

GPS a base de vibraciones

Lucas Castronuovo

Resumen—El aumento de robos y hurtos de dispositivos móviles en la vía pública, junto con la creciente necesidad de accesibilidad, ha motivado la exploración de una innovadora aplicación móvil GPS. Esta aplicación utiliza patrones de vibración para guiar a los usuarios, permitiéndoles recibir información sobre su ubicación sin tener que mirar el teléfono. Esta implementación no solo representa un avance en el uso de la tecnología GPS, sino que también ofrece soluciones efectivas a las problemáticas relacionadas con la seguridad y la accesibilidad en el entorno urbano.

I. INTRODUCCIÓN

Los dispositivos móviles están en constante riesgo de ser robados, especialmente en espacios públicos, donde constituyen el 27 % del total de robos reportados en Argentina. Este delito afecta principalmente a los jóvenes, quienes son considerados el blanco más vulnerable. Sin embargo, el problema de los robos de dispositivos móviles no se limita a Argentina; también es significativo en otros países. Por ejemplo, en Perú se registran aproximadamente 4,800 denuncias de robo por día, mientras que en Colombia la cifra alcanza las 3,500 denuncias diarias. [1] Muchos expertos en ciberdelincuencia recomiendan evitar el uso de los teléfonos celulares en la vía pública[2].

Las personas con discapacidades enfrentan serias dificultades para circular en la vía pública. En Estados Unidos, lamentablemente, no se lleva un registro sistemático de muertes ni lesiones relacionadas con este tema, y las infraestructuras viales carecen de las adaptaciones necesarias para facilitar el tránsito de estas personas. Un semáforo equipado con un sistema de alerta sonora, como una campana, podría ser una medida eficaz para prevenir accidentes que afecten a individuos no videntes[3].

Las personas con discapacidad auditiva enfrentan desafíos significativos al tratar de determinar la dirección de un vehículo en movimiento, lo que limita su capacidad para percibir flujos de información en su entorno. Esta falta de percepción auditiva hace esencial la potenciación de otros sentidos, como la vista y el tacto, para mejorar su seguridad y movilidad en la vía pública.[4] Esto conlleva a pensar en alternativas de accesibilidad[5].

Se han desarrollado diversos proyectos destinados a mejorar la accesibilidad para personas con discapacidad visual o auditiva. Por ejemplo, existe una aplicación que permite a las personas con discapacidad auditiva percibir la música a través de vibraciones [6]. Además, se ha creado un dispositivo portátil diseñado para detectar sonidos importantes y transmitir esta información mediante vibraciones [7].

En el ámbito de la discapacidad visual, se han propuesto varias soluciones para facilitar el uso de aplicaciones móviles [8].

Asimismo, hay zapatos equipados con dispositivos vibradores que emiten patrones de vibración para guiar a personas con discapacidad visual hacia su destino a través de GPS [9][10].

El Sistema de Posicionamiento Global (GPS) es una tecnología de localización desarrollada inicialmente por el Departamento de Defensa de Estados Unidos para fines militares. Desde 1995, funciona mediante una red de computadoras y 24 satélites en órbita, que permiten determinar con precisión la altitud, longitud y latitud de objetos en la Tierra a través de triangulación[11]. A partir de su lanzamiento, la tecnología fue avanzando e innovándose, permitiendo su uso en diferentes campos[12].

A-GPS (Assisted GPS) mejora el GPS tradicional al usar datos de la red celular, lo que permite obtener la ubicación del dispositivo de forma más rápida y precisa, especialmente en áreas con baja señal de GPS[13].

Mi idea para el proyecto de investigación es la exploración de una aplicación móvil GPS que funcione a base de vibraciones. Esto le permitirá a los usuarios que no desean mirar su celular (por miedo a robos) saber hacia dónde ir o para aquellas personas con discapacidad auditiva o ceguera, poder dirigirse hacia su destino, de una forma dinámica, accesible y eficiente.

