrera, además dedico este proyecto de titulación a mis padres, a mi esposa, a mi hija Monserrath quien fue mi inspiración, motivación para seguir adelante.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mis padres Elsa, Miguel, quienes me apoyaron incondicionalmente en toda mi etapa estudiantil, a la paciencia que me tuvieron, a los buenos consejos que me brindaron para ser un buen hijo, y sobre todo la confianza que depositaron en mi hasta el último momento para culminar mi carrera universitaria.

Al Ingeniero Luis Germán Oñate, por compartir sus conocimientos e hizo que este proyecto de titulación fuera un éxito, además agradezco por los consejos que me supo brindar para seguir adelante en la vida, y por la paciencia en esta etapa de titulación.

A mi esposa Katherine que ante las adversidades siempre estuvo a mi lado apoyándome incondicionalmente, brindándome ánimos para culminar la carrera.

CONTENIDO

CESIÓN DE DERECHO DE AUTOR.....	ii
DECLARATORIA DE COAUTORIA DEL DOCENTE TUTOR	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTOS	v
RESUMEN.....	x
ABSTRACT	xi
INTRODUCCIÓN	xii
CAPÍTULO 1	1
ANTECEDENTES	1
Planteamiento del Problema	1
1.1. Problema de estudio	1
1.2. Justificación	2
1.3. Objetivos	3
1.3.1. Objetivo General.....	3
1.3.2. Objetivos Específicos.....	3
1.4. Propuesta de solución	3
1.5. Metodología	4
1.5.1. Revisión bibliográfica.....	4
1.5.2. Método de ingeniería	4
1.6. Grupo Objetivo.....	5
CAPÍTULO 2	6
MARCO TEÓRICO.....	6
2.1. Conversor Texto a voz.....	6
2.1.1. Aplicaciones de los convertidores de texto a voz.....	6
2.1.2. El módulo de procesamiento de lenguaje natural.....	7
2.1.3. El módulo de procesamiento de la señal	7
2.2. Síntesis de voz.....	8
2.2.1. La conversión de texto en habla	8

2.3.	Cuadro comparativo de software para el reconocimiento óptico de caracteres .8	8
2.4.	Algoritmo para el reconocimiento óptico de caracteres9	9
2.5.	Placa de desarrollo.....9	9
2.6.	Cámara para Raspberry Pi 11	11
2.7.	Librería Espeak texto a voz..... 11	11
2.8.	Librería Python-Tesseract..... 12	12
CAPÍTULO 3		13
	Diseño e implementación del dispositivo..... 13	13
3.1.	Diagrama de bloques 13	13
3.2.	Capturar imágenes 14	14
3.3.	Implementación del dispositivo 15	15
3.4.	Diagramas de Flujo..... 15	15
3.4.1.	Diagrama de flujo del dispositivo..... 15	15
3.4.2.	Diagrama de flujo del Procesamiento de imágenes 17	17
3.4.3.	Diagrama de flujo del reconocimiento óptico de caracteres 17	17
3.4.4.	Diagrama de flujo de la reproducción en voz sintetizada 18	18
3.5.	Pruebas y resultados 20	20
CAPÍTULO 4		26
	Análisis de costos..... 26	26
4.1.	Rentabilidad del dispositivo..... 26	26
4.1.1.	Cálculo del valor actual neto (VAN) 26	26
4.1.2.	Cálculo de la tasa interna de retorno (TIR)..... 27	27
CONCLUSIONES		30
RECOMENDACIONES		31
REFERENCIAS		32
ANEXOS.....		33

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Cuadro comparativo de Software para el reconocimiento de caracteres.....	8
Tabla 2.2. Especificaciones Raspberry Pi 3 Modelo B.....	10
Tabla 3.1. Implementación del dispositivo	15
Tabla 3.2: Resultados de la pregunta 1	20
Tabla 3.3: Resultados de la pregunta 2	20
Tabla 3.4. Resultados de la pregunta 3	21
Tabla 3.5. Resultados de la pregunta 4	22
Tabla 3.6. Resultados de la pregunta 5	22
Tabla 3.7. Resultado de la pregunta 6.....	23
Tabla 3.8. Resultados de la pregunta 7	23
Tabla 3.9. Resultados de la pregunta 8	24
Tabla 3.10. Resultados de la pregunta 9	25
Tabla 4.1. Presupuesto del dispositivo.....	26

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Arquitectura de los convertidores de texto a voz.....	6
Figura 2.2. Diagrama de bloque del sintetizador de voz.....	8
Figura 2.3. Raspberry Pi 3 modelo B.....	10
Figura 2.4. Cámara Raspberry Pi 3.....	11
Figura 3.1. Diagrama de bloques	13
Figura 3.2. Circuito para la captura de imágenes	14
Figura 3.3. Diagrama de flujo del dispositivo	16
Figura 3.4. Diagrama de flujo del procesamiento de imágenes	17
Figura 3.5. Diagrama de flujo del reconocimiento óptico de caracteres	18
Figura 3.6. Diagrama de flujo de la reproducción de audio	19
Figura 3.7. Representación gráfica del resultado de la pregunta 1	20
Figura 3.8. Representación gráfica del resultado de la pregunta 2.....	21
Figura 3.9. Representación gráfica del resultado de la pregunta 2.....	21
Figura 3.10. Representación gráfica del resultado de la pregunta 4	22
Figura 3.11. Representación gráfica del resultado de la pregunta 5	22
Figura 3.12. Representación gráfica de la pregunta 6.....	23
Figura 3.13. Representación gráfica del resultado de la pregunta 7	24
Figura 3.14. Representación gráfica del resultado de la pregunta 8.....	24
Figura 3.15. Representación gráfica del resultado de la pregunta 9	25

RESUMEN

En la actualidad las personas no videntes requieren de documentos escritos en el lenguaje braille para la respectiva lectura por lo que es necesario pasar estos documentos a lenguaje braille, pero por su elevado costo no pueden acceder a la información requerida por parte de la persona no vidente. Esto es un impedimento en no acceder a documentos tales como libros, revistas, periódicos, etc. En la biblioteca del establecimiento (UPS), existe un grupo de personas no videntes que trabajan con un software comercial, Se trata de un lector de pantallas de computadores personales (PC), que les permite realizar sus ocupaciones laborales en la institución, pero este software tiene sus limitantes puesto a que requiere de conexión a internet para realizar las respectivas actualizaciones de sistema, además la persona no vidente debe estar capacitado para el manejo de este software. Se diseñó e implemento un dispositivo que les permita al grupo de personas no videntes de la biblioteca de dicho establecimiento escuchar el texto de libros de esa manera acceder a textos disponibles en la biblioteca o cualquier otro documento que ellos prefieran. Se estableció que el dispositivo es portátil y fácil de utilizar según la encuesta realizada a las personas no videntes de la biblioteca de la UPS, además con los resultados obtenidos del valor actual neto (VAN), y la tasa interna de retorno (TIR), se determinó que se puede recuperar el costo del dispositivo en un tiempo de 4 meses.

ABSTRACT

Currently people without disabilities require written documents in Braille for reading that may need these documents in a Braille language, but due to its high cost it is not possible to access the information required by the blind person. This is an impediment in access to documents such as books, magazines, newspapers, etc. In the library of the establishment (UPS), there is a group of people without papers who work with commercial software, It is a reader of personal computer screens (PC), which allows them to carry out their work occupations in the institution, but this Software has its limits that require Internet connection to perform the respective updates of the system, in addition the person is not qualified to handle this software. A device was designed and implemented that allowed the group of blind people in the library of that type to listen to the text of books in that way, access texts available in the library and, in addition, they preferred. It was established that the device is portable and easy to use according to the survey made to the non-voters of the UPS library, with the results obtained from the net present value (NPV), and the internal rate of return (IRR). Determined that the cost of the device can be recovered in a time of 4 months.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad las personas no videntes tienen inconveniente al tratar de leer el texto de cualquier documento ya sea libros, revistas, etc., debido a que se requiere que estos documentos estén escritos en el lenguaje braille o a su vez necesitan de aplicaciones móviles para que les permitan con la lectura de algún documento, esto genera un costo ya sea para realizar la conversión de texto a lenguaje braille, o la adquisición de la aplicación móvil.

