



**Implementación de un prototipo de impresora braille de bajo costo, basado en
*hardware libre***

Revista Publicando, 4 No 12. (1). 2017, 89-107. ISSN 1390-9304

**Implementación de un prototipo de impresora braille de bajo costo, basado en
*hardware libre***

Cristhian Patricio Vinueza Escobar¹; Franklin Moreno Montenegro²; José Luis Morales Gordon³; Hugo Velasteguí Noboa⁴, Geovanny Vallejo Vallejo⁵

1 Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, titocrispa258@gmail.com

**2 Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Informática y
Electrónica, Riobamba; fmoreno@esPOCH.edu.ec**

**3 Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Informática y
Electrónica, Riobamba; j_morales@esPOCH.edu.ec**

**4 Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Informática y
Electrónica, Riobamba; hvelastegui@esPOCH.edu.ec**

**5 Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Informática y
Electrónica, Riobamba; g_vallejo@esPOCH.edu.ec**

RESUMEN

Se realizó la implementación de una impresora braille de bajo costo, utilizando plataforma de código abierto para personas con discapacidad visual. Se partió de una impresora de tinta común, que al seleccionar y reemplazar componentes formaron la nueva impresora braille. Se usó una bobina electromagnética encargada de realizar los puntos en relieve; motores paso a paso para desplazar la hoja y el carrete, cada uno con su respectivo driver; un sensor encoder para posicionar el carrete; un módulo reproductor de audio y una pantalla de cristal líquido (LCD) capaz de mostrar el estado de la impresora. Además se utilizó un módulo Arduino Mega que en su interior contiene un microcontrolador ATmega2560 que se encarga de recibir los caracteres del computador por medio del programa LabVIEW, que desglosa y envía información de un documento de texto (.txt), con el fin de controlar los motores a través de los drivers, para arrastrar la hoja y mover el carrete. Permitiendo así, que el solenoide realice las diferentes combinaciones de puntos en relieve para cada carácter, obteniendo al final un documento físico braille. Los resultados se encuentran dentro de los parámetros de medida estandarizados por el



Implementación de un prototipo de impresora braille de bajo costo, basado en hardware libre

Revista Publicando, 4 No 12. (1). 2017, 89-107. ISSN 1390-9304

Instituto Nacional Ecuatoriano de Normalización (INEN), obteniendo así un 99% de efectividad en el proceso de impresión. Se concluyó que los niños y jóvenes con discapacidad visual podrán acceder a la información escrita de documentos digitales.

Palabras claves: Impresora Braille, discapacidad visual, Instituto Nacional Ecuatoriano De Normalización (INEN), puntos en relieve, Arduino.

Implementation of a low-cost braille printer prototype, based on free hardware

ABSTRACT

It was implemented a low-cost braille printer, using the open source platform for visually impaired people. It started from a common ink printer, that when selecting and replacing components formed the new braille printer. It was used an electromagnetic coil (solenoid) in charge of making relief points or braille, stepper motors, two drivers for stepper motors, an encoder sensor for positioning the head, an audio player module and a liquid crystal display (LCD) to show the state of the printer. It was used an Arduino Mega model that contains an ATmega 2560 microcontroller, which is in charge of receiving the computer characters through the LabVIEW program, which breaks down and sends information from a text document (.txt), to control the Engines that through the drivers locate the head in exact positions, and drag the sheet, allowing the solenoid to perform different combinations of relief points for each word, obtaining a physical document braille. The results are within the measurement parameters standardized by Instituto Nacional Ecuatoriano de Normalización (INEN), obtaining 99 % of Effectiveness in the printing process. It was concluded that the children and young people with visual disabilities could access written information of digital documents.

Keywords: Braille printer, visual disability, Instituto Nacional Ecuatoriano de Normalización (INEN), points in relief, Arduino.



Implementación de un prototipo de impresora braille de bajo costo, basado en *hardware libre*

Revista Publicando, 4 No 12. (1). 2017, 89-107. ISSN 1390-9304

1. INTRODUCCIÓN

La ceguera es una enfermedad permanente que se puede producir en personas adultas o en casos especiales, aparecer desde el nacimiento. En el mundo se produce un caso de ceguera cada diez segundos en personas adultas, por problemas diabéticos o accidentes, y cada minuto cuando nace un infante (CONADIS, 2016). En el Ecuador, según el Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades existen 49.344 personas con discapacidad visual que representan el 11.8% de las 418.001 personas registradas con discapacidad (Gestión, 2017), la mayoría son de recursos económicos bajos y tienen que adaptarse a la sociedad de alguna manera. El desarrollo de este proyecto se enfoca en la realidad de los discapacitados visuales de nuestro país, donde se hace difícil adquirir una máquina que permita imprimir código braille, debido a su costo que va en dependencia de las funciones disponga (INDEX BRAILLE, 2016). Factor que impide la capacidad de lectura y ocasiona dependencia a alguien que en voz alta realice esta actividad, para que él lo memorice o lo escriba manualmente. Para este segmento de población se vuelve imposible el obtener, en forma directa, información de la web o de un archivo digital de texto, obligatoriamente se requiere de un *software* especializado que lo transforme en audio. Por tal motivo la presente investigación busca crear una herramienta de ayuda a solucionar este problema y propone el diseño e implementación de una impresora braille, de bajo costo y de fácil uso, aplicando el principio de reusabilidad, partiendo de la composición estructural de una impresora de tinta y en desuso, que incorpore la capacidad de entregue un documento físico escrito en braille para su desarrollo se parte de un estudio bibliográfico del Sistema Braille su simbología y características más relevantes.

2. SISTEMA BRAILLE

En la figura 1 se aprecia el alfabeto en código Braille, consta de seis puntos o estrellas conocidos como signo generador o universal, son de fácil aprendizaje y sus 64 combinaciones permiten representar el alfabeto, signos matemáticos, musicales, químicos y todo cuanto se quiera (O.N.C.E, 2002). Los caracteres que forman los signos del sistema Braille, para su correcta lectura, se ajustan a medidas determinadas.



Implementación de un prototipo de impresora braille de bajo costo, basado en hardware libre

Revista Publicando, 4 No 12. (1). 2017, 89-107. ISSN 1390-9304

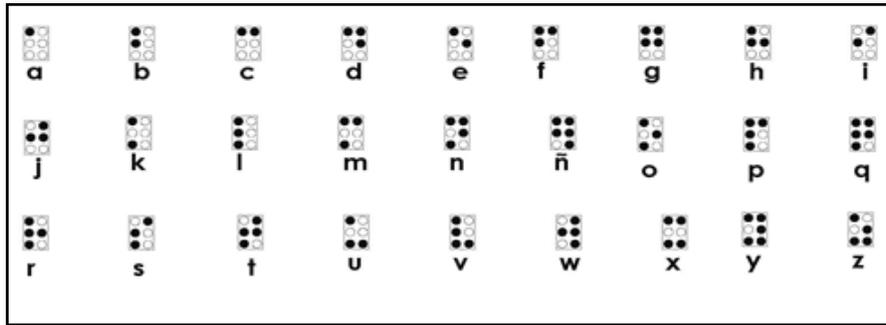


Figura 1. Alfabeto en código Braille

Fuente: Grupo de investigación.

3. PARÁMETROS DIMENSIONALES DE LOS CARACTERES DEL SISTEMA BRAILLE

Son estandarizados por el Servicio Ecuatoriano de Normalización (INEN), norma NTE INEN2850 (INEN, 2014) y sus características se presenta en la figura 2, que indican:

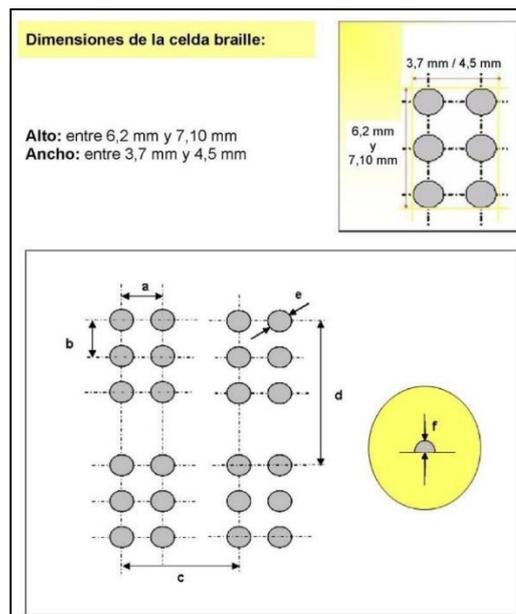


Figura 2. Parámetros dimensionales del sistema braille

Fuente: Grupo de investigación.

- a = La distancia horizontal entre los centros de puntos contiguos de la misma celda: de 2,4 a 2,75 mm.
- b = La distancia vertical entre los centros de puntos contiguos de la misma celda: de 2,4 a 2,75 mm.



Implementación de un prototipo de impresora braille de bajo costo, basado en *hardware libre*

Revista Publicando, 4 No 12. (1). 2017, 89-107. ISSN 1390-9304

- c = La distancia entre los centros de puntos idénticos de celdas contiguas: de 6,0 a 6,91 mm.
- d = La distancia entre los centros de puntos idénticos de líneas contiguas: 10,0 a 11,26 mm.
- e = La diámetro de la base de los puntos: entre 1,2 y 1,9 mm.
- f = La altura mínima del relieve de los puntos: 0,50 mm.

4. SELECCIÓN DE COMPONENTES

Para la implementación del proyecto, se trabajó tomando como estructura base una impresora de tinta en desuso, se seleccionó adicionalmente componentes como: los sensores que serán empleados (Aguirre Paredes, 2016) (Indriago, 2003) (Pallás Areny, 2003), el módulo Arduino a utilizar (Arduino, 2016) (Partidas, Di Giacomo, & Moreno), las fuentes de alimentación del sistema, el actuador que formara los puntos braille (Mendoza Garcia, 2012) (Sánchez, 2008), los motores paso a paso capaz de mover el carrete y desplazar la hoja (Gaibor & Carrión, 2015), el sensor *encoder* para posicionar el carrete (Indriago, 2003), un parlante y una pantalla de cristal líquida (LCD) (Suárez, 2015), un *MOSFET* y opto acoplador para una etapa de protección entre el solenoide y el circuito de control (BOYLESTAD, 2009). En la tabla 1 se presenta los elementos que componen el proyecto implementado junto con su descripción.

Tabla 1: Descripción de los Componentes Seleccionados

Elemento	Identificación	Descripción
Impresora de tinta	Lexmark Z615	Estructura y parte mecánica de la impresora
Motor paso a paso	STP-42D201-37	Motor paso a paso, encargado de mover el carrete
Solenoide	<i>Isliker Magnete</i> GE-32.06	Bobina electromecánica, encargada de desarrollar el punto
Arduino Mega 2560	Mega2560	Placa programable, microcontrolador ATMEGA 2560
Puente H	L298N	Controlador puente H
Driver Pololu	A4988	Controlador para motores paso a paso
Reproductor de Audio	WTV020-SD-16P	Chip Reproductor de Archivos de Audio
Fuente de computadora	ATX-PIV-500W	Fuente de 12 VDC, alimentar el circuito de control



Implementación de un prototipo de impresora braille de bajo costo, basado en *hardware libre*

Revista Publicando, 4 No 12. (1). 2017, 89-107. ISSN 1390-9304

Fuente de 24VDC	IDR-60-24	Fuente de 24 VDC, alimentar al solenoide
LCD	LCD-016M002B	Pantalla de Cristal Líquida
Parlante		Emitir mensajes de voz
<i>Mosfet</i>	IRFZ44N	Integrado encargado de activar el solenoide
Opto acoplador	4N35	Integrado encargado de activar el solenoide
Sensor Óptico	QRD1114	Detectar Papel
Fin de carrera		Elemento básico (ON/OFF)

Realizado por: Grupo de investigación.

5. DISEÑO ELECTRÓNICO DEL SISTEMA

Se implementaron los circuitos electrónicos que interactuarán con el módulo Arduino Mega 2560 (Arduino, 2016), utilizando el *software* Eagle, el cual permite diseñar el esquema electrónico y posteriormente realizarlo en PCB (circuito impreso en placa). El *software* cuenta con una serie de dispositivos electrónicos virtuales en su memoria y tiene la capacidad de crear nuevos componentes en caso de no contar con ellos.

5.1 Diseño del circuito para controlar el solenoide

El solenoide es el elemento que se encarga de realizar el punto en relieve. Por ser un actuador electromecánico, es valorado como elemento de potencia, trabaja a un voltaje de 24VDC, generando 4,5 Nétwtones de fuerza. Su sistema de control es *ON/OFF*, ya que solo se necesita activarlo para que realice la presión necesaria y forme el punto braille. Para ello, requiere de un circuito tipo interruptor para cargas, que conecte o desconecte la fuente de voltaje a la carga, permitiendo o no el paso de corriente, a partir de una señal digital enviada por el microcontrolador. Incorpora un transistor *Mosfet* como interruptor (BOYLESTAD, 2009), debido a que maneja grandes cantidades de corriente y posee un *switcheo* rápido. La etapa de control está protegida de corrientes altas, mediante un opto acoplador 4N35, que separa la etapa de potencia del Arduino. El circuito de potencia desarrollado se aprecia la figura 3.



