

SmartCane

Di Nicco, Luis Demetrio; Antonioli, Iván Oscar; Nahuel Ezequiel López Ferme; Kevin Sanchez; Intrieri, Gabriel Yamil
43664669; 43630151; 43991086; 41173649; 38128822

Comisión del día Martes 02-2900, Grupo M1

Universidad Nacional de La Matanza,
Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas,
Florencio Varela 1903 - San Justo, Argentina

Resumen: SmartCane es un bastón inteligente diseñado para mejorar la movilidad, seguridad y autonomía de personas con discapacidad visual. A través de sensores ultrasónicos, señales acústicas, vibración y luces LED, permite detectar obstáculos cercanos y alertar al usuario de forma clara e intuitiva según la ubicación y distancia del objeto. Además, incorpora un sensor de presión que identifica si el bastón está siendo sostenido, activando un sistema de alerta en caso de caída o pérdida. El dispositivo incluye controles para encendido general y silenciado del buzzer, permitiendo su adaptación a distintos entornos. Esta solución busca no solo prevenir accidentes y facilitar la orientación, sino también contribuir a una sociedad más inclusiva mediante el uso de tecnología accesible. SmartCane se presenta como una herramienta funcional y adaptable, capaz de asistir activamente en la vida cotidiana de personas con baja visión o ceguera, promoviendo su independencia con seguridad.

Palabras claves: Bastón inteligente, Discapacidad visual, Movilidad asistida, Detección de obstáculos, Tecnología accesible, ESP32, FreeRTOS

1 Introducción

SmartCane es un bastón inteligente diseñado para mejorar la movilidad y seguridad de personas con discapacidad visual. A diferencia de los bastones convencionales, que ofrecen una función básica de detección táctil, el SmartCane incorpora tecnología adicional, como sensores ultrasónicos, señales acústicas, motor vibrador y luces LED, para detectar obstáculos en tiempo real y proporcionar alertas al usuario sobre su ubicación y proximidad. Esta capacidad de detección en múltiples direcciones (delante, a los lados) permite una navegación más eficiente y segura, especialmente en entornos urbanos o complejos donde la detección temprana de obstáculos es crucial.

El sistema funciona mediante un conjunto de sensores que monitorean el entorno cercano, enviando información precisa sobre los objetos detectados. Los sensores ultrasónicos detectan obstáculos a diversas distancias, y según la proximidad del objeto, el SmartCane emite alertas sonoras, con tonos y frecuencias ajustados a la cercanía del obstáculo. Esta característica ayuda al usuario a identificar con precisión la dirección en la que se encuentra el obstáculo, facilitando la toma de decisiones para evitarlo. Además, el motor vibrador complementa las alertas sonoras, proporcionando una señal táctil que refuerza la información visual y auditiva, lo que mejora la experiencia sensorial del usuario.

El dispositivo también cuenta con un sensor de presión que detecta si el bastón ha sido soltado, activando una señal de alerta para facilitar la localización del bastón en caso de caída o pérdida. Este sistema no solo actúa como una medida de seguridad adicional, sino que también garantiza que el usuario pueda recuperar el bastón de manera rápida y eficiente. El SmartCane incluye controles intuitivos que permiten silenciar las alertas sonoras en ciertos entornos, como espacios cerrados, lo que brinda al usuario mayor control sobre el dispositivo según sus necesidades.