En la biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana existen un grupo de personas no videntes que disponen de un software comercial, esto es una desventaja puesto al alto costo.

En este proyecto técnico con fines sociales, se implementa un dispositivo portátil texto a voz que no requiere conexión a internet y les permitirá la lectura de textos.

En el capítulo uno se describe: Antecedentes, planteamiento del problema, objetivos, metodología para la implementación del dispositivo portátil texto a voz.

En el capítulo dos se describe el marco teórico en lo que abarca temas como: Conversión texto a voz, así como el microcontrolador, cámara para Raspberry Pi, librería Python-Tesseract.

En el capítulo tres se describe el diseño e implementación del dispositivo tales como: diagramas de bloque, el diseño para realizar las capturas de imágenes, cálculos para encontrar los valores de resistencia para el pulsador, la implementación del dispositivo, los diagramas de flujo del software, las pruebas realizadas con el dispositivo portátil texto voz a las personas de la biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

CAPÍTULO 1

ANTECEDENTES

La tecnología genera soluciones para mejorar el estilo de vida de las personas no videntes creando dispositivos electrónicos, aplicaciones para móviles entre otros. Sin embargo, no tienen acceso a estos dispositivos debido a que tienen un alto costo para ser utilizados supliendo ciertas necesidades como son la lectura de textos. En el Ecuador según el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) existen 274.000 personas no videntes, en estos últimos años han aparecido dispositivos como por ejemplo un lector de textos que tiene una cámara incorporada en forma de anillo que se adapta al dedo humano este lee textos en español, con un tipo de letra Arial 14 e interlineado 1.5. Otro dispositivo electrónico creado se trata de un lector audible para textos. Su funcionamiento se trata de captar el texto mediante una cámara que posterior a ello realiza la lectura sintetizando la voz con la ayuda con un software libre. (Pablo, Agüero, 2012)

Planteamiento del Problema

Para las personas no videntes de la biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana, se necesita desarrollar un dispositivo portátil, que permita leer textos de periódicos, revistas, artículos, entre otros y que luego de leerlos reproduzca el sonido de las palabras, para que el no vidente pueda escucharlos. De esta manera tiene acceso a una gran cantidad de información que hasta el momento se había limitado por motivo de no tener muchos textos en especial los de las últimas ediciones traducidas al lenguaje braille.

1.1. Problema de estudio

Se necesita crear un dispositivo portátil que realice la lectura de texto a voz, fácil de usar, capaz de mejorar la calidad de vida de las personas con discapacidad visual. La baja visión en las personas también se debe a enfermedades como: la diabetes, o dislexia

con lo que ocasiona dificultad al tratar de leer textos tales como: el periódico, revistas, panfletos, etc.

Este proyecto se realizará con el grupo de trabajo no videntes de la biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana: Este grupo de trabajo no pueden aprovechar el acceder a un mayor número de libros, revistas entre otros, porque no se han traducido al lenguaje braille los libros, artículos, revistas en el año 2017 al 2018. Se debe buscar aprovechar que el sentido del oído es mucho más desarrollado en personas no videntes. Actualmente el grupo de trabajo no videntes de la biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana disponen del software Jaws este es un lector de pantallas con la finalidad de que las personas no videntes tengan el acceso a los ordenadores, el funcionamiento de este software consiste en convertir el contenido de la pantalla en sonido. Este Software necesita actualizaciones periódicas, y se debe pagar una licencia para el funcionamiento en los ordenadores, lo que hace que estos factores sea una desventaja para las personas no videntes.

1.2. Justificación

Este proyecto tiene como beneficiarios al grupo de trabajo de personas no videntes de la biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana, los cuales tienen muchos libros en la biblioteca, pero no pueden utilizarlos porque no están transcritos a lenguaje braille o no existe una persona que tenga el tiempo de leerlo, además beneficiara para la lectura de periódicos, revistas u otro texto. Como novedad incorpora el solucionar una necesidad de las personas no videntes que se caracteriza porque el dispositivo será portátil, y podrá llevarlo a diferentes lugares y aprovechar de la posibilidad de escuchar un texto de periódico, revista, entre otros.

El dispositivo electrónico se pretende que sea portátil para que la persona pueda llevar consigo a todo lado, para que le permita a realizar leer periódicos, revistas. Una comparación con otros proyectos de titulación elaboradas en el Ecuador los dispositivos

realizados uno de ellos no es portable, el otro dispositivo es un mecanismo que está diseñado para los dedos de las personas, para realizar la lectura.

1.3.Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Desarrollar un dispositivo portátil que lea textos y reproduzca las palabras mediante la voz humana sintetizada para las personas no videntes de la biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Analizar los algoritmos de texto a voz para determinar cuál se puede utilizar para implementar en el dispositivo lector.
- Diseñar e implementar un dispositivo portátil texto-voz para las personas no videntes de la biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.
- Determinar el costo de implementación del dispositivo para comprobar si es factible construirlo para ser ofertado para personas no videntes.
- Realizar las pruebas necesarias para verificar el funcionamiento del dispositivo con las personas no videntes de la biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

1.4. Propuesta de solución

El desarrollo de un dispositivo que permita a la persona escuchar el texto de un periódico o revista, se tomará los caracteres de texto mediante una cámara digital, se la procesará en el dispositivo mediante los algoritmos texto a voz y se reproducirá su sonido en una salida para parlante o auricular. Así se permite a personas no videntes y con alta deficiencia visual acceder a mayor información que por el momento no pueden

hacerlo porque muchos textos no están en lenguaje braille. La realización de un dispositivo portátil que permita a la persona no vidente llevarlo a todos los lugares sin la necesidad de que otra persona le ayude a realizar la lectura o llevar el dispositivo.

1.5. Metodología

1.5.1. Revisión bibliográfica

Buscar la información teórica relacionada con los diversos algoritmos de texto a voz, para determinar el que se puede implementar, además de analizar las diversas opciones de microcontroladores y elementos necesarios para la construcción del equipo.

1.5.2. Método de ingeniería

Se desea implementar algoritmos en un dispositivo portátil que permitan realizar el reconocimiento de caracteres para posteriormente realizar mediante una voz sintetizada la reproducción de palabras en revistas, periódicos, documentos, para que la persona no vidente tenga facilidad a la lectura de los textos en mención.

- **Búsqueda del problema**

Analizar el problema de cómo las personas no videntes y con alta deficiencia visual puedan acceder a la lectura de textos impresos sean estos periódicos, revistas, artículos, manuales, menús entre otros. Se dispone con un grupo de personas de deficiencia visual, que son las personas no videntes de la biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana como apoyo y fuente de información.

- **Diseño**

Construir un dispositivo electrónico que interprete el texto impreso en: periódico, revista, hojas, entre otros, y que reproduzca el sonido de cada palabra de este texto.

- **Pruebas**

Realizar las pruebas del dispositivo con el grupo de personas no videntes de la biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana y determinar si el dispositivo electrónico le da un grado de satisfacción y también su utilidad. Además, se realizará un análisis de costos para determinar si es posible su implementación.

- **Generar un documento**

Se elaborará un escrito del proyecto de titulación donde se incluya la información teórica, se detalle la construcción del equipo y las pruebas resultados de las cuales saldrán las respectivas conclusiones.

