

IMPRESORA BRAILLE DE BAJO COSTO, SOFTWARE Y HARDWARE LIBRE

**Ing. Salariato Ignacio, Ing. Luis Estigarribia, Ing. Marcelo
Bellotti**

Universidad Privada de la Marina Mercante (Udemm)

mabellotti@udemmm.edu.ar, ignacio.salarinato@alumnos.udemmm.edu.ar,
luis.estigarribia@alumnos.udemmm.edu.ar

Av. Rivadavia 2258, CABA. Argentina

Tópicos: Tecnologías, Transferencia.



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual
4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

I. Objetivo

Se propone realizar un proyecto de investigación desarrollando una impresora Braille.

La impresora Braille es un dispositivo que permite imprimir usando puntos estampados en papel, de modo que los no videntes puedan leerlo. El diseño innovador permite plasmar dos objetivos: tener alto impacto social por su bajo costo y permitir ser replicada por su carácter libre.

La mayoría de las impresoras Braille funcionan por percusión produciendo un nivel sonoro alto. Este diseño funciona por estampado y presión, sin generar ruido y siendo más cómodo su uso.

Se busca integrar a diferentes actores de la sociedad como ser las personas con disminución severa de la visión, estudiantes de escuelas secundarias e ingenieros.

II. Justificación

La carencia de impresoras Braille en la Argentina es una realidad, las escuelas secundarias y universidades no cuentan con estos equipos y el acceso en forma particular supera el poder adquisitivo de la gran mayoría de la gente que padece de disminución visual severa.

La mejor manera de poder hacer extensivo el uso de los equipos es mediante un trabajo cooperativo donde interactúen diferentes actores aprendiendo y aportando al proyecto, utilizando componentes reciclados logrando un bajo costo y documentado todo de forma que sea de carácter libre y accesible a quien lo requiera.

III. Alcance

En primer lugar se debe relevar las necesidades de las personas con disminución visual severa en la Biblioteca Argentina para Ciegos BAC.

Una vez conocidas las necesidades y los materiales disponibles se procederá a diseñar el prototipo teniendo en cuenta todas las características que definirán el proyecto.

Finalizado el diseño se pasara a la construcción del primer prototipo contemplando las modificaciones que puedan surgir en dicha implementación modificando en consecuencia la documentación del diseño.

Se deberá incluir toda la información necesaria para poder replicar la impresora Braille en la Documentación final, incluyendo planos mecánicos, planos electrónicos, materiales, programación.

Generación de convenios de cooperación entre la universidad de la Marina Mercante e instituciones de enseñanza secundaria técnica para el desarrollo de las Impresoras como parte de los talleres.

Entrega de Impresoras por parte de los alumnos de secundaria a los usuarios finales.

IV. Desarrollo del Trabajo

Sistema de impresión

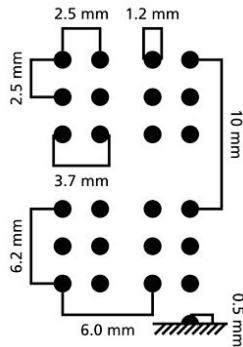
El sistema Braille consiste en un código de 64 caracteres, conformados por marcas palpables por el tacto. Cada carácter tiene una disposición y cantidad diferente de marcas inscriptas en un rectángulo, pudiendo tener un máximo de 6 marcas. Cada marca se logra haciendo una impronta en un lado de la hoja y en el reverso queda una deformación suficiente para poder palpase. Finalmente el código corresponde a una matriz de 2 columnas y 3 filas de improntas, las combinaciones posibles de ausencia y presencia de cada marca da como resultado las 64 posibilidades o caracteres ($2^6 = 64$).

El sistema Braille fue evolucionando a medida que fue necesario comunicar mayor información. Sin embargo los caracteres siguen siendo los mismos y aumentaron las reglas de escritura.

Dimensiones de caracteres

Para la dimensión de la matriz Braille que respetan todos los caracteres imprimibles (modificando la cantidad de improntas), se siguieron los lineamientos de la Comisión Braille Española [1] y se adoptaron las medidas de la fig. 1.

Fig. 1. Dimensión de la matriz Braille.



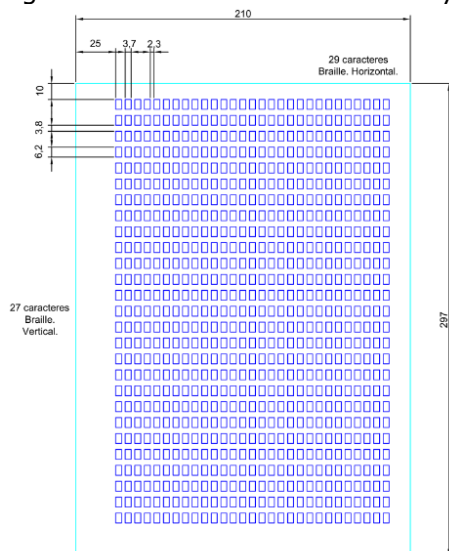
Tamaño de papel

El tamaño de hoja sobre el cual puede trabajar la impresora debe ser igual o menor a un tamaño A4 (210 mm de ancho y 297 mm de alto).

El equipo puede imprimir sobre papel comercial del tipo alcalino o de calcar, de gramaje de 75 g/m² a 120 g/m², rangos de fácil acceso. Por el tipo de impresión, donde las improntas se realizan en el reverso de la hoja que se desea imprimir, sólo puede imprimirse en un lado de cada hoja.

La disposición máxima de caracteres Braille que puede imprimir en una hoja A4 es de 27 caracteres de alto por 29 caracteres de ancho, dejando márgenes en todos sus extremos según se puede ver en la fig. 2.

Fig. 2. Distribución de caracteres y márgenes en una hoja A4.



Ing. Salarato Ignacio, Ing. Luis Estigarribia, Ing. Marcelo Bellotti
 "Impresora braille de bajo costo, software y hardware libre"

Diseño del Cabezal

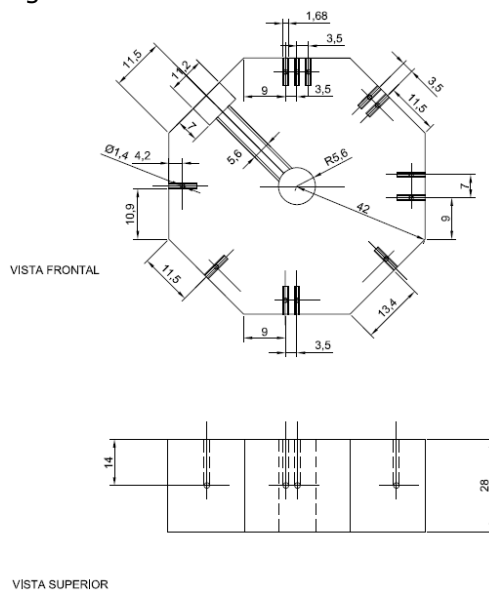
Muchas impresoras Braille comerciales utilizan sistemas por golpes, generando ruidos molestos para el personal que lo opera. Con intensidades sonoras del orden de 80 dB (Manual Everest-D V5 [2]).

El diseño del cabezal de esta impresora tiene un diseño innovador ya que no realiza la impronta por golpes, sino por presión a través de un motor eléctrico. Esta característica produce un bajo ruido durante la impresión además de un diseño de fácil reparación y nulo mantenimiento.

La matriz Braille es una matriz de 3 filas y 2 columnas que puede conformarse como 2 matrices de 3 filas y 1 columna cada una. De esta manera las combinaciones posibles de cada una de estas matrices son de 8 posibilidades ($2^3 = 8$). Aprovechando esta característica se diseñó una pieza de 8 lados, y en cada lado cuenta con una cantidad y disposición diferente de punzones, que a su vez realizan la impronta en el papel cuando se aplica presión. Cada combinación de las 8 posibilidades se realiza rotando esta pieza y dejando el lado correspondiente estático, posteriormente se genera la presión sobre la hoja logrando la impresión de medio carácter y en un segundo paso se termina el carácter completo.

