

**Universidad Tecnológica Nacional**

Proyecto Final

---

**Balanza Electrónica Adaptada**

***“MIRELI”***

---

*Autores:*

- KALIVODA, Christian Alejandro

*Proyecto final presentado para cumplimentar los requisitos académicos*

*para acceder al título de Ingeniero Electrónico*

*en la*

**Facultad Regional Paraná**

Fecha: Octubre de 2020



## **Declaración de autoría:**

Yo declaro que el Proyecto Final “Balanza Electrónica Adaptada” y el trabajo realizado son propio.  
Declaro:

- Este trabajo fue realizado en su totalidad, o principalmente, para acceder al título de grado de Ingeniero Electrónico, en la Universidad Tecnológica Nacional, Regional Paraná.
- Se establece claramente que el desarrollo realizado y el informe que lo acompaña no han sido previamente utilizados para acceder a otro título de grado o pre-grado.
- Siempre que se ha utilizado trabajo de otros autores, el mismo ha sido correctamente citado. El resto del trabajo es de autoría propia.
- Se ha indicado y agradecido correctamente a todos aquellos que han colaborado con el presente trabajo.
- Cuando el trabajo forma parte de un trabajo de mayores dimensiones donde han participado otras personas, se ha indicado claramente el alcance del trabajo realizado.

Firmas:

- 
- 

Fecha:



## **Agradecimientos:**

Quiero dar mis agradecimientos en primer lugar a la Facultad UTN Regional Paraná por la calidez humana durante mi formación, desde personal docente no docente hasta administrativos, y sobre todo a la oportunidad dada y al tiempo entregado por los docentes, que gracias a ellos hoy estoy entregando mi trabajo final.

Al Ing. Lucas Maggiolini por su disposición y acompañamiento durante todo el proceso.

A mi familia por haberme enseñado a luchar y seguir su ejemplo, por haberme acompañado durante todo este viaje, y lo difícil que muchas veces fue para ellos darme un estudio.

En especial a mi madre, que me enseñó el significado de perseverancia y siempre me brindo su apoyo en cada momento.

A mi pareja que fue precursora del proyecto final y un gran motor en esta última etapa de mi carrera, y a mis hijos que tuvieron comprender que no disponían de mi tiempo hacia ellos.

A mis amigos que conocí durante mi permanencia en la facultad, y que hoy siguen siendo parte de mi vida, y a quienes les pertenece parte de este logro.

Kalivoda, Christian Alejandro



Universidad Tecnológica Nacional

## *Abstract*

Facultad Regional Paraná

Ingeniero en Electrónica

### **BALANZA ELECTRONICA ADAPTADA**

KALIVODA, Christian Alejandro.

#### **Abstract:**

A complete electronic scale system was developed which adapts to disable people. It has a charging cell that have a pair of electronic coupling devices that translate the mechanic deflections into electric signals for their proper process. The processing task is made by a microprocessor that will also be in charge of interpreting the user information and present the results as vibrations, voice messages, led scales and a graphic display.

For the system implementation a microprocessor was used. This device recovers the ADC data in real time and sends information to the diverse output devices. It manages the graphic display control and two PWM signals that controls a motor as well as a LED register.

An important aspect that was on the upfront od the entire develop of this system is the simplicity in its use. The final result was a change in the functioning logic of a commercial scale, where one will normally see a price, now it inputs a weight so the system can assist the user to arrive to the wanted weight. This equipment is capable to measure till a maximum weight of 30 Kg maintaining all the basic functions.

#### **Keywords:**

Disability, Accessibility, People, Job Training, Job Insertion, Adaptability, Comprehensive School.

## **Resumen:**

Desarrollé un sistema completo de una balanza electrónica que se adapte a personas con discapacidad. La misma consta de una celda de carga que tiene incorporadas galgas extensiométricas que transforman las deformaciones mecánicas en señales eléctricas para su posterior procesamiento. La tarea de procesamiento se realiza con un microprocesador que además se encarga de la tarea de interpretar la información que el usuario ingresa al sistema como así también de presentar resultados al usuario por distintos medios: un display gráfico, vibraciones, mensajes de voz y una escala de leds.

Para la implementación del sistema se utilizó un microprocesador que adquiere datos en tiempo real de un ADC y que se comunica con distintos periféricos. Añade el control de un display gráfico y dos señales PWM que controlan tanto un motor como un registro de LEDs.

Un aspecto importante que se tuvo en cuenta en todo el desarrollo de este sistema es la simplicidad de su utilización. El resultado que se obtuvo fue un cambio en la lógica de funcionamiento de una balanza comercial, donde normalmente se ingresa un precio, y aquí se ingresa un peso, de esta manera el sistema asiste al usuario para llegar al peso deseado. Este equipo es capaz de censar un peso máximo de 30 kg, manteniendo funciones básicas como la tara.

### **Palabras Clave:**

Accesibilidad, Adaptabilidad, Discapacidad, Escuela Integral, Formación laboral, Inserción laboral, Personas.

## **Reconocimientos:**

Agradezco en primer lugar al Ing. Lucas Maggiolini quien, a lo largo de este tiempo, ha respondido a dudas y consultas sobre esta investigación y acompañado en mi formación académica en varias oportunidades.

A la Profesora de Educación Especial Bernard, Ingrid por su gran aporte al proyecto como así también en la ejecución del mismo.

A la profesora Racca, Gisela por su ayuda, participación y enseñanza del sistema braille para la investigación.

## Índice:

Declaración de autoría: .....	3
Agradecimientos: .....	5
Abstract: .....	7
Keywords: .....	7
Resumen:.....	8
Palabras Clave:.....	8
Reconocimientos:.....	9
Índice:.....	10
Lista de Figuras:.....	12
Lista de Tablas.....	14
Lista de ecuaciones .....	15
Lista de Abreviaciones .....	16
Lista de Símbolos.....	17
Dedicado a: .....	18
Capítulo 1: Introducción .....	19
1.1 Breve reseña:.....	19
1.2 Clasificación de discapacidad .....	19
1.3 Funciones .....	21
1.4 Ventajas del sistema .....	22
1.5 Estudio de mercado .....	23
Capítulo 2: Desarrollo.....	25
2.1 Definiciones .....	25
2.1.1 Galga Extensiométrica .....	28
2.1.2 Puente de Wheatstone .....	29
2.2 Desarrollo Hardware .....	31
2.2.1 Celda de carga y su conexión.....	31
2.2.2 Microprocesador .....	36

2.2.3 Display .....	37
2.2.4 Teclado .....	40
2.2.5 Sonido .....	43
2.2.6 Vúmetro .....	49
2.2.7 Vibración.....	50
2.2.8 Alimentación .....	52
2.3 Firmware .....	54
2.4 Diseño Completo.....	58
2.4.1 Placa principal.....	58
2.4.2 Placa del teclado.....	60
2.4.3 Placa del Display.....	62
Capítulo 3: Resultados .....	64
Capítulo 4: Análisis de Costos .....	67
4.1 Posibles planes de venta y amortización de la inversión .....	68
Capítulo 5: Discusión y Conclusión.....	70
Capítulo 6: Literatura Citada.....	71
Referencias a imágenes.....	71

## Lista de Figuras:

Figura 1 - Discapacidades .....	19
Figura 2 - Diagrama de Bloques .....	25
Figura 3 – Balanza comercial utilizada.....	26
Figura 4 - Balanza utilizada .....	26
Figura 5 - Interior balanza a utilizar.....	27
Figura 6 - Celda de Carga .....	27
Figura 7 - Galgas y celda de carga .....	29
Figura 8 - Puente de Wheatstone .....	29
Figura 9 - Celda de carga .....	31
Figura 10 - Placa HX711.....	32
Figura 11 - Diagrama en bloques HX711 y conexionado .....	32
Figura 12 - Diagrama temporal HX711 .....	33
Figura 13 - Clock al HX711 .....	33
Figura 14 - Dato desde el HX711 .....	34
Figura 15 - Conexionado de la celda de carga al Microcontrolador .....	36
Figura 16 - PINOUT PIC 16F1519.....	36
Figura 17 - Display Grafico .....	37
Figura 18 - Esquema display y vúmetro .....	39
Figura 19 - Pantalla ingreso peso .....	39
Figura 20 - Teclado .....	40
Figura 21 - Rotulo información posterior .....	41
Figura 22 - Rotulo en Braille con reseñas.....	42
Figura 23 - Esquemático Teclado.....	42
Figura 24 - DFPlayer Mini.....	44
Figura 25 - Esquemático DFPlayer Mini .....	44
Figura 26 - DFPlayer circuito implementado .....	45
Figura 27 - Representación Vúmetro .....	49
Figura 28 - Circuito Vumetro .....	50
Figura 29 - Motor DC Vibración.....	51
Figura 30 - Circuito control Motor DC .....	51
Figura 31 - Circuito alimentación .....	53
Figura 32 - MikroC Compiler .....	54
Figura 33 - Entorno MikroC .....	55
Figura 34 - Diagrama de Flujo.....	56
Figura 35 - Esquema Placa Principal .....	59

Figura 36 - Placa Principal.....	60
Figura 37 - Esquema placa teclado .....	61
Figura 38 - Placa del teclado.....	62
Figura 39 - Esquema Display.....	63
Figura 40 - Resultado: Frente balanza .....	64
Figura 41 - Resultado: Cara posterior .....	64
Figura 42 - Resultado: Sistema Braille teclado.....	65
Figura 43 - Resultado: Sistema Braille información.....	65
Figura 44 - Resultado: Placa Principal.....	66

## Lista de Tablas

Tabla 1 - Tabla verdad XOR .....	35
Tabla 2 - PINOUT Display .....	38
Tabla 3 - Teclado en Braille y su significado .....	41
Tabla 4 - Palabra control DFPlayer .....	46
Tabla 5 - Palabra comando para reproducir la pista 2 .....	47
Tabla 6 - Establecer Volumen especifico DFPlayer. ....	48
Tabla 7 - Mensajes en Vibración .....	52
Tabla 8 - Costo desarrollo primera unidad .....	67
Tabla 9 - Costo producción .....	68

## Lista de ecuaciones

Ecuación 1 - Ecuación tensión de salida.....	30
Ecuación 2 - Ecuación al variar la resistencia.....	30
Ecuación 3 - Función de Transferencia.....	30
Ecuación 4 - Función de transferencia final.....	30
Ecuación 5 - Sensibilidad de Salida de la celda de carga .....	31
Ecuación 6 - Sensibilidad de salida máxima de la celda de carga .....	31
Ecuación 7 - Complemento a 2.....	34
Ecuación 8 - Algebra Booleana XOR .....	35
Ecuación 9 - Calculo Checksum DFPlayer. ....	48

## Lista de Abreviaciones

ADC	-Analog to Digital Converter (Conversor Analógico Digital)
DC	-Direct Current (Corriente Continua)
LSB	-Least Significant Bit (Bit Menos Significativo)
Max	-Valor máximo en el rango de datos entregados por la placa HX711
MHz	-Megahercio
Min	-Valor mínimo en el rango de datos entregados por la placa HX711
MSB	-Most Significant Bit (Bit Mas Significativo)
mV/V	-Sensibilidad de la celda de carga
OMS	-Organización Mundial de la Salud
ONU	-Organización de las Naciones Unidas
PGA	-Programmable Gain Amplifier (Amplificador de Ganancia Programable)
PWM	-Pulse-Width Modulation (Modulación por Ancho de Pulso)
RAM	-Random Access Memory
Sd	-Secure Digital (Formato de tarjeta de memoria)
$V_s$	-Tensión de alimentación puente de Wheatstone
$V_o$	-Tensión de salida del puente de Wheatstone

## Lista de Símbolos

$\Omega$	-Ohm
$\alpha$	-Factor galga extensométrica
$\varepsilon$	-Factor constructivo galga extensométrica

## **Dedicado a:**

A Dios por haberme guiado y acompañado.

A mi mamá por el apoyo constante y el esfuerzo realizado durante el transcurso de todos mis estudios; enviar un chico a estudiar fuera de casa no es una tarea sencilla.

A mi padre que siempre me brindó su apoyo y ayuda

A mi pareja, por su ayuda y comprensión en todo momento y más aún en esta última etapa. Realizó un gran esfuerzo en momentos de cansancio.

A mis hijos Mirko y Elina, por su amor y paciencia en todo este tiempo. Ellos fueron mi inspiración en la elección del nombre de este proyecto.

A mis amigos de siempre, quienes fueron el gran pilar de mi formación académica brindándome su apoyo en todo momento.

Ing. Kappes Franco.

Ing. Berasategui Aguirre Imanol.

Ing. Bonino Celina.

Ing. Cellino Cristian.

A todos ellos muchas gracias.

## Capítulo 1: Introducción

### 1.1 Breve reseña:

La Convención sobre los Derechos de las Personas con Discapacidad del XXI, señala en su artículo 1° que “las personas con discapacidad incluyen aquellas que tengan deficiencias físicas, mentales, intelectuales o sensoriales a largo plazo que, al interactuar con distintas barreras, puedan impedir su participación plena y efectiva en igualdad en condiciones con los demás” (ONU, 2006).

El proyecto hace foco en las personas con discapacidad, en el desarrollo cotidiano de sus actividades y las limitaciones que encuentran día a día. Por esa razón es que comenzamos esta introducción con un escrito dado por la ONU en la Convención dada en el 2006.

En esta reseña se establece la base sobre las personas a las que la balanza se centrará principalmente, será entonces necesario realizar una clasificación sobre discapacidades, para poder luego segmentar las acciones que la balanza aplicará y sus soluciones particulares.

### 1.2 Clasificación de discapacidad

#### ❖ **Discapacidad Visual:**

Se refiere a personas con deficiencias funcionales del órgano de la visión y, de las estructuras y funciones asociadas, incluidos los párpados (OMS, 2013a; OMS, 2013b). Está determinada por los niveles de deterioro de la función visual, y que se establece tras la medición de la agudeza visual y del campo visual de cada uno de los ojos por separado.

#### ❖ **Discapacidad Auditiva:**

La sordera es la pérdida total de la audición en uno o ambos oídos. La pérdida de la audición se refiere a la pérdida de la capacidad de oír, bien sea total o parcial.

#### ❖ **Discapacidad Intelectual:**

“La discapacidad intelectual se caracteriza por limitaciones significativas tanto en el funcionamiento cognitivo como en conducta adaptativa tal y como se ha manifestado en habilidades adaptativas conceptuales, sociales y prácticas. Esta discapacidad se origina antes de los 18 años.” (Luckasson y Cols, 2011).



Figura 1 - Discapacidades

La idea original de este proyecto surge de la necesidad latente de un grupo de estudiantes de un **taller de Formación Laboral en Panadería** de una Escuela de Educación Integral, donde el grupo está conformado por multidiscapacidad; visual, auditiva e intelectual.

Este taller de formación, tiene un objetivo claro que es el de poder llegar a insertar en el ambiente laboral a personas con discapacidad, dentro de las habilidades y destrezas que tienen que manejar los integrantes, en ellas se encuentra el manejo de balanzas electrónicas o mecánicas. Durante la formación de los estudiantes, el manejo de una balanza digital queda exclusivamente dedicada al docente a cargo de ellos, ya que la comprensión de lo que se visualiza en el display de la balanza resulta compleja para los alumnos,

Atendiendo estas consideraciones lo que este proyecto pretende lograr es: tomar una balanza digital que se encuentra en el mercado local y poder adaptarla, para éste grupo antes mencionado de alumnos como primera instancia y luego, buscar llegar a todas las personas a las que por diferentes razones puede facilitar su entorno diario, doméstico o laboral.

Para lograr esto la balanza electrónica comercial que se ve y trabaja en cualquier negocio, deberá cambiará su lógica de trabajo. Toda balanza censa cierto volumen de masa que se haya colocado en su bandeja, pudiendo ingresar un precio correspondiente a esa masa para así, obtener un valor monetario correspondiente con la cantidad de masa sobre la bandeja, bien ahora el cambio que se desea lograr es, censar masa y en vez de ingresar un precio se introducirá un peso, es decir, introducir el peso al que queremos llegar.

No obstante, este problema dificulta completar la preparación profesional de algunos alumnos debido a su discapacidad o proceso de aprendizaje debido a que en el módulo final de su certificación (panadería y/o gastronomía), deben manipular correctamente máquinas y balanzas, respetando normas de higiene y seguridad para lograr productos óptimos o inocuos.

En segundo lugar, y en relación del primer punto, no solo se prepara al alumno para que transite y egrese su escolaridad, sino que también pueda acceder a un empleo.

Según lo expresa la Ley Provincial de Discapacidad N.º 9.891 del año 2008, define en términos de la integración de las personas al mundo del trabajo, el derecho incuestionable a brindar escenarios laborales en igualdad de condiciones y oportunidades de remuneración, implicando el respeto a las capacidades de todas las personas para desempeñar una labor específica en el mundo del trabajo, que puede ser llevada a cabo de manera dependiente, independiente o en talleres progresivos.

El desarrollo tecnológico digital y las nuevas tecnologías brindan a las personas con discapacidad nuevas herramientas para desempeñarse correctamente en puestos de trabajos, permitiendo lograr la inclusión laboral de trabajo digno, remunerado y que posibilite el desarrollo personal y profesional en igualdad de condiciones.

La búsqueda de este proyecto es abordar y mejorar un producto con el fin de analizar si en su diseño se puede superar barreras visuales, cognitivas y auditivas de las personas creando un puente entre el manejo y uso de la balanza adaptada y la posibilidad de realizar la tarea satisfactoriamente, dejando en segundo plano, la discapacidad que se trate.

Partiendo de un ejemplo: al momento de utilizar una balanza comercial, el estudiante debe mirar continuamente el peso que va incorporando o quitando, haciendo necesario que el docente lo guíe continuamente hasta llegar al peso deseado debido a que dicha balanza no emite ninguna luz o movimiento que le permita orientarse. En este sentido, enmarca la poca funcionalidad de una balanza electrónica tradicional frente a un alumno con discapacidad auditiva y asociada un retraso madurativo.

Con este trabajo se espera lograr mejoras en una balanza tradicional, que ayuden a minimizar barreras de accesibilidad. No obstante, no solo se enfoca en solo resolver un caso particular, como es el grupo del taller de donde se originó la idea, sino que busca la independencia social de las personas con discapacidad, mejorando su calidad de vida y ampliando su oportunidad laboral y posterior inserción.

### **1.3 Funciones**

Dentro de estas ideas se detallarán las funciones de la balanza que son agregadas y un resumen para comprender cada una de las funciones y a quien va dirigida.

Cuando se ingresa un peso en la balanza por medio del teclado numérico, lo que esperamos tener como resultado es que se nos comunique cuando se ha llegado al peso ingresado, o si nos hemos pasado o aún no hemos llegado. En este caso, se buscó distintas maneras de comunicar estos mensajes a distintas personas con discapacidad.

Funciones que la balanza electrónica adaptada puede ofrecer según discapacidad, se realizan los siguientes puntos:

- 1) Personas con discapacidad visual.
  - a) Severa con pérdida de la audición
    - i) Teclado escrito en sistema Braille.
    - ii) Zona de vibración.
  - b) Severa
    - i) Teclado en Braille.
    - ii) Reproductor de sonidos.
  - c) Disminuido visual
    - i) Teclado con letras de gran tamaño / Teclado en Braille.
    - ii) Display con caligrafía legible y de gran tamaño.
    - iii) Vúmetro.
    - iv) Reproductor de sonidos.
- 2) Personas con discapacidad Auditiva.
  - a) Severa.
    - i) Display.
    - ii) Zona de vibración.
- 3) Personas con discapacidad intelectual
  - i) Teclado con letras de gran tamaño.
  - ii) Reproductor de Sonido.
  - iii) Vúmetro.

### 1.4 Ventajas del sistema

- Fácil operación del equipo
- Mayor adaptabilidad para las personas con discapacidad.
- Mejora la calidad de vida y la futura inserción laboral de las personas.
- Da un marco de desarrollo futuro del equipo, ya que no hay un modelo similar en el mercado al que se quiere lograr.
- Se utiliza una balanza electrónica comercial.

El dispositivo final contará con lo siguiente:

- Un display de cristal líquido, para poder visualizar el peso ingresado y el peso actual en la balanza
- Un teclado numérico donde se podrán ingresar los pesos, como así también la función tara, y además cada uno de los botones tendrá las inscripciones en Braille.
- Contará con un indicador lumínico en forma de barra que indicará la falta, sobrepaso o peso correcto ingresado.
- Dispondrá de un parlante que emitirá mensajes sonoros en castellano que dará información sobre qué botón que se presionó, si está en el peso correcto, si el dispositivo está prendido o se está apagando, entre otros.
- También contará con una zona que dará información por medio de vibraciones.

## 1.5 Estudio de mercado

- *Target*

El proyecto nace de una necesidad particular, en este caso el de un grupo de alumnos de una Escuela Integral, pero puede ocupar el mismo lugar en otras instituciones, como así también en domicilios particulares de personas con discapacidad. Por esta razón es la que se busca integrar distintas funcionalidades en el proyecto, para que sea versátil, amigable con el usuario y lograr así la completa adaptación.

- *Pruebas de Concepto. ¿Es un producto Útil?*

Es un producto útil, ya que no solo ayuda a la persona con discapacidad, sino que también a los docentes a desempeñar su tarea. Además, como se describió en el punto anterior, el proyecto abarca a distintas discapacidades, pero tratando de no volverse redundante en sus funcionalidades.

- *Pruebas de producto. Competencia. ¿Qué hay en el mercado? ¿En qué se diferencia de lo que voy a hacer?*

Según la investigación que se realizó en el mercado nacional, no se encontró un producto con características similares, ya que todas las balanzas están destinadas a labores comerciales. Desde este punto de vista, la realización del proyecto es muy alentadora, ya que resuelve cuestiones pedagógicas en una institución educativa, pero sobre todo puede ser una herramienta que ayude a una mayor inserción de personas con discapacidad en el ámbito laboral.

- *Análisis de Recursos.*

Para realizar un mejor análisis de los recursos necesarios para llevar a cabo el proyecto, lo dividiremos en varias partes:

- **Estructura exterior:** contará básicamente de una carcasa plástica, en donde se alojarán internamente el sensor y los componentes electrónicos y fuente de alimentación. Esta carcasa se realizará por molde inyectado con plástico, tarea que se encargará una empresa.

Por otro lado, la balanza contendrá una bandeja de acero inoxidable en la parte superior de la misma, la cual se tomará de un modelo de una balanza que se encuentra en el mercado argentino, con esto se busca que el reemplazo de la misma sea sencillo y también se reduzca el precio del equipo.

- **Electrónica y control:** todo lo competente a la electrónica y control es lo que se desarrollará en este proyecto por parte del autor, por lo tanto su estudio, diseño y puesta a punto serán llevadas a cabo por el mismo. En cuanto a la fabricación de las placas electrónicas finales se realizarán en empresas dedicadas a esta tarea, para así obtener un resultado profesional y de calidad que reduzca las probabilidades de fallas en el acabado final.
- **Varios:** entre componentes varios nos podemos referir al display que se utiliza, este es un componente de fácil acceso en el mercado argentino al igual que los motores que se utilizan para generar vibración, por otro lado, la botonera se fabricará de forma artesanal para la

presentación del proyecto, pero esta tarea se debe transferir a una empresa que se dedique a realizar este tipo de componentes.

- **Ciclo de Vida del Producto:** La construcción del proyecto se realizará de forma modular y compacto, donde se obtiene el beneficio de que ante una rotura se puede cambiar una parte de él y no afectar al resto de los componentes, además los materiales que se utilizarán serán plástico y metal, entendiéndose de un uso diario intenso y en condiciones húmedas y con gran cantidad de partículas en el ambiente. Por las razones antes descritas y lo que se ve en el mercado en balanzas, se estima un tiempo de vida de 10 años.

## Capítulo 2: Desarrollo

### 2.1 Definiciones

Para dar comienzo con el desarrollo del proyecto, comenzaremos definiendo las partes con las que contara el proyecto en el plano del hardware para luego repasar su software.

En primera instancia presentamos el diagrama de bloques del proyecto, que define cada una de sus partes, interacción entre cada una de sus partes, funcionalidad y modo de uso con el usuario final. Representando así gran parte de la construcción del hardware.

Cada uno de los bloques y componentes que lo conforman se irán detallando, mencionando su funcionalidad, los problemas que se encontraron y como se resolvieron.

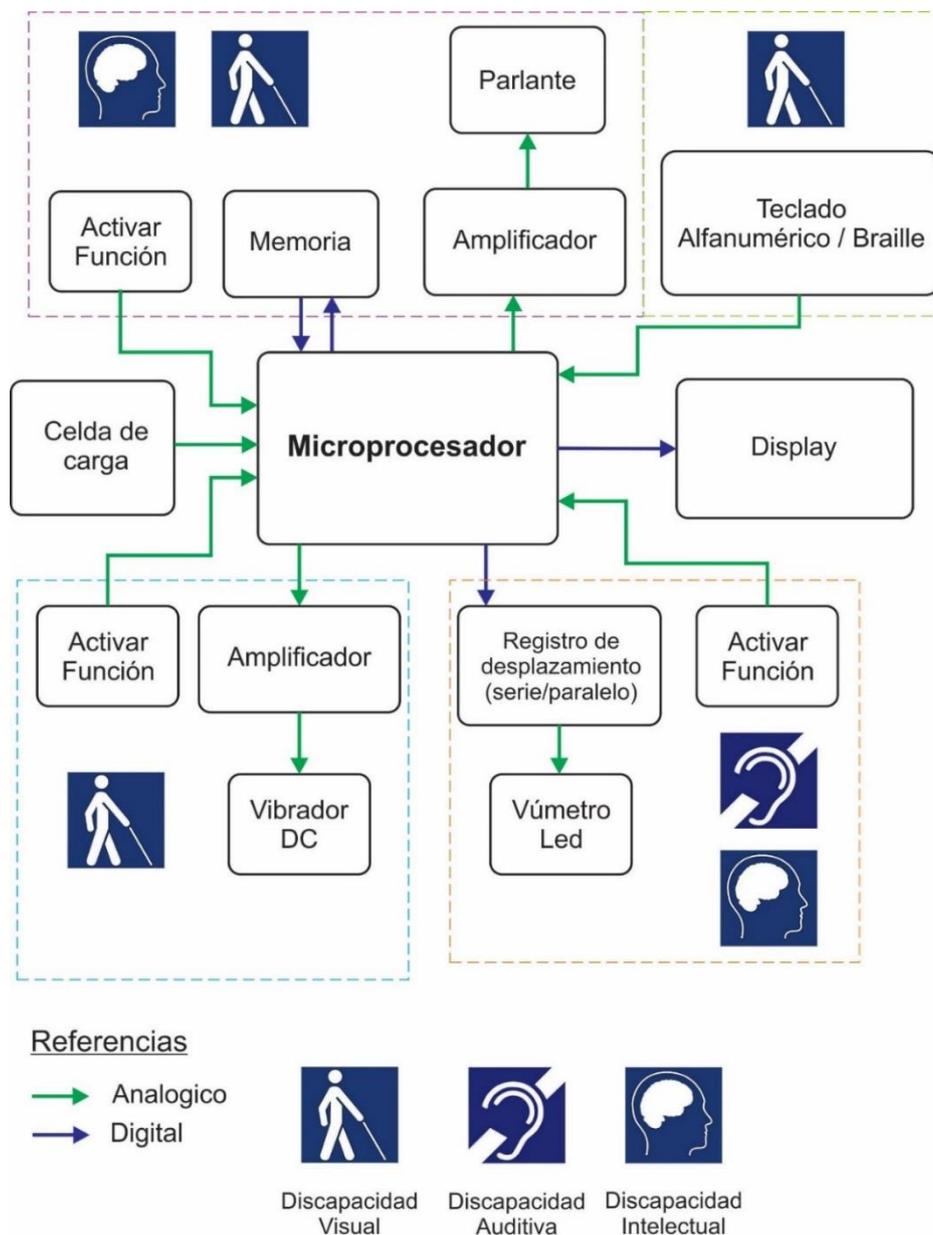


Figura 2 - Diagrama de Bloques

Pero antes de pasar a detallar el diagrama de bloques, se presenta la base de este proyecto, una balanza electrónica de la marca SYSTEL modelo CROMA, como la que se muestra en la siguiente figura

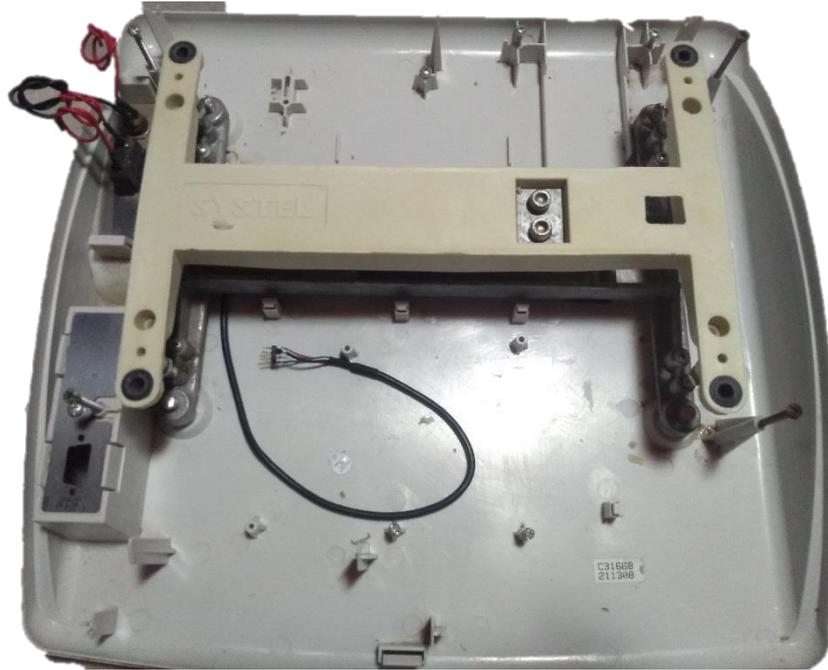


*Figura 3 – Balanza comercial utilizada*

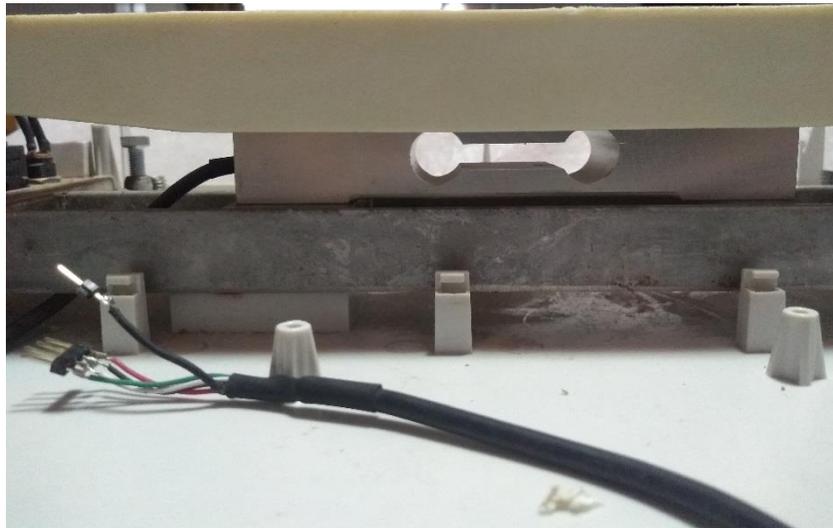
De este modelo original se retiró el mástil con el visor superior, ya que para el proyecto no es de utilidad, quedando como en las siguientes figuras.



*Figura 4 - Balanza utilizada*



*Figura 5 - Interior balanza a utilizar*



*Figura 6 - Celda de Carga*

Se puede apreciar en la Figura 5, lo que se utiliza de la balanza es únicamente su carcasa, bandeja de carga y celda de carga, que se observa con más detalle en la Figura 6.

### 2.1.1 Galga Extensiométrica

Una galga extensiométrica es un sensor para medir la deformación, presión, carga, torque, posición, entre otras cosas, basado en el efecto piezorresistivo, el cual es la propiedad que tienen ciertos materiales de cambiar el valor nominal de su resistencia cuando se les somete a ciertos esfuerzos y se deforman en dirección de los ejes mecánicos. Un esfuerzo que deforma a la galga producirá una variación en su resistencia eléctrica, esta variación puede ser por el cambio de longitud, el cambio originado en la sección o el cambio generado en la resistividad. Inventado por los ingenieros Edward E. Simmons y Arthur C. Ruge en 1938.

La galga extensiométrica hace una lectura directa de deformaciones longitudinales en cierto punto del material que se está analizando. La unidad que lo representa es épsilon, esta unidad es adimensional y expresa el cambio de la longitud sobre la longitud inicial.

En su forma más común, consiste en un estampado de una lámina metálica fijada a una base flexible y aislante. La galga se adhiere al objeto cuya deformación se quiere estudiar mediante un adhesivo, como el cianoacrilato. Según se deforma el objeto, también lo hace la lámina, provocando así una variación en su resistencia eléctrica. Habitualmente una galga extensiométrica consiste de un alambre muy fino, o más comúnmente un papel metálico arreglado en forma de rejilla, que se puede unir por medio de soldadura a un dispositivo que pueda leer la resistencia generada por la galga.

Esta forma de rejilla permite aprovechar la máxima cantidad de material de la galga sujeto a la tensión a lo largo de su eje principal. Las galgas extensiométricas también pueden combinarse con muelles o piezas deformables para detectar de forma indirecta los esfuerzos. Idealmente, las galgas deberían ser puntuales para así poder medir esfuerzos en puntos concretos. En la práctica las dimensiones de la galga son apreciables por lo tanto se supone que el punto de medida es el centro geométrico de la galga. Si se pretenden medir vibraciones, es necesario que la longitud de las ondas de esas vibraciones sea mayor que la longitud de la galga. Las galgas pueden estar cementadas en un placa pequeña o dos elementos presionan el alambre que transporta la electricidad.

Las galgas tienen ciertas características que las representan, unas son constructivas y otras en cuanto a su funcionamiento. Entre las primeras se encuentra su tamaño, peso y materiales con los que fueron hechas. En este caso es pequeña y rígida, lo que facilita la velocidad en que genera las respuestas; estas son muy importantes puesto que el resultado correcto depende de estos aspectos. Existen también características que dependen de la fabricación de la galga, por ejemplo, la temperatura del funcionamiento y el factor de la galga, este indica la sensibilidad que tiene el sensor. También la resistencia de la galga, el coeficiente de temperatura, la prueba de fatiga y el coeficiente de expansión lineal; son características necesarias para conocer bajo qué circunstancias la galga arroja los resultados adecuados.

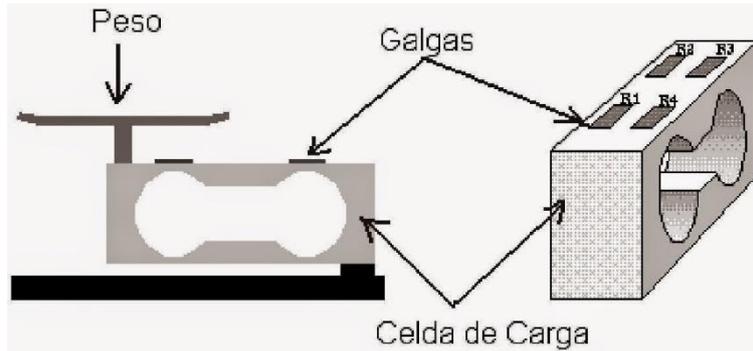


Figura 7 - Galgas y celda de carga

Para obtener buena precisión en la lectura y alta sensibilidad a los cambios, la celda de carga configura las galgas para formar un **Puente de Wheatstone**

### 2.1.2 Puente de Wheatstone

El puente de Wheatstone puede utilizarse de varias maneras para medir la resistencia eléctrica:

- para determinar el valor absoluto de una resistencia mediante comparación con otra resistencia conocida.
- para determinar cambios relativos en la resistencia.

Esta última aplicación es la que se utiliza con las galgas extensiométricas, ya que permite medir con elevada exactitud cambios relativos en la resistencia de una galga extensiométrica, normalmente del orden de entre  $10^{-4}$  y  $10^{-2} \Omega/\Omega$ .

Los cuatro brazos o ramales del circuito del puente están formados por las resistencias  $R_1$  a  $R_4$ . Los puntos 2 y 3 del puente designan las conexiones de la tensión de alimentación del puente  $V_s$ . La tensión de salida del puente  $V_0$ , es decir, la señal de medida, se encuentra disponible en los puntos 1 y 4.

La alimentación del puente suele consistir en un potencial eléctrico de tipo continuo o alterno  $V_s$ , aplicado y estabilizado.

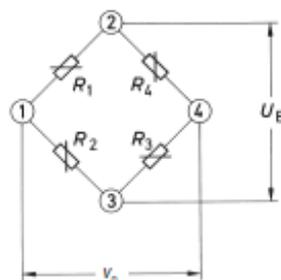


Figura 8 - Puente de Wheatstone

Si se aplica una tensión de alimentación  $V_s$  a los puntos de alimentación del puente 2 y 3, dicha tensión se divide entre las dos mitades del puente,  $R_1$ ,  $R_2$  y  $R_4$ ,  $R_3$  proporcionalmente a las resistencias correspondientes, es decir, cada mitad del puente forma un divisor de tensión.

El puente puede desequilibrarse como consecuencia de la diferencia entre las tensiones debida a las resistencias eléctricas  $R_1$ ,  $R_2$  y  $R_3$ ,  $R_4$ .

$$V_o = V_s \left( \frac{R_1}{R_1 + R_2} - \frac{R_4}{R_4 + R_3} \right)$$

*Ecuación 1 - Ecuación tensión de salida*

Si el puente está equilibrado significa que,

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4}$$

Donde la tensión de salida del puente  $V_0$  es igual a cero.

Cuando se produce una deformación predefinida, la resistencia de la galga extensiométrica cambia en un valor  $\Delta R$ . Eso nos da la ecuación siguiente:

$$V_o = V_s \left( \frac{R_1 + \Delta R_1}{R_1 + \Delta R_1 + R_2 + \Delta R_2} - \frac{R_4 + \Delta R_4}{R_3 + \Delta R_3 + R_4 + \Delta R_4} \right)$$

*Ecuación 2 - Ecuación al variar la resistencia*

En el caso de las galgas extensiométricas, las resistencias  $R_1$  y  $R_2$  deben ser iguales en el puente de Wheatstone, lo mismo ocurre con las resistencias  $R_3$  y  $R_4$ .

Aplicando simplificaciones y supuestos, se llega a la siguiente ecuación

$$\frac{V_o}{V_s} = \frac{1}{4} \left( \frac{\Delta R_1}{R_1} - \frac{\Delta R_2}{R_2} + \frac{\Delta R_3}{R_3} - \frac{\Delta R_4}{R_4} \right)$$

*Ecuación 3 - Función de Transferencia*

Si reemplazamos

$$\frac{\Delta R}{R} = \alpha \cdot \varepsilon$$

Donde  $\alpha$  es un factor de la galga extensométrica y  $\varepsilon$ , obtenemos la siguiente ecuación

$$\frac{V_o}{V_s} = \frac{\alpha}{4} (\varepsilon_1 - \varepsilon_2 + \varepsilon_3 - \varepsilon_4)$$

*Ecuación 4 - Función de transferencia final*

## 2.2 Desarrollo Hardware

### 2.2.1 Celda de carga y su conexión

La celda de carga que se utilizó en el proyecto es una que comercializa la misma empresa que fabrica las balanzas, por lo que no se pudo obtener su hoja de datos. Pero con los datos presentados en la celda de carga, fueron suficientes para realizar este proyecto.



Figura 9 - Celda de carga

En una de las caras, podemos conocer que el peso máximo que puede manejar la celda es de 30 Kg. Otro dato importante que se aprecia es la sensibilidad de salida, de 1,939 mV/V. Este último dato es útil para conocer cuál será la variación máxima de tensión a la salida de nuestra celda, cuando la carguemos con 30 Kg.

$$S_0 = 1,939 \frac{[mV]}{[V]}$$

Ecuación 5 - Sensibilidad de Salida de la celda de carga

En nuestro caso, lo alimentemos con 5 V.

$$V_s = 5[V] \rightarrow S_0 = 1,939 \frac{[mV]}{[V]} * 5[V] = 9,695[mV]$$

Ecuación 6 - Sensibilidad de salida máxima de la celda de carga

Ahora para poder convertir esta señal analógica, con un valor máximo como el que se mostró en la Ecuación 6, en el proyecto se utilizó el integrado HX711.

Este circuito integrado es un convertor analógico/digital de 24 bit de resolución, desarrollado para el manejo de celdas de carga, lo cual lo hace idóneo para este proyecto. Además, y para economizar tiempo y costos, se adquirió una placa electrónica con este integrado incluido y

con la configuración necesaria para controlar una celda de carga. En la siguiente imagen se observa la placa implementada en el proyecto, donde se puede observar que el protagonista es el integrado HX711.

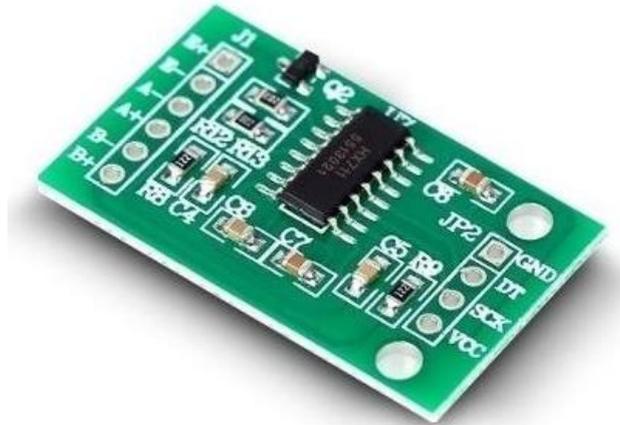


Figura 10 - Placa HX711

El circuito que el fabricante propone, es el que se muestra a continuación. Podemos observar la conexión de la celda de carga, los elementos que complementan al circuito integrado y la comunicación con el microcontrolador. Además, el diagrama en bloques de cada parte interviniente en el circuito integrado da una idea de su funcionamiento y comunicación con el microcontrolador.

La entrada a este integrado es de forma analógica con variaciones de tensión muy pequeñas, como la expresada en la Ecuación 6, por lo tanto, es necesario amplificar dicha señal de entrada y el integrado lo resuelve con un Amplificador de Ganancia Programada (PGA).

El integrado tiene la posibilidad de utilizar dos canales de muestreo no en simultaneo sino uno a la vez, identificados como el canal A y el canal B con distintas opciones de amplificación. En el primer caso de 128 o 32 veces, mientras que el canal B solamente 64 veces.

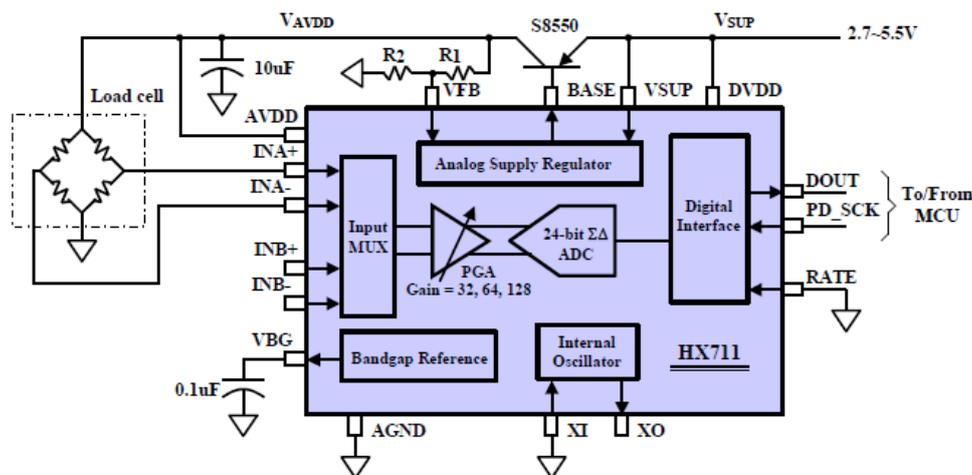


Figura 11 - Diagrama en bloques HX711 y conexionado

La comunicación con el microcontrolador es de forma serie síncrona, es decir posee un pin de datos y otro de clock. Aunque la comunicación es serie, la misma no respeta ningún protocolo de comunicación que podría llegar a interpretar el microcontrolador, u otro protocolo conocido. Este

protocolo fue creado por el fabricante, y simplificando su funcionamiento, se establece por una cantidad dadas de pulsos de clock.

Las configuraciones que el integrado puede aceptar, no son muchas, pero se puede establecer qué canal va ser el que tome el muestreo en un tiempo dado, como así también, la amplificación que se realizara sobre la señal de entrada en dicho canal, pudiendo también reiniciar el integrado. Por ejemplo, en la siguiente imagen se puede observar la cantidad de pulsos de clock que son necesarios para configurar el canal A con una amplificación de 128 o 32 veces, como así también la amplificación de 64 veces sobre el canal B.

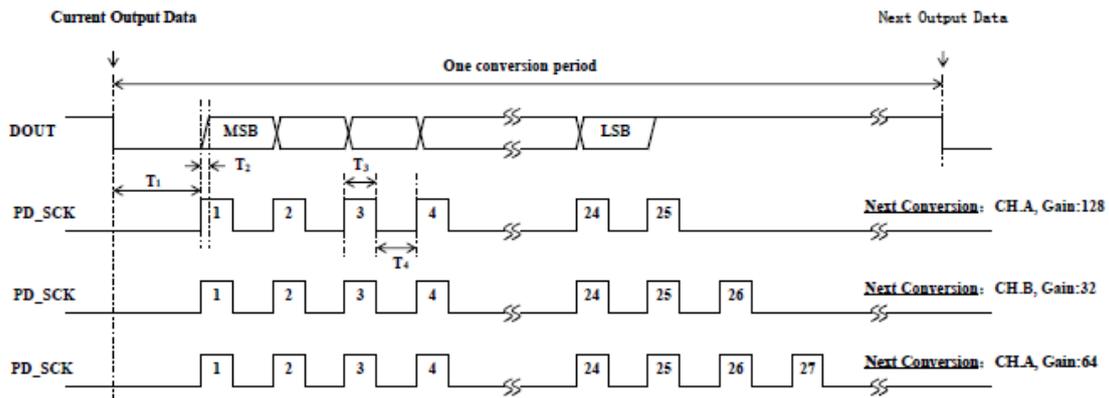


Figura 12 - Diagrama temporal HX711

Como se puede apreciar en las siguientes imágenes obtenidas desde un osciloscopio, se ha representado el mismo esquema temporal del clock, y de un dato recibido desde el HX711

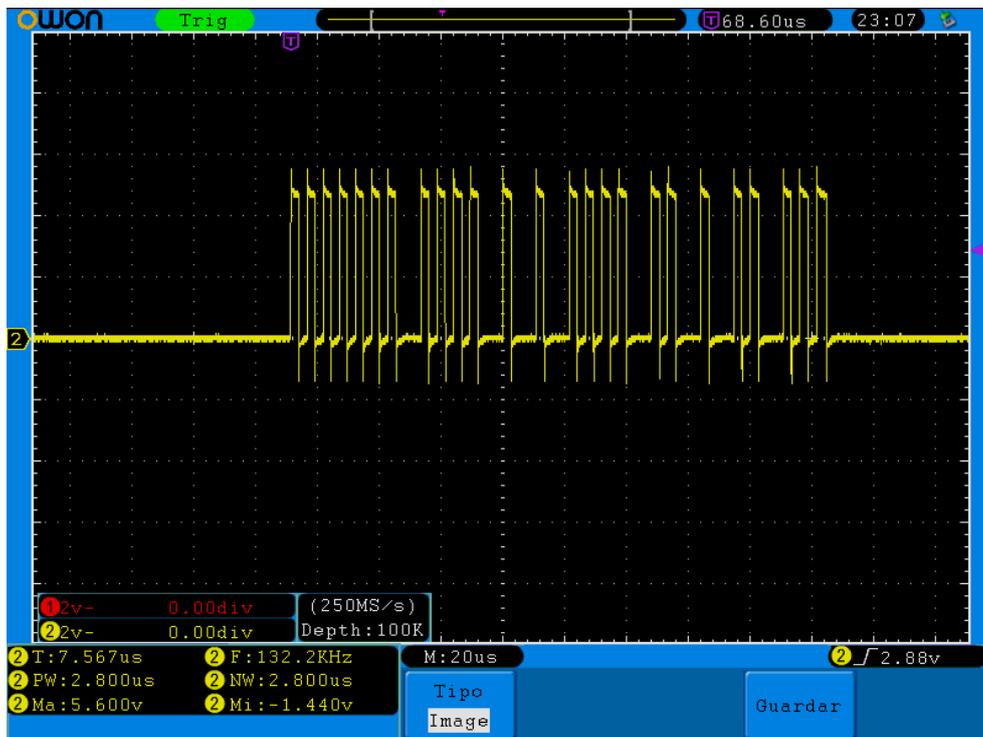


Figura 13 - Clock al HX711

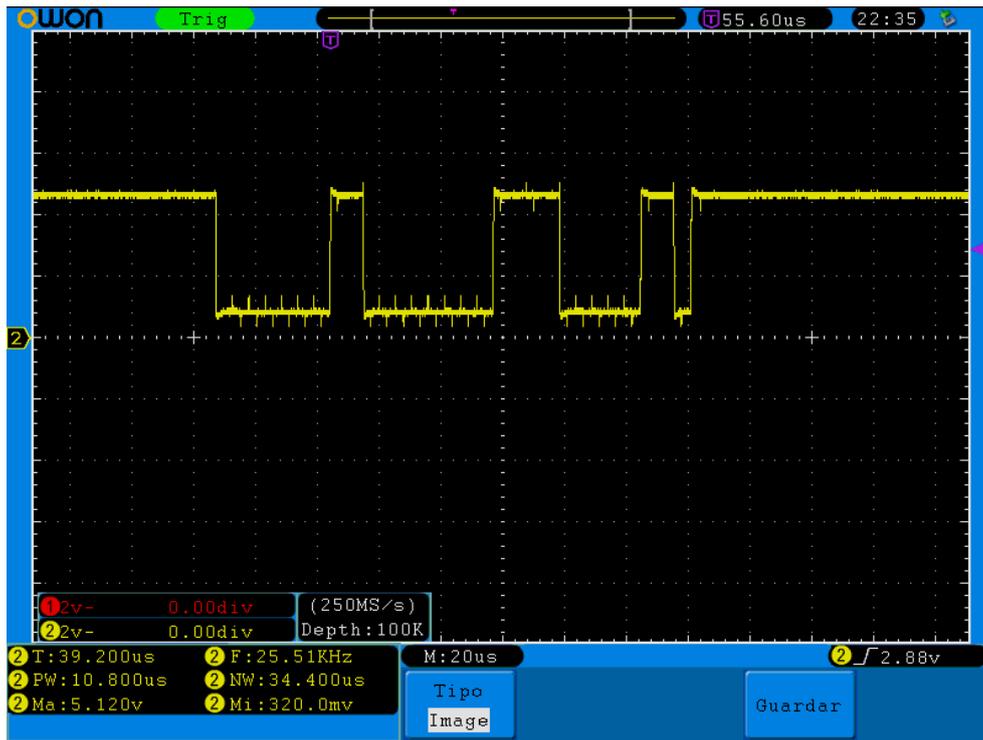


Figura 14 - Dato desde el HX711

Ahora bien, ya configurado el canal de muestreo y su ganancia correspondiente estamos en condiciones de recibir un dato binario de 24 bits producto del censado del peso. Los valores devueltos por el integrado, según el fabricante, van del 800000h como mínimo al 7FFFFFFh como máximo. Comparando ambos numero la diferencia entre cada uno es solamente de uno, pero por que se han calculado como complemento a dos, por lo tanto, hay que realizar una conversión para poder trabajar con el dato obtenido, en valores positivos binarios.

Complemento a 2

Es un sistema que se utiliza para representar números binarios negativos y positivos, esto se logra observando el estado del bit más significativo MSB, si este bit es 1 el número binario es negativo, en cambio sí es 0 el número binario es positivo.

El cálculo del complemento a 2 se realiza de la siguiente manera, se realiza el complemento a 1 y luego se suma 1, es decir.

<i>Dato</i>	1010b		
<i>Complemento 1</i>	0101b		
	+1		
<table style="border-collapse: collapse; width: 100%;"> <tr> <td style="padding-right: 20px;"><i>Complemento 2</i></td> <td>0110b</td> </tr> </table>		<i>Complemento 2</i>	0110b
<i>Complemento 2</i>	0110b		

Ecuación 7 - Complemento a 2

Recordando los datos del fabricante, el rango de los datos son los siguientes

$$\text{Rango} \begin{cases} 800000h = 1000\ 0000\ 0000\ 0000\ 0000\ 0000b = 8388608 = \text{Min} = D1 \\ 7FFFFFFh = 0111\ 1111\ 1111\ 1111\ 1111\ 1111b = -8388608 = \text{Max} = D2 \end{cases}$$

Ahora repasando algebra booleana y el comportamiento de una compuerta XOR donde su respuesta es la siguiente,

A	B	Resultado
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Tabla 1 - Tabla verdad XOR

Y la representación de la misma según algebra de Boole

$$S = A \oplus B = A \cdot \bar{B} + \bar{A} \cdot B$$

Ecuación 8 - Algebra Booleana XOR

Podemos obtener los datos del ADC en el rango de datos positivos, es decir, el rango de salida del ADC se cambia, y para lograr eso realizamos un ajuste algebraico con lo anterior descripto.

$$C = 800000h = D1$$

$$D1 = \overline{D2}$$

$$D2 = \overline{D1}$$

$$D1 \oplus C = D1 \oplus D1 = 0$$

Nuevo valor minimo.

$$D2 \oplus C = D2 \oplus D1 = D2 \oplus \overline{D2} = 1$$

Nuevo valor maximo

$$\text{Nuevo Rango} \begin{cases} 000000h = \text{Min} \\ FFFFFFFh = \text{Max} \end{cases}$$

Una vez lograda esta conversión, se ha resuelto la toma de datos por parte del microprocesador con respecto a la celda de carga, con valores que van del 000000h al FFFFFFFh, dando un rango completamente de valores positivos para su trabajo.

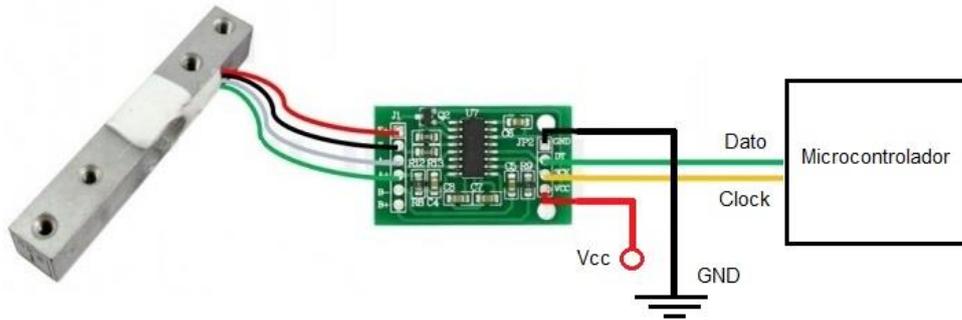


Figura 15 - Conexionado de la celda de carga al Microcontrolador

### 2.2.2 Microprocesador

El instrumento neuronal es un microprocesador de la marca Microchip, en particular el microprocesador 16F1519. En un muy breve resumen comentaré que es un integrado de 40 pines, con diversos periféricos internos, que puede trabajar hasta 20MHz de frecuencia, con 16384 palabras de Memoria de Programa, 1024 byte de RAM y una optimización para programación en lenguaje C, de alto nivel. Esto último es muy importante para este proyecto ya que, la programación del mismo se realiza en C, en un entorno de programación llamado MIKROC Pro.

Este entorno brinda una interfaz sencilla al usuario y tiene el agregado de librerías de control de distintos periféricos y dispositivos, lo que hace atractivo al programa ya que facilita el uso del microcontrolador reduciendo el tiempo de implementación y las líneas de programación; aunque el aprovechamiento del microcontrolador en cuanto a código en assembler no sea el óptimo.

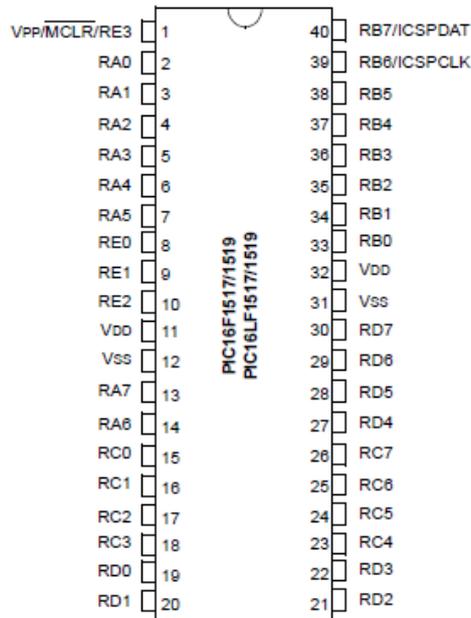
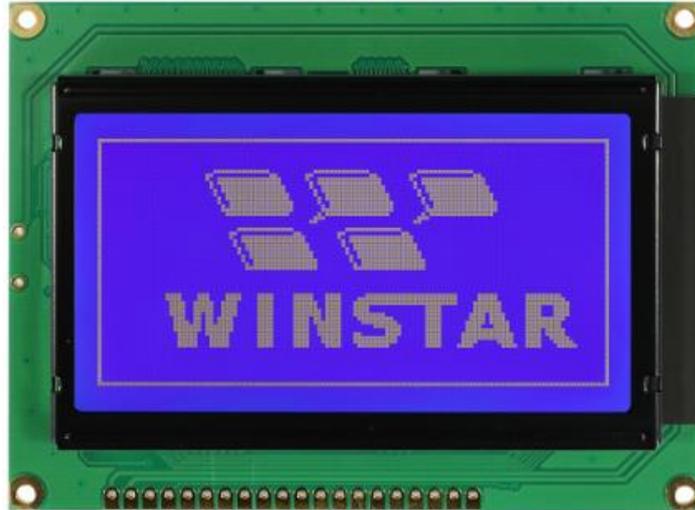


Figura 16 - PINOUT PIC 16F1519

### 2.2.3 Display

Obtenido un valor numérico desde la celda de carga, es hora de presentar esa información al usuario de forma visual, para eso se ha elegido un display grafico de 128 por 64 pixeles.

Se eligió un display de este tipo principalmente por las dimensiones del mismo y poder así colocar caracteres de grandes dimensiones para ayudar a personas con disminución visual. Además, presentar mensajes útiles para el usuario durante la manipulación de la balanza, como por ejemplo imágenes.



*Figura 17 - Display Grafico*

<b>Pin No.</b>	<b>Símbolo</b>	<b>Descripción</b>
1	$V_{SS}$	Ground
2	$V_{DD}$	Alimentación positiva (5 [V])
3	$V_O$	Ajuste de contraste
4	D/I	Selección de señal Dato/Instrucción
5	R/W	Selección de señal Leer/Escribir
6	E	Señal de habilitación
7	DB0	Línea de datos
8	DB1	Línea de datos
9	DB2	Línea de datos
10	DB3	Línea de datos
11	DB4	Línea de datos
12	DB5	Línea de datos
13	DB6	Línea de datos
14	DB7	Línea de datos
15	CS1	Selector de Columnas de la 1 a la 64
16	CS2	Selector de Columnas de la 65 a la 128
17	/RES	Señal de Reset. Activo en bajo.
18	$V_{EE}$	Salida de tensión negativa
19	A	Alimentación para el Backlight (5 [V])
20	K	Alimentación para el Backlight (0 [V])

*Tabla 2 - PINOUT Display*

La comunicación con el microprocesador se realiza con 14 pines más dos pines de alimentación. En la siguiente imagen se presenta el esquemático del circuito implementado

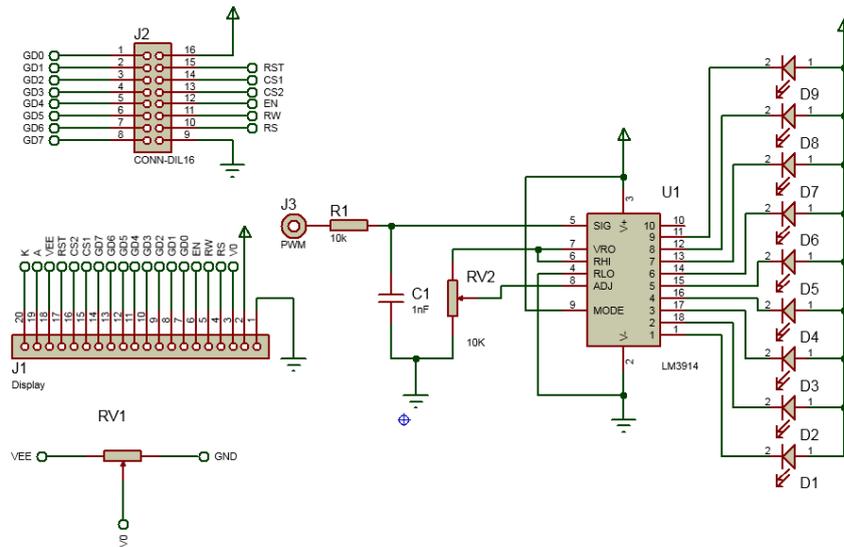


Figura 18 - Esquema display y vúmetro

En las siguientes imágenes se representa en el display la organización de la información dada por el mismo. Por un lado tenemos la pantalla que se puede decir de estado normal y aquella pantalla que aparece cuando se realiza una carga de peso.

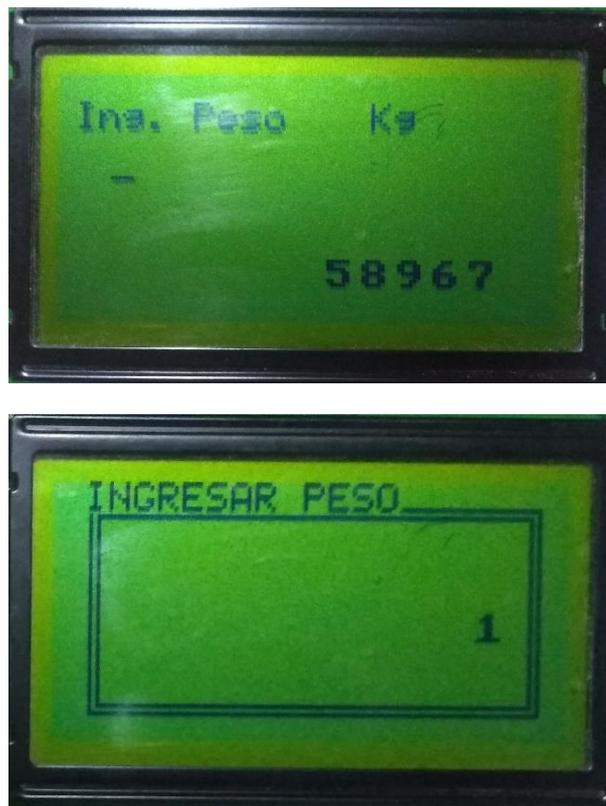


Figura 19 - Pantalla ingreso peso

## 2.2.4 Teclado

Como toda balanza electrónica posee un teclado, en este proyecto se colocaron 21 teclas, que son el único medio por el cual el usuario ingresa información a la balanza. Son teclas independientes y sin sub funciones. Esto último se decidió así para no tener que hacer combinación de teclas para acceder a otra función de la balanza, ya que lo que se busca es hacer de su manejo lo más sencillo posible.

Aparte de la escritura alfanumérica, el teclado posee escritura en el sistema Braille como ayuda para personas con discapacidad visual en cada una de sus teclas. Por una cuestión lógica de espacio se referencia cada tecla especial con una abreviatura en Braille. Para complementar estas abreviaturas y que no se presente malas interpretaciones, se instaló un cartel con las indicaciones escritas en español y en Braille, que describen cada una de las siglas utilizadas en el teclado.

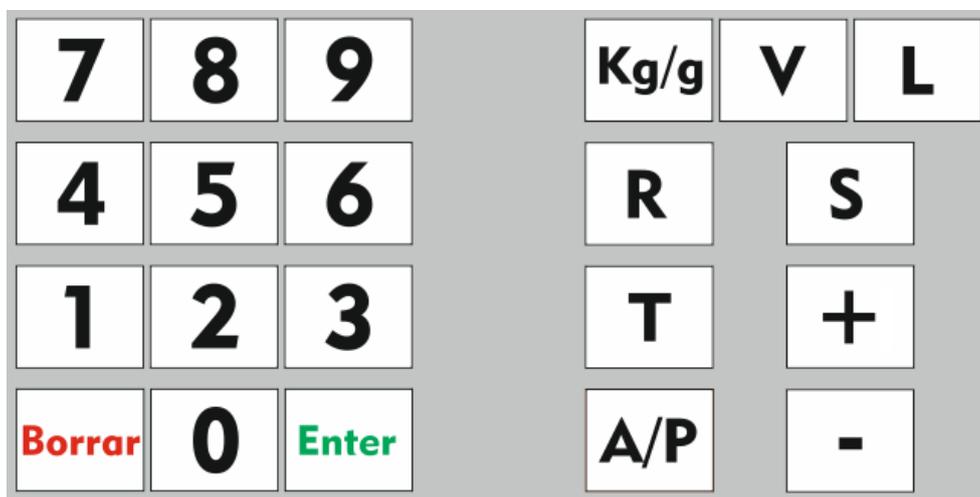


Figura 20 - Teclado

En la siguiente tabla se representa en Braille cada una de las teclas y su significado, ya que están abreviados en Braille. Teniendo en cuenta que la minúscula y la mayúscula se diferencian y se representan de distinta manera, se utilizó mayoritariamente la mayúscula, salvo para la tecla que pertenece a prender y apagar la balanza.

Símbolo	Representación	Significado	Símbolo	Representación	Significado
	0	Numero 0		E	Enter
	1	Numero 1		Kg	Kilogramo / Gramo
	2	Numero 2		V	Vibración Activar / Desactivar
	3	Numero 3		L	Vúmetro Activar / Desactivar
	4	Numero 4		R	Repetir ultimo mensaje de audio
	5	Numero 5		T	Función Tara
	6	Numero 6		a - p	Apagar / Prender

	7	Numero 7		S	Sonido Activar / Desactivar
	8	Numero 8		+	Aumentar Volumen
	9	Numero 9		-	Disminuir Volumen
	X	Borrar Display			

Tabla 3 - Teclado en Braille y su significado

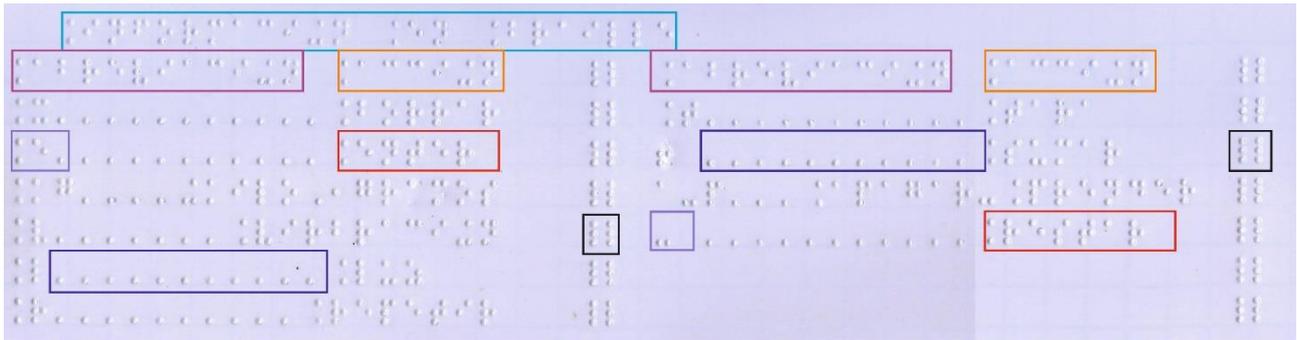
Acompañado estos mensajes en Braille que se presentaron en la Tabla 3, se agrega un rótulo en la parte posterior de la balanza, donde cada una de las abreviaturas va acompañada con su acción sobre la tecla presionada. Esto se realizó con la intención de que no se presenten confusiones durante su uso, simplificándolo, al no tener que recurrir al manual o a un tercero que explique en un principio su forma de uso.

INFORMACIÓN EN BRAILLE			
Abreviación	Acción	Abreviación	Acción
X	Borrar	T	Tara
E	Enter	+	Sumar
Kg	Kilo / gramos	A - P	Apagar - Prender
V	Vibración	-	Restar
L	Luz		
R	Repetir		



Figura 21 - Rotulo información posterior

El anterior rotulo va acompañado de la descripción hecha en sistema Braille, así da mayor claridad al manejo de la misma para una persona con discapacidad visual.