1.6. Grupo Objetivo

El proyecto está dirigido especialmente para personas no videntes biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana. La realización de un dispositivo portátil que permita a la persona no vidente llevarlo a todos los lugares sin la necesidad de que otra persona le ayude a realizar la lectura o llevar el dispositivo.

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

En este capítulo se describe el marco teórico, entre los temas tratados: conversor texto a voz, aplicaciones, procesamiento de señales, síntesis de voz.

2.1. Conversor Texto a voz

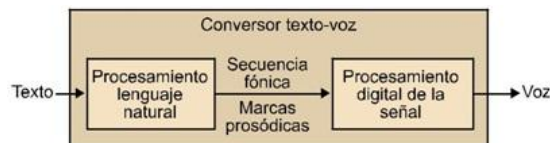
La construcción de sonidos basada en textos escritos se conoce como texto a voz. Se utilizan métodos como: concatenación, articulación y síntesis de voz. Por otra parte, las tecnologías se ven afectadas por el idioma ya que se debe traducir el texto a fonemas de cada lenguaje.

2.1.1. Aplicaciones de los convertidores de texto a voz

Los lectores de pantalla junto con teclados adaptados, han permitido el acceso al mundo de la informática e Internet a las personas con deficiencias visuales. (Barrobés, Helenca Duxans, 2017)

Los convertidores de texto a audio tienen como entrada un texto y como salida el audio correspondiente. Aunque existen diferentes técnicas para realizar esta conversión, todos los TTS comparten la misma arquitectura que se muestra en la Figura 2.1.

Figura 2.1. Arquitectura de los convertidores de texto a voz



Fuente: (Barrobés, Helenca Duxans, 2017)

La arquitectura de un TTS está formada por dos módulos: uno de procesamiento de lenguaje natural y otro de procesamiento digital de la señal. El módulo de procesamiento de lenguaje natural es el encargado de transformar el texto de entrada (texto plano, HTML, etc.) en una transcripción fonética con marcas prosódicas. El módulo de

procesamiento digital de la señal genera el audio en base a las marcas fonéticas por ello también se denomina módulo de síntesis acústica. (Barrobés, Helenca Duxans, 2017)

2.1.2. El módulo de procesamiento de lenguaje natural

El módulo de procesamiento de lenguaje natural (PLN) es el encargado del análisis del texto de entrada y de tratarlo para que lo pueda leer un sistema de síntesis. Un sistema completo de procesamiento de lenguaje natural para un TTS consta, de dos etapas: (Barrobés, Helenca Duxans, 2017)

- a) El analizador morfosintáctico procesa el texto para dejarlo limpio (eliminación de etiquetas, viñetas, etc.) y extrae la estructura del texto, es decir, la organización de las frases. También aporta información sobre la categoría gramatical de las palabras (POS) y normaliza el texto expandiendo abreviaciones, acrónimos o transcribiendo los números, entre otras operaciones. (Barrobés, Helenca Duxans, 2017)
- b) El transcriptor fonético transforma el texto en una secuencia de fonemas, teniendo en cuenta la información morfosintáctica asociada a cada palabra y las relaciones fonéticas que se establecen entre unas y otras para el idioma. (Barrobés, Helenca Duxans, 2017)

2.1.3. El módulo de procesamiento de la señal

El módulo de procesamiento de la señal es el encargado de transformar la información simbólica de fonemas y marcas prosódicas, proporcionada por el módulo de procesamiento de lenguaje natural, en habla. Por lo tanto, es el módulo que genera la señal acústica. Las primeras estrategias de síntesis acústica que surgieron imitaban el sistema de producción humano (síntesis articulatoria) o las características acústicas de la señal (síntesis por formantes). En la actualidad, la mayoría de los TTS comerciales utilizan la síntesis por concatenación en el módulo de procesamiento de la señal, por su simplicidad y por la calidad de la voz que genera. (Barrobés, Helenca Duxans, 2017)

2.2. Síntesis de voz

El diagrama de bloques del sintetizador voz se puede ver en la Figura 2.2.

Figura 2.2. Diagrama de bloque del sintetizador de voz



Fuente: (Villoria, Cristina, 2009)

La voz puede generarse uniendo las grabaciones que se han hecho, ya sean de palabras enteras, o fonemas, pero siempre intentando que el sonido producido parezca lo más natural posible y evidente para la persona que escucha. El sistema tiene que ser capaz, además de todo esto, de sintetizar cualquier texto aleatorio, no uno establecido por defecto.

2.2.1. La conversión de texto en habla

Se utilizan algoritmos computacionales para transformar imágenes que son el texto en sonidos que es audio. (Llisterri J, 2001)

2.3. Cuadro comparativo de software para el reconocimiento óptico de caracteres

En la Tabla 2.1 se realiza la comparación de las herramientas para el reconocimiento óptico de caracteres que permitirá elegir la mejor opción a implementar en el desarrollo del programa.

Tabla 2.1. Cuadro comparativo de Software para el reconocimiento de caracteres

	Licencia	Conectividad a internet	Tiempo de respuesta	Calidad de las imágenes para análisis	Soporta el idioma español
Tesseract	Gratuita	No	Bueno	Buena	Si
Ocrad	Gratuita	No	Bueno	Excelente	Si
Gocr	Gratuita	No	Bueno	Excelente	No
Ocropus	Gratuita	No	Bueno	Excelente	Si
Tocr	Comercial	Si	Excelente	Buena	Si
Leadtools OCR SDK	Comercial	Si	Excelente	No	Si

Fuente: Daniel Burga

En base a las características mencionadas en la Tabla 1 la herramienta Tesseract reúne una serie de ventajas tales como:

- No requiere de conexión de internet para su funcionamiento
- Es Software libre
- Soporta varios idiomas incluidos el español
- Para realizar el análisis en las imágenes no requiere que la imagen a analizar este nítida

En comparación a las demás herramientas se tiene las siguientes características:

Ocrad, Ocropus, Gocr: Las imágenes a ser analizadas requieren que sean de buena calidad para el reconocimiento de caracteres, además para la herramienta Gocr no soporta el idioma español. Las herramientas: TOCR Abbyy CLI OCR Leadtools OCR SDK OCR API Service, son softwares comerciales llegan a tener un costo aproximado de \$200, con la ventaja con el tiempo de respuesta muy rápido.

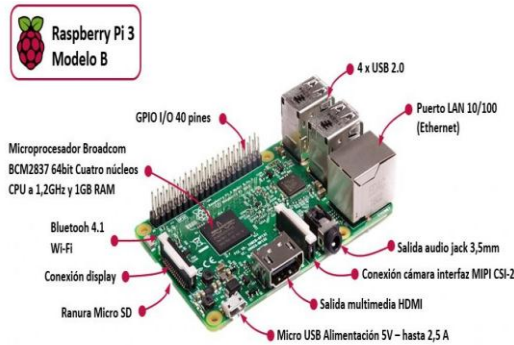
2.4. Algoritmo para el reconocimiento óptico de caracteres

Para el reconocimiento óptico de caracteres (OCR), existe un método que proporciona muy buenos resultados. El algoritmo K-NN (K vecinos más próximos). Este método es muy popular debido a su sencillez y al buen comportamiento que presenta para afrontar diversos tipos de problemas de clasificación, siendo uno de ellos el de OCR. (Juan José Ortuño López, Junio 2016)

2.5. Placa de desarrollo

Se utilizará como controlador una tarjeta Raspberry Pi 3 modelo B, esta es una mini computadora personal que utiliza el sistema operativo Raspbian. Este es el sistema oficial de Raspberry Pi que incluye software educativo, para programación y para uso general. Como se puede observar en la Figura 2.3. (Cruceira, Roberto, 2017) .

