

Tarjeta de desarrollo Circuit Playground Express y su aplicación en la tecnología wearable

¹Santiago Herrera Guevara ²Israel Rivera Zárate, M. en C. ²Alexis Fernando Cruz Baños, M. en C.

² Juan Carlos Herrera Lozada, Dr.

³ Jacobo Sandoval Gutiérrez, Dr.

¹Instituto Politécnico Nacional
Escuela Superior de Ingeniería Textil

²Instituto Politécnico Nacional
Centro de Innovación y Desarrollo Tecnológico en Cómputo

³Universidad Autónoma Metropolitana
Unidad Lerma

sherrerag2200@alumno.ipn.mx

santoscocoy.herrera@gmail.com

irivera@ipn.mx

acruzba2100@alumno.ipn.mx

jlozada@ipn.mx

j.sandoval@correo.ler.uam.mx

Referencia de este artículo [1].

RESUMEN

La tecnología emergente nombrada wearable representa un campo de interés contemporáneo que fusiona la ingeniería textil con los gadgets electrónicos. Un dispositivo wearable se refiere a un módulo electrónico, comúnmente un sistema embebido, que se usa como un accesorio vestible para recopilar, analizar o transmitir datos provenientes del cuerpo humano o del ambiente, como la temperatura o la calidad del aire. En este artículo se presenta la tarjeta de desarrollo Circuit Playground Express que dispone de un procesador y varios recursos integrados que facilitan la implementación de aplicaciones dirigidas a la tecnología wearable y se demuestra la viabilidad de su utilización a través del diseño de un prototipo.

ABSTRACT

The emerging technology known as wearable represents a contemporary area of interest that combines textile engineering with electronic devices. A wearable device refers to an electronic module, typically an embedded system, designed to be worn as an accessory to collect, analyze, or transmit data from the human body or the surrounding environment, such as air quality or temperature. This article presents the Circuit Playground Express development board, which includes an onboard processor and several integrated features that facilitate the implementation of applications focused on wearable technology. The feasibility of its use is demonstrated through the design of a prototype.

1. Introducción

La tecnología wearable posiblemente surgió desde los años 60, aunque actualmente ha tenido un auge muy importante con el advenimiento de los teléfonos inteligentes y las tabletas electrónicas, debido a que las aplicaciones contemporáneas vinculan el dispositivo wearable con un dispositivo móvil para monitorear datos [1]. También conocida como tecnología vestible o ponible, se refiere a los dispositivos electrónicos, generalmente un sistema embebido, que comúnmente se llevan en el cuerpo humano (también se han utilizado en mascotas u objetos) como un accesorio. Este sistema embebido puede adaptarse como una pulsera, un collar o puede ir cosido o pegado a la ropa, y su función es recoger, analizar o transmitir datos que sean del interés de quien lo porta. Por su naturaleza, este tipo de dispositivos se relaciona con la ingeniería textil a través del concepto e-textiles.

Así, el sistema embebido en cuestión requiere una serie de recursos adicionales como sensores y módulos de comunicación preferentemente inalámbricos para aumentar la robustez de los desarrollos. Con los sensores es posible recabar datos provenientes de señales fisiológicas o interactuar con el ambiente y conseguir lecturas de variables como temperatura, calidad del aire, detección de gases, ruido, entre otras [3] [5] [7]. Además, si consideramos el propósito general de cualquier sistema embebido, también se pueden implementar aplicaciones útiles, adicionales a alguna función primaria, como alarmas para seguridad personal o tarjetas que presenten datos de información personal, entre otras. Algunos desarrollos actuales integran la tecnología wearable con otra tecnología contemporánea como Internet de las Cosas (Internet of Things – IoT) y de esta manera los datos recabados por el sistema embebido pueden transmitirse a un servidor en la nube para analizarlos y actuar en consecuencia [2] [4] [6].

2. Tarjeta Circuit Playground Express

En cuanto al sistema embebido seleccionado para este artículo, se ha optado por la tarjeta Circuit Playground Express, un dispositivo de prototipado rápido desarrollado por el fabricante Adafruit [8], con un costo aproximado de 30 dólares (abril de 2025). En contraste con las tarjetas de desarrollo convencionales, Circuit Playground Express presenta un diseño físico circular, lo que facilita el acceso a sus conexiones mediante pads táctiles (sensores capacitivos). Estos pads permiten no sólo la conexión de componentes, sino también la integración de la tarjeta en prendas textiles mediante costura o sujeción, lo que resulta ideal para aplicaciones wearable; incluso es posible adaptarla a accesorios desmontables como pulseras o collares.