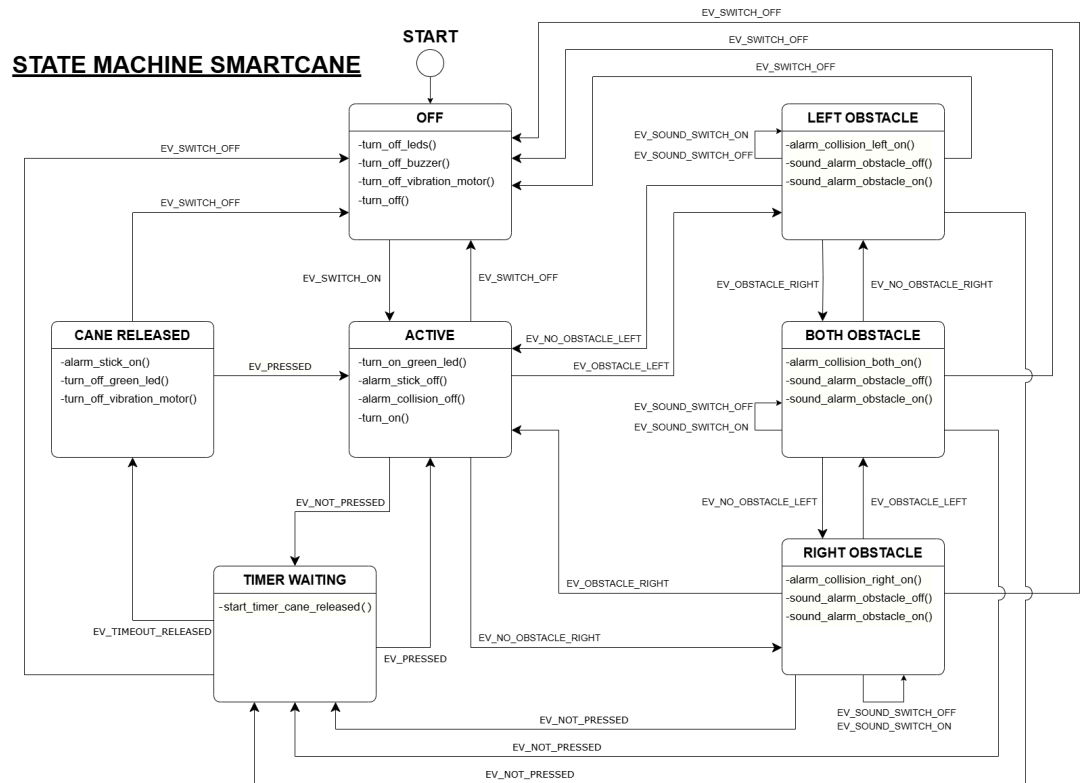
Al proporcionar una mayor precisión en la detección de obstáculos y ofrecer múltiples formas de alerta, el SmartCane mejora la autonomía y seguridad de las personas con baja visión o ceguera, contribuyendo a su integración en la sociedad. Este sistema no solo representa una mejora en términos de funcionalidad respecto a los bastones tradicionales, sino que también facilita una mayor independencia, permitiendo a los usuarios tomar decisiones más informadas y seguras sobre su entorno.

URL del proyecto en WOKWI:

<https://wokwi.com/projects/430168576825438209>

2 Desarrollo

2.1 Diagrama de Estados



Descripción de los Estados

Estado	Descripción
OFF	El bastón se encuentra apagado y no detecta obstáculos ni tampoco si alguien lo está sosteniendo.
ACTIVE	El bastón se encuentra encendido y detecta tanto obstáculos como si se está sosteniendo. Enciende el led verde para indicar que está