Figura 2.3. Raspberry Pi 3 modelo B



Fuente: (Cruceira, Roberto, 2017)

En la Tabla 2.2 se puede observar las características técnicas de la tarjeta Raspberry Pi 3, como son el número de pines, el procesador base, los tipos de interface de conectividad inalámbrica y alámbrica, display, etc.

Tabla 2.2. Especificaciones Raspberry Pi 3 Modelo B

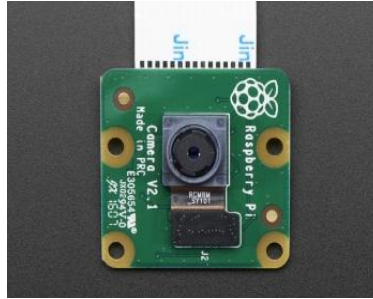
Componente	Descripción
GPIO I/O 40 pines	Pines de entrada y salida digitales, 26 son pines GPIO y los otros son pines de alimentación.
Microprocesador Broadcom BCM2837	Consta cuatro núcleos de procesamiento ARM Cortex-A53 de alto rendimiento que funcionan a 1.2 GHz
Bluetooth 4.1, Wifi	Tecnologías de comunicación inalámbricas
Conexión display	Sirve para conectar una pantalla táctil.
Ranura Micro SD	Sirve para el almacenamiento de datos, cargar el sistema operativo en la tarjeta Raspberry Pi 3.
Ranura Micro USB,	Alimentación 5v- hasta 2,5A
Salida multimedia HDMI	Conexión de video, audio
Conexión cámara MIPI CSI-2	Facilita la conexión de una cámara pequeña al procesador
Salida audio jack 3,5mm	Permite la conexión de parlantes o auriculares.
Puerto LAN 10/100	RJ 45 para la conexión a internet.
4 XUSB 2.0	4 puertos USB para la conexión de dispositivos.

Autor: Daniel Burga

2.6. Cámara para Raspberry Pi

En la Figura 2.4 se observa la cámara Raspberry Pi a utilizar para la implementación del dispositivo portátil texto a voz.

Figura 2.4. Cámara Raspberry Pi 3



Fuente: (Sanchez, Jaime, 2017)

La placa de cámara Raspberry Pi de alta definición (HD) se conecta a cualquier Raspberry Pi (1, 2,3, Zero) para crear fotografías y vídeo HD. Utiliza el sensor de imagen IMX219PQ de Sony. Dispone también de funciones de control automático como el control de exposición, el balance de blancos y la detección de iluminación como se puede ver en la Figura 2.4. (Sanchez, Jaime, 2017)

La hoja de datos de la cámara Raspberry Pi 3 B se encuentra en el siguiente enlace: <https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Dev/RaspberryPi/RPiCamMod2.pdf>

2.7.Librería Espeak texto a voz

Este es un sintetizador de voz que brinda soporte para español, inglés y otros idiomas. Está escrito en C. Espeak lee el texto del archivo de entrada, tiene las siguientes características:

- Habla el texto de un archivo
- La salida de voz se puede guardar como archivo WAV
- Puede traducir texto a códigos de fonemas, por lo que podría adaptarse como interfaz para otro motor de síntesis de voz
- No requiere de conexión a internet

2.8. Librería Python-Tesseract

Python-Tesseract es una herramienta de reconocimiento óptico de caracteres (OCR) para Python. Es decir, reconocerá y leerá el texto incrustado en las imágenes, puede leer todos los tipos de imágenes compatibles con Python Imaging Library, incluidos jpeg, png, gif, bmp, tiff y otros, mientras que Tesseract-Ocr de forma predeterminada solo admite tiff y bmp. Además, si se usa como script, Python-Tesseract imprimirá el texto reconocido en lugar de escribirlo en un archivo. (Foundation, 2018)

CAPÍTULO 3

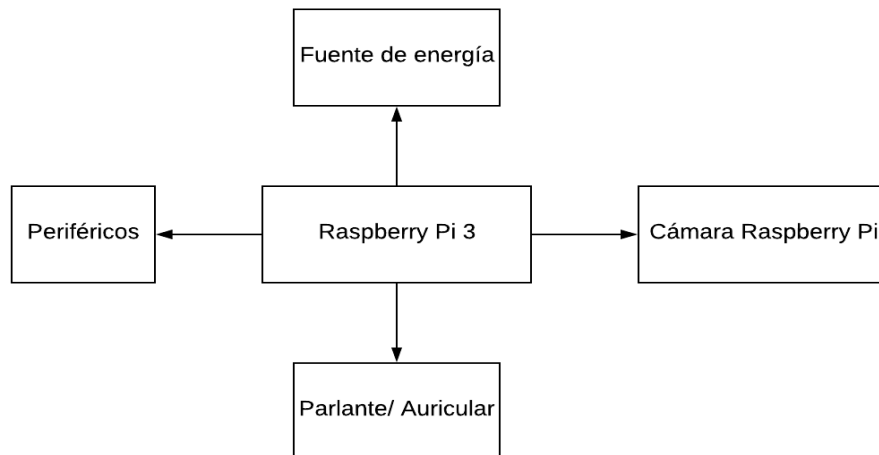
Diseño e implementación del dispositivo

En el presente capítulo se describe el diseño e implementación del dispositivo electrónico, el algoritmo a realizar para la conversión texto a voz, y el hardware realizando.

3.1. Diagrama de bloques

En la Figura 3.1 se muestra el diagrama de bloques, en dónde hace mención los componentes electrónicos a utilizar para la creación del dispositivo.

Figura 3.1. Diagrama de bloques



Autor: Daniel Burga

El diagrama de bloques como se puede ver la Figura 3.1 está constituido por:

Raspberry Pi 3: Es un ordenador de tamaño reducido que se encarga de almacenar, procesar la información. Esta información se la obtiene de la cámara que permite capturar las imágenes para posterior a ello ser procesadas para el reconocimiento de caracteres.

Fuente de energía: De acuerdo a los datos técnicos de la tarjeta Raspberry pi 3, se debe utilizar una fuente de 5 voltios DC con una corriente de 2.5 A.

Periféricos: Está constituido por un botón pulsante que captura la imagen deseada.

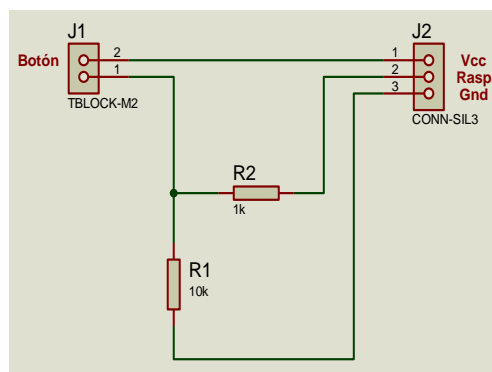
Cámara Raspberry Pi 3: Captura imágenes una vez conectada a la tarjeta.

Parlante/ Auricular: Reproduce las palabras en voz sintetizada.

3.2. Capturar imágenes

Cómo se muestra en la Figura 3.2 el dispositivo está diseñado con un pulsador que cada vez que se presiona se toma una foto.