La pieza en cuestión, denominada "rueda dentada" fue construida en material metálico de manera de tener mayor robustez. En la fig. 3 puede observarse el diseño.

Fig. 3. Diseño de la rueda dentada.



Ing. Salarato Ignacio, Ing. Luis Estigarribia, Ing. Marcelo Bellotti
 "Impresora braille de bajo costo, software y hardware libre"

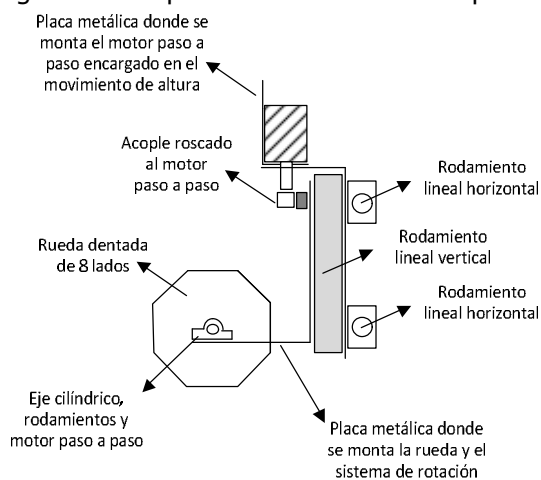
El eje metálico donde está montado la rueda dentada, apoya sobre dos rodamientos que facilitan su movimiento. En uno de los extremos se acopla un motor paso a paso encargado de la rotación y posicionamiento de la rueda dentada según el requerimiento de impresión.

El sistema vinculado a la rueda dentada se montó sobre una placa metálica. En el extremo superior cuenta con un acople donde se vincula a un motor paso a paso a través de una rosca, permitiendo el desplazamiento vertical del cabezal y finalmente la profundidad de la impronta, este motor está montado sobre otra placa metálica. La vinculación entre las placas es a través de rodamientos lineales permitiendo el movimiento de manera vertical, es decir de altura de acuerdo a la rotación del paso a paso y su eje roscado a la primer placa.

Todos los rodamientos lineales son de bajo rozamiento y permiten que se trasladen los elementos sin esfuerzo de los motores paso a paso.

En la fig. 4 se puede observar el diseño esquemático del cabezal.

Fig. 4. Descripción del cabezal de impresión.



Diseño de la estructura

La estructura de la impresora debe cumplir tres requerimientos: robustez, bajo peso y ser económico. Un material que cumple con estos requerimientos es el aluminio, precisamente los perfiles extruidos de aluminio con formas geométricas que aumenten su solidez y reduzca la cantidad de material, de manera de reducir su costo.

Se empleó perfiles extruidos utilizados en el ensamblaje de impresoras 3D, de manera de que sean de fácil acceso. La unión de los perfiles se realizó a través de escuadras de aluminio con montajes de bulonería.

El diseño estructural puede verse en la fig. 5, cuenta con las dimensiones suficientes para la impresión de hojas A4 y altura para colocar el sistema de tracción de papel, reutilizado de impresoras en desuso.

En el extremo de la estructura se montó el motor paso a paso encargado del traslado horizontal del cabezal. Este movimiento lo realiza a través de la rotación de un tornillo roscado, montado sobre rodamientos, que acoplado a un pieza roscada sobre la placa metálica del cabezal permite su traslado. También cuenta con finales de carrera en sus extremos para determinar los límites. Los puntos intermedios se logran con las rotaciones angulares del motor.