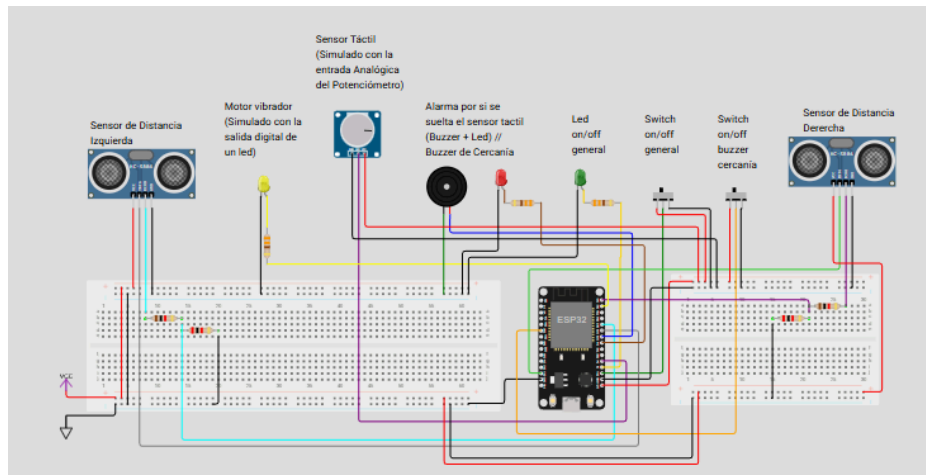
	funcionando.
TIMER WAITING	El bastón no está siendo sostenido y se encuentra a la espera de que se vuelva a agarrar o que se pase el lapso de tiempo antes de activar la alarma.
CANE RELEASED	El bastón fue soltado por el usuario por un tiempo mayor al tiempo de espera permitido. Enciende el buzzer y el led rojo como alarma para alertar al usuario y a las personas cercanas.
LEFT OBSTACLE	El bastón detectó un obstáculo a la izquierda. Enciende el buzzer y el motor vibrador con un patrón específico para indicarle al usuario la dirección y cercanía del obstáculo.
BOTH OBSTACLE	El bastón detectó un obstáculo a la izquierda y a la derecha. Enciende el buzzer y el motor vibrador con un patrón específico para indicarle al usuario la dirección y cercanía del obstáculo.
RIGHT OBSTACLE	El bastón detectó un obstáculo a la derecha. Enciende el buzzer y el motor vibrador con un patrón específico para indicarle al usuario la dirección y cercanía del obstáculo.

Descripción de los eventos:

Estado	Descripción
EV_SWITCH_ON	El usuario cambió el switch de encendido a “ON” para encender el bastón.
EV_SWITCH_OFF	El usuario cambió el switch de encendido a “OFF” para apagar el bastón.
EV_SWITCH_SOUND_ON	El usuario cambió el switch de sonido a

	“ON” para activar el sonido de la alarma de obstáculos del bastón.
EV_SWITCH_SOUND_OFF	El usuario cambió el switch de sonido a “OFF” para desactivar el sonido de la alarma de obstáculos del bastón.
EV_CONT	Evento “dummy” para continuar con la ejecución sin realizar ninguna acción específica.
EV_PRESSED	El usuario presionó el sensor táctil del bastón, indicando que lo está sosteniendo.
EV_TIMEOUT_RELEASED	Se cumplió el tiempo de espera para que el usuario vuelva a sostener el bastón.
EV_NOT_PRESSED	El usuario dejó de presionar el sensor táctil del bastón.
EV_OBSTACLE_RIGHT	El bastón detectó un obstáculo que se encuentra a la derecha.
EV_NO_OBSTACLE_RIGHT	El bastón dejó de detectar un obstáculo que se encontraba a la derecha.
EV_OBSTACLE_LEFT	El bastón detectó un obstáculo que se encuentra a la izquierda.
EV_NO_OBSTACLE_LEFT	El bastón dejó de detectar un obstáculo que se encontraba a la izquierda.
EV_TIMEOUT	El bastón detectó que no hubo respuesta de ninguno de sus sensores en el tiempo establecido.

2.2 Diagrama de Conexiones del Circuito



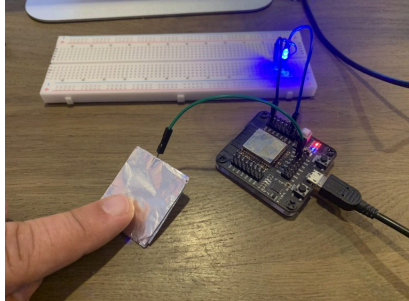
2.3 Descripción del funcionamiento físico-electrónico de cada sensor y actuador utilizado

2.3.1 Sensores Utilizados

Un Potenciómetro



Es un sensor analógico de posición o resistencia variable. Físicamente consiste en una resistencia lineal o rotativa con un terminal móvil (el cursor) que se desplaza manualmente. Electrónicamente, al girar el eje, se modifica la resistencia entre el cursor y los extremos, lo que genera un voltaje proporcional entre 0 V y Vcc. Ese voltaje puede leerse con una entrada analógica del microcontrolador para representar un valor continuo (por ejemplo, nivel, velocidad, volumen).



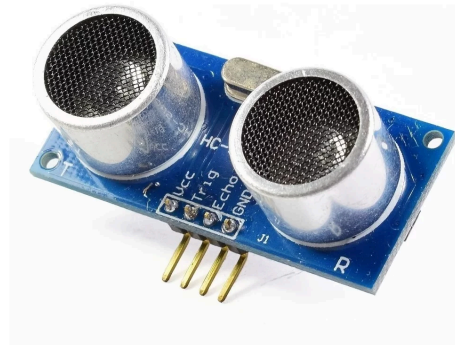
En la implementación física del proyecto, el sensor de presión (táctil) será construido de forma casera utilizando papel aluminio, actuando como un sensor táctil capacitivo. Este tipo de sensor funciona detectando variaciones en la capacitancia cuando un objeto conductor (como el dedo humano) entra en contacto con la superficie del sensor. Para ello, se conectará el

papel aluminio a uno de los pines táctiles del microcontrolador ESP32, los cuales permiten la lectura directa de este tipo de estímulos sin necesidad de un conversor analógico adicional.

Dado que el simulador Wokwi no permite replicar sensores táctiles capacitivos reales ni el comportamiento físico del material, se utilizó como alternativa un potenciómetro conectado a un pin analógico. Este componente actúa como una resistencia variable, simulando de forma aproximada la entrada de señal analógica que produciría el sensor de presión real, permitiendo así verificar la lógica de funcionamiento del sistema durante la etapa de simulación.

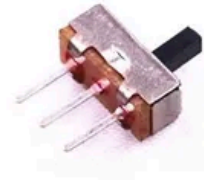
Dos Sensores ultrasónico HC-SR04

Es un sensor digital de distancia que funciona mediante eco ultrasónico. Tiene dos transductores: uno emite un pulso ultrasónico (Trigger) y el otro recibe el eco (Echo). El microcontrolador envía un pulso al pin Trigger, y el sensor responde enviando un pulso en el pin Echo cuya duración depende del tiempo que tarda el sonido en ir y volver. Ese tiempo se convierte en distancia sabiendo que el sonido viaja a ~ 343 m/s. El sensor necesita alimentación de 5 V y se conecta a pines digitales.



Dos Slide Switch (interruptor deslizable)

Es un dispositivo de entrada digital que permite abrir o cerrar un circuito manualmente al deslizar un pequeño interruptor físico. Tiene dos o tres pines y actúa como un interruptor ON/OFF. Al conectarlo entre Vcc y GND con una resistencia pull-down o pull-up, el microcontrolador puede leer su estado (HIGH o LOW) desde un pin digital para detectar si está encendido o apagado.



2.3.2 Actuadores utilizados

Dos LEDs (diodo emisor de luz)



Es un actuador óptico que emite luz cuando se le aplica una corriente directa. El LED deja pasar corriente en un solo sentido (ánodo a cátodo) y emite luz visible al activarse. Electrónicamente se conecta en serie con una resistencia limitadora para evitar que reciba más corriente de la que soporta. Se controla con una salida digital: encendido (HIGH) o apagado (LOW).

Un Buzzer

Es un actuador sonoro que emite un sonido al recibir una señal eléctrica. Puede ser activo (suena al aplicarle tensión) o pasivo (requiere una señal PWM para producir tono). En ambos casos, se activa con una señal digital. Internamente contiene una pequeña placa piezoeléctrica o una bobina que vibra al aplicarse corriente, generando sonido. Se utiliza para emitir alertas o notificaciones acústicas.