Figura 3.2. Circuito para la captura de imágenes



Autor: Daniel Burga

a) Cálculos de los valores para el uso de resistencias

Cómo se muestra en la Figura 3.2 se utiliza un circuito divisor de tensión con resistencia pull down, para garantizar un estado lógico, los valores de resistencias se muestran a continuación, basados de los datos de la tarjeta Raspberry Pi:

$$R_{1 \text{ pull down max}} = \frac{V_{il}}{I_{il}} = \frac{\text{Baja tensión de entrada}}{\text{Corriente de fuga de entrada}} = \frac{0.6_v}{5_{\mu A}} \quad \text{Ec. (3.1)}$$

$$R_{1 \text{ pull down max}} = 120 \text{ K}\Omega$$

$$R_{1 \text{ pull down min}} = \frac{V_{OH}}{I_{OH}} = \frac{\text{Salida de voltaje en alto}}{\text{Salida de corriente en alto}} = \frac{1.6_v}{2_{mA}} \quad \text{Ec. (3.2)}$$

$$R_{1 \text{ pull down min}} = 800 \Omega$$

Con este cálculo final, el intervalo de valores de la resistencia pull-down es:

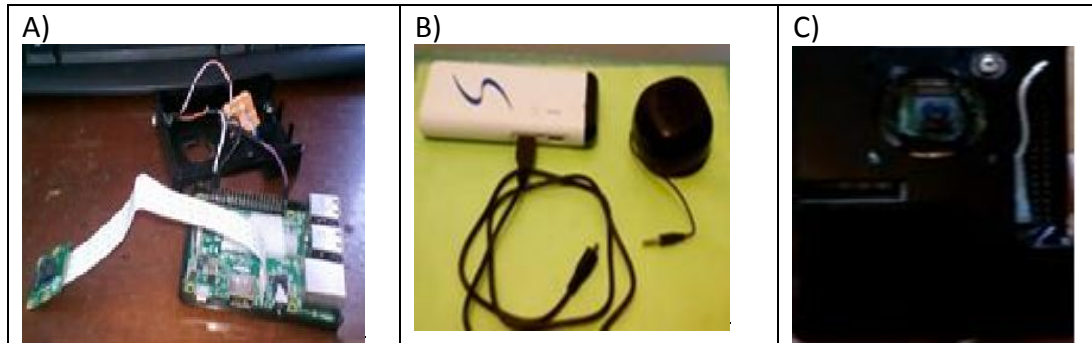
$$800 \Omega \leq 120 \text{ K}\Omega$$

Por lo tanto, la resistencia a utilizar por valores comerciales es de $1\text{K}\Omega$, $10\text{K}\Omega$.

3.3.Implementación del dispositivo

El dispositivo portátil texto a voz como se muestra en la Tabla 3.1 consta de la fuente de alimentación, una carcasa propia de Raspberry Pi que en su interior esta: la tarjeta en mención, la cámara, circuito de control para el pulsador, parlante.

Tabla 3.1. Implementación del dispositivo



Autor: Daniel Burga

3.4.Diagramas de Flujo

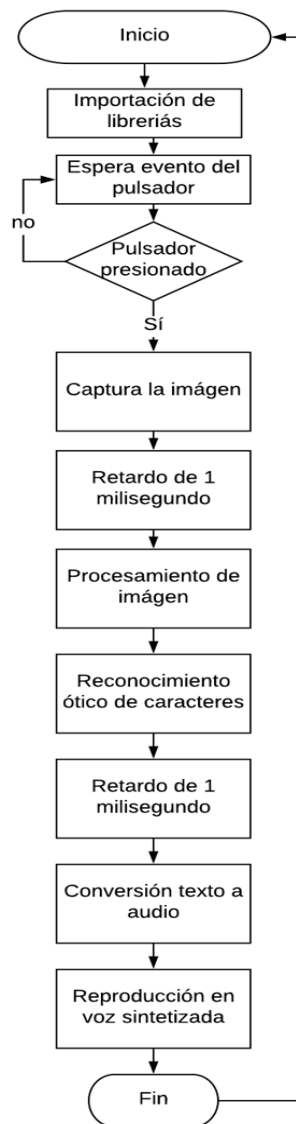
3.4.1. Diagrama de flujo del dispositivo

Como se detalla en la Figura 3.3, el dispositivo realiza lo siguiente:

- Se realiza la importación de las librerías necesarias para la realización del algoritmo.
- Se espera un tiempo de 1 milisegundo para detectar el estado lógico (uno o cero), del pulsador.
- Si se presiona el pulsador se procede a capturar y guardar la imagen captada por la cámara.

- Pasa un tiempo de 1 mili segundo para el procesamiento de la imagen capturada, para después pasar al reconocimiento óptico de caracteres (OCR).
- Luego del proceso de reconocimiento óptico de caracteres se realiza la conversión de texto a audio.
- Finalmente reproducir el audio en voz sintetizada de todos los caracteres reconocidos, hay que tomar en cuenta que la imagen de entrada debe ser sometida a un procesamiento para obtener mayor precisión en el reconocimiento de las palabras. La salida de audio es mediante un parlante o auricular.

Figura 3.3. Diagrama de flujo del dispositivo

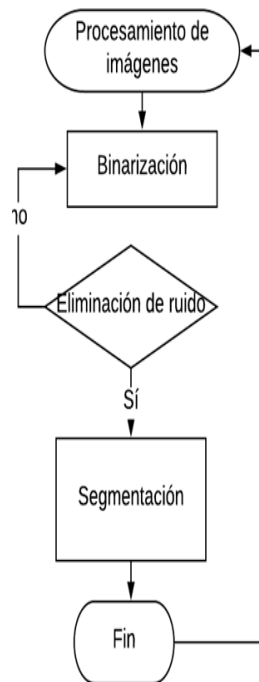


3.4.2. Diagrama de flujo del Procesamiento de imágenes

Cómo se detalla en la Figura 3.4 el algoritmo realiza lo siguiente:

- Luego de la captura de la imagen se realiza la binarización consiste en tener la imagen en dos colores blanco y negro
- Se procede a eliminar el ruido utilizando el método de filtro Gaussiano, esto resalta el área del texto.
- Cómo último paso se realiza la segmentación que consiste en extraer las regiones de interés de una imagen.

Figura 3.4. Diagrama de flujo del procesamiento de imágenes

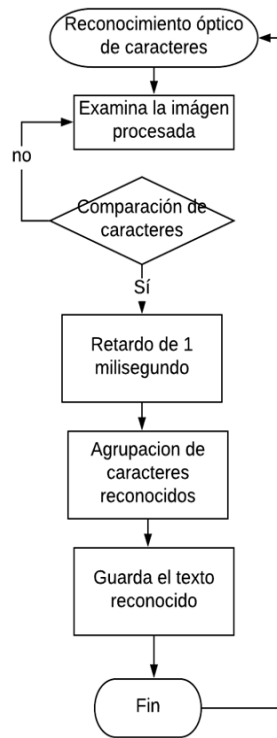


3.4.3. Diagrama de flujo del reconocimiento óptico de caracteres

Cómo se detalla en la Figura 3.5, el algoritmo realiza lo siguiente:

- Se procede a examinar la imagen procesada para realizar el reconocimiento de caracteres, y realizar la comparación de caracteres con los caracteres existentes en la biblioteca en la librería de Python-Tesseract, este es un motor propio de OCR (reconocimiento óptico de caracteres).
- Espera un tiempo de 1 milisegundo para la obtener los caracteres resultantes y agrupar dichos caracteres.
- Guarda el texto reconocido para realizar la lectura en voz sintetizada.

Figura 3.5. Diagrama de flujo del reconocimiento óptico de caracteres



Autor: Daniel Burga

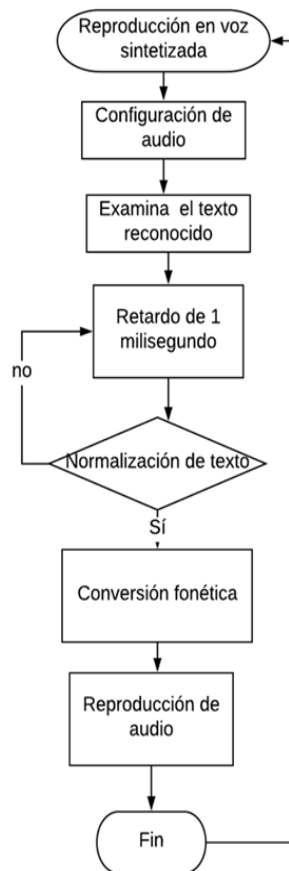
3.4.4. Diagrama de flujo de la reproducción en voz sintetizada

Cómo se detalla en la Figura 3.6, el algoritmo realiza lo siguiente:

- Se realiza a la configuración de volumen, velocidad en la que la voz sintetizada será reproducida mediante un parlante o auricular.

- El algoritmo examina el texto reconocido para realizar la lectura en voz sintetizada. La imagen de entrada debe ser de buena calidad para que el algoritmo de reconocimiento óptico de caracteres haga efecto y se pueda escuchar el texto correctamente.
- Pasa un tiempo de 1 mili segundo hasta examinar el texto reconocido, para proceder a la normalización del texto. Esto consiste en un post procesado en que convierte en totalidad el texto reconocido.
- En el proceso de conversión fonética consiste en convertir letras a sonidos, para llegar de esa manera a la reproducción en voz sintetizada mediante un altavoz o parlante.
- Realizado con la conversión fonética se procede a la reproducción de audio en voz sintetizada.

Figura 3.6. Diagrama de flujo de la reproducción de audio



3.5.Pruebas y resultados

Para conocer la satisfacción del cliente se utilizó la metodología de recopilar datos mediante la formulación de encuestas en la que hace mención en: diseño, funcionamiento del dispositivo, aspecto del mismo como se puede observar en el anexo 2. La encuesta fue formulada a las personas no videntes de la biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana, se tiene un universo de 6 personas, de las cuales 3 son bibliotecarios y 3 son estudiantes no videntes como se puede observar en el anexo 1.

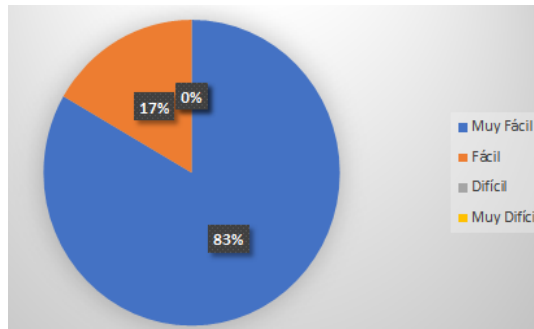
- Pregunta 1. Mencione el grado de dificultad para el manejo del dispositivo

Tabla 3.2: Resultados de la pregunta 1

Muy Fácil	Fácil	Difícil	Muy Difícil
6	0	0	0

Autor: Daniel Burga

Figura 3.7. Representación gráfica del resultado de la pregunta 1



Autor: Daniel Burga

En la Figura 3.7 indica que el 83% de las personas encuestadas opinan que el dispositivo es muy fácil de utilizar, mientras que el 17% opinan que el dispositivo es fácil de usar.

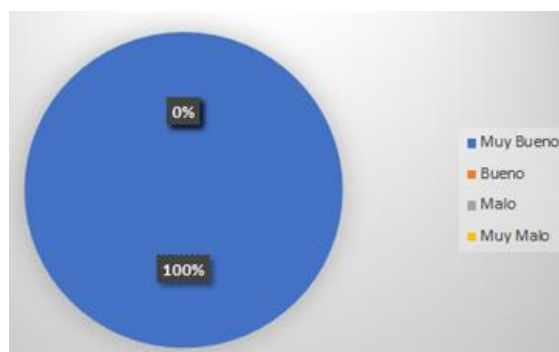
- Pregunta 2. ¿Qué le pareció el nivel de portabilidad que tiene el dispositivo?

Tabla 3.3: Resultados de la pregunta 2

Muy Bueno	Bueno	Malo	Muy Malo
6	0	0	0

Autor: Daniel Burga

Figura 3.8. Representación gráfica del resultado de la pregunta 2



Autor: Daniel Burga

En la Figura 3.8 la totalidad de las personas considera el dispositivo portable.

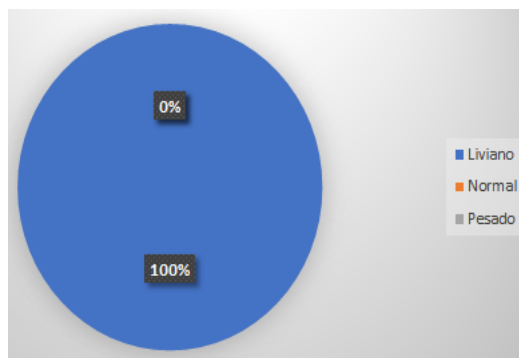
- Pregunta 3: ¿El peso del dispositivo como lo considera?

Tabla 3.4. Resultados de la pregunta 3

Liviano	Normal	Pesado
6	0	0

Autor: Daniel Burga

Figura 3.9. Representación gráfica del resultado de la pregunta 2



Autor: Daniel Burga

En la Figura 3.9 el 100% de las personas consideran un dispositivo portable.

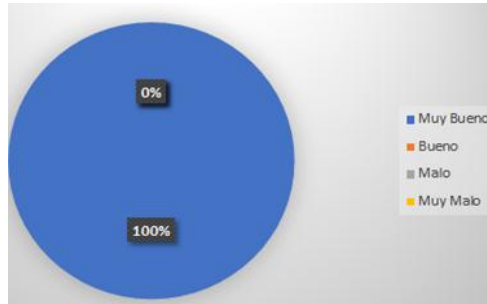
- Pregunta 4. Desde su punto de vista. ¿Cómo le pareció el funcionamiento del dispositivo?

Tabla 3.5. Resultados de la pregunta 4

Muy Bueno	Bueno	Malo	Muy Malo
6	0	0	0

Autor: Daniel Burga

Figura 3.10. Representación gráfica del resultado de la pregunta 4



Autor: Daniel Burga

En la Figura 3.10, el 100% de las personas consideran muy bueno el funcionamiento del dispositivo.

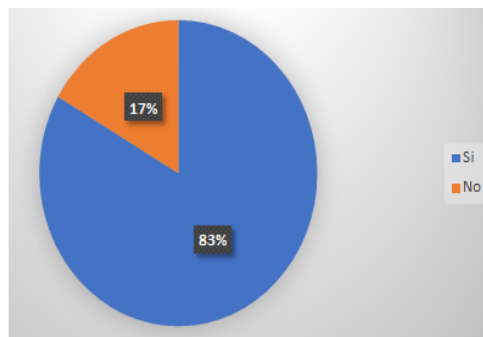
- Pregunta 5. ¿La voz sintetizada emitida por el dispositivo es entendible para usted?

Tabla 3.6. Resultados de la pregunta 5

Si	No
5	1

Autor: Daniel Burga

Figura 3.11. Representación gráfica del resultado de la pregunta 5



Autor: Daniel Burga

El 83% de las personas encuestadas considera que la voz sintetizada es entendible, mientras que el 17% opinan que la voz sintetizada no es entendible.

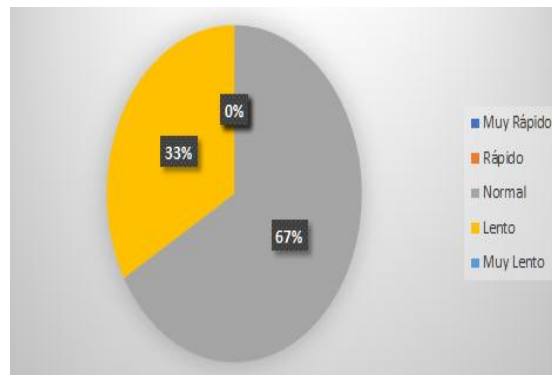
- Pregunta 6: ¿Qué le parece la velocidad de lectura de textos?

Tabla 3.7. Resultado de la pregunta 6

Muy Rápido	Rápido	Normal	Lento	Muy lento
0	0	4	2	0

Autor: Daniel Burga

Figura 3.12. Representación gráfica de la pregunta 6



Autor: Daniel Burga

En la Figura 17 el 67% de los encuestados considera normal la velocidad de lectura de textos, mientras que el 33 % considera que la velocidad de lectura es lenta.

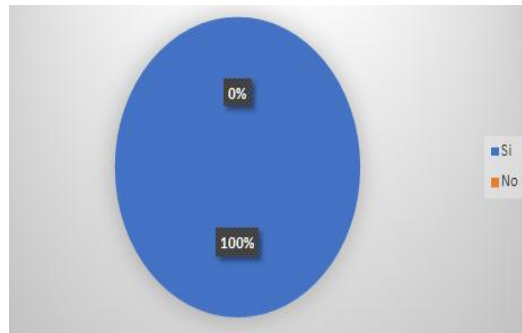
- Pregunta 7: ¿Cree usted que el dispositivo ha sido útil para la lectura de textos?

Tabla 3.8. Resultados de la pregunta 7

Si	No
6	0

Autor: Daniel Burga

Figura 3.13. Representación gráfica del resultado de la pregunta 7



Autor: Daniel Burga

En la Figura 3.13, el 100% de los encuestados considera que el dispositivo es útil para la lectura de textos.

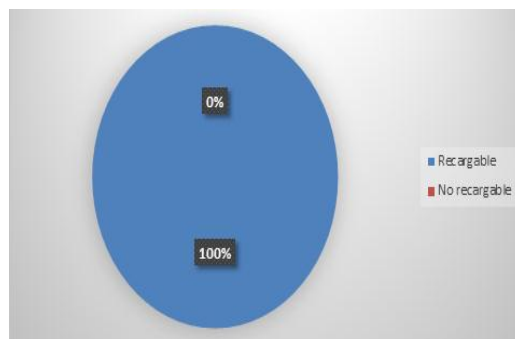
- Pregunta 8: ¿Considera que es necesario usar batería recargable con el equipo?

Tabla 3.9. Resultados de la pregunta 8

Recargable	No Recargable
6	0

Autor: Daniel Burga

Figura 3.14. Representación gráfica del resultado de la pregunta 8



Autor: Daniel Burga

En la Figura 3.14 se aprecia que el 100% de los encuestados considera el uso de batería recargable para el dispositivo.

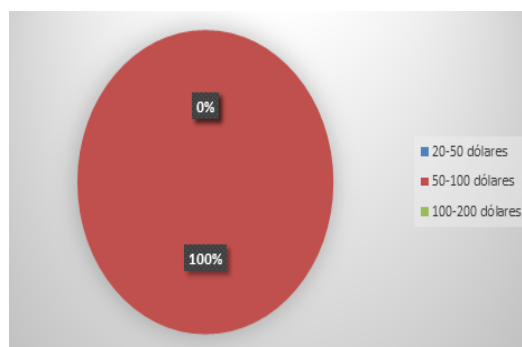
- Pregunta 9: ¿Qué precio considera usted que debería tener el dispositivo?

Tabla 3.10. Resultados de la pregunta 9

De: 20- 50 dólares	De: 50-100 dólares	De: 100-200 dólares
0	6	0

Autor: Daniel Burga

Figura 3.15. Representación gráfica del resultado de la pregunta 9



Autor: Daniel Burga

En la Figura 3.15 se aprecia que el 100% de la encuesta optan adquirir el dispositivo en el precio de 50 a 100 dólares. En el anexo 3 se observa una certificación de la Biblioteca de no videntes de la UPS de que las pruebas se realizaron en ese lugar.

CAPÍTULO 4

Análisis de costos

En este capítulo se analiza los costos de implementación del dispositivo portátil texto a voz. En la Tabla 4.1 se puede observar los precios de cada elemento empleado y el costo total del dispositivo.

Tabla 4.1. Presupuesto del dispositivo

Cantidad	Descripción	Costo
1	Tarjeta Raspberry Pi 3	\$ 60
1	Cargador Portable 5VDC-2A	\$ 15
1	Carcasa Raspberry Pi 3	\$ 10
1	Elementos Electrónicos	\$ 5
1	Raspberry Pi cámara	\$ 50
1	Convertidor HDMI a VGA	\$10
1	Parlante o auricular	\$ 5
1	Tarjeta micro SD 8 GB	\$ 5
1	Código de programación	\$ 150
	Total	\$ 310

Autor: Daniel Burga

El costo total para la implementación del dispositivo es de \$ 310. Los costos más altos para el desarrollo del dispositivo son: la tarjeta Raspberry Pi 3, la cámara, código de programación siendo el 83.87 % del costo total del dispositivo para la implementación.

4.1. Rentabilidad del dispositivo

Para conocer si es rentable implementar el dispositivo portátil texto a voz se realiza el cálculo del valor actual neto (VAN), y la tasa de interna de retorno (TIR).

4.1.1. Cálculo del valor actual neto (VAN)

Se calcula con la siguiente fórmula:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+k)^t} - I_0 \quad \text{Ec. (4.1)}$$

En donde:

V_t : Representa el flujo de caja en cada período, en este caso se considera el costo de servicio que ofrece un ayudante lector.

I_0 : Es el valor inicial de la inversión.

n : Es el número de período en el que se recupera la inversión, para este caso se considera un lapso de 4 meses.

k : Es la tasa de interés, según el Banco Central del Ecuador el valor es de 6.58 %.

Substituyendo valores se obtiene:

Se utiliza el valor de 200 que es el salario de una persona de ayuda para lecturas de textos de no videntes.

$$VAN = -340 + \sum_{j=1}^4 \frac{200}{(1+0.0658)^j}$$

$$VAN = -310 + \frac{200}{(1+0.0658)^1} + \frac{200}{(1+0.0658)^2} + \frac{200}{(1+0.0658)^3} + \frac{200}{(1+0.0658)^4}$$

$$VAN = -310 + 187.65 + 176.07 + 165.20 + 155.04$$

$$VAN = \$ 373.96$$

El valor del VAN es mayor a 0, por lo tanto, la inversión del proyecto se recupera evitando egresos a partir del cuarto mes.

4.1.2. Cálculo de la tasa interna de retorno (TIR)

Es la máxima tasa de retorno que puede tener el proyecto para que pueda ser rentable. Se calcula con la siguiente fórmula:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_f t}{(1 + TIR)^t} - I_o \quad \text{Ec. (4.2)}$$

$V_f t$: Flujo de caja en el periodo t

n: Es el número de período en el que se recupera la inversión, para este caso se considera un lapso de 4 meses.

Reemplazando $x=TIR$, y substituyendo valores se tiene que:

$$\frac{200}{(1+x)^1} + \frac{200}{(1+x)^2} + \frac{200}{(1+x)^3} + \frac{200}{(1+x)^4} - 310 = 0$$

$$\frac{200}{(1+x)^1} + \frac{200}{(1+x)^2} + \frac{200}{(1+x)^3} + \frac{200}{(1+x)^4} = 310$$

$$\frac{200(1+x)^3 + 200(1+x)^2 + 200(1+x) + 200}{(1+x)^4} = 310$$

$$\frac{200(1+x)^3 + 200(1+x)^2 + 200(1+x) + 200}{(1+x)^4} = 310$$

$$\frac{200[(1+x)^3 + (1+x)^2 + (1+x)^1 + 1]}{(1+x)^4} = 310$$

$$\frac{200[(1+3x+3x^2+x^3) + (1+2x+x^2) + (1+x) + 1]}{(1+x)^4} = 310$$

$$\frac{200[3+6x+4x^2+x^3]}{(1+x)^4} = 310$$

$$3+6x+4x^2+x^3 = \frac{310}{200}(1+x)^4$$

$$3+6x+4x^2+x^3 = 1.47(1+x)^4$$

$$3+6x+4x^2+x^3 = 1.47(1+4x+6x^2+4x^3+x^4)$$

$$3 + 6x + 4x^2 + x^3 = 1.47 + 5.88x + 8.82x^2 + 5.88x^3 + 1.47x^4$$

$$0 = 1.47 + 5.88x + 8.82x^2 + 5.88x^3 + 1.47x^4 - 3 - 6x - 4x^2 - x^3$$

$$1.47x^4 + 4.88x^3 + 4.82x^2 - 0.12x - 1.53 = 0$$

$$x_1 = 0.46$$

$$x_2 = -1$$

$$x_3 = -1.39 + 0.56i$$

$$x_4 = -1.39 - 0.56i$$

Se sabe que: TIR= x

Por lo tanto, se obtiene que: TIR=46%, la implementación del dispositivo a partir del cuarto mes implica evitar el gasto de contratar una persona que ayude a leer los textos.

CONCLUSIONES

- De acuerdo a los resultados obtenidos el grupo de personas no videntes consideran que el dispositivo permite la lectura de textos en voz sintetizada.
- Para realizar el algoritmo del reconocimiento de caracteres se empleó el software Tesseract-Ocr puesto a que es un software gratuito, además Tesseract es considerado uno de los programas de software libre con mayor precisión disponibles actualmente y puede ser usado para equipos con fines sociales.
- El diseño del dispositivo cumple con el objetivo que sea portátil, para el grupo de personas no videntes de la biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana, esto hace mención en la encuesta realizada en las preguntas 1 y 2 en donde el 100% de las personas encuestadas opina que el dispositivo es portable y considera que el peso del dispositivo es liviano, además consideran que el dispositivo tiene un fácil manejo.
- El grupo de personas no videntes de la biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana consideran que en base a las pruebas realizadas con el dispositivo portátil texto a voz, dicho dispositivo ayudó con la lectura de textos.
- De acuerdo al análisis de costos para la implementación del dispositivo se obtuvo un valor actual (VAN) neto de: \$ 373.96 y una tasa de interna de retorno (TIR) del 46%, por lo tanto, a partir del cuarto mes se recuperará la inversión, además implica evitar el gasto de contratar una persona que ayude a leer los textos.

RECOMENDACIONES

- Trabajar con cámaras de más alta resolución, para realizar un mejor reconocimiento de caracteres, además de uso de lámparas que permitirá a la persona trabajar en ambientes con poca luminosidad.
- Diseñar un software de reconocimiento óptico para superar las limitaciones de tiempo de lectura en textos grandes.
- Incluir ventiladores porque luego de 2 horas de uso continuo la tarjeta de desarrollo se calienta en exceso.

REFERENCIAS

- Barrobés, Helenca Duxans. (2017). Síntesis del habla. Catalunya.
- Cadore, J. (Febrero). Desarrollo de un analizador de imágenes basado en el reconocimiento óptico de caracteres. Sartenejas, Caracas.
- Castañer, Juan. (28 de Febrero de 2014). Estudios Técnicos. San Juan. Obtenido de Análisis de costo beneficio.
- Cruceira, Roberto. (3 de Octubre de 2017). Ingenierate. Recuperado el 9 de Noviembre de 2017, de Raspberry Pi: características y aplicaciones: <https://ingenierate.com/2017/10/03/raspberry-pi-caracteristicas-aplicaciones/>
- Foundation, P. S. (Enero de 2018). Pytesseract 0.2.0. Obtenido de <https://pypi.org/project/pytesseract/>
- Javier Pastor. (17 de Junio de 2015). Xataka. Recuperado el 15 de Diciembre de 2017, de <https://www.xataka.com/ordenadores/la-raspberry-pi-ya-tiene-carcasa-oficial-y-muchas-mas-no-oficiales>
- Juan José Ortuño López. (Junio 2016). Detección e identificación visual de caracteres en productos industriales. 24-25.
- Lidia Contreras. (18 de Diciembre de 2013). Historia de la Informática. Recuperado el 9 de Noviembre de 2017, de Raspberry Pi: <https://histinf.blogs.upv.es/2013/12/18/raspberry-pi/>
- Llisterri J. (2001). La conversión de texto en habla.
- Nuria, Saz. (14 de Marzo de 2016). El sistema Braille. El diario.es.
- Pablo, Agüero. (Noviembre de 2012). Síntesis de voz aplicada a la. Barcelona, España.
- Sanchez, Jaime. (9 de Noviembre de 2017). Raspberry Pi Camera Board V2 - 8MP. Guadalajara, Jalisco, Mexico.
- Santiago, Tello. (2 de Julio de 2014). Los no videntes cuentan con más dispositivos para desenvolverse. El Comercio.
- Torres, Matias. (18 de 11 de 2016). Rankia Chile. Obtenido de <https://www.rankia.cl/blog/mejores-opiniones-chile/3391122-tasa-interna-retorno-tir-definicion-calculo-ejemplos>
- Villoria, Cristina. (2009). Reconocimiento y Síntesis de voz.

ANEXOS

Anexo 1. Pruebas realizadas con las personas no videntes de la biblioteca campus Girón



Autor: Daniel Burga

Anexo 2. Instrumentos de la Encuesta

- **Pregunta 1. Mencione el grado de dificultad para el manejo del dispositivo**

Muy Fácil	Fácil	Difícil	Muy Difícil

- **Pregunta 2. ¿Qué le pareció el nivel de portabilidad que tiene el dispositivo?**

Muy Bueno	Bueno	Malo	Muy Malo

- **Pregunta 3: ¿El peso del dispositivo como lo considera?**

Liviano	Normal	Pesado

- **Pregunta 4. Desde su punto de vista. ¿Cómo le pareció el funcionamiento del dispositivo?**

Muy Bueno	Bueno	Malo	Muy Malo

- **Pregunta 5. ¿La voz sintetizada emitida por el dispositivo es entendible para usted?**

Si	No

- **Pregunta 6: ¿Qué le parece la velocidad de lectura de textos?**

Muy Rápido	Rápido	Normal	Lento	Muy lento

- **Pregunta 7: ¿Cree usted que el dispositivo ha sido útil para la lectura de textos?**

Si	No

- **Pregunta 8: ¿Considera que es necesario usar batería recargable con el equipo?**

Recargable	No Recargable

- **Pregunta 9: ¿Qué precio considera usted que debería tener el dispositivo?**

De: 20- 50 dólares	De: 50-100 dólares	De: 100-200 dólares

Autor: Daniel Burga

Anexo 3. Certificación obtenida en biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana



CERTIFICADO

La suscrita Bibliotecaria de la Sede Quito de la Universidad Politécnica Salesiana, certifica que el Sr. **DANIEL MIGUEL BURGA CAZA**, portador de la cédula de ciudadanía: **1719319897**, autor del proyecto técnico con tema: "Desarrollo de un dispositivo portátil texto-voz para personas no videntes para la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana" realizó las pruebas con el grupo de usuarios no videntes de la Tiflobiblioteca, los días miércoles 2 y jueves 3 de mayo del presente año, obteniendo el correcto funcionamiento del dispositivo, resaltando la facilidad de manejo para los usuarios.

El interesado puede hacer uso del presente documento para los fines legales que considere convenientes.

Quito, 8 de mayo de 2018

Atentamente,

Ing. Mara Silvana Tamayo López
BIBLIOTECARIA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO



BIBLIOTECA CAMPUS SUR

Campus Sur, Av. Rumichaca s/n y Morán Valverde, Teléfonos: 3962 800 / 3962 900 Ext: 2304
Teléfono directo: 396 2831, Correo electrónico: eproano@ups.edu.ec

Autor: Daniel Burga