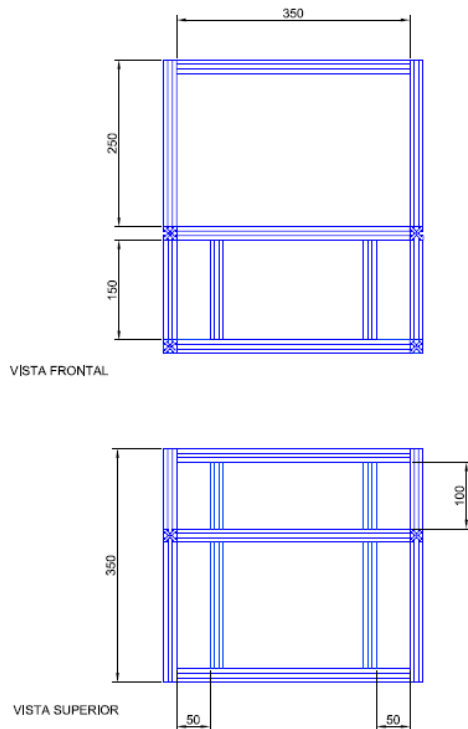
Sistema de tracción de papel

El sistema de tracción de papel fue reutilizado de una impresora de inyección de tinta (Inkjet) en desuso. El personal idóneo que quiera replicar este diseño debe desarmar la impresora en desuso e identificar si el sistema de tracción puede desmontarse, esto depende de cada modelo de equipo. Si es posible se debe corroborar que las dimensiones sean compatibles con los límites de la estructura.

El sistema de tracción que se empleó se encontraba en buen estado de conservación. Se limpió todas sus superficies y se lubricaron los mecanismos de rotación.

Sobre la estructura de la impresora se instaló soportes para montar el sistema de tracción. Estos cuentan con una graduación para poder ajustar diferentes sistemas de tracción de manera que el diseño sea versátil para diferentes modelos de impresoras en desuso.

Fig. 5. Dimensiones de la estructura de la impresora.



Diseño del sistema electrónico

El sistema electrónico se diseñó de manera que sea fácilmente replicable y utilizando componentes económicos y accesibles.

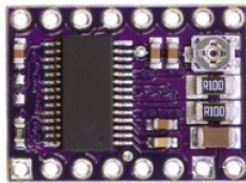
Controladores de motores paso a paso

Para controlar cada motor paso a paso se empleó el circuito integrado DRV8825 de la empresa Texas Instruments [4], montado en una placa integrada de la empresa Pololu Corporation. Esta placa tiene integrada los componentes necesarios para poder accionarlos y limitar la corriente a valores seguros. En la fig. 6 se puede observar la placa del controlador con todos sus componentes.

Microcontrolador

El control de la impresora se realiza a través de un microcontrolador de 8 bits, ATmega 2560 de la empresa Atmel. Se utilizó una placa Arduino Mega, de código abierto, económica y de fácil acceso. En la fig. 7 se puede observar la placa Arduino empleada.

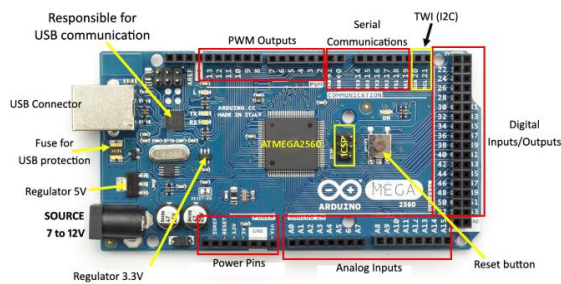
Fig. 6. Placa controladora de motores paso a paso



Programación

El programa desarrollado se hizo en lenguaje C, en la plataforma IDE propia de Arduino. La comunicación para el envío de datos se hace a través de un puerto serial y un circuito integrado encargado de la gestión por USB.

Fig. 7. Placa Arduino Mega



Ing. Salarato Ignacio, Ing. Luis Estigarribia, Ing. Marcelo Bellotti
 "Impresora braille de bajo costo, software y hardware libre"

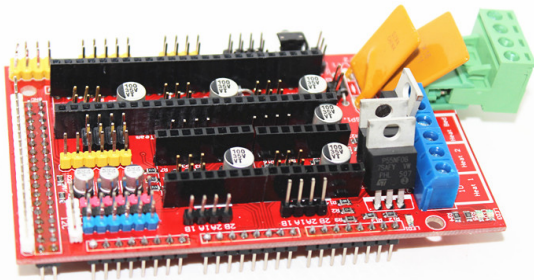
Circuitos de potencia

La alimentación de toda la impresora es a través de una fuente de conmutación de 220 VCA a 12 Vcc. El conexionado de todos los componentes eléctricos (motores paso a paso, finales de carrera, sensores, etc.) se realiza por medio de conectores mallados y una placa de conexionado ampliamente utilizados en impresoras 3D de bajo costo. Se empleó la placa RAMPS 1.4, de fácil acceso y económica, esta placa contiene todo el conexionado utilizado para la impresora. Además tiene las conexiones para la placa de los controladores paso a paso.

En la fig. 8 se puede observar la placa de conexionado de los componentes eléctricos, se monta sobre la placa Arduino Mega aprovechando sus bornes.

La placa RAMPS 1.4 incorpora sus propia fuentes de 5 Vcc y 3,3 Vcc, a partir de la fuente general conmutada de 12 Vcc. Con estas tensiones también se alimenta el Arduino Mega.

Fig. 8. Placa de conexionado RAMPS 1.4



Diseño de equipo de escritura autónomo

La impresora es un equipo que requiere el envío de datos, de manera que pueda procesar esa información y posteriormente imprimir los caracteres Braille. Para ello como un sistema integral se diseñó un equipo autónomo que permite redactar una hoja A4 y finalmente imprimirla.

Este equipo autónomo es considerablemente más económico que una computadora y permite la conexión con un teclado de computadora tradicional con conector PS/2. Cuenta con un display de cristal líquido de 20 columnas por 4 filas y permite la visualización de una línea completa de lo que puede imprimirse en Braille en la hoja A4, sólo permite el ingreso de caracteres que pueden ser reproducidos en el sistema Braille, incorpora las reglas propias del sistema (acentos, números y mayúsculas).

Ing. Salariano Ignacio, Ing. Luis Estigarribia, Ing. Marcelo Bellotti
"Impresora braille de bajo costo, software y hardware libre"

Sin perder de vista el objetivo social del proyecto se buscaron componentes económicos y de fácil acceso. Se empleó una placa Arduino Uno y una pantalla alfanumérica de cristal líquido con conexionado por protocolo I2C. La alimentación del equipo se realiza a través del mismo cable de datos de comunicación USB.

Este equipo permite conectarlo a la impresora Braille y trabajar todo el sistema sin la necesidad de contar con una computadora personal. En la fig. 9 puede verse el equipo.

Fig. 9. Equipo de escritura autónomo



V. Conclusiones

La impresora Braille tiene un impacto social importante ya que además de ser un desarrollo con especial énfasis en que sea económica, versátil y robusta, tiene el diseño mecánico, electrónico y los archivos fuente disponible en un repositorio de acceso. De esta manera puede concretarse la posibilidad de que sea reproducida.

La impresora presentó un desafío importante, tanto desde la óptica técnica como de la gestión. Al ser un proyecto multidisciplinario, de fácil acceso y de construcción sencilla, hubo que contemplar constantemente la premisa de la economía, facilidad de acceso a los componentes y la dificultad de su construcción. Sin embargo se pudo concretar el objetivo de acercar un proyecto con contenido tecnológico a una aplicación social que lo requiere.

VI. Bibliografía / Referencias

- [1] Documento técnico de parámetros dimensionales Comisión Braille Española. Primera versión, España. 2013.
- [2] Manual users: Everest-D V5. Hantverkssvägen Gammelstad. Sweden. www.indexbraille.com.
- [4] DRV8825 Stepper Motor Controller IC. Texas Instruments. Sweden. Abril 2010.
- [5] El manual de Arduino. Autor: Aliverti Paolo Editorial: MARCOMBO. Edición: 2016.
- [6] Sistemas Integrados con Arduino. Autor: Lajara Editorial: ALFAOMEGA GRUPO EDITOR. Edición: 2013.
- [7] Taller de Arduino. Autor: Tojeiro Calaza German Editorial: MARCOMBO. Edición: 2014.
- [8] C para Ingeniería Electrónica. Autor: Jorge Argibay Editorial: CEIT. Edición: 2005.
- [9] Motores Paso a Paso. Autor: Conti Francisco Editorial: ALSINA. Edición: 2005.
- [10] Microcontroladores PIC CON programación PBP. Autor: Barra Zapata Franklin, Barra Zapata Omar Enrique Editorial: ALFAOMEGA GRUPO EDITOR. Edición: 2011.