Implementación de un prototipo de impresora braille de bajo costo, basado en hardware libre

Revista Publicando, 4 No 12. (1). 2017, 89-107. ISSN 1390-9304

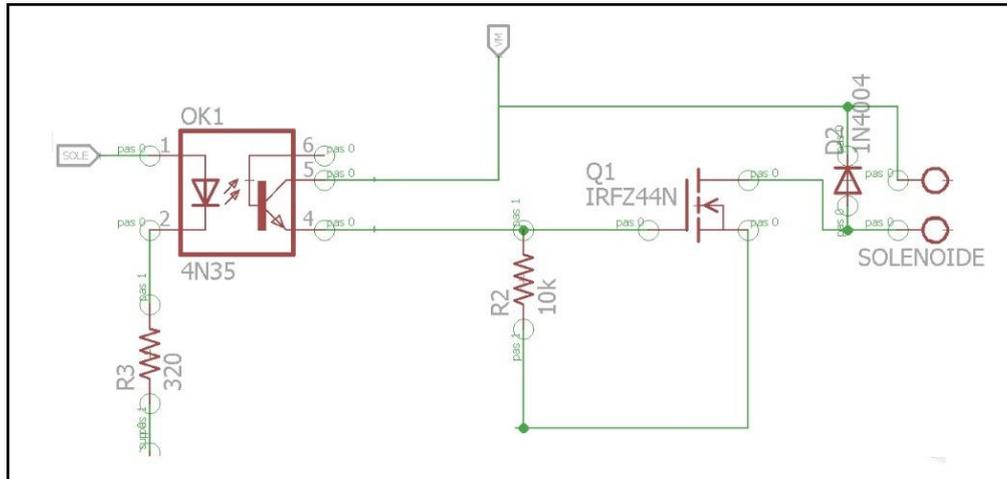


Figura 3. Diseño esquemático del circuito de potencia para el solenoide

Fuente: Grupo de investigación.

5.2 Diseño de control. En la figura 4 se aprecia el circuito de control, donde el elemento principal es el módulo Arduino Mega 2560 (Arduino, 2016), y es con éste, donde empieza el desarrollo del circuito de control, debido a que se seleccionan los terminales para cada componente que integrara el sistema.

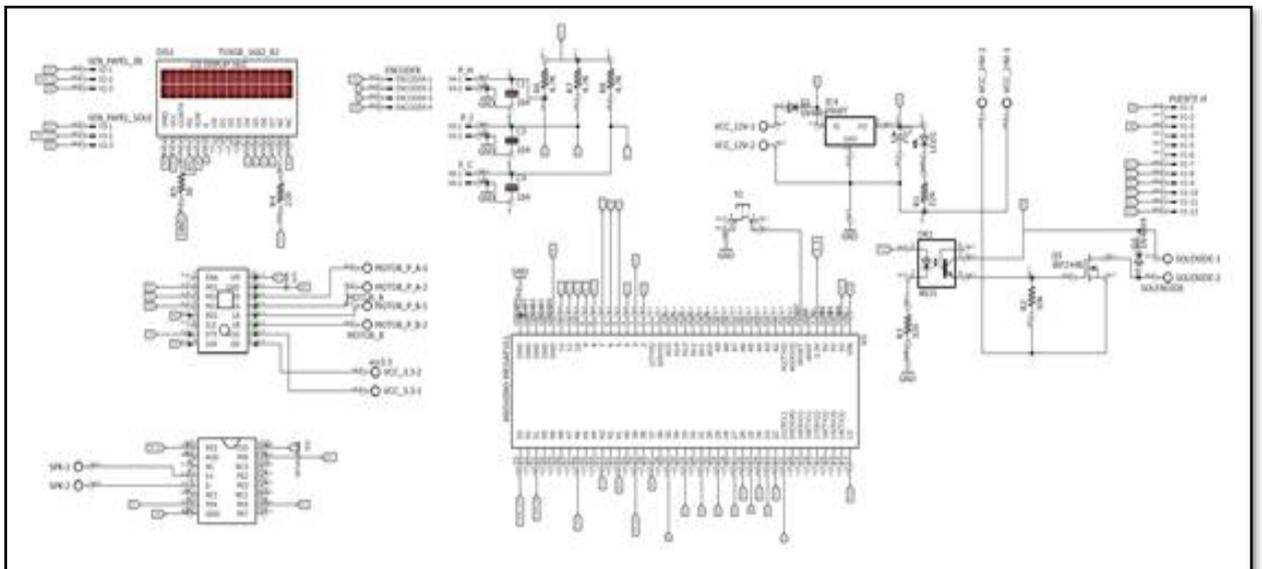


Figura 4. Diseño esquemático del circuito de control

Fuente: Grupo de investigación.

En la figura 5 se aprecia el circuito de control implementado en una placa de control.



Implementación de un prototipo de impresora braille de bajo costo, basado en *hardware libre*

Revista Publicando, 4 No 12. (1). 2017, 89-107. ISSN 1390-9304

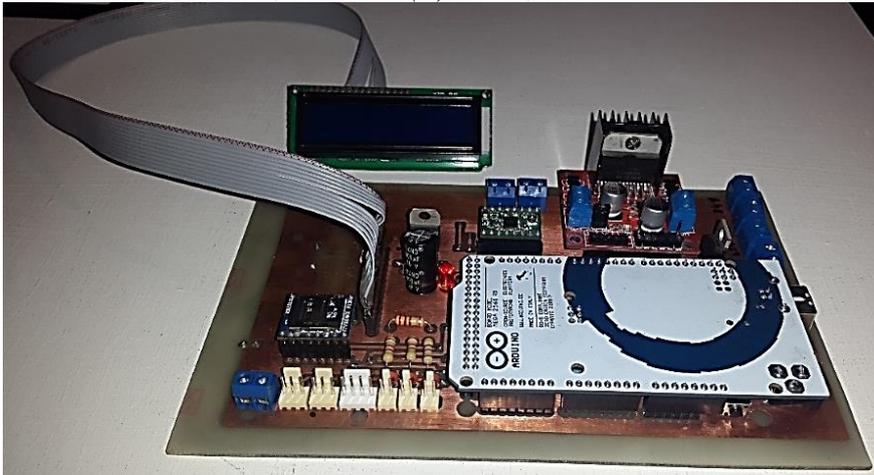


Figura 5. Circuito de control implementado en placa
Fuente: Grupo de investigación.

5.3 Diseño de circuitos adicionales. En la figura 6 se aprecia el diseño esquemático del circuito para el sensor QRD1114, que incorporan los diferentes sensores ópticos que integran el diseño que requieren para trabajar los elementos pasivos.

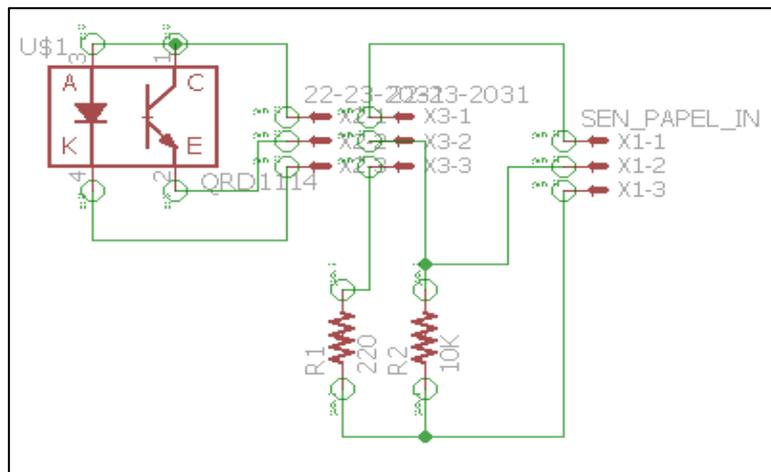


Figura 6. Diseño esquemático del circuito para el sensor QRD1114
Fuente: Grupo de investigación.

En la figura 7 se aprecia los circuitos implementados en placa de los sensores QRD1114 implementados.



Implementación de un prototipo de impresora braille de bajo costo, basado en *hardware libre*

Revista Publicando, 4 No 12. (1). 2017, 89-107. ISSN 1390-9304

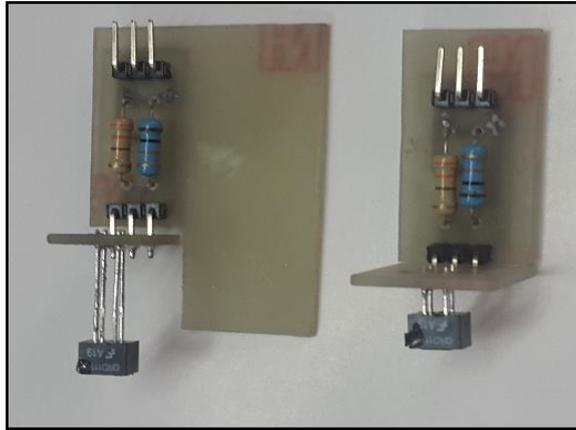


Figura 7. Circuitos en placa de los sensores QRD1114
Fuente: Grupo de investigación.

6. INTEGRACIÓN DE LOS CIRCUITOS ELECTRÓNICOS

A continuación se detalla los elementos utilizados en el diseño y su ubicación dentro de la estructura de la impresora convencional seleccionada para convertirla en una impresora Braille.

6.1. Motor paso a paso bipolar

Es utilizado para el movimiento del carrete de impresión por medio de la una correa dentada, reemplaza al motor de corriente continua la impresora Lexmark Z615, como se aprecia en la figura 8.

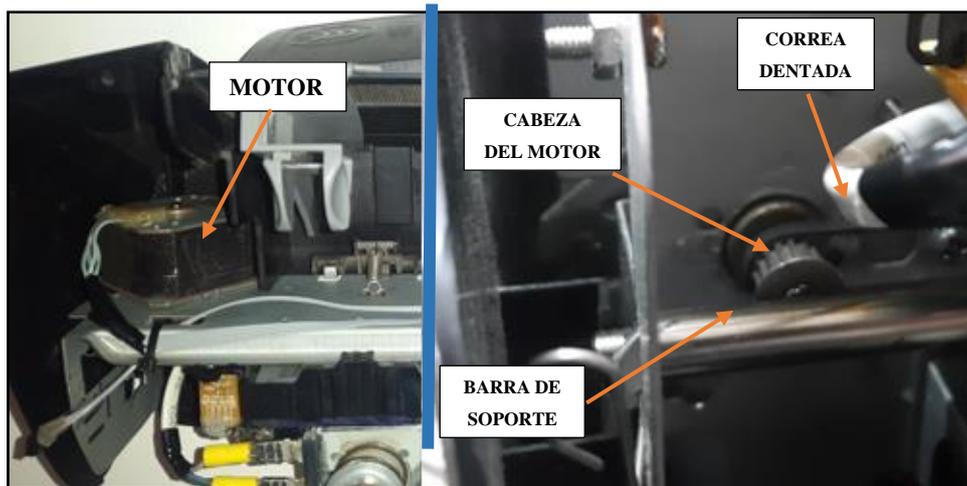


Figura 8. Ubicación del motor paso a paso
Fuente: Grupo de investigación.

6.2. Punzón de impresión



Implementación de un prototipo de impresora braille de bajo costo, basado en *hardware libre*

Revista Publicando, 4 No 12. (1). 2017, 89-107. ISSN 1390-9304

Es un solenoide que se encuentra situado en el carrete de impresión, reemplaza el soporte y los cartuchos de tinta de la impresora convencional. En la figura 9, se aprecia la ubicación del solenoide en la impresora.

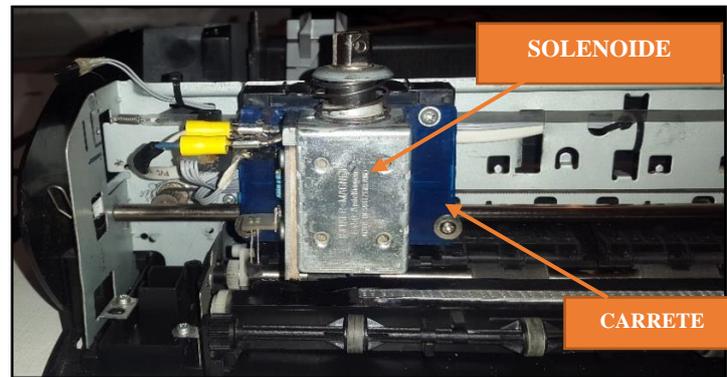


Figura 9. Ubicación del solenoide en la impresora

Fuente: Grupo de investigación.

6.3. Sensores

Se utilizaron dos sensores ópticos QRD1114 para verificar la existencia de papel en la bandeja de entrada y para detectar posibles atascos de papel. Un sensor de fin de carrera es el encargado de ubicar en la posición inicial el carrete de impresión y un encoder permite trasladar en medidas exactas el punzón para que realice el punto en relieve. En la figura 10 se aprecia la impresora en vista frontal y superior donde se detalla la ubicación de los cuatro sensores dentro de esta.

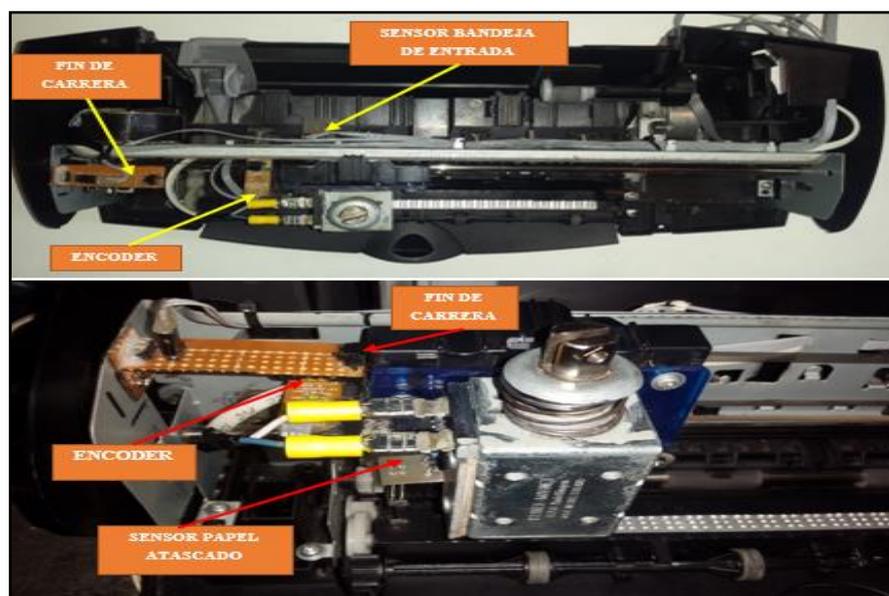


Figura 10. Vista Superior y frontal de la impresora que ubica los sensores



Implementación de un prototipo de impresora braille de bajo costo, basado en *hardware libre*

Revista Publicando, 4 No 12. (1). 2017, 89-107. ISSN 1390-9304

Fuente: Grupo de investigación.

6.4. Molde para punto Braille

Para formar el punto en relieve sin generar daño a la hoja de papel, se implementó en una lámina de aluminio el signo generador Braille cuyo diseño se aprecia en la figura 11 y el la figura 12 se indica su ubicación en la impresora. Su función es cumplir de molde que al ser golpeada la hoja de papel con el solenoide, permita formar el punto en relieve.

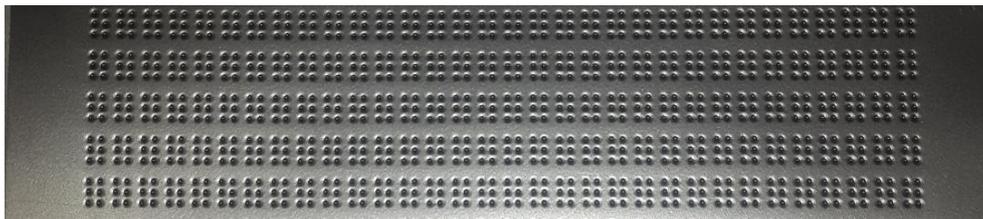


Figura 11. Molde de aluminio con el signo generador Braille

Fuente: Grupo de investigación.

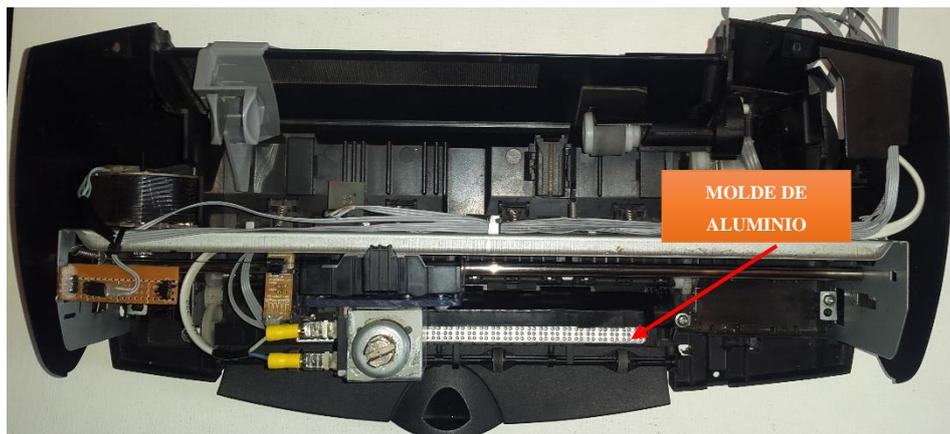


Figura 12. Ubicación del molde de aluminio en la impresora

Fuente: Grupo de investigación.

6.5. Otros elementos

En la figura 13 se expone la ubicación de los elementos en la base de la estructura de acrílico, de 40 cm de largo, 30 cm de ancho y 9 cm de altura. En la figura 7 se aprecia la ubicación en una estructura de acrílico, de los circuitos electrónicos y los componentes tanto de control como de la fuente de poder que constituyen la parte electrónica de la impresora diseñada, así como la fuente de 24 V DC y el parlante que trabaja con el reproductor de voz.



Implementación de un prototipo de impresora braille de bajo costo, basado en *hardware libre*

Revista Publicando, 4 No 12. (1). 2017, 89-107. ISSN 1390-9304

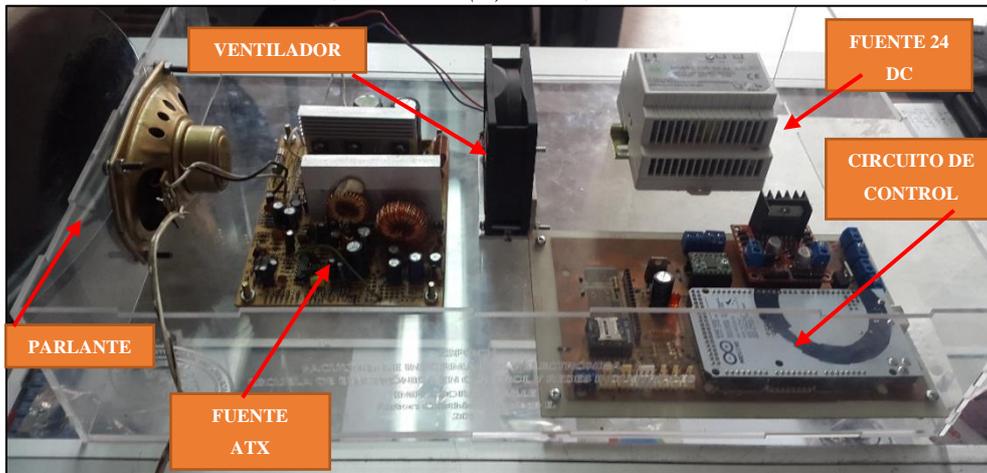


Figura 13. Ubicación de componentes y circuitos electrónicos

Fuente: Grupo de Investigación.

En la figura 14, se aprecia el resultado de la integración de los circuitos desarrollados a la estructura mecánica de la impresora Lexmark Z615 convertida en impresora Braille.



Figura 14. Vista frontal y superior de la impresora Braille implementada

Fuente: Grupo de Investigación

6.6. Reproducción de voz

Se crearon mensajes de audio en formato mp3, que indican el estado en que se encuentra el proceso de impresión y la impresora, con ayuda del programa Loquendo TTS (Nuance Communications, 2017) Director y *USB Recorder*. Este último utilizado para convertirlos en archivos compatibles con el módulo WTV020-SD-16P (AD4) a una frecuencia de 32000 Hz para guardarlos en una SD.



Implementación de un prototipo de impresora braille de bajo costo, basado en *hardware libre*

Revista Publicando, 4 No 12. (1). 2017, 89-107. ISSN 1390-9304

7. INTERFACE DE USUARIO

Fue implementado en LabVIEW 2012, que es un entorno de programación gráfico, que interactúa y controla elementos *hardware* (Holguín Londoño, Pérez Londoño, & Orozco Gutiérrez, 2002) (Lajara Vizcaíno & Pelegrí Sebastián, 2007). Permite interactuar el computador con la impresora braille, es compatible para sistema operativo Windows XP, 7, 8 o 10. El *software* es capaz de tomar un archivo de texto, habilitar la impresora e imprimir su contenido.

La función del *software* es tomar un archivo y desglosarlo carácter por carácter, para enviarlo al Arduino Mega, mediante el puerto de comunicación serial. Al intercambiar información seriamente, el código ASCII está presente, debido a que cada carácter se identifica por un número decimal, permitiendo así que no se pierda o se confunda a la hora de receptorlo. Por ser un sistema estándar, existen tablas establecidas de los caracteres con su respectivo número decimal o código ASCII. En la figura 16 se muestra el algoritmo general del *software*.

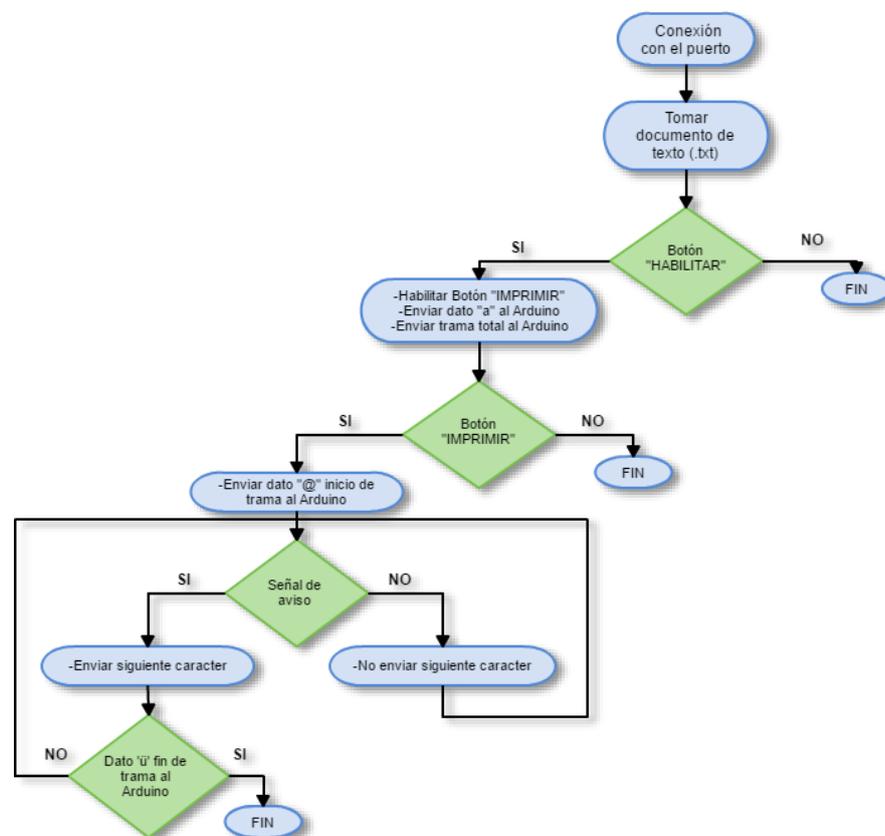


Gráfico 15. Algoritmo de programación del *software*

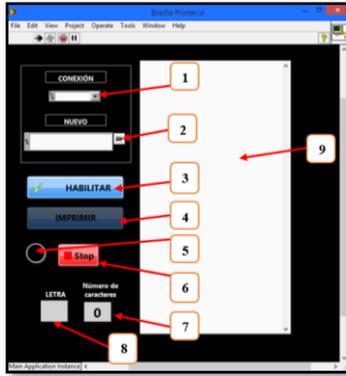
Fuente: Grupo de investigación.



Implementación de un prototipo de impresora braille de bajo costo, basado en *hardware libre*

Revista Publicando, 4 No 12. (1). 2017, 89-107. ISSN 1390-9304

En la figura 16 se aprecia la interface desarrollada para la impresora Brille y sus elementos constitutivos.



1. Conexión con la impresora braille. Indica el número del puerto asociado.
2. Permite la selección del archivo de texto a imprimir.
3. Botón "HABILITAR", prepara la impresora para imprimir.
4. Botón "IMPRIMIR", ejecuta la impresión.
5. Indicador de estado de la impresora, al recibir un carácter.
6. Botón "STOP", cancela la impresión.
7. Indicador del número de caracteres que se van imprimiendo.
8. Indicador de carácter que se está imprimiendo.
9. Texto a imprimir

Figura 16. Interfase desarrollada para la Impresora Braille

Fuente: Grupo de investigación.

8. Pruebas y Resultados

Se realizaron dos tipos de pruebas funcionamiento y usabilidad, estas últimas fueron realizadas con el personal técnico de la Imprenta Braille de la Federación Nacional de Ciegos del Ecuador; quienes al finalizar mostraron su satisfacción por el trabajo desarrollado. Las pruebas de Funcionamiento consistieron en evaluar el desempeño del prototipo desarrollado, en cuanto a la calidad de carácter generado y tiempos de impresión y se detallan a continuación:

8.1 Pruebas de impresión de carácter

Consistieron en corroborar que la impresión de los caracteres braille sea acorde a los estándares establecidos y coincidan con los caracteres deseados. Para lo cual se realizaron pruebas repetitivas de impresión de caracteres alfabéticos en minúscula y en mayúscula, caracteres numéricos y algunos caracteres especiales. En la figura 17 se aprecia el resultado de una de las pruebas de impresión realizada.



Implementación de un prototipo de impresora braille de bajo costo, basado en *hardware libre*

Revista Publicando, 4 No 12. (1). 2017, 89-107. ISSN 1390-9304

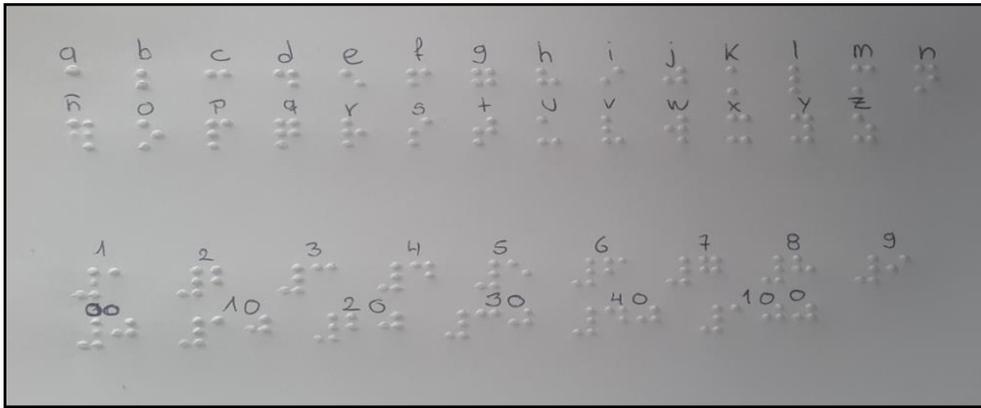


Figura 17. Resultado de una prueba de impresión realizada del alfabeto braille

Fuente: Grupo de investigación.

8.2 Errores relativos de las pruebas de impresión de carácter

En la tabla 2 se puede apreciar los errores absolutos y relativos, obtenidos al comparar los parámetros dimensionales establecidos en el código braille (INEN, 2014) con los generados en las impresiones de prueba. Se observa que el valor máximo del error absoluto no supera los 0.3 mm, además, el valor porcentual máximo del error relativo es de 9.3 %, por lo que se concluye que las distancias entre puntos de las pruebas de impresión se encuentran dentro de los parámetros establecidos según el INEN, teniendo un 99% de efectividad a la hora de imprimir un documento braille.

Tabla 2: Errores absolutos y relativos del parámetro dimensional.

Distancia (m)	Error (%)	Error (%)
Distancia horizontal entre los centros de puntos continuos de la misma celda (“a”)	0,15 mm	6,0 %
Distancia vertical entre los centros de puntos continuos de la misma celda (“b”)	0,1 mm	4,0 %
Distancia entre los centros de puntos idénticos de celdas contiguas (“c”)	0,3 mm	5,0 %
Distancia entre los centros de puntos idénticos de líneas contiguas (“d”)	0,1 mm	1,0 %
Diámetro de la base de los puntos (“e”)	0,14 mm	9,3 %
Altura mínima del relieve de los puntos (“f”)	0 mm	0 %

Realizado por: Grupo de Investigación

8.3 Medición del tiempo de Impresión



Implementación de un prototipo de impresora braille de bajo costo, basado en *hardware libre*

Revista Publicando, 4 No 12. (1). 2017, 89-107. ISSN 1390-9304

De las pruebas desarrolladas se determinó que el tiempo máximo de impresión de una hoja es de 66 minutos y 48 segundos, debido a que el diseño plantea el uso de solo un solenoide (actuador o punzón) para realizar el punto en relieve. Se determinó que se genera 4176 puntos máximos en una plana impresa y que el tiempo promedio utilizado para formar un carácter es de 6 segundos. De los resultados se concluye que el tiempo de impresión es mayor en comparación con equipos comerciales industriales que contienen filas de solenoides que realizan el punto en relieve de 30 caracteres en un segundo. Razón por la cual no se consideró realizar comparaciones de velocidad de impresión con impresoras comerciales.

Tabla 3: Tiempo de Impresión del prototipo implementado

Parámetro	Tiempo (h:m:s)
Posición del solenoide	0:00:21
Impresión por carácter	0:00:06
Impresión por fila (29 caracteres)	0:02:40
Impresión por página (24 filas)	1:06:48

Realizado por: Grupo de Investigación

8.4 Comparación de costo de la Impresora Braille implementada con equipos comerciales.

No se puede hacer una comparación exacta, con alguna impresora comercial, ya que cuenta con diferentes características. Pero considerando la impresora Basic-D V4 del fabricante Index que es una de las más básica y barata ofertadas en el mercado, su costo es superior un 76,15% en el continente europeo (INDEX BRAILLE, 2016) con relación al costo de implementación de este proyecto, lo que le hace accesible al mercado ecuatoriano y cumple con el objetivo principal planteado en esta investigación.

9 CONCLUSIONES

- Se implementó un prototipo de impresora Braille de bajo costo, basado en *hardware libre* y que cumple con los estándares del servicio ecuatoriano de Normalización (INEN), en cuanto a distancias entre puntos y entre celdas. Valores que se debe seguir estrictamente a la hora de imprimir documentos en braille para garantizar que las personas con discapacidad visual pueda leer.



Implementación de un prototipo de impresora braille de bajo costo, basado en hardware libre

Revista Publicando, 4 No 12. (1). 2017, 89-107. ISSN 1390-9304

- El Sistema Braille es un código de lectoescritura estándar que no tiene fuentes de tipos de letra y para ser aplicado debe ceñirse estrictamente a sus características, tanto en los medios de accesibilidad manual como en los equipos electromecánicos y electrónicos.
- Se estableció que el actuador más relevante en el prototipo de impresora braille diseñada es el solenoide, por cumplir con el papel de punzón, encargado de realizar el punto en relieve que forma el carácter Braille que determina la calidad de escritura.
- Para el diseño fue necesario construir una etapa de protección entre el controlador y el solenoide mediante un optoacoplador, para evitar daños en el circuito de control. El Mosfet IRFZ44N permitió tener un rápido y mejor control sobre el solenoide, haciéndolo preciso y veloz
- Se utilizó drivers existentes para la utilización de los motores paso a paso que facilitaron el control para desplazar el carrete y los rodillos de una manera precisa.
- El diseño de la parte mecánica requirió mayor cantidad de tiempo en el desarrollo de la investigación. Para implementarla se seleccionó la estructura de una impresora Lexmark Z615 porque facilitó la posición exacta del carrete al contar con un sensor óptico tipo *encoder*.
- Para desarrollar la parte *software* del proyecto se utilizó el IDE de Arduino debido a que se dispone de librerías que se acoplaron a los requerimientos de programación de la impresión braille. El *software* LabVIEW proporcionó la comunicación con Arduino, por medio de su interfaz de usuario que permite tomar cualquier documento (.txt) y desglosarlo para codificarlo e imprimirlo.
- La impresora fue probada por técnicos especializados de la Imprenta Braille de la Federación Nacional de Ciegos del Ecuador; quienes mostraron su satisfacción por el trabajo desarrollado.
- Se determinó que se genera 4176 puntos máximos en una plana impresa y que el tiempo promedio utilizado para formar un carácter es de 6 segundos. De los resultados se concluye que el tiempo de impresión es mayor en comparación con equipos comerciales industriales



Implementación de un prototipo de impresora braille de bajo costo, basado en hardware libre

Revista Publicando, 4 No 12. (1). 2017, 89-107. ISSN 1390-9304

10. Referencias Bibliográficas

- Aguirre Paredes, A. (2016). *ESTUDIO, DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA UNA MÁQUINA TORSIONADORA DE FORJA EN FRÍO*. Riobamba: ESPOCH.
- Arduino. (2016). *arduino.cc*. disponible en web <https://www.arduino.cc/>
- BOYLESTAD, R. (2009). *Electronica teoría de circuitos y dispositivos electronicos*. México: Pearson.
- CONADIS. (2016). *Estadísticas-CONADIS*. Obtenido de Estadísticas-CONADIS: <http://www.consejodiscapacidades.gob.ec/estadistica/index.html>
- Elissalde, E. (1992). *Un joven llamado Louis*. Montevideo: Fundación Braille del Uruguay.
- Gaibor, J., & Carrión, C. (2015). *DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA MÁQUINA CNC PARA LA FABRICACIÓN DE PLACAS DE CIRCUITO IMPRESO PARA COMPONENTES SMD*. RIOBAMBA: ESPOCH.
- Gestión, C. N. (2017). *Consejo Nacional para la Igualdad de Discapacidades*. Recuperado el 2017, disponible en web <http://www.consejodiscapacidades.gob.ec/estadistica/index.html>
- Holguín Londoño, G. A., Pérez Londoño, S. M., & Orozco Gutiérrez, Á. Á. (2002). *LabVIEW entorno gráfico de programación*. disponible en web <http://www.ie.itcr.ac.cr/einteriano/control/labVIEW/ParaAprender/Curso%20LabVIEW6i.pdf>
- INDEX BRAILLE. (2016). *INDEX BRAILLE*. disponible en web <http://www.indexbraille.com/>
- Indriago, M. (Noviembre de 2003). *UNEXPO*. disponible en web <http://www.el.bqto.unexpo.edu.ve/mindria/Sensores.pdf>
- INEN. (Octubre de 2014). *2850.pdf*. Recuperado el Agosto de 2016, disponible en web: http://www.normalizacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/EXTRACTO_2014/MAR/07102014/2850.pdf
- Lajara Vizcaíno, J., & Pelegrí Sebastián, J. (2007). *LabVIEW. Entorno gráfico de programación*. Barcelona; México D.F: Marcombos S.A; Afaomega grupo editor S.A.



Implementación de un prototipo de impresora braille de bajo costo, basado en hardware libre

Revista Publicando, 4 No 12. (1). 2017, 89-107. ISSN 1390-9304

- Mendoza García, R. F. (2012). *Escuela Universitaria de Ingeniería Mecánica - Universidad de Tarapaca*. Obtenido de Ricardo-Franco Mendoza-García: disponible en web http://www.eudim.uta.cl/rmendozag/courses/2012/sistemas_de_sensores_y_actuadores/sistemas_de_sensores_y_actuadores_02.pdf
- Nuance Communications, I. (2017). *nuance.es*. disponible en web <http://www.nuance.es/empresas/solucion/soluciones-de-atencion-al-cliente/servicios-y-soluciones/soluciones-de-recepcion-de-llamadas/loquendo-small-business-bundle/interactive-tts-demo/index.htm>
- O.N.C.E. (2002). *Entre dos mundos*. Madrid: Centro Bibliográfico y Cultural de la O.N.C.E.
- Pallás Areny, R. (2003). *SENSORES Y ACONDICIONADORES DE SEÑAL*. Barcelona: Marcombo.
- Partidas, K., Di Giacomo, R., & Moreno, L. (s.f.). *ACADEMIA*. Obtenido de [Sistemadecontrolparallenadodetanquesconmicrocontroladorpic-140806075314-phpapp02](http://www.academia.edu/14178281/Sistemadecontrolparallenadodetanquesconmicrocontroladorpic-140806075314-phpapp02) | Juan Calderón, disponible en web: <http://www.academia.edu/14178281/Sistemadecontrolparallenadodetanquesconmicrocontroladorpic-140806075314-phpapp02>
- Sánchez, R. (2008). *Accionamientos y actuadores eléctricos*. España: Universidad de Huelva.
- Suárez, J. I. (6 de Octubre de 2015). *Universidad de Extremadura*. disponible en web [lcd_alfa.pdf: http://eii.unex.es/profesores/jisuarez/descargas/ip/lcd_alfa.pdf](http://eii.unex.es/profesores/jisuarez/descargas/ip/lcd_alfa.pdf)
- Velasco, N. (2005). *Sistema embebido para la conexión de un PLC Siemens S7-200 a la red GSM*. Obtenido de e-REDING. Biblioteca de la Escuela Superior de Ingenieros de Sevilla: disponible en web <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/11141/fichero/PFC%252F3+Microcontroladores.pdf>