Motor Vibrador (Simulado en Wokwi con un led)

Es un actuador mecánico que genera vibración cuando se le aplica tensión.



Funciona con un pequeño motor DC que tiene una masa desbalanceada en su eje, la cual produce vibración al girar.

Se controla desde una salida digital, generalmente a través de un transistor, ya que suele requerir más corriente de la que puede entregar directamente el microcontrolador. Se activa con un nivel HIGH y se apaga con un LOW.

Además de los sensores y actuadores mencionados, utilizaremos los siguientes elementos:

- **ESP32:** El ESP32 es un microcontrolador de alto rendimiento con conectividad Wi-Fi y Bluetooth integrada. Es el componente central del sistema, encargado de procesar la información proveniente de los sensores, controlar los actuadores y gestionar la lógica de funcionamiento del bastón inteligente.
- **Protoboard:** La protoboard, o placa de pruebas, permite montar circuitos electrónicos sin necesidad de soldadura. Se utiliza para conectar de forma rápida y ordenada los diferentes componentes del sistema.
- **Resistencias:** Las resistencias son componentes electrónicos que limitan el paso de corriente en el circuito. En este proyecto, se utilizan principalmente para proteger entradas analógicas y establecer condiciones adecuadas de funcionamiento en sensores y actuadores.
- **Cables conectores:** Los cables conectores permiten realizar las conexiones eléctricas entre el ESP32, los sensores, los actuadores y la protoboard. Son fundamentales para establecer el flujo de señales y energía en el sistema.

2.4 Manual de Usuario

Descripción General

Este bastón inteligente está diseñado para brindar mayor seguridad y autonomía a personas con discapacidad visual. Detecta obstáculos en el entorno cercano y alerta al usuario mediante señales acústicas, vibración y luces. Además, incorpora sensores para determinar si el bastón está siendo sostenido y mecanismos para control manual del sistema.

Componentes y Funciones

- Sensor ultrasónico (HC-SR04): Detecta obstáculos al frente, izquierda o derecha del bastón.
- Sensor táctil: Detecta si el usuario está sosteniendo el bastón.

- Buzzer: Emite diferentes patrones de sonidos según la ubicación del obstáculo o si el bastón es soltado.
- Motor vibrador: Vibra en diferentes patrones según la ubicación del obstáculo detectado.
- LED verde: Indica que el sistema está encendido y operativo.
- LED rojo: Se enciende cuando el bastón es soltado por más de 5 segundos, como señal de alerta.
- Slide switch 1 (apagado general): Apaga completamente el bastón.
- Slide switch 2 (apagado del buzzer): Permite silenciar el buzzer cuando suena por haberse detectado un obstáculo.

Funcionamiento General

1. Encendido del Sistema

- Deslice el interruptor general (SW1) a la posición ON.
- El LED verde se encenderá, indicando que el bastón está activo.
- Todos los sensores y actuadores quedan habilitados y en espera de detección.

2. Detección de Obstáculos

Cuando el sensor ultrasónico detecta un obstáculo, se activa un patrón de alertas que depende de dos factores:

a) En base a la dirección del obstáculo:

- A la izquierda: El buzzer y el motor vibrador activan un patrón con frecuencia de 1.
- A la derecha: El buzzer y el motor vibrador emiten un patrón con frecuencia de 2.
- Al frente (tanto a la izquierda como a la derecha del bastón): El buzzer y el motor vibrador emiten un patrón con frecuencia de 3.

b) En base a la cercanía del obstáculo, el tono del buzzer también varía. Cuanto más cerca esté, más agudo será.

- Distancia media (menos de 150 centímetros): El buzzer emite un tono grave.
- Distancia cercana (menos de 100 centímetros): El buzzer emite un tono medio.
- Distancia muy cercana (menos de 50 centímetros): El buzzer emite un tono agudo.