Para el desarrollo de la aplicación, se cuenta con el entorno oficial para la creación de software en Android, conocida como Android Studio[14] [15].

En la Sección II, se aborda la problemática de la inseguridad que enfrentan los peatones al sufrir robos de sus dispositivos móviles en la vía pública. La Sección III presenta proyectos relacionados con la accesibilidad, enfocándose tanto en personas con discapacidad visual como en aquellas con discapacidad auditiva en el uso de dispositivos móviles. La Sección IV se dedica a explicar conceptos clave del paper, facilitando así la comprensión por parte del lector. En la Sección V, se detallan los componentes esenciales necesarios para el desarrollo de la aplicación móvil GPS. Finalmente, la Sección VI expone la estructura y arquitectura interna de la aplicación, brindando una visión clara del diseño y funcionamiento propuesto.

I-A. Investigación bibliográfica

[9] Es un artículo que es muy similar a mi idea, pero con un enfoque especial para los invidentes y con el uso de un dispositivo externo. Contiene muchas referencias.

[10] Este artículo trata el mismo objetivo que el anterior, pero es más actual y también contiene muchas referencias.

[11] Documento que profundiza en el GPS de manera general. Cuenta con muchas referencias y fue muy citado en otras investigaciones. Es bastante viejo.

[12] Conferencia que profundiza en GPS. Bastante viejo
 [13] Artículo que trata de la precisión del GPS presente en los teléfonos celulares. Artículo viejo pero bastante citado y con referencias.

[14] Documento que brinda una guía de cómo desarrollar una aplicación móvil para el uso de GPS.

[15] Libro para aprender sobre Android Studio.

[6] Artículo que habla sobre el desarrollo de la apreciación musical en niños sordos mediante vibraciones de una aplicación móvil. Aunque mi investigación no trate específicamente sobre eso, respalda el uso de vibraciones para la estimulación en personas con discapacidad auditiva.

[8] Conferencia que destaca estrategias de accesibilidad en aplicaciones móviles para personas no videntes.

[7] Artículo que explica el uso de un dispositivo móvil para que una persona con discapacidad auditiva pueda reconocer, mediante vibraciones, distintos sonidos que ocurren en el ambiente, incluido el sonido de un teléfono celular.

[1] Artículo periodístico que profundiza sobre el robo de celulares en la vía pública. Destaca medidas de protección.

[2] Otro artículo periodístico que trata sobre la gran cantidad de hurtos del dispositivo móvil. Aconseja al lector los pasos a seguir tras sufrir el robo.

[5] Artículo que brinda información sobre la accesibilidad de personas con discapacidades.

[3] Noticia que destaca la falta de accesibilidad en las vías públicas de Estados Unidos.

[4] Sitio web que explica cómo la discapacidad auditiva puede influir en la seguridad vial y propone medidas para reducir los riesgos asociados.

REFERENCIAS

- [1] M. Rufino, "Robo de celulares en ambas: ya son 10.000 los ilícitos por día y crece el riesgo de estafas," *El Cronista*, 2024.
- [2] M. Bianchi, "Robo de celulares. desaparece uno cada 30 segundos: qué hacen los delincuentes con los teléfonos y qué deben hacer las víctimas," *La Nación*, 2023.
- [3] C. Folska, "Disabled people are dying in america's crosswalks. we need to protect them," *Governing*, 2024.
- [4] (2024) Faller. [Online]. Available: <https://faller-audio.com/en/guidebook>
- [5] J. A. O. Zambrano, Y. T. C. Cujilan, M. d. C. T. Bernabe, and K. N. L. Castillo, "La usabilidad y accesibilidad: Estudio de guías para aplicaciones en dispositivos móviles," *Domino de las Ciencias*, vol. 3, no. 3, pp. 1181–1209, 2017.
- [6] A. E. F. Cortázar and J. R. Rojano-Cáceres, "Desarrollo de la apreciación musical en niños sordos mediante estimulación por vibraciones desde una aplicación móvil," *Revista Brasileira de Informática na Educação*, vol. 29, pp. 1007–1037, 2021.
- [7] M. Yağanoğlu and C. Köse, "Real-time detection of important sounds with a wearable vibration based device for hearing-impaired people," *Electronics*, vol. 7, no. 4, p. 50, 2018.
- [8] P. Santana Mansilla, G. E. Lescano, and R. Costaguta, "Accesibilidad de aplicaciones móviles para discapacitados visuales: problemas y estrategias de solución," in *II Simposio Argentino sobre Tecnología y Sociedad (STS)-JAIIO 44 (Rosario, 2015)*, 2015.
- [9] R. Velázquez-Guerrero, E. Pissaloux, C. Del-Valle-Soto, M.-Á. Carrasco-Zambrano, A. Mendoza-Andrade, and J. Varona-Salazar, "Movilidad para invidentes utilizando el gps del teléfono inteligente y un dispositivo táctil vestible," *DYNA-Ingeniería e Industria*, vol. 96, no. 1, 2021.
- [10] R. V. Guerrero, R. T. Gutiérrez, and C. D. V. Soto, "Zapato con gps para apoyar la autonomía de personas con discapacidad visual (gps shoe to support the autonomy of people with visual disabilities)," *Pistas Educativas*, vol. 45, no. 145, 2023.

- [11] A. Pozo-Ruz, A. Ribeiro, M. García-Alegre, L. García, D. Guinea, and F. Sandoval, "Sistema de posicionamiento global (gps): descripción, análisis de errores, aplicaciones y futuro," *ETS ingenieros de Telecomunicaciones. Universidad de Malaga*, pp. 1–9, 2000.
- [12] C. Rizos, "Trends in gps technology & applications," in *2nd International LBS Workshop*, 2003.
- [13] P. A. Zandbergen and S. J. Barbeau, "Positional accuracy of assisted gps data from high-sensitivity gps-enabled mobile phones," *The Journal of Navigation*, vol. 64, no. 3, pp. 381–399, 2011.
- [14] B. Andreea-Maria, "Development of an android location app based on gps signals," *BULETIN ȘTIINȚIFIC SUPLIMENT*, p. 139, 2021.
- [15] GoalKicker.com, *Android:Notes for professionals*, 2018.

II. ROBO DE CELULARES EN LA VÍA PÚBLICA

En Argentina, en 2022, se bloquean 1.039.727 dispositivos móviles por diversos motivos, como extravío, robo y hurto. En 2023, se reporta la desaparición de 3.000 dispositivos móviles por día, alcanzando un total de 731.292 hasta agosto. En la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, durante ese mismo año, se registran aproximadamente 3.000 denuncias mensuales por robo de celulares, lo que equivale a 113 denuncias diarias[2]. En 2024, según BTR Consulting, el 27 % de los robos en el país corresponde a hurtos de dispositivos móviles en vías públicas, con un promedio de 10.000 dispositivos arrebatados diariamente, es decir, 416 por hora[1].

El país registra niveles más altos de robos de dispositivos móviles en comparación con países vecinos. Según datos de la Policía Nacional de Perú, se reportan 4.800 robos de dispositivos móviles por día, lo que equivale a 200 por hora. En Colombia, la cifra es menor, con 3.500 casos diarios, es decir, 146 por hora[1].

Los principales objetivos de los robos son adolescentes y jóvenes adultos, quienes constituyen los mayores consumidores de tecnología[1]. Se observa que los delincuentes prefieren realizar el hurto cuando las víctimas están utilizando el dispositivo, ya que en ese momento el teléfono suele estar desbloqueado[2].

El objetivo principal de este delito es la reventa de dispositivos móviles o sus partes en el mercado negro, a un precio entre un 30 % y 40 % inferior al valor promedio de venta. Este es el método mediante el cual los delincuentes obtienen ingