

# Diseño y Desarrollo de una Placa Entrenadora del Microcontrolador PIC18F45K50

Francisco Javier Mendoza Bautista  
Universidad de Guanajuato  
Departamento de Comunicaciones y Electrónica  
Salamanca/Guanajuato, México  
fj.mendozabautista@ugto.mx

Second Author  
Institution2  
First line of institution2 address  
Second line of institution2 address  
SecondAuthor@institution2.com

## Abstract

*El campo de la Ingeniería en Comunicaciones y Electrónica es pilar para los avances tecnológicos cuyo crecimiento y desarrollo ha sido exponencial en los últimos años; en este contexto, los microcontroladores juegan un papel importante ya que son versátiles y pueden ser programados para que ejecuten tareas según sea su uso. Resulta esencial desarrollar habilidades en el software del microcontrolador y utilizar un hardware que nos permita comprobar el software escrito. En este estudio se presenta la evolución de una placa de prueba y desarrollo en la que se puede programar un microcontrolador PIC18F4550 o un PIC18F45K50, lo que permite mayor flexibilidad para trabajar con módulos dentro de la placa. El conjunto propuesto incluye pantalla tipo OLED, conjunto de leds, teclado matricial, 7 segmentos unificados, bluetooth, conexión WiFi, grupo de botones, puerto USB tipo C, buzzer, potenciómetro para el ADC, sistema de alimentación externa, módulo de radiofrecuencia y la posibilidad de programar por medio de PICKIT3 o vía USB.*

**Palabras clave:** ingeniería electrónica, microcontroladores, PIC18F45K50, placa de desarrollo, diseño PCB

## 1. Introducción

A medida que la tecnología avanza, profesionistas y estudiantes de Ingeniería Electrónica estamos comprometidos a seguir su ritmo; debido a esto, es necesario incorporar herramientas que nos permitan crecer y desarrollar estas nuevas tecnologías. En este contexto surgen los microcontroladores para facilitar nuestra vida cotidiana.

Un microcontrolador es un circuito integrado programable que se ha colocado en varios sectores del mercado para

realizar numerosas aplicaciones, permitiendo el crecimiento acelerado de la tecnología de control.

Si bien, no podemos mencionar con precisión acerca del origen de estos, se conoce que la empresa Microchip Technology Inc. es líder en la fabricación de los Controles de Interfaz Periférica (PIC); su éxito radica en que tienen una gran variedad de productos a bajo costo, son versátiles y poseen una amplia disponibilidad de herramientas para su correcta programación. [4]

Los microcontroladores generalmente se suman a las placas de desarrollo donde por medio de lenguaje de programación se pueden escribir las instrucciones para que estos las ejecuten; por lo tanto, es necesario utilizar un hardware que nos permita comprobar el software escrito.

En un principio, la idea de construir una placa de desarrollo fue para apoyar a los estudiantes que estuvieran cursando materias en programación de microcontroladores o diseño de Placa de Circuito Impreso (PCB), pues existe poca información respecto al tema; es posible que esto se deba a la falta de empatía a las necesidades que presenta un estudiante.

Con respecto al software de automatización del diseño electrónico (EDA) para diseño PCB, existe una gran variedad, pero desafortunadamente, la mayoría son de tipo privativo, lo cual limita tanto su acceso como el futuro de la placa de desarrollo en las aplicaciones que se propongan; por esta razón se optó por usar un software libre llamado KICAD el cual cuenta con un entorno bastante completo y es de gran respaldo en la comunidad. [1]

Este proyecto inicia con la Versión 1.0, un diseño de dimensiones grandes que resulta poco accesible para diferentes aplicaciones, pero cumple satisfactoriamente con su objetivo principal; este contaba con lo necesario para poder cumplir al margen con proyectos escolares.

Posteriormente, se pensó mejorar este proyecto, no solo enfocado a la escuela si no también a la industria con el

fin de brindarle una herramienta más a los egresados de la carrera de Ingeniería Electrónica quienes constantemente se enfrentan a problemas técnicos para la inserción al campo laboral; para esto, se añadieron nuevos sensores que se adaptan a las aplicaciones de la industria y se logró reducir las dimensiones de la placa para dar paso a la Versión 2.0

Por último, se trabajó la Versión 3.0 donde se podrán desarrollar aplicaciones para diversas áreas del conocimiento como son la electrónica, óptica inteligencia artificial, biomédica, entre otras. En otras palabras, esta placa pasa de tener una única función a ser multifuncional.

## 2. Materiales y métodos

### 2.1. PIC18F45K50

PIC18F45K50 es un circuito integrado programable, también llamado microcontrolador, perteneciente a la familia de PIC18 y que puede ejecutar tareas programadas según sea su aplicación en los distintos sectores: industria, automoción, electrónica de consumo, entre otros.

Entre las características a destacar del PIC18F45K50 se encuentran su capacidad para soportar voltajes de operación de 4.2V hasta 5.5V, módulos de comunicación serial UART, A/E/USART, SPI,  $I^2C$ , módulo MSSP (SPI-I2C), 13 canales de ADC trabajando a 10 bits, 35 pines I/O disponibles, 2 comparadores análogos, una memoria tipo EEPROM de 256 bytes, memoria flash de 32 kB y frecuencia máxima de 48MHz [2]; suficientes para posicionar a este microcontrolador como uno de los más completos y preferidos del momento, además de que su precio es considerablemente menor comparado con otros disponibles en el mercado.

### 2.2. Placa entrenadora Versión 1.0

Consistió en el diseño de un circuito de prueba al que denominamos versión 1.0; de inicio se dispuso de un software de uso libre para la automatización del diseño electrónico de los diagramas de circuito, los cuales incluyeron los siguientes componentes: un módulo robusto de alimentación, botón RESET, led indicador de alimentación ya sea vía PIKIT3 o USB, salida por PIN del PIC18F45K50 y módulo de sensores (conformado por HC-06, NRF24L01, 4 leds, teclado, buzzer, y un potenciómetro para regular el brillo de la pantalla LCD).

La primera versión contó con tecnología through hole (THT), favoreciendo las pruebas de fuentes de alimentación a las que se sometieron cada uno de los módulos por separado. Posteriormente, para evaluar su correcto funcionamiento integral, se utilizó un código DEMO para la realización simultánea de pruebas de comunicación vía serial, SPI y  $I^2C$ , como se muestra en la Fig. 1

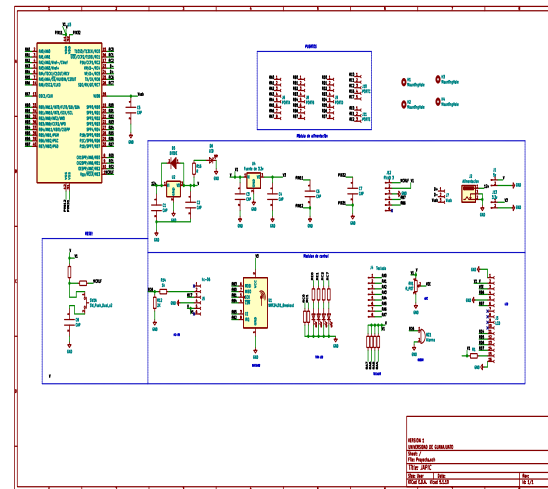


Figure 1. Diagrama de circuito Versión 1.0

Después de verificar el procedimiento anterior, se siguió con el dibujo del circuito impreso teniendo como premisa de diseño no exceder un tamaño de 10x10cm a fin de presentar un producto compacto y atractivo, de fácil acceso y uso para el usuario. En la Fig. 2 se muestra el diagrama de circuito impreso propuesto.

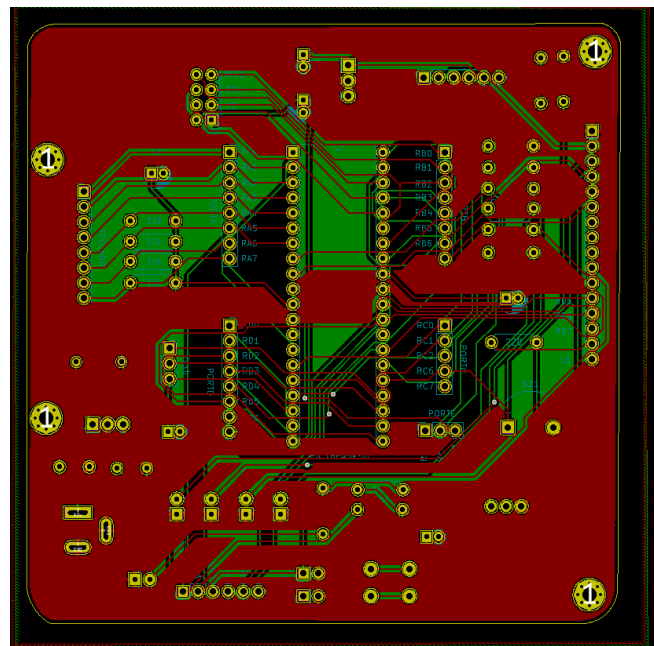
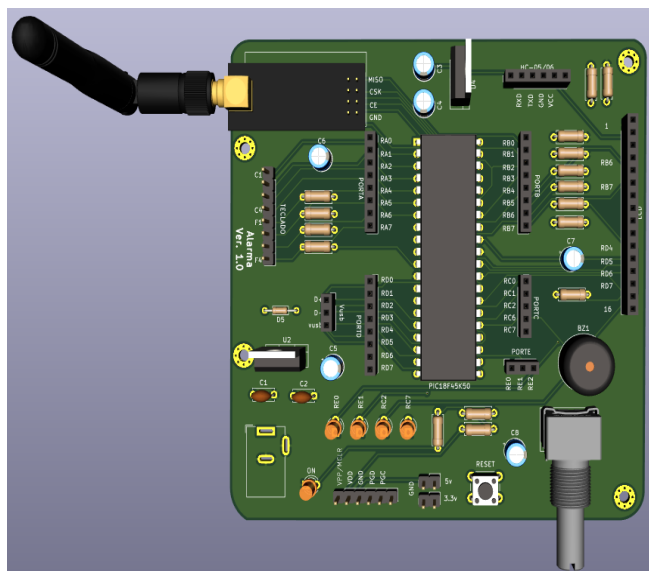


Figure 2. Diagrama de circuito impreso Versión 1.0

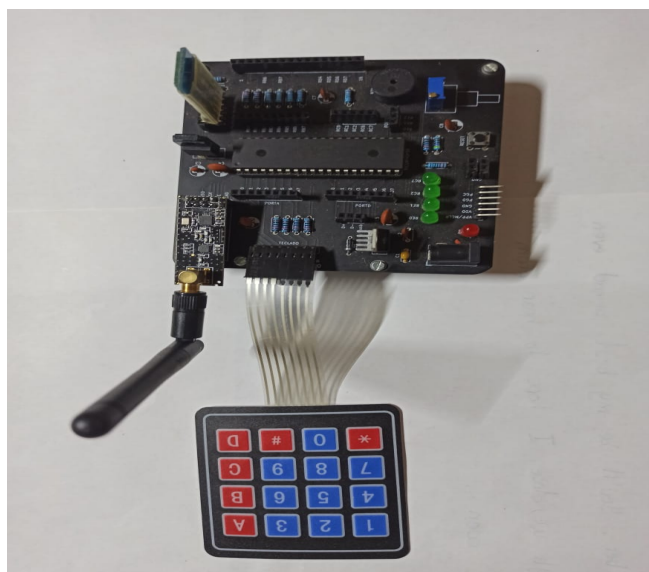
Como método para evitar errores de diseño al dibujar el circuito impreso, nos apoyamos en la visualización 3D que se puede apreciar en la Fig. 3 y en el estudio minucioso del modelo.



**Figure 3. Modelo 3D de circuito impreso Versión 1.0**

Una vez obtenida la alineación de todos los componentes, se imprimió el diseño del circuito en la placa que resulta en la forma final que se advierte en la Fig. 4

Gracias a este diseño se comprobó que cada uno de los módulos funcionaba correctamente.

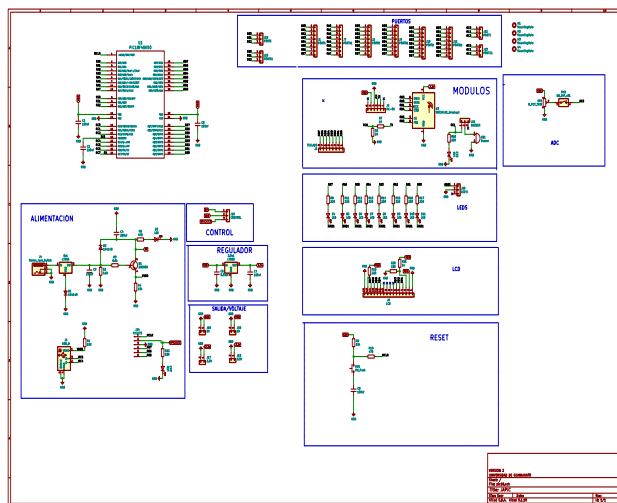


**Figure 4. Placa de desarrollo Versión 1.0**

### 2.3. Placa entradora Versión 2.0

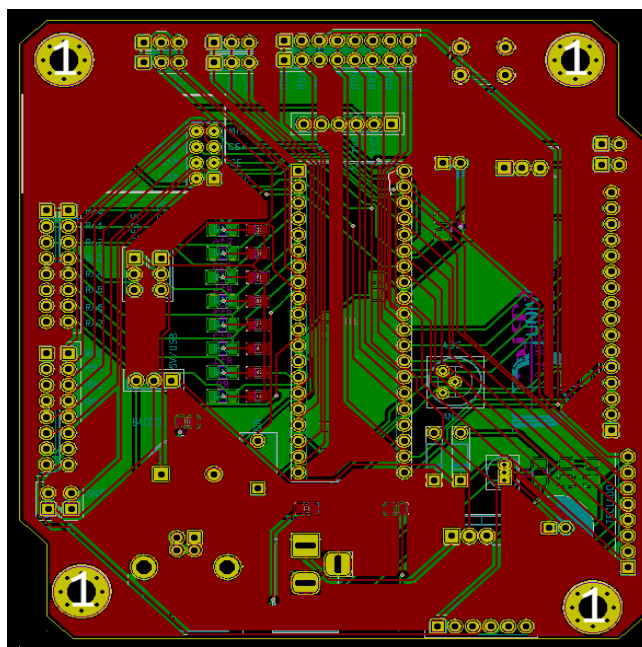
Esta nueva versión parte del diseño descrito anteriormente, removiéndose los elementos THT para sustituirlos por tecnología de montaje superficial (SMD); asimismo, se añadieron: 2 salidas por PIN del PIC18F45K50, salidas de 3.3V y 5V, 7leds que cubren el PORTA, un control

de leds, un control buzzer, led indicador de activación del buzzer, potenciómetro para ADC, control de ADC y brillo automático en la pantalla LCD. Esta serie de cambios permitió la Versión 2.0 representada inicialmente en el diagrama de la Fig. 5



**Figure 5. Diagrama de circuito Versión 2.0**

Por consecuencia se ajustó el dibujo del circuito impreso para agregar los nuevos elementos, sin embargo, cabe destacar que las medidas de diseño se redujeron a 9.017cm x 9.906cm como se muestra en la Fig. 6



**Figure 6. Diagrama de circuito impreso Versión 2.0**

Nuevamente recurrimos al análisis a partir de un modelo 3D para evitar posibles fallas en el dibujo del circuito impreso, como se puede apreciar en la Fig. 7

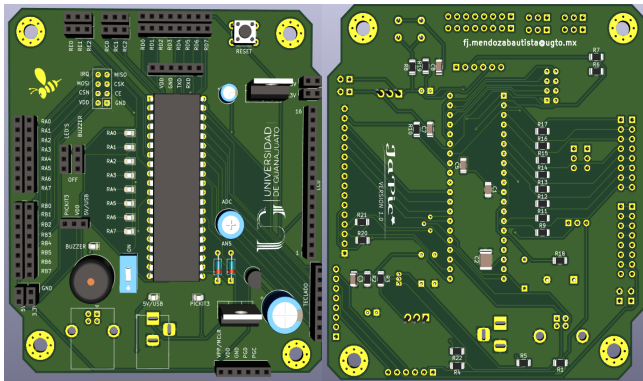


Figure 7. Modelo 3D de circuito impreso Versión 2.0

Una vez obtenida la alineación de todos los componentes, se imprimió el diseño del circuito en la placa que resulta en la forma final que se advierte en la Fig. 8



Figure 8. Placa de desarrollo Versión 2.0

## 2.4. Placa entrenadora Versión 3.0

En la tercera y más reciente versión se agregaron un puerto USB tipo C, un nuevo sistema de alimentación, pantalla OLED, 3 push button para interrupciones, modo de programación con bootloader y 3 display de 7 segmentos unificados; todo esto se dispone en el diagrama de la Fig. 9

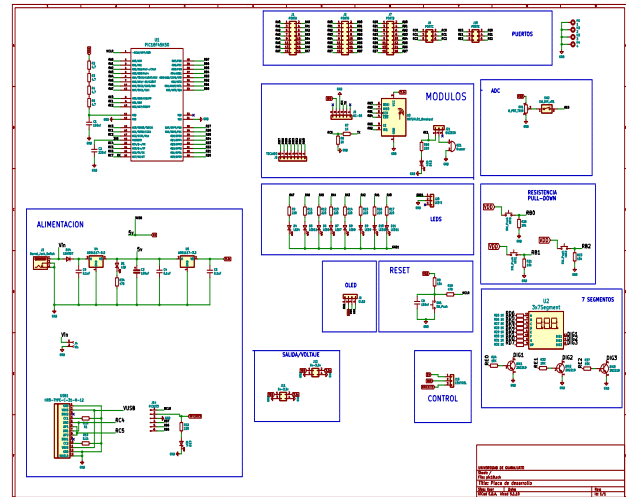


Figure 9. Diagrama de circuito Versión 3.0

Continuando con el diseño del circuito impreso, una vez más se consiguió reducir las medidas de construcción de la placa, quedando de 7.080 x 8.050 cm. Los componentes de la placa de entrenamiento propuesta en este estudio se describen a continuación.

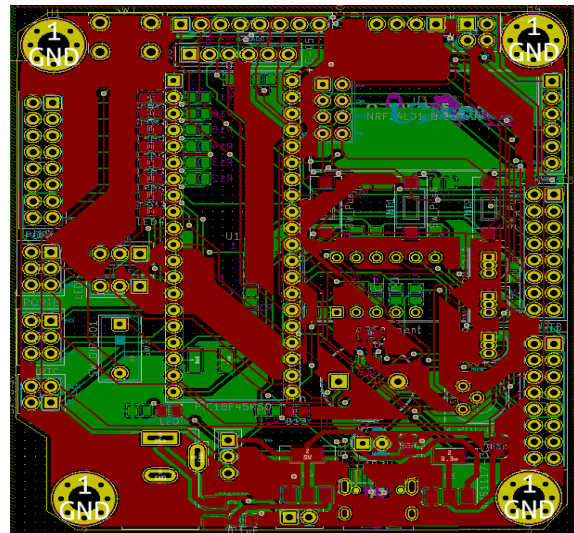


Figure 10. Diagrama de circuito impreso Versión 3.0

**A. Modulo de Programación.** Se agregó una entrada para el PIKIT3, que es el programador oficial que nos proporciona la empresa Microchip. para la familia PIC18; este permite grabar un programa hexadecimal dentro del software del PIKIT3 o en el IDE MPLAB. También se realizaron las conexiones pertinentes para habilitar la programación vía USB.



**B. Conjunto de push button.** Se colocó un botón con configuración pull-down por cada interrupción del microcontrolador: *INT0*, *INT1* y *INT2*; en los pines correspondientes a *RB0*, *RB1* y *RB2*, dichas interrupciones son activadas por medio de software. Las aplicaciones que se le pueden dar a los push button son: interrupciones, modo Bootloader y de uso ordinario.

**C. Display 7 Segmentos unificados.** Se conectó en la salida de cada display un transistor NPN en configuración switch para su activación por medio de software. Cada led del 7 segmentos es protegido con la resistencia propuesta por el fabricante. [3].

**D. Buzzer y ADC.** Estos dos elementos se conectan en el PORTE. El buzzer posee un control de activación que no es más que un jumper puente corto circuito y un LED para indicar cuando está en funcionamiento. El módulo del ADC se constituye por un DIP switch que controla la conexión a los 5V; para variar el voltaje el módulo se incluye un potenciómetro.

**E. Módulo de LED's.** El juego incluye un total de 8 LEDs y se conecta al PORTA; este módulo contiene un control de activación conformado por un jumper puente corto circuito.

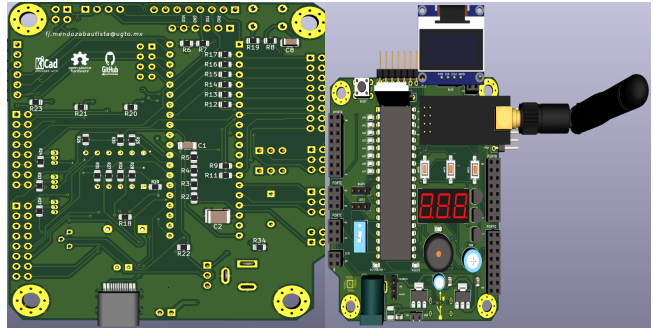
**F. Módulo bluetooth.** Diseñado para el sensor HC-06 que permite conexión inalámbrica a un smartphone, celular o PC; en cuanto a las conexiones, cuenta con 4 pines: Vcc, GND, TX y RX.

**G. Módulo de radiofrecuencia.** Diseñado para el sensor NRF24L01 que opera en la banda de 2.4GHz; son muy usados gracias a su funcionalidad, bajo consumo y bajo costo. Con respecto a las conexiones, tiene 7 pines: GND, Vcc, CE, CSN, SCK, MOSI y MISO.

**H. Teclado matricial 4x4.** Es un dispositivo integrado por 4 filas y 4 columnas para un total de 16 teclas. El teclado es de tipo membrana, lo que permite que el espacio requerido para su instalación sea menor.

**I. Pantalla OLED.** Este dispositivo vino a suplir las pantallas LCD, ya que es capaz de consumir menos recursos, brindar una imagen más brillante y nítida, además de comunicarse vía  $I^2C$  o SPI.

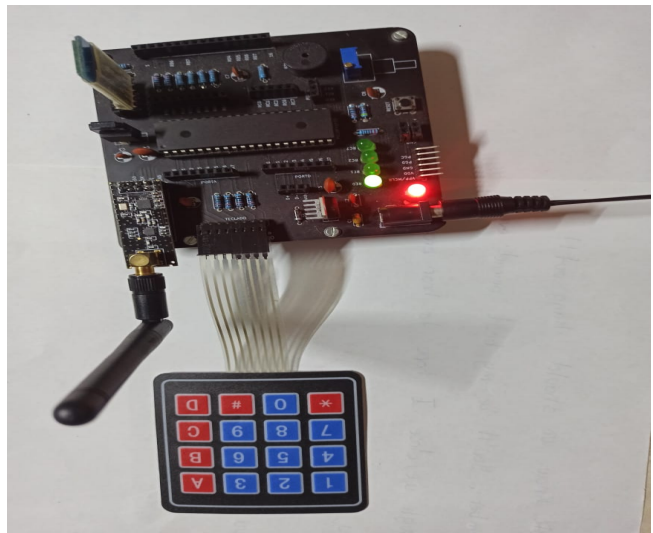
Luego de tener cada uno de los elementos alineados, se procedió a imprimir el diseño del circuito en la placa y se obtuvo la forma final como se muestra en la Fig. 11



**Figure 11. Diseño y modelo 3D de circuito impreso Versión 3.0**

### 3. Resultados y discusión

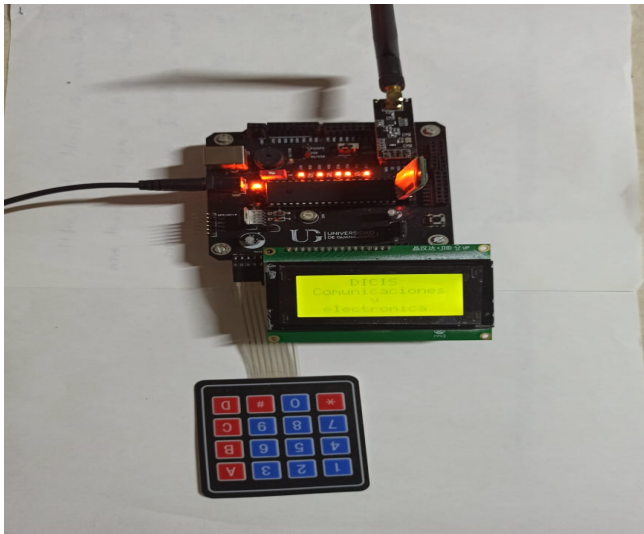
La Versión 1.0 fue pensada para cumplir una única función adaptada a un sistema de alarma, la cual cumple satisfactoriamente. En cuanto a posibles fallas se encontró un sobrecalentamiento en un elemento del módulo de alimentación; se solucionó realizando una prueba de corto circuito para encontrar el origen de la falla en el elemento regulador LM7805. Es posible que esta pieza presentara un defecto de fabricación, por lo que se retiró dicho componente y se sustituyó por uno nuevo. En la Fig. 12 se presenta un DEMO.



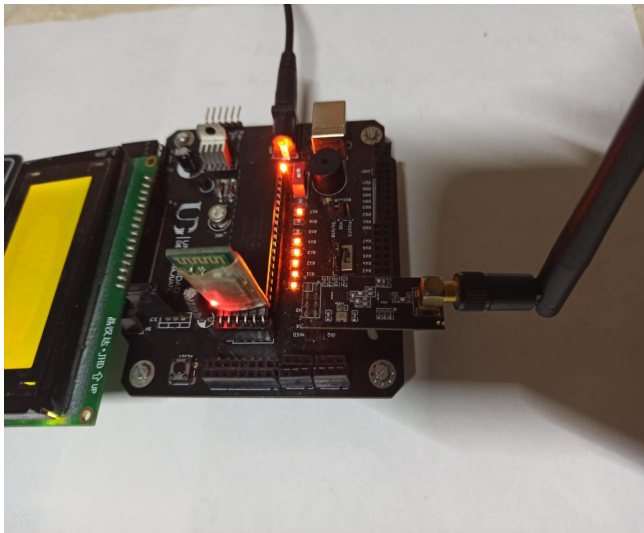
**Figure 12. Programa DEMO para Versión 1.0**

En la Versión 2.0 es importante resaltar que se consiguió agregar más elementos a la vez que se redujo el tamaño de la placa, resultado de utilizar SMD, es decir, incorporar elementos más pequeños nos permitió optimizar mejor el espacio de trabajo. El tamaño de los encapsulados rectangulares SMD que se utilizó en esta versión fue de 1206 (3.2 x 1.6

mm); se optó por estos por su fácil manipulación en el momento de ensamblaje. En la Fig. 13 y Fig. 14 se presenta un DEMO.



**Figure 13. Programa DEMO para Versión 2.0**



**Figure 14. Programa DEMO para Versión 2.0**

En la Versión 3.0, y más reciente, se logró reducir el tamaño de los encapsulados rectangulares SMD a 0805 (2.0 x 1.25 mm); en consecuencia, la proporción del tamaño de la placa también se redujo. También se implementó un nuevo sistema de alimentación donde los elementos through hole (THT) que lo conformaban fueron sustituidos por componentes SMD y se cambió el grosor de las pistas en esta sección de la placa para aumentar su vida útil.

A partir de la Versión 1.0 se ha conseguido reducir el tamaño del circuito impreso gracias a la tecnología de fab-

ricación de circuitos de doble cara, permitiendo optimizar el recurso; de la Versión 1.0 a 2.0 se redujo un 10.68%, de la Versión 2.0 a 3.0 hasta un 37%, y de la primera respecto a la última el resultado fue de 49.5%. En otras palabras, esta placa consigue ser atractiva por su multifuncionalidad en diferentes campos de trabajo debido a que su tamaño le permite ser accesible y flexible.

## 4. Conclusiones

El proyecto de las placas cumplió satisfactoriamente cada uno de los objetivos planteados a lo largo de este documento, las problemáticas que surgieron en el diseño o durante la construcción se dieron solución sin comprometer la integridad de las placas de desarrollo.

El diseño de la versión 3, está pensado para que su vida útil sea el doble de las placas de desarrollo que se encuentran actualmente en el mercado y además su precio sea mucho menor.

Finalmente, considero que se debe motivar a las nuevas generaciones de estudiantes de Ingeniería Electrónica a profundizar en el diseño de circuitos electrónicos y brindarles las herramientas necesarias para que sean capaces de realizar prácticas a nivel del ejercicio profesional y así generar un incremento en la producción de la zona y el país e ir al corriente con las tecnologías globales.

## References

- [1] G. R. Kanagachidambaresan. *Introduction to KiCad Design for Breakout and Circuit Designs*. Primera edición, 2021.
- [2] Microchip. *PIC18(L)F2X/45K50 DATA SHEET*. USA, 2012.
- [3] N. F. Optp. *Led digit display*. RUS, 2012.
- [4] C. A. Reyes. *Microcontroladores pic programación en basic*, 2006.