- INFORMACIÓN EN BRAILLE
- Abreviación
- Acción
- Abreviatura
- Descripción de la abreviatura
- Línea de puntos, para indicar que sigue el renglón
- Separador de columnas

Figura 22 - Rotulo en Braille con reseñas

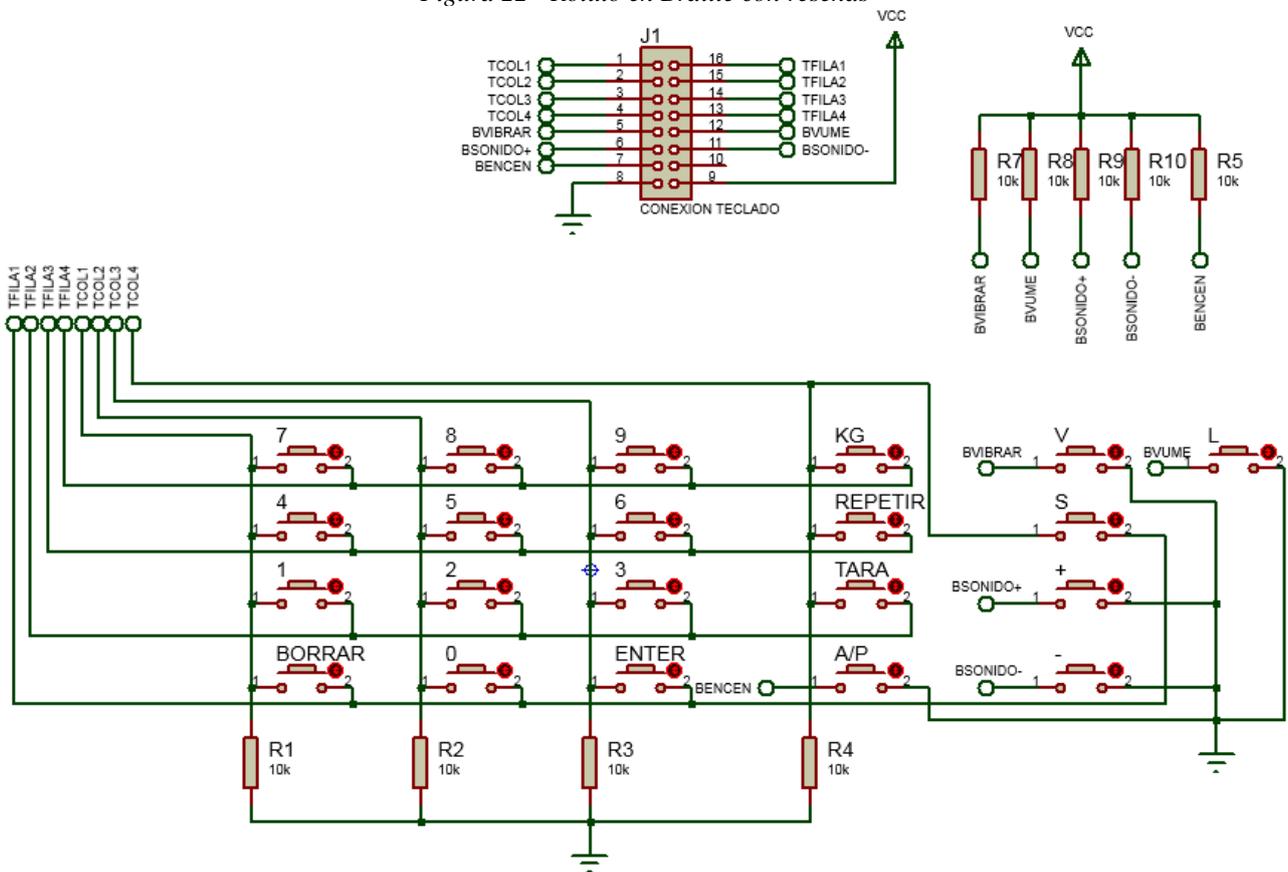


Figura 23 - Esquemático Teclado

En el esquemático anterior se presenta la distribución de las teclas tal cual se encuentran en la balanza, la conexión con el microprocesador se realiza directamente por el conector J1 y J7 respectivamente. Durante la ejecución del programa la lectura del teclado se realiza de forma constante, sin que haya cancelación de teclas, lo que hace que se puedan cambiar las configuraciones en cualquier momento.

### 2.2.5 Sonido

Una de las funciones más importantes de la balanza para lograr mayor accesibilidad es la de poder transmitir respuestas sonoras al usuario mientras el usuario está haciendo uso de ella. Los mensajes que se transmitirán serán todos en español con una voz sintetizada de fácil interpretación, y con un volumen ajustable por el usuario. Como ésta es una función más que presenta la balanza electrónica adaptada, se podrá hacer uso de ella o no simplemente activándola desde la **tecla S**.

Los mensajes que se reproducirán se listarán a continuación.

#### 1. Mensajes al presionar distintas teclas

- i. Prender o apagar la balanza, por defecto siempre se reproducirá el primer mensaje de que se está encendido la balanza, y luego el usuario deberá activar el sonido.
- ii. Activar o desactivar sonido.
- iii. Números del 0 al 9.
- iv. Borrar Display.
- v. Repetir último mensaje.
- vi. Activar o desactivar Vúmetro.
- vii. Activar o desactivar Vibración.
- viii. Uso de la tara.
- ix. Selección de Kilogramo o gramos.
- x. Aumentar o disminuir el volumen del sonido.

#### 2. Mensajes que se producen durante el uso de la balanza

- a. Al presionar la tecla ENTER se pueden dar las siguientes situaciones.
  - i. Que el peso que se quiera ingresar este dentro de los límites, dando el mensaje de **“Peso Correcto”**.
  - ii. Que el peso que se quiera ingresar este fuera de los límites de trabajo, dando el mensaje de **“Peso Incorrecto”**.
  - iii. Que haya presionado la tecla sin haber ingresado ningún peso, por lo tanto, la balanza de vuelve el siguiente mensaje, **“Debe ingresar un peso”**.
- b. La balanza llevo al peso buscado, **“Peso Alcanzado”**.
- c. La balanza aun no llevo al peso buscado, indicando con un **“Agregar”**.
- d. La balanza sobrepaso el peso ingresado, dando aviso con un **“Quitar”**.
- e. Al apagar la balanza, se despide con un **“Chau”** estando la función de sonido activada o no.

Para realizar todas estas acciones se utilizó una placa, comercialmente llamada DFPlayer Mini, con un circuito integrado dedicado a esta tarea, las facilidades que presenta esta placa es una conexión directa a una memoria MicroSD, o la posibilidad de conectar un Pendrive por medio de sus pines. A su vez, tiene un amplificador de sonido con lo cual podemos directamente conectar un parlante de  $8\ \Omega$  con  $4\ W$  como máximo.

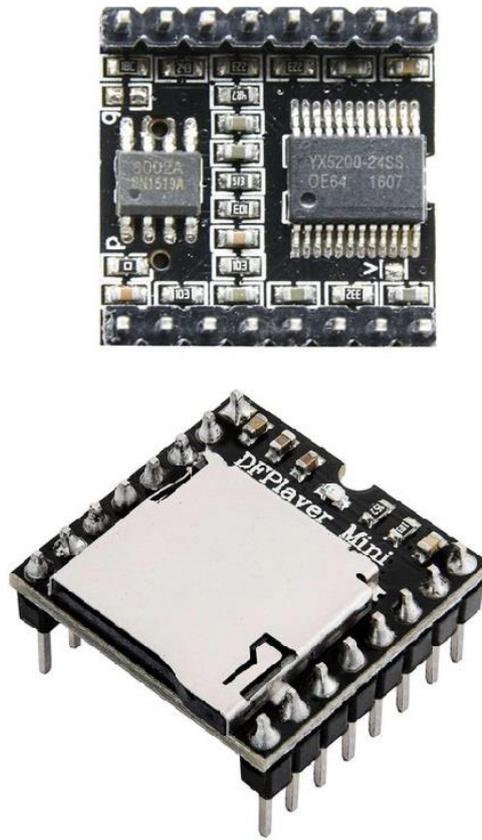


Figura 24 - DFPlayer Mini

A esta placa se la simplifica con un circuito integrado como el que se muestra en la siguiente imagen.

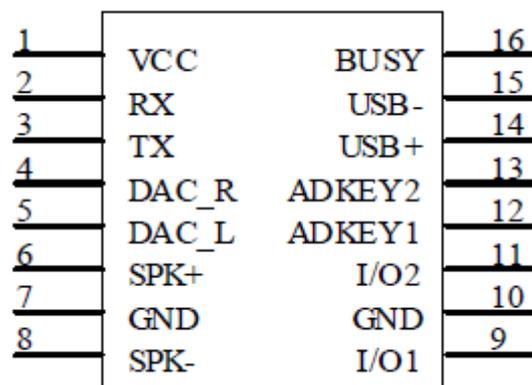


Figura 25 - Esquemático DFPlayer Mini

Partiendo de este esquemático se diseñó el circuito que se probó y utilizó en el proyecto (ver Figura 26). Lo que no se muestra es la fuente de la que el reproductor irá tomando las pistas a reproducir, esto es así porque se encuentra integrado en la placa como se pudo observar en la Figura 24

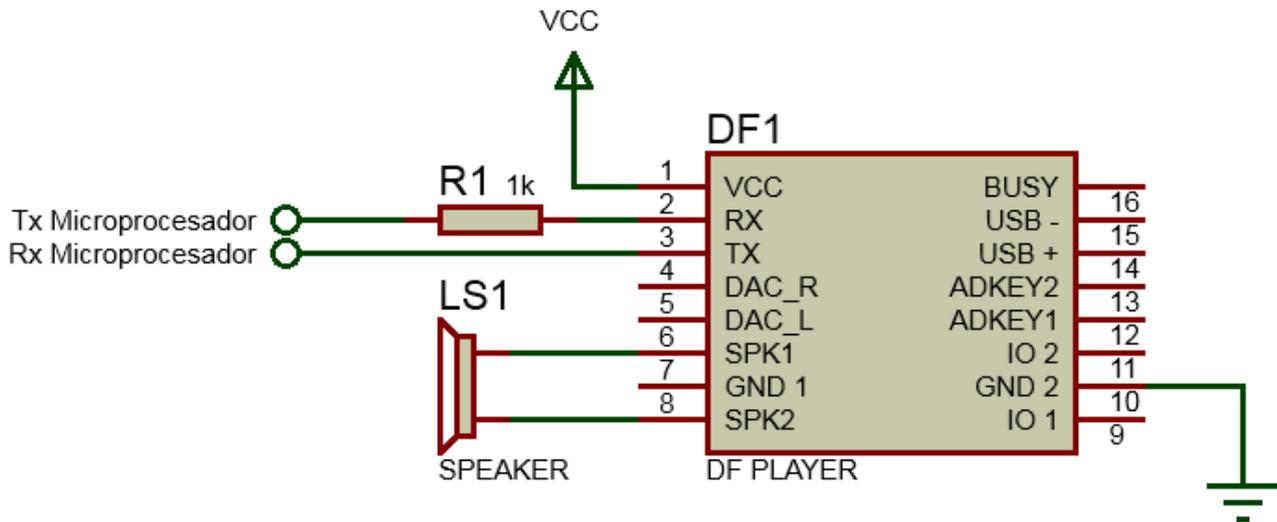


Figura 26 - DFPlayer circuito implementado

El mecanismo por el cual se produce la comunicación entre el microcontrolador y el DFPlayer, es por una comunicación serie asíncrona, con una velocidad de 9600 Baudios y otros parámetros fijos. La estructura del mensaje la estableció el fabricante con una palabra de 10 byte, en la cual tiene distintos parámetros variables y entre ellos un espacio para chequeo de errores. La comunicación se puede dar en los dos sentidos, es decir, del microprocesador al DFPlayer y viceversa, pero para este proyecto las confirmaciones de ejecución o el estado de la placa no son tenidas en cuenta.

Formato de la palabra de control

**\$S Ver. Long. CMD Retor. P\_MSB P\_LSB Check\_MSB Check\_LSB \$O**

Posición	Byte	Significado
1	\$S	Byte de comienzo (0x7E).
2	Ver.	Versión. Por defecto 0xFF.
3	Long.	Numero de Byte desde Ver. hasta P_LSB. Valor típico 0x06.
4	CMD	Comando.
5	Retor.	0x01 DFPlayer retorna confirmación al MCU, 0x00 no retorna confirm.
6	P_MSB	Byte mas significativo del Parámetro a transmitir.
7	P_LSB	Byte menos significativo del Parámetro a transmitir.
8	Check_MSB	Byte más significativo del Checksum.
9	Check_LSB	Byte menos significativo del Checksum.
10	\$O	Byte de final (0xEF).

*Tabla 4 - Palabra control DFPlayer*

Nombrar y detallar cada uno de los bytes de comando y sus respectivos parámetros sería extenso y poco útil, ya que de estos comandos solo se utilizan dos, seleccionar una pista en particular a reproducir y aumentar o disminuir el volumen durante la reproducción de una pista. Para reproducir una pista específica simplemente pasamos el número de la pista que queremos escuchar, siendo necesario nombrar cada pista con un número, como, por ejemplo, 0002.mp3.

Para resumir, las palabras de comunicación que más se utilizan se muestran ejemplos.

Selección de la Pista numero 2 a reproducir.

0x7E 0xFF 0x06 0x03 0x00 0x00 0x02 0xFE 0xF6 0xEF

Posición	Byte	Significado
1	0x7E	Comiendo de la palabra a transmitir.
2	0xFF	Versión.
3	0x06	Longitud de la palabra, quitando los Byte 1,8,9 y 10.
4	0x03	Comando para reproducir una pista especifica.
5	0x00	Sin confirmación por parte de DFPlayer.
6	0x00	Byte para pistas mayores a 256.
7	0x02	Se reproduce la pista 2.
8	0xFE	Byte MSB del checksum.
9	0xF6	Byte LSB del checksum.
10	0xEF	Palabra de final.

*Tabla 5 - Palabra comando para reproducir la pista 2.*

El volumen en la DFPlayer tiene un rango de 1 a 30, por lo tanto, si queremos establecer un valor específico del volumen simplemente pasamos un valor dentro de ese rango con el comando correspondiente.

Establecer un volumen específico, en este caso en 15.

0x7E 0xFF 0x06 0x06 0x00 0x00 0x0F 0xFE 0xE6 0xEF

Posición	Byte	Significado
1	0x7E	Comiendo de la palabra a transmitir.
2	0xFF	Versión.
3	0x06	Longitud de la palabra, quitando los Byte 1,8,9 y 10.
4	0x06	Volumen específico a establecer
5	0x00	Sin confirmación por parte de DFPlayer.
6	0x00	No hay parámetro MSB en este caso.
7	0x0F	Se establece un valor de 15 para el volumen.
8	0xFE	Byte MSB del checksum.
9	0xE6	Byte LSB del checksum.
10	0xEF	Palabra de final.

Tabla 6 - Establecer Volumen específico DFPlayer.

El checksum utilizado aquí, como en cualquier otro medio de comunicación que se utilice, es una herramienta para la detección de errores accidentales y así proteger la integridad del dato que se está enviando. En este caso el checksum cuenta con 2 byte de redundancia.

El cálculo del checksum se realiza de la siguiente forma y es necesario su cálculo en cada transmisión por parte del microcontrolador.

$$Checksum = 0xFFFF - (Ver. + Long. + CMD + Retor. + P_{MSB} + P_{LSB}) + 1$$

Ecuación 9 - Calculo Checksum DFPlayer.

Con todos estos datos simplemente en la ejecución de nuestro programa, llamamos a la función para mandar cada una de las palabras necesarias, ya sea para reproducir una pista, disminuir o subir el volumen.

### 2.2.6 Vúmetro

El vúmetro, el cual figura en el teclado como LUZ, se utiliza con las mismas intenciones de referenciar que tan cerca se encuentra del peso buscado. La forma de informar esta acción es por medio de luces de distintos colores en el frente de la balanza. El usuario puede hacer uso de este implemento si así lo desea y se pensó para ayudar a aquellas personas con disminución visual, donde la información presentada en el display les sea dificultoso.

En el frente de la balanza se encontrará señalizado de la siguiente manera con sus respectivos colores.

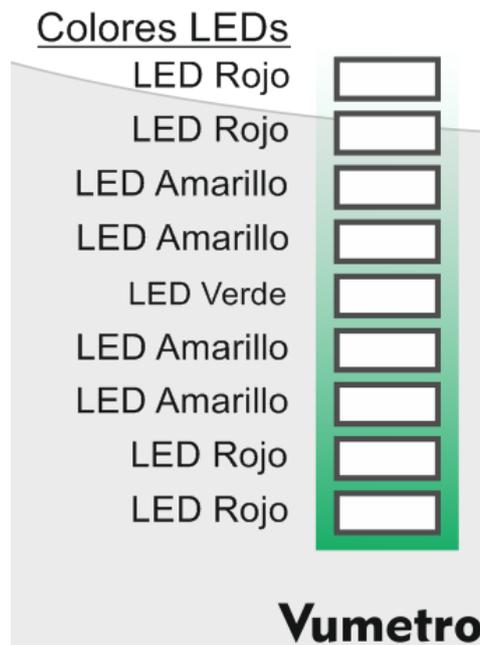


Figura 27 - Representación Vúmetro

Ahora el circuito implementado tiene como principal componente al LM3914, quien está diseñado para esta tarea, y tiene una resolución de 10 LEDs. La señal de entrada de este integrado es de tipo analógica. Sabiendo que la salida del microprocesador tenemos una señal PWM, es necesario adaptar esta señal. Para ello se realizó un arreglo de un capacitor y resistencia que agrega un ripple, que al variar el PWM cambia el nivel de señal analógica.