La tarjeta puede ser alimentada a través de un puerto micro USB, lo cual también permite su programación y verificación en sitio. No obstante, considerando los requerimientos de portabilidad de las tecnologías vestibles, también admite alimentación mediante dos baterías AAA o una batería

recargable de polímero de litio (LiPo). La Tabla 1 muestra las especificaciones técnicas de la tarjeta Circuit Playground Express [8].

Tabla 1. Características generales de la tarjeta Circuit Playground Express.

<i>Característica</i>	<i>Descripción</i>
<i>Procesador</i>	ATSAMD21 ARM Cortex M0 a 48 MHz
<i>Memoria</i>	2 MB de almacenamiento SPI Flash
<i>LEDs</i>	10 LEDs RGB tipo mini NeoPixels de alta luminosidad
<i>Sensores</i>	Acelerómetro LIS3DH de 3 ejes, sensor de temperatura (termistor), sensor de luz (fototransistor), micrófono MEMS
<i>Actuadores</i>	Mini altavoz con amplificador
<i>Botones e interruptores</i>	2 botones (A y B) y 1 interruptor deslizante
<i>Infrarrojo</i>	Receptor y emisor IR
<i>Pines de propósito general</i>	8 pines tipo caimán configurables como entradas digitales, analógicas o salidas PWM; 7 de ellos pueden usarse como pads táctiles
<i>Interfaces</i>	Comunicación I2C y UART
<i>Alimentación</i>	Vía puerto micro USB, 2 baterías AAA o batería LiPo de 3.7V
<i>Indicadores</i>	LED verde de encendido y LED rojo en el pin 13 para propósito general
<i>Dimensiones y peso</i>	50.6 mm de diámetro; 8.9 g de peso

En la Figura 1 es posible observar la tarjeta Circuit Playground Express y la distribución de sus componentes.

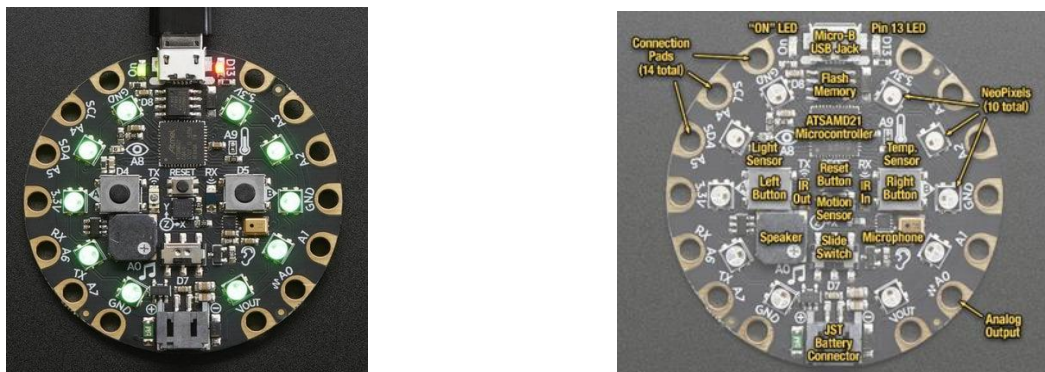


Figura 1. Tarjeta de desarrollo Circuit Playground Express. A la derecha se observa la distribución física de sus componentes. Imágenes tomadas de la página del fabricante [8].

3. Aplicación wearable desarrollada

Para programar la tarjeta Circuit Playground Express, el fabricante Adafruit recomienda tres opciones según la experiencia del diseñador. La primera es Microsoft MakeCode, que usa bloques visuales en lugar de código escrito. Está sugerida para principiantes porque es fácil de entender y no requiere conocimientos técnicos avanzados.

La segunda opción es CircuitPython, un lenguaje simple basado en Python. Es ideal si ya se tiene algo de práctica, ya que el código es más flexible pero sigue siendo sencillo. La tercera de las opciones es Arduino IDE, reconocido por su programación en C/C++ y respaldado por una gran comunidad y bibliotecas creadas por los usuarios. Debido a estas ventajas fue la opción seleccionada para este trabajo.

La instalación de Arduino IDE es sencilla, accediendo al sitio oficial [9], seleccionando el sistema operativo y siguiendo las instrucciones de descarga e instalación. Una vez instalado, es requerido incluir la biblioteca específica de la tarjeta Circuit Playground Express para permitir su programación. Como ejemplo de aplicación de la tecnología wearable, se desarrolló un prototipo básico que integra los sensores de luz (fototransistor) y temperatura (termistor), en combinación con los diez LEDs RGB y el altavoz integrado. También se considera la interacción mediante el interruptor deslizante y uno de los botones de propósito general disponibles ambos en la tarjeta.

Se propone el diseño de un accesorio wearable que puede colocarse en la parte delantera de una chaqueta, suéter o abrigo. Puede coserse o sujetarse con velcro, y también adaptarse como collar o pulsera. La Figura 2 muestra la idea.

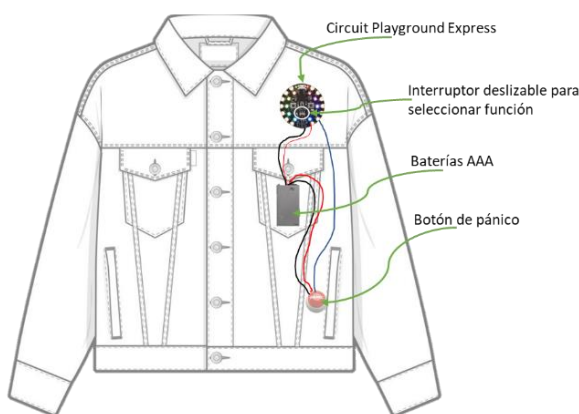


Figura 2. Conceptualización.

La propuesta consiste en un accesorio que permite monitorear en tiempo real dos variables ambientales: la intensidad lumínica y la temperatura ambiental. El usuario puede seleccionar cuál de estas funciones desea activar mediante un interruptor deslizante integrado en la tarjeta Circuit Playground Express. También se ha integrado un botón de pánico que, al ser presionado, emite una alerta visual y sonora. El sistema fue concebido como una solución portátil, adaptable a la ropa o accesorios, que ofrece tanto utilidad práctica como una medida adicional de seguridad básica. Es

importante mencionar que el diseño presentado en este trabajo no pretende constituir un accesorio de seguridad personal definitivo ni certificado; más bien, se trata de un ejemplo funcional que demuestra el uso de una tarjeta de desarrollo en un contexto *wearable*.

La tarjeta Circuit Playground Express cuenta con un interruptor deslizante de dos posiciones que permite seleccionar entre dos funciones principales definidas en este trabajo: la medición de la cantidad de luz ambiental o la medición de la temperatura ambiente. Considérese que el conector micro USB está en la parte superior de la tarjeta (obsérvese la Figura 1) por lo que orientándose de frente, al mover el interruptor deslizante a la derecha se habilita la función que mide de temperatura; el sistema compara la lectura del sensor con dos umbrales definidos empíricamente: una temperatura mínima de 18.0°C (temp_Min) y una temperatura máxima de 28.4°C (temp_Max). Cuando la temperatura ambiente es inferior a 18.0°C, los diez LEDs NeoPixel RGB integrados en la tarjeta se iluminan en color azul con una intensidad nominal de 100 (en una escala de 8 bits, donde 0 representa el apagado total y 255 el brillo máximo). Si la temperatura se encuentra en el rango entre 18.0°C y 28.4°C (inclusive), cada LED muestra un color aleatorio, generando un efecto visual multicolor. Cuando la temperatura supera los 28.4°C, los LEDs se iluminan en color rojo con la misma intensidad nominal de 100. Cabe señalar que estos umbrales pueden ajustarse libremente en el código, ya que el sensor de temperatura integrado (termistor) permite trabajar con un rango amplio que cubre las condiciones ambientales comunes.

En el segundo caso de uso, cuando se selecciona la función de medición de luz (moviendo el interruptor hacia la izquierda), el prototipo regula automáticamente la intensidad luminosa de una lámpara formada por los diez LEDs NeoPixel RGB. Este ajuste se realiza de forma inversamente proporcional al valor captado por el sensor de luz: a mayor iluminación ambiental (natural o artificial), menor será la intensidad emitida por los LEDs; en condiciones de baja luz, la lámpara aumentará su brillo para mejorar la visibilidad en el área de cobertura.

Aunque el sensor de luz opera a una resolución de 10 bits, para los fines de este trabajo se realizó una conversión a 8 bits, parametrizando el rango de valores entre 0 y 255. Además, se emplea únicamente el color blanco de los LEDs para esta funcionalidad.

Adicionalmente, se implementó una función de botón de pánico, utilizando el botón izquierdo (push-button A) de la tarjeta. Al ser presionado, este botón activa una alerta visual y sonora, diseñada para disuadir posibles situaciones de riesgo. Durante esta alerta, los LEDs parpadean de forma alternada entre color blanco y amarillo al máximo nivel de brillo, mientras que la mini bocina integrada emite tonos audibles. Esta función tiene prioridad sobre las funciones de medición de luz y temperatura, es decir, su activación interrumpe cualquier comportamiento anterior. Para mejorar su funcionalidad, se sugiere en futuras implementaciones utilizar un botón que mantenga su estado activo hasta ser presionado nuevamente. En la Figura 3 se presenta la lógica de funcionamiento del accesorio wearable programado en Arduino IDE.

```
1 //Santiago Herrera Guevará
2 //Tecnología Wearable con Circuit Playground Express
3 //Programa versión 2.2
4 #include <Adafruit_CircuitPlayground.h>
5 int valor;
6 const float temp_Min=18.0; //Rango de temperatura en °C
7 const float temp_Max=28.4;
8 float tempC, tempF;
9 long randomNumberR, randomNumberG, randomNumberB;
10
11 void setup() {
12     // Inicializa la biblioteca CircuitPlayground
13     CircuitPlayground.begin();
14     // Inicializa el puerto serial para monitorear lecturas de los sensores
15     Serial.begin(9600);
16     CircuitPlayground.clearPixels();
17 }
18
19 void loop() {
20     if (CircuitPlayground.leftButton()) { //Se activa el botón de pánico
21         for (int p=0; p<10; p++) {
22             CircuitPlayground.setPixelColor(p, 255, 255, 255); //Color blanco, máximo brillo
23         }
24         delay(100);
25         CircuitPlayground.clearPixels(); //Genera parpadeo
26         delay(100);
27         CircuitPlayground.playTone(700, 250); //Reproduce primer tono en speaker
28         for (int p=0; p<10; p++) {
29             CircuitPlayground.setPixelColor(p, 255, 255, 0); //Color amarillo, máximo brillo
30         }
31         delay(100);
32         CircuitPlayground.clearPixels();
33         delay(100);
34         Serial.println("Botón de pánico ACTIVADO!!!");
35         CircuitPlayground.playTone(500, 250);
36     }
37     else {
38         if (CircuitPlayground.slideSwitch()) { //Posición del interruptor
39             //Inicia módulo de regulación automática de intensidad luminosa
40             // Leemos el sensor de luz
41             int val = CircuitPlayground.lightSensor();
42             delay(300);
43             valor=map(val, 0, 1023, 255, 0); //Se invierte la lectura del sensor de luz
44             // Controlamos los LEDs RGB.
45             for ( int i = 0; i < 10; i++) {CircuitPlayground.setPixelColor(i, valor, valor, valor);
46                 Serial.print("Cantidad paramétrica de luz = ");
47                 Serial.println(valor); // Escribimos la lectura del sensor al puerto serial
48             }
49             delay(500);
50         }
51         else {
52             //Inicia módulo del sensor de temperatura
53             tempC = CircuitPlayground.temperature();
54             Serial.print("Temperatura ambiente = ");
55             Serial.print(tempC); // Escribimos la lectura del sensor al puerto serial
56             Serial.println("°C");
57             delay(100);
58
59             if (tempC < temp_Min){
60                 for (int p=0; p<10; p++) {
61                     CircuitPlayground.setPixelColor(p, 0, 0, 100); //Color azul, temperatura baja
62                 }
63             }
64
65             if (tempC >= temp_Min && tempC <= temp_Max){
66                 for (int p=0; p<10; p++) { //La combinación de color es aleatoria para cada LED
67                     randomNumberR = random(10,101); //Brillo moderado en cada LED
68                     randomNumberG = random(10,101);
69                     randomNumberB = random(10,101);
70                     //Color aleatorio, temperatura media
71                     CircuitPlayground.setPixelColor(p, randomNumberR, randomNumberG, randomNumberB);
72                 }
73             }
74
75             if (tempC > temp_Max){
76                 for (int p=0; p<10; p++) {
77                     CircuitPlayground.setPixelColor(p, 100, 0, 0); //Color rojo, temperatura alta
78                 }
79             }
80             delay(500);
81         }
82     }
83 }
```

Figura 3. Lógica de funcionamiento del accesorio wearable programado en Arduino IDE.

4. Pruebas y resultados

En el programa desarrollado para esta aplicación, se mantuvo habilitado el uso del puerto serie con el objetivo de monitorear en tiempo real los datos capturados por los sensores de luz y temperatura. El puerto serie de la tarjeta Circuit Playground Express opera a través del conector micro USB y permite establecer comunicación cableada con otros dispositivos mediante el protocolo USB-to-Serial, compatible con el estándar RS-232. Adicionalmente, es posible implementar una comunicación inalámbrica mediante un módulo transmisor Bluetooth externo (no incluido en este prototipo), lo cual amplía las opciones de conectividad del sistema.

Una gran ventaja de este puerto serial es que podemos conectar, de manera alamburada vía un conector OTG (On-The-Go), la tarjeta de desarrollo a un dispositivo de cómputo móvil (un Smartphone o una Tablet, por ejemplo) y a través de una aplicación se abre el puerto serie correspondiente para realizar las lecturas como si estuviéramos en la computadora. Las siguientes capturas de pantalla, se tomaron de un dispositivo móvil con S.O. Android. En la Figura 4(a) se aprecia la lectura de la cantidad de luz ambiental, en la Figura 4(b) se lee la temperatura y, finalmente, en la Figura 4(c) se lee un mensaje que indica cuando el botón de pánico ha sido activado.

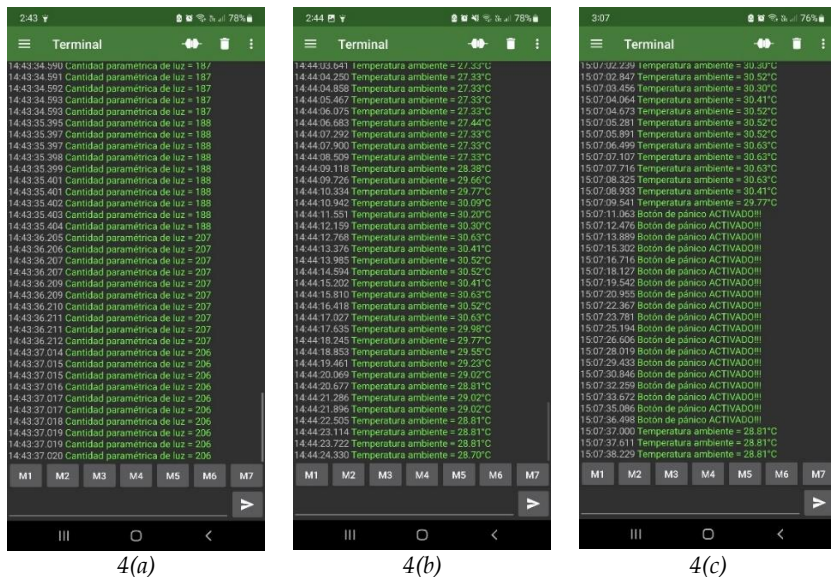


Figura 4. Puerto serial interactuando con la aplicación implementada en la tarjeta de desarrollo. La Figura 4(a) presenta la lectura del sensor de luz, la Figura 4(b) muestra la lectura del sensor de temperatura y la Figura 4(c) presenta un mensaje cuando el botón de pánico se activó.

La Figura 5(a) evidencia el comportamiento de la tarjeta cuando funciona como regulador automático de intensidad luminosa, ajustando los LEDs en función del valor captado por el sensor de luz. Este comportamiento se complementa con la gráfica de la Figura 6, la cual expone la relación inversa entre la cantidad de luz ambiental y la intensidad programada en los LEDs. En dicha gráfica, los valores del eje horizontal corresponden a una escala relativa de luz ambiental, que puede asociarse conceptualmente a una medida en lúmenes. No obstante, en la práctica, el sensor proporciona una lectura adimensional, directamente proporcional a la intensidad luminosa incidente. Por su parte, los valores del eje vertical (de 0 a 255) representan la intensidad de los LEDs, determinada mediante señales PWM (modulación por ancho de pulso), técnica que permite controlar el brillo ajustando la proporción de tiempo en que el LED recibe alimentación durante cada ciclo. La instrucción `setPixelColor()`, utilizada en el código fuente mostrado en la Figura 3, permite definir la intensidad de color de cada LED de manera independiente. Estos valores son interpretados por el controlador interno de los LEDs NeoPixel, el cual modula el brillo mediante PWM de forma interna, logrando un control preciso tanto de la tonalidad como del nivel de luminosidad.

En la Figura 5(b), la tarjeta opera como medidor de temperatura y se detecta una temperatura baja, por lo que los diez LEDs RGB muestran un tono azul con una intensidad definida en el programa. La Figura 5(c) muestra los LEDs con colores aleatorios, lo que indica que la temperatura se encuentra dentro del rango medio. Finalmente, en la Figura 5(d), los LEDs se iluminan en color rojo al alcanzar un valor superior al límite máximo establecido, indicando una temperatura alta.

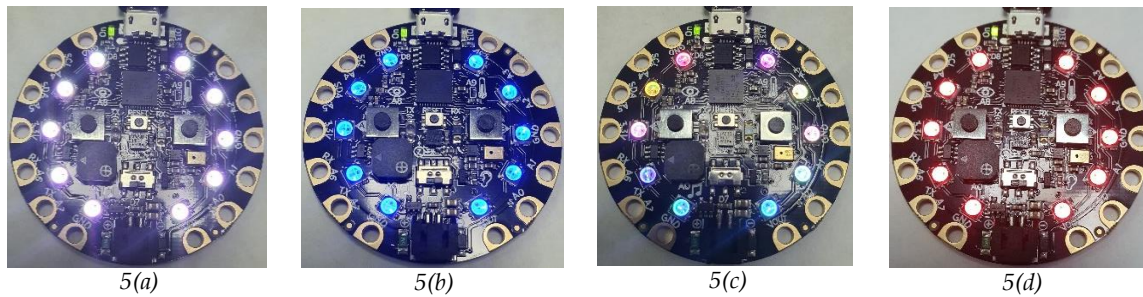


Figura 5. Modos de operación de la aplicación wearable. La Figura 5(a) muestra la regulación automática de la intensidad luminosa y las Figuras 5(b), 5(c) y 5(d), muestran el comportamiento del módulo que mide la temperatura del ambiente.

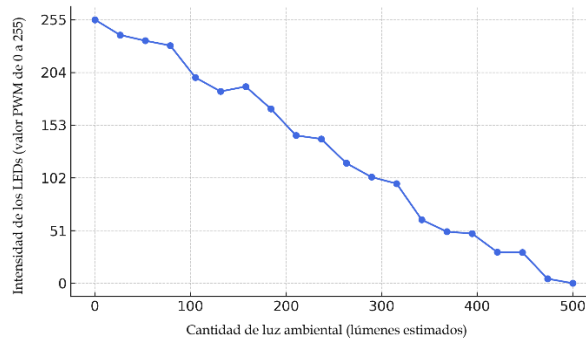


Figura 6. Relación inversa entre la luz ambiental y la intensidad de los LEDs controlada por PWM.

5. Conclusiones

Este artículo tuvo como objetivo presentar la tarjeta de desarrollo Circuit Playground Express como una alternativa viable para implementar aplicaciones en el ámbito de la tecnología wearable. Esta tarjeta no sólo integra un sistema embebido con capacidades adecuadas de procesamiento y memoria, sino que también incorpora una variedad de sensores especializados de fácil configuración, lo que la convierte en una herramienta robusta para desarrollos tanto básicos como avanzados.

Su compatibilidad con entornos de programación accesibles, como Arduino IDE, facilita su adopción por parte de estudiantes, desarrolladores y profesionales. Para demostrar su viabilidad, se desarrolló un prototipo funcional que emplea los sensores de luz y temperatura, ambos con un comportamiento estable y coherente con las condiciones del entorno.

La comunicación serial establecida entre la tarjeta Circuit Playground Express y una computadora personal o dispositivo móvil, mediante el mismo puerto micro USB de programación, también resultó confiable. Esta capacidad puede extenderse hacia soluciones inalámbricas, como la conectividad Bluetooth o Wi-Fi, ampliando el potencial del prototipo wearable. Una ventaja de esta integración con dispositivos móviles es la posibilidad de construir aplicaciones wearable más especializadas, con

perspectivas claras hacia el desarrollo de soluciones dentro del ecosistema del Internet de las Cosas (IoT). Como trabajo futuro, se contempla explorar el uso del resto de los sensores integrados en la Circuit Playground Express, tales como el acelerómetro de tres ejes, el micrófono MEMS y el sensor táctil capacitivo, con el objetivo de desarrollar funcionalidades adicionales como detección de caídas, reconocimiento de patrones acústicos o activación por contacto. Estas características permitirían ampliar significativamente las capacidades del sistema en aplicaciones wearable interactivas, reactivas y más adaptadas al entorno del usuario.

Referencias bibliográficas

- N. D. Wanjari and S. C. Patil. (2016). "Wearable devices" in IEEE International Conference on Advances in Electronics, Communication and Computer Technology (ICAECCT), Pune, India, 2016, pp. 287-290, doi: 10.1109/ICAECCT.2016.7942600.
- K. Manasa and S. C. Venkateswarlu. (2021). "A Wearable Health Monitoring System Using Arduino and IoT" in 2021 3rd International Conference on Advances in Computing, Communication Control and Networking (ICAC3N), Greater Noida, India, pp. 783-788, doi: 10.1109/ICAC3N53548.2021.9725522.
- 3.G. Udovičić, A. Topić and M. Russo. (2016). "Wearable technologies for smart environments: A review with emphasis on BCI" in 24th International Conference on Software, Telecommunications and Computer Networks (SoftCOM), Split, Croatia, pp. 1-9, doi: 10.1109/SOFTCOM.2016.7772186.
- M. Benisha. (2021). "Design of Wearable Device for Child Safety" in Third International Conference on Intelligent Communication Technologies and Virtual Mobile Networks (ICICV), Tirunelveli, India, pp. 1076-1080, doi: 10.1109/ICICV50876.2021.9388592.
- A. Géczy, L. Kuglics, L. Jakab and G. Harsányi. (2020). "Wearable Smart Prototype for Personal Air Quality Monitoring" in IEEE 26th International Symposium for Design and Technology in Electronic Packaging (SIITME), Pitesti, Romania, 2020, pp. 84-88, doi: 10.1109/SIITME50350.2020.9292309.
- R. Shinde, M. S. Alam, M. Choi and N. Kim. (2021). "Economical and Wearable Pulse Oximeter using IoT" in 16th International Conference on Computer Science & Education (ICCSE), Lancaster, United Kingdom, pp. 168-171, doi: 10.1109/ICCSE51940.2021.9569303.
- Liao, Lun-De and Wang, Yuhling. (2020). "Design and Implementation of a Multifunction Wearable Device to Monitor Sleep Physiological Signals". *Micromachines*. 11. 672. 10.3390/mi11070672.
- Circuit Playground Express, Adafruit. (2025). <https://learn.adafruit.com/adafruit-circuit-playground-express/overview>. Consultado por última vez en abril de 2025.
- Arduino, página oficial. (2025). <https://www.arduino.cc/en/software>. Consultado por última vez en abril de 2025.

Referencia del artículo

Herrera, S., Rivera, I., Cruz, A., Herrera, J. & Sandoval, J. (noviembre - diciembre, 2025). Tarjeta de desarrollo Circuit Playground Express y su aplicación en la tecnología wearable. *Boletín UPIITA. año 20, (111) 2025*
<https://www.boletin.upiita.ipn.mx/index.php/ciencia/1101-cyt-numero-111/2458-tarjeta-de-desarrollo-circuit-playground-express-y-su-aplicacion-en-la-tecnologia-wearable>