Esta combinación de alertas en base a dirección y proximidad de obstáculos permite al usuario interpretar de manera intuitiva cómo y cuándo modificar su trayectoria.

3. Detección de Soltado del Bastón

Si el sensor táctil deja de detectar presión (es decir, si el usuario suelta el bastón):

- Se activa un temporizador.
- Si el bastón no es presionado nuevamente dentro de unos segundos, se emiten las siguientes alertas:
 - Buzzer con un tono especial diferente al de obstáculos.
 - LED rojo encendido.
 - El LED verde se apaga.

Esto permite a la persona con discapacidad visual localizar el bastón si ha sido soltado o se ha caído, además de funcionar como una señal de solicitud de ayuda para quienes se encuentren cerca.

4. Silenciar el buzzer (SW2)

- Si no desea que el buzzer suene al detectar un objeto cercano (por ejemplo, si va a entrar a un espacio cerrado y no desea molestar a las demás personas con el sonido del bastón), puede mover el interruptor de apagado del buzzer (SW2) a la posición OFF. Esto permitirá que el bastón siga funcionando correctamente en modo silencioso.
- Al entrar en el modo silencioso, el motor vibrador será el encargado de alertar al usuario de los obstáculos detectados.

5. Reanudación del uso

- Al volver a tomar el bastón (presionando el sensor de presión):
 - El buzzer se apaga automáticamente.
 - El LED rojo se apaga.
 - El LED verde se vuelve a encender indicando que el sistema está listo nuevamente.
 - Todas las funciones vuelven al estado operativo normal.

2.5 URL al proyecto de WOKWI

<https://wokwi.com/projects/430168576825438209>

3 Referencias

- [1] R. Santos, “ESP32 Touch Pins with Arduino IDE,” Random Nerd Tutorials. [Online]. Available: <https://randomnerdtutorials.com/esp32-touch-pins-arduino-ide/>. [Accessed: 6-May-2025].
- [2] UNLaM - Sistemas Operativos Avanzados, “Sistemas embebidos e Internet de las Cosas,” Wiki SOA-UNLaM. [Online]. Available: https://www.soa-unlam.com.ar/wiki/index.php/PUBLICO:Sistemas_embebidos_e_Internet_de_las_Cosas. [Accessed: 6-May-2025].
- [3] UNLaM - Sistemas Operativos Avanzados, “Tiempo Real,” Wiki SOA-UNLaM. [Online]. Available: https://www.soa-unlam.com.ar/wiki/index.php/PUBLICO:Tiempo_Real. [Accessed: 6-May-2025].
- [4] UNLaM - Sistemas Embebidos, Apunte de Electrónica y Arduino en Tinkercad. [Online]. Available: https://soa-unlam.com.ar/material-clase/Sistemas%20Embebidos/Apuntes%20Catadra/Apunte_Electronica_y_Arduino_en_Tinkercad.pdf. [Accessed: 6-May-2025].
- [5] UNLaM - Sistemas Embebidos, Apunte de Sensores y Actuadores. [Online]. Available: https://soa-unlam.com.ar/material-clase/Sistemas%20Embebidos/Apuntes%20Catadra/Apunte_Sensores_Actuadores.pdf. [Accessed: 6-May-2025].
- [6] UNLaM - Sistemas Embebidos, Apunte de Máquinas de Estados Finitas. [Online]. Available: https://soa-unlam.com.ar/material-clase/Sistemas%20Embebidos/2doCuatrimestre_2020/MaquinasDeEstadosFinitas.pdf. [Accessed: 6-May-2025].
- [7] UNLaM - Sistemas Embebidos, Ejemplo de proyecto integrador SmartCane (documento compartido por la cátedra). [Online]. Available: <https://drive.google.com/file/d/1oGXWErMRWKgpf-fvuzQ9hzUO7zYFdC-s/view>. [Accessed: 6-May-2025].