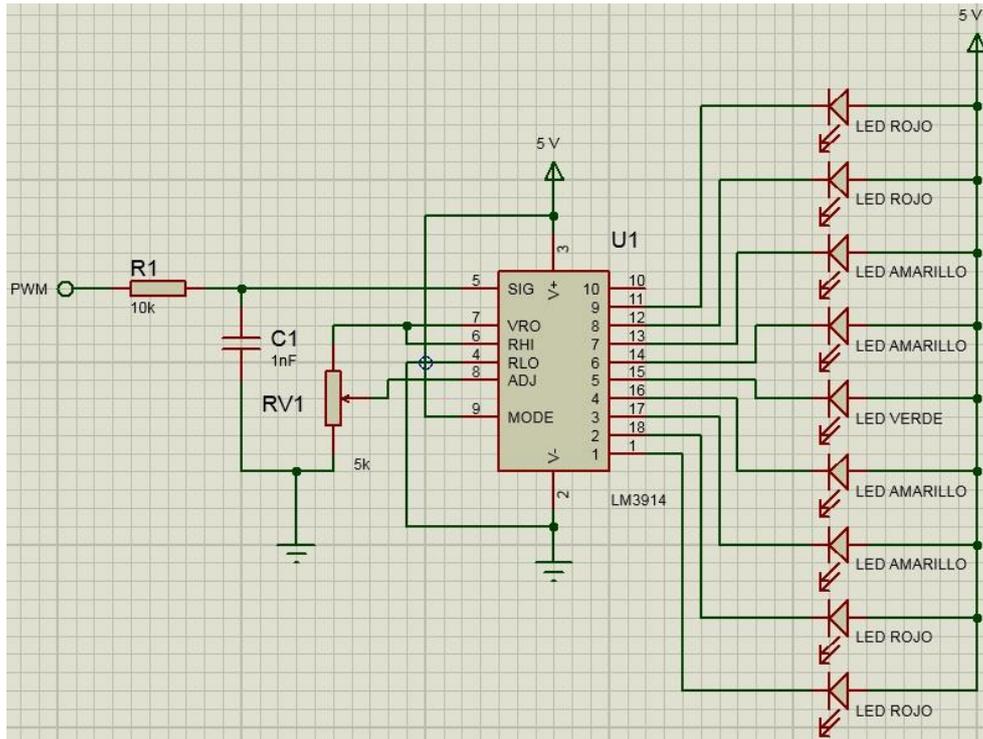


Figura 28 - Circuito Vumetro

Ya con este complemento, una persona con discapacidad intelectual o disminuido visual podrá comprender mejor que tan lejos esta del peso ingresado.

### 2.2.7 Vibración

Esta función en la balanza se implementó para aquellas personas con discapacidad visual o auditiva severa ya que de las funciones antes presentadas quedarían inútiles o incompletas.

Una persona con discapacidad visual severa deberá entender el sistema Braille, ya que será su herramienta para poder ingresar información a la balanza. Para comprender el resultado que la balanza irá entregando, se dispone de un área en el costado derecho señalizado en Braille, donde la vibración varía de acuerdo se aleje o se acerque al peso ingresado, dejando de vibrar cuando esté en el peso correcto.

Para lograr esta vibración mecánica se utilizó un motor de corriente continua con una carga desbalanceada. De esta manera al girar el motor, dicha carga producirá una vibración. El motor está controlado por el microprocesador por medio de un transistor para aumentar la potencia de acción sobre el mismo.



Figura 29 - Motor DC Vibración

El microprocesador entrega una señal de 0 a 5 [V] con una modulación en el ancho del pulso, esto produce que varíe la potencia por unidad de tiempo entregada al motor y con ella la velocidad del mismo. Esta modulación por ancho de pulso se conoce como PWM.

En la siguiente imagen se muestra el circuito implementado para su funcionamiento.

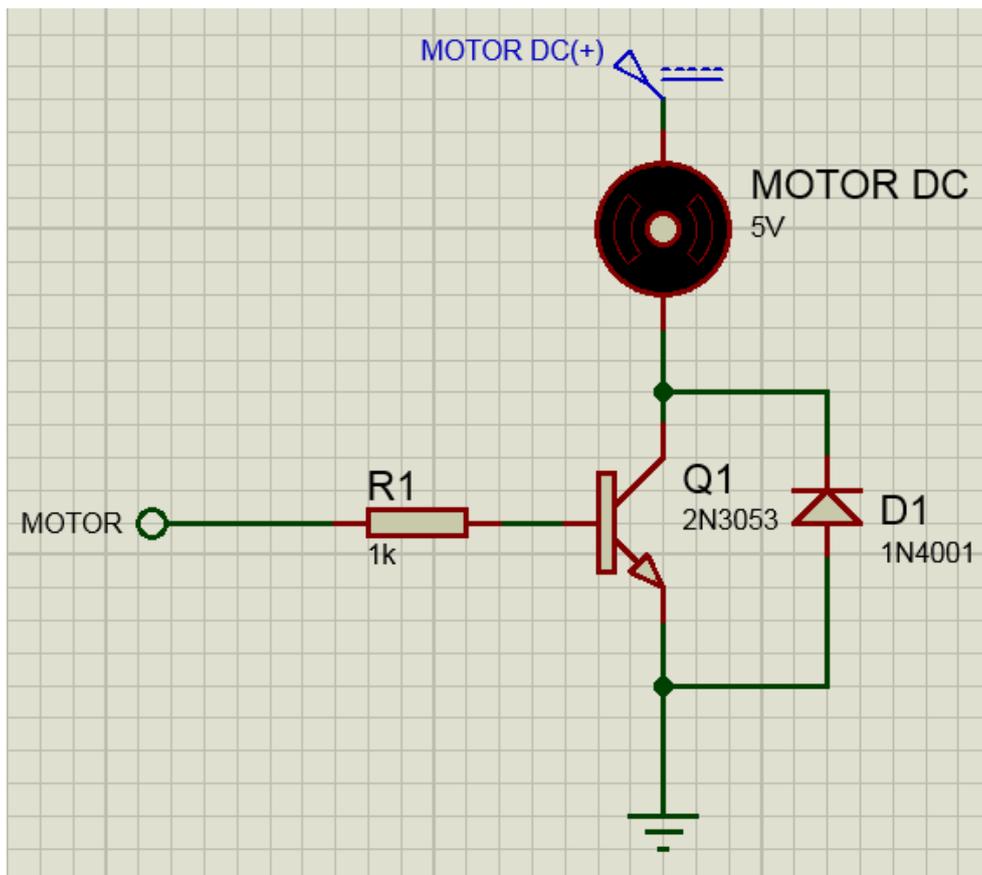


Figura 30 - Circuito control Motor DC

Los mensajes por vibración se han codificado para que se diferencien uno de otro y así el usuario comprenda claramente la información que se le está brindando. Por ello en la siguiente tabla se dan los mensajes codificados.

<b>Mensaje a representar</b>	<b>Representación</b>
Apagado del equipo	Un pulso largo seguido de dos cortos
Presionado de números	Pulso único corto
Enter	Un pulso corto seguido de uno largo
Borrar	Dos pulsos largos
Tara	Dos pulsos cortos
Kg/g	Un pulso largo
Peso por debajo del ingresado	Un pulso corto seguido por uno largo correspondiente a la distancia entre pesos
Peso por encima del ingresado	Dos pulsos cortos seguidos por uno largo correspondiente a la distancia entre pesos
Peso igual al ingresado	Ausencia de vibración

*Tabla 7 - Mensajes en Vibración*

De los circuitos presentado como complemento en la balanza, este es el más sencillo pero muy útil ya que estimula el sentido del tacto. Se codificó la información para que pueda ser interpretada por el usuario.

### 2.2.8 Alimentación

La alimentación necesaria para este proyecto se proporcionó por una fuente externa de 220V a 12V y 2,5A que se puede adquirir en cualquier negocio acorde, lo que brinda al usuario un reemplazo muy sencillo de la misma a la hora de tener un problema.

Si seguimos con el funcionamiento del hardware, se pudo lograr una tensión para todos los circuitos internos igual, en este caso es de 5V con referencia a tierra. Por lo tanto, el circuito de alimentación es único y muy sencillo de lograr.

Para este caso se implantó un circuito integrado muy utilizado en electrónica que es el muy conocido LM7805, circuito integrado discreto con dos elementos pasivos como complemento.

El circuito que se implemento es el siguiente.

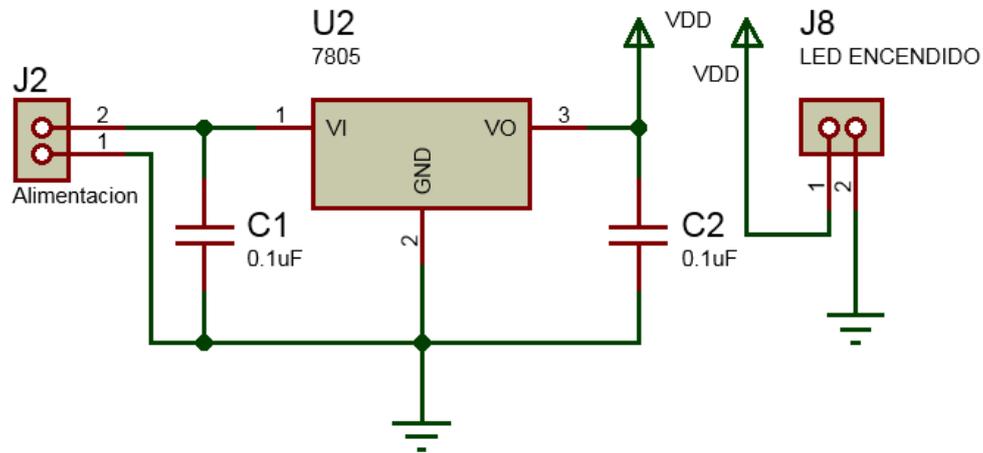


Figura 31 - Circuito alimentación

Con la implementación de este circuito no se tuvieron problemas ya que es muy fácil de armar, y por demás probado.

## 2.3 Firmware

Una vez finalizado el análisis del hardware del equipo pasamos a desarrollar la parte de firmware del microprocesador, quien es el encargado de dirigir cada una de las tareas a realizar.

La placa principal se encarga de la toma de datos por parte del ADC, su inmediato procesamiento y devolución al usuario mediante un display gráfico monocromático. Además debe leer el estado de cada uno de los botones del teclado para poder actuar en consecuencia, ya sea para el ingreso a la balanza de un peso en particular o el activado/desactivado de diferentes funciones en la balanza. Entre ellos, la vibración, el vumetro o el sonido.

Por otro lado, el microprocesador al tener ya un valor de peso al que se quiere llegar, debe ser capaz de discernir si el usuario debe agregar más material a la bandeja de la balanza, quitar material o si ya se logró el peso buscado. Todo esto será notificado por el display, como así también por los periféricos que el usuario haya activado.

Dicho esto, la comunicación entre los periféricos y el microcontrolador es la principal acción a resolver, ya que es distinta para los dos elementos que interactúan con el microprocesador, pero no entre ellos.

Los dos elementos activos que interactúan con el microcontrolador se han estudiado anteriormente y son la placa de sonido DFPlayer Mini y la placa del ADC HX711. La primera realiza su comunicación de forma asíncrona, en la que es necesario mandar cadenas de código con capacidad de corrección en el receptor, como así también devolver estas cadenas, y así transformar esta comunicación en una duplex. Por otro lado, el ADC HX711 tiene una comunicación del tipo síncrona, ya que hay que generar el clock y así tomar los datos. Esta comunicación es únicamente en un sentido.

Según lo mencionado anteriormente, notamos que la comunicación es diferente en todos los sentidos de un periférico al otro, por lo tanto, la idea de un único bus de comunicación es inviable y se debe realizar para cada uno en forma particular.

Dada la complejidad de la comunicación con los distintos dispositivos, es que se utilizó como entorno de programación un software como MikroC Compiler Pro, el cual usa un lenguaje de programación del tipo C++.

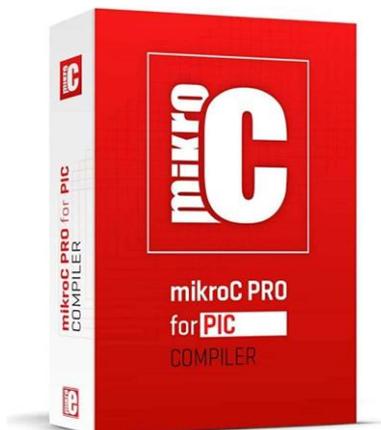


Figura 32 - MikroC Compiler

Las ventajas encontradas en este entorno de programación es su fácil configuración de fusibles del microprocesador, la facilidad de manejo del mismo y la gran cantidad de funciones de control que posee para distintos dispositivos. Con lo cual el manejo del display gráfico se resume a unas pocas funciones y a una configuración de puertos muy sencilla, al control de la comunicación serie con reducidas funciones y distintas ayudas con respecto al manejo del teclado.

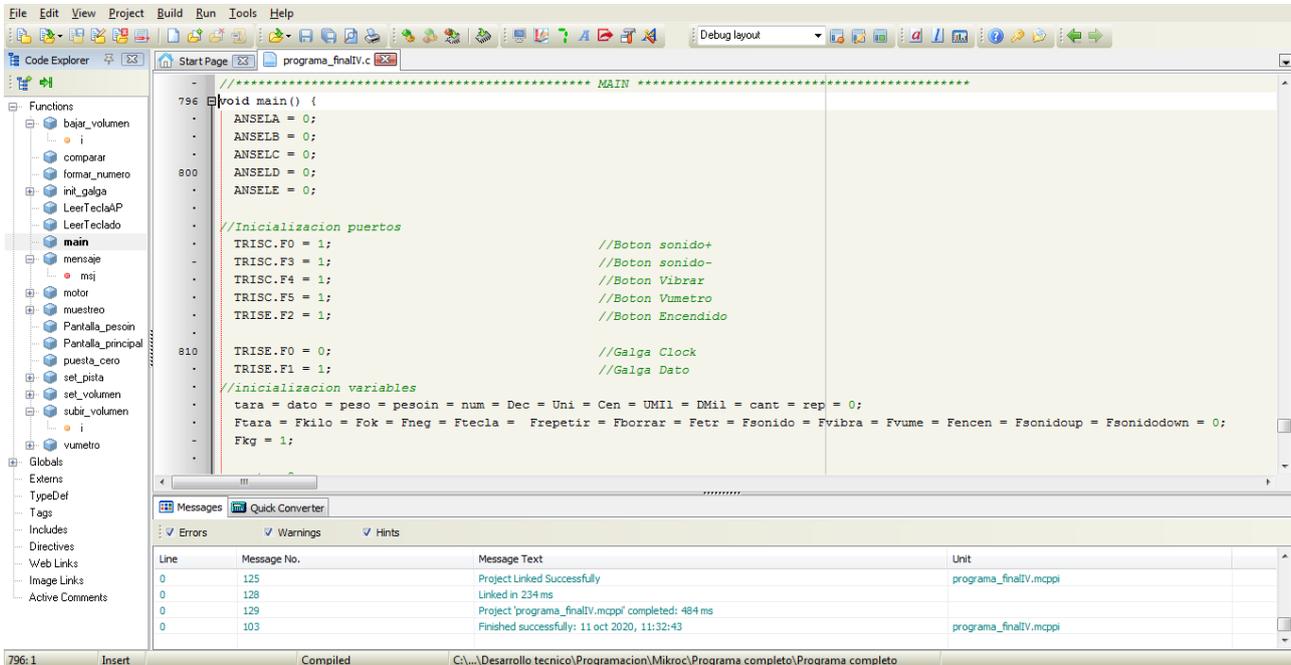
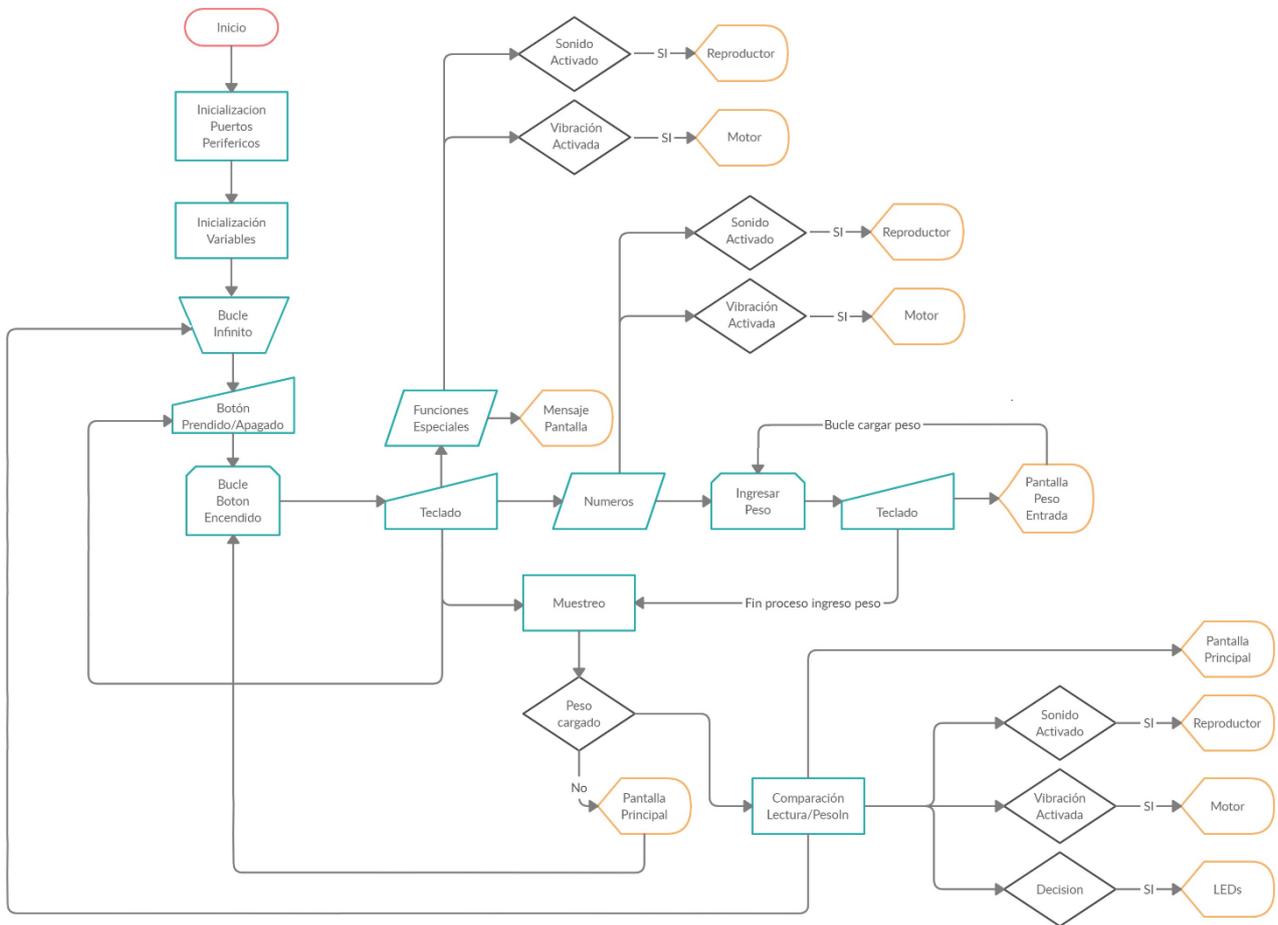


Figura 33 - Entorno MikroC

Para comprender como se va ejecutando el programa dentro del microcontrolador, se esbozo un diagrama de flujos.



**Referencia**



Figura 34 - Diagrama de Flujo

En el anterior diagrama de flujo se resume la ejecución del software y para su mayor comprensión se detallara cada uno de sus procesos, bucles y decisiones y como interacturan entre si.

Inicio: la balanza se energiza y el microcontrolador es alimentado con sus respectivos 5V para su funcionamiento. Se definen las variables globales que se utilizaran durante la ejecución del programa.

Inicialización Puertos y perifericos: en este proceso cada uno de los pines del microprocesador son configurados, ya sea su velocidad de trabajo, pines de entrada/salida, puertos de comunicación como así también la inicialización de distintos periféricos.

Inicialización de las variables: cada una de las variables previamente definidas se inicializan con distintos valores para condicionar sus acciones.

Bucle Infinito: como lo dice su nombre, este bucle se encuentra en funcionamiento hasta que el microprocesador sea desenergizado, conteniendo a todo el desarrollo de software.

Boton Prendido/Apagado: como se menciona en el apartado anterior, al precionar dicho boton el funcionamiento de la balanza conmuta de espera a ejecucion plena.

Bucle boton encendido: al ser presionado el boton de encendido el programa se ejecuta y queda en este bucle hasta que dicho boton sea presionado nuevamente apagando la balanza.

Teclado: se lee el estado de cada uno de los botones del teclado para poder actuar en consecuencia.

Muestreo: en este proceso se realiza la comunicación serie con la placa del ADC se genera el clock y se va leyendo los 24 bits de respuesta. Obtenido este dato se lo procesa y compara con el valor de Tara, para así obtener el peso correspondiente a ese dato.

Pantalla principal: en este punto se envía al display el peso sentido por la balanza con las distintas funciones que estén activas hasta ese momento, como así también el peso ingresado si es que se ingresó alguno.

Numeros: esta entrada de datos manual se da cuando es presionado un numero, en cualquier momento de la ejecución del programa, condicionando que el primer numero no sea un cero.

Ingresar peso: al presionarse un numero en el teclado, el programa entra en un bucle denominado “ingresar peso” donde espera que se cargue el peso al que el usuario pretende llegar. Para salir del bucle es necesario presionar la tecla ENTER o BORRAR.

Pantalla Peso Entrada: esta salida al display muestra un recuadro con el rotulo Ingresar Peso, donde se va visualizando los numeros que el usuario va cargando y que conformaran el peso deseado.

Comparación: Este proceso es el encargado de comparar el peso ingresado por el usuario y el que se está censando en la balanza, donde por distintas manifestaciones se dará a conocer al usuario si es necesario agregar materia, si sobra materia o si se llevo al peso buscado

Funciones Especiales: Esta entrada manual hace referencia a los botones de funciones especiales como el de vibracion, vumetro, sonido, subir volumen o bajar volumen, que pueden ser ejecutados en cualquier momento del programa.

En todas estas funciones y entradas de datos se encuentra la posibilidad de dar información al usuario por medio de vibraciones o sonido, y como ya se mencionó anteriormente se puede activar o desactivar cada uno de estos parametros, y en el diagrama de flujo se observa con una condición que se puede dar o no.

## **2.4 Diseño Completo**

Luego de hacer las pruebas pertinentes se pasa al diseño final de las placas para su colocación final. Se llegó a la implementación de tres placas, las cuales son:

### **2.4.1 Placa principal**

Se encuentra en ella el microcontrolador, el circuito de alimentación, el control del motor, la placa de sonido, la placa del ADC y dos conectores de 16 pines cada uno para lograr la comunicación con las otras dos placas restantes.

El circuito realizado es como el que se muestra a continuacion

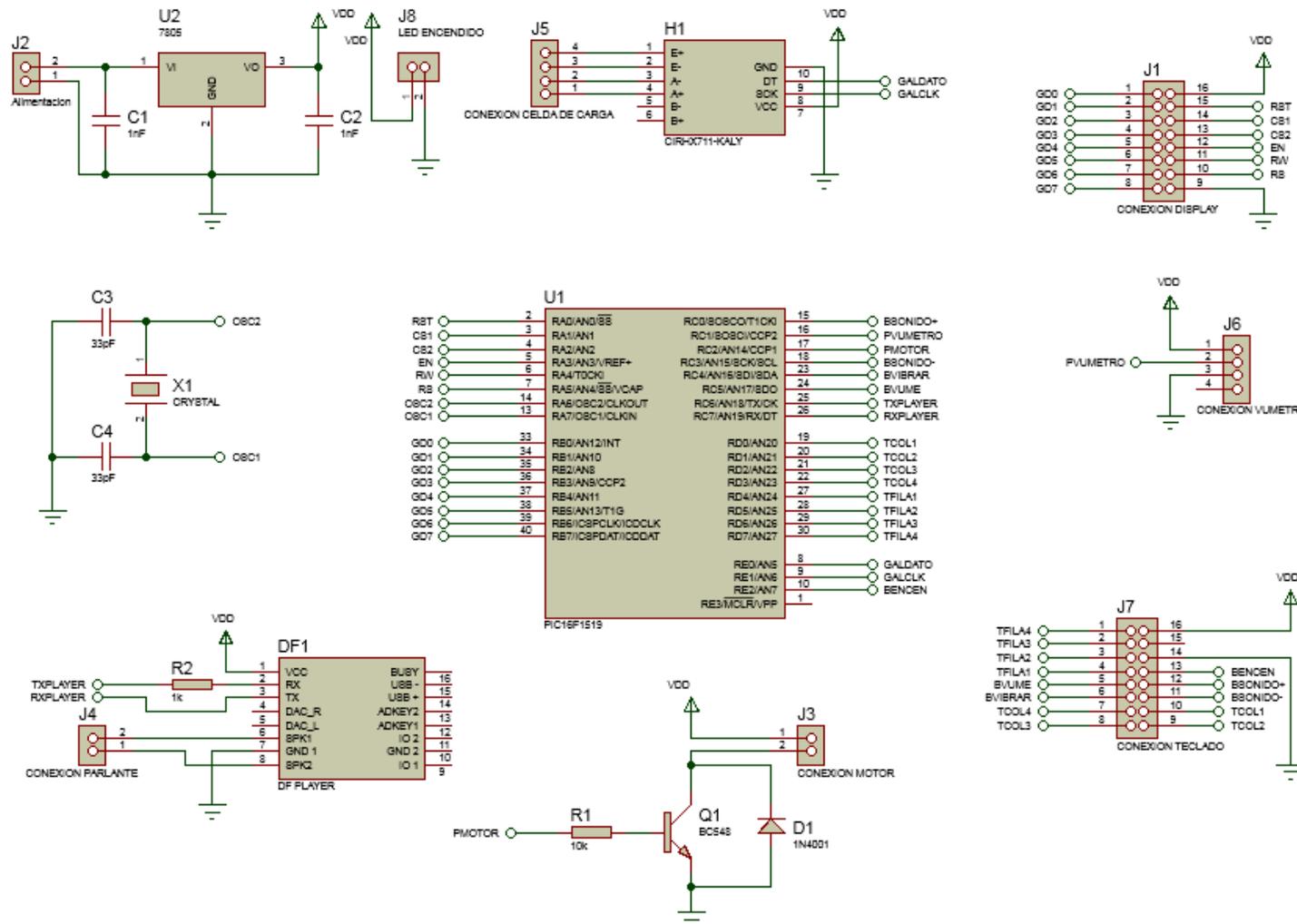


Figura 35 - Esquema Placa Principal

Del esquema anterior se obtuvo la siguiente diseño de PCB.

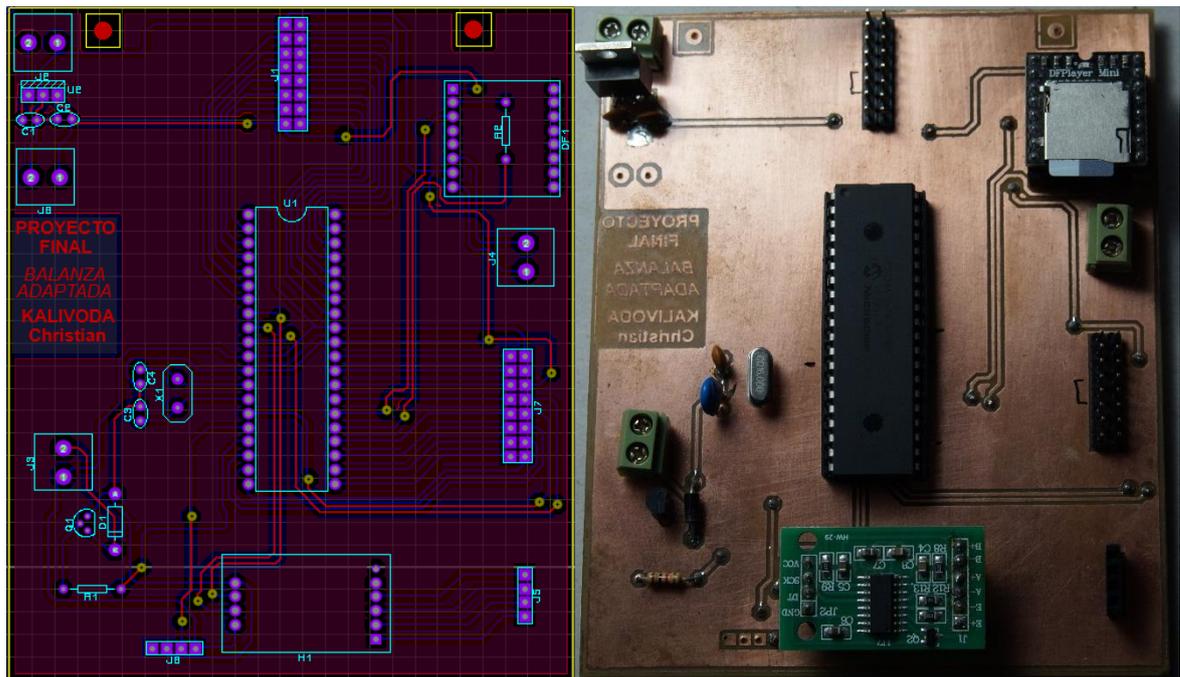


Figura 36 - Placa Principal

#### 2.4.2 Placa del teclado

Esta tiene adosado los 21 botones que conforman al teclado, es una placa sencilla ya que posee los botones, resistencias y el conector de 16 pines.

El esquemático correspondiente es el que se muestra a continuación

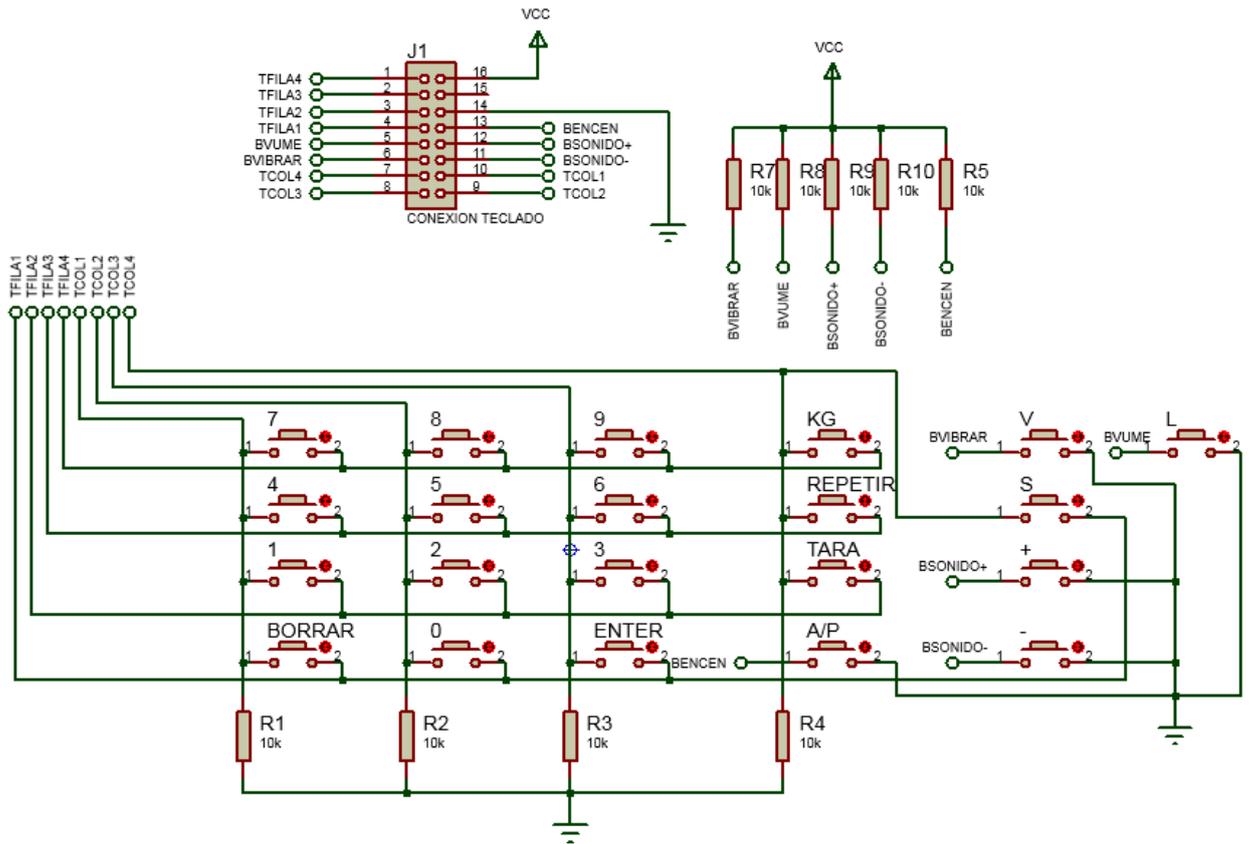


Figura 37 - Esquema placa teclado

Del esquema anterior se obtuvo el siguiente diseño

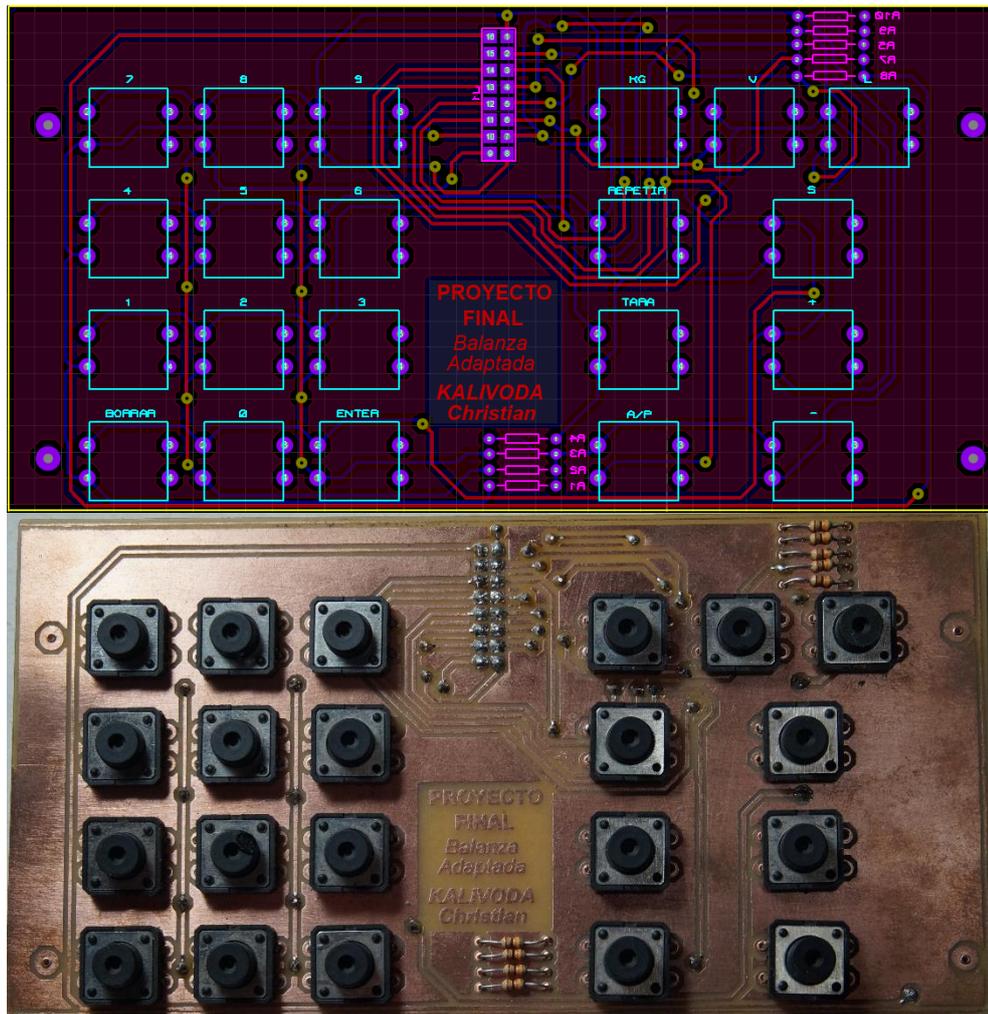


Figura 38 - Placa del teclado

### 2.4.3 Placa del Display

En esta placa se encuentran tanto el display con su conector y componentes pasivos, como así también el circuito del vumetro con sus leds incluidos.

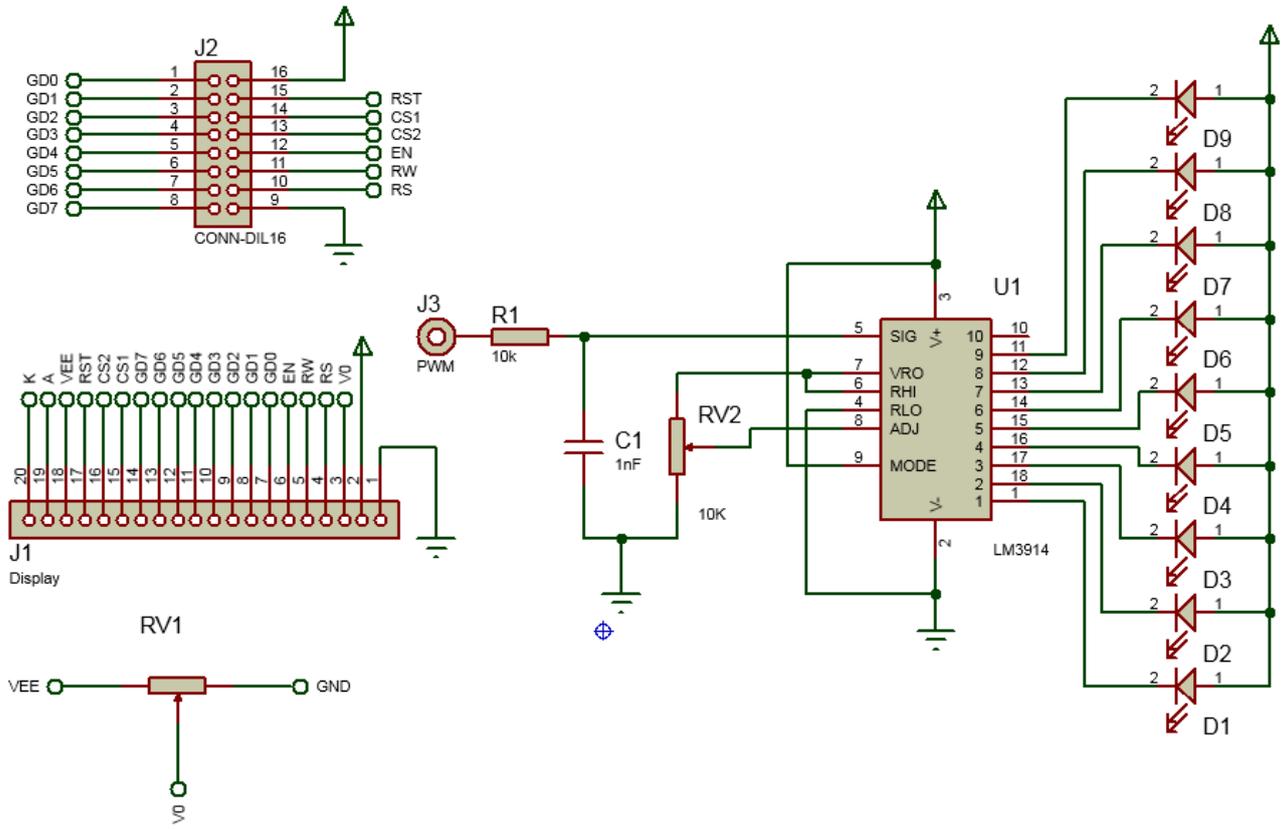
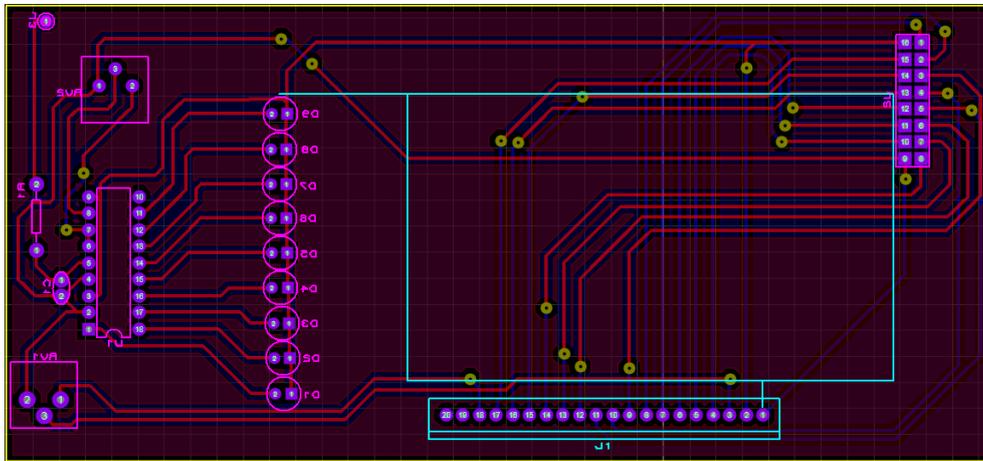


Figura 39 - Esquema Display



### Capítulo 3: Resultados

Una vez concluido el dispositivo final se obtuvo como resultado un proyecto con múltiples funciones que engloban problemáticas que se observan en la cotidianidad de personas con discapacidad; brindando principalmente autonomía en su uso, y así dar posibilidad a la inserción laboral de las mismas.

El dispositivo presenta un desarrollo visual simple que cualquier usuario puede manejar sin inconvenientes. A su vez, despierta la curiosidad de varios usuarios por sus múltiples funciones. Se obtuvo un producto con costos de producción muy competitivos comparándolos con balanzas de uso normal. Se pretende que la misma sea utilizada como una herramienta didáctica y sin descartar la venta al público con el correspondiente instructivo de uso.

Para concluir con este apartado se exponen imágenes de la estética del proyecto.



Figura 40 - Resultado: Frente balanza

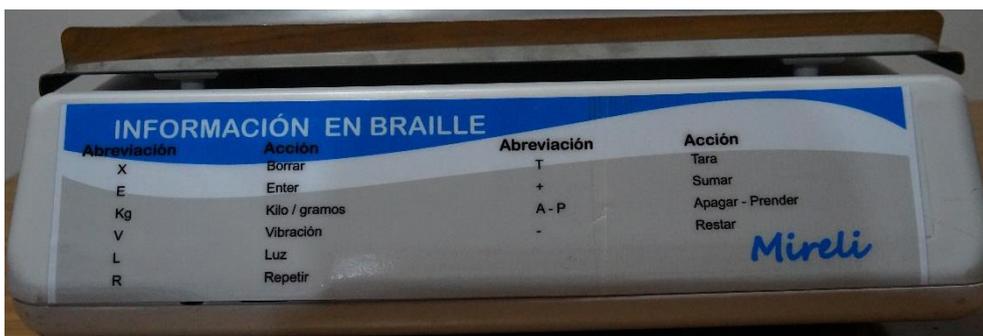


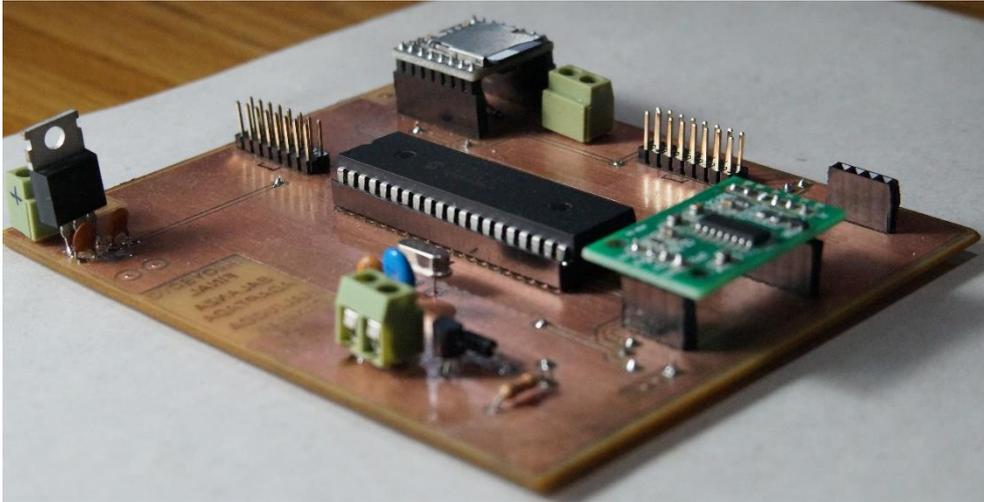
Figura 41 - Resultado: Cara posterior



Figura 42 - Resultado: Sistema Braille teclado.



Figura 43 - Resultado: Sistema Braille información



*Figura 44 - Resultado: Placa Principal*

## Capítulo 4: Análisis de Costos

Para el desarrollo de este capítulo es necesario aclarar que se calculan dos tipos de costos de producción; uno que corresponde al desarrollo inicial, es decir, aquel en el que se comienza desde la investigación hasta lograr el producto final, como fué el caso de la realización de este proyecto. Por otro lado, y con el estudio previo, el costo de producción.

Como primera instancia se presenta el costo de producción de la primera unidad

### Costo de Desarrollo para la Primera Unidad

Cantidad	Ítem	Costo Unitario (\$)	Costo Total (\$)
1	Display LCD Grafico 128X64	3200	3200
1	Placa HX711	270	270
1	Placa sonido DFplayer Mini	335	335
1	Memoria Micro SD (16Gb)	340	340
1	Placa Principal	2000	2000
1	Fuente 12 V 2 A	450	450
1	Teclado a medida	800	800
1	Placa display	800	800
1	Celda de carga de 30 Kg	1200	1200
1	Carcaza de Balanza Systel Croma	3500	3500
250	Horas de Producción	350	75000
			<b>\$100395</b>

Tabla 8 - Costo desarrollo primera unidad.

Por otro lado, con el estudio obtenido sobre la balanza se reducen los tiempos de producción y es por esta razón que se realiza un nuevo estudio de costos, como el que se presenta a continuación.

### Costo de Producción

Cantidad	Ítem	Costo Unitario (\$)	Costo Total (\$)
1	Display LCD Grafico 128X64	3200	3200
1	Placa Principal	2000	2000
1	Placa Display	800	800
1	Placa HX711	270	270
1	Placa Sonido DFPlayer Mini	335	335
1	Memoria micro SD	340	340
1	Fuente 12 V 2 A	450	450
1	Teclado a medida	800	800
1	Celda de carga de 30 Kg	1200	1200
1	Carcaza de Balanza Systel Croma	3500	3500
8	Horas de Producción	350	2800
			<b>\$15695</b>

*Tabla 9 - Costo producción*

Comparando ambas tablas encontramos una gran diferencia en costo de producción de la primera unidad a la segunda unidad. En el primer caso se absorbe el costo de investigación, desarrollo de software, pruebas, prototipado, desarrollo de placas, diseño gráfico y escritura en el sistema Braille.

Analizando el costo de la segunda unidad este se reduce significativamente, ya que no se tiene el costo de desarrollo, y se pasa directamente al tiempo que lleva el armado de la balanza y pruebas de calidad, para la cual se tomó una jornada laboral.

#### 4.1 Posibles planes de venta y amortización de la inversión

La investigación de este producto fue pensado y desarrollado principalmente para los ambientes educativos de Educación Integral; los talleres de formación laboral. Este es un dispositivo de gran interés debido a que reúne varias funciones que engloban respuestas a necesidades para personas con discapacidad.

En primer lugar se comercializará en el ámbito educativo con la intención de dar a conocer el producto de forma amigable y sencilla, se complementará con información sobre el uso y manejo y funcionalidad de la misma. Él mismo será expuesto primeramente a las autoridades educativas que corresponda, fundamentando la funcionalidad y practicidad del producto, pretendiendo distribuir una (1) balanza completa al taller de formación laboral que haya en la Institución. Simultáneamente se procederá a la comercialización en forma general del producto, es decir, se presentará a entidades que contengan personas con discapacidad.

En cuanto al mercado nacional e internacional, ésta investigación cuenta con la posibilidad de ser exportado, por la razón que el mercado no cuenta con ningún producto que reúna

características similares. Se aspira lograr que el producto sea insertado en ambos mercados desde una perspectiva de accesibilidad en lo educacional y laboral. Como este producto no es de conocimiento general (por ejemplo, uso del braille) debe presentarse de manera amigable y con una mirada inclusiva a la sociedad.

## Capítulo 5: Discusión y Conclusión.

Finalizado el desarrollo de este trabajo he llegado a la conclusión que, con los resultados obtenidos a través de la investigación realizada, han sido alcanzados cada uno de los objetivos propuestos. Se planteó la idea de adaptar una balanza electrónica que permita ser utilizada de manera autónoma por personas con discapacidad.

Un objetivo puntual que pretende lograr este proyecto es la accesibilidad de productos tecnológicos, en este caso, una balanza electrónica a personas con discapacidad.

Sin duda alguna éste equipo admite aspectos que se podrán mejorar, como el diseño de toda la carcasa contemplando las disposiciones y tamaños en las placas y ensamble de los periféricos. Por ejemplo: el parlante. Debería mejorarse el soporte y lograr una mayor integridad del equipo. Logrado este punto se podría realizar el diseño de una carcasa más pequeña para que se adapte a un uso hogareño.

Otro aspecto a mejorar en la balanza es contar un procesador de mayor potencia de cálculo para un aprovechamiento aún mayor del display, y el cambio del display TFT para brindar la posibilidad de utilizar pictogramas. Por otro lado se puede agregar un reloj para dar una función de timer como complemento a la producción de materia prima, usando todas las funciones ya implementadas en la balanza.

Se logró crear un producto único en el mercado nacional, de fácil utilización, económico y con múltiples funciones. Se realizó una búsqueda de este dispositivo en el mercado internacional y nacional y no se encontró un producto con características similares.

De los objetivos planteados al principio del proyecto, se pudieron lograr la totalidad de ellos, pero se le daría aún más desarrollo al display, a su manejo y a la información que muestra y como lo hace. Actualmente se resolvieron sus funciones de forma básica ya que el entorno de programación se volvió rígido en este punto.

Este presente proyecto es un nexo entre las personas con discapacidad y su formación laboral, brindando autonomía y una futura inserción laboral.

## Capítulo 6: Literatura Citada.

Cooper, W., & Helfrick, A. (1993). *Instrumentación Electrónica Moderna y Técnicas de Medición*. Mexico: Prentice Hall.

Pueyo, H., & Marco, C. (1993). *Analisis de Modelos Circuitales Tomo 1*.

Ríos, C. G. (s.f.). LEY N° 9891 de Discapacidad .

### Referencias a imágenes

Cultural, M. R. (26 de Septiembre de 2016). Obtenido de [http://revistamito.com/la-ley-dependencia-y-la-cultura/simbolos-de-discapacidad/?fbclid=IwAR3rgC1klO4eDjYgYKuUzc6HZhaq-j\\_U14ep8MoLC\\_KHICkJ3iIBdEMozLk](http://revistamito.com/la-ley-dependencia-y-la-cultura/simbolos-de-discapacidad/?fbclid=IwAR3rgC1klO4eDjYgYKuUzc6HZhaq-j_U14ep8MoLC_KHICkJ3iIBdEMozLk)

Flyron Technology Co., L. (s.f.). DFPlayer Mini. *FN-M16P Embedded MP3 Audio Module*.

HBM. (s.f.). Obtenido de <https://www.hbm.com/es/7163/el-puente-de-wheatstone-galgas-extensometricas/>

Instruments, T. (Marzo de 2013). LM3914. *LM3914 Dot/Bar Display Driver*.

Microchip. (29 de Noviembre de 2011). PIC16F1519. *28/40/44-Pin Flash Microcontrollers with XLP Technology*.

Semiconductor, A. (s.f.). HX711. *24-Bit Analog-to-Digital Converter (ADC) for Weigh Scales*.

Systel. (s.f.). *Systel S.A.* Obtenido de [https://systel.com.ar/essential\\_grid/croma/](https://systel.com.ar/essential_grid/croma/)

Tecnoshop, N. (s.f.). Obtenido de <https://njtecnoshop.com.ar/productos/amplificador-para-celda-de-carga-hx711/>

WINSTAR DISPLAY Co., L. (s.f.). Display Grafico. *WG12864A Graphic 128x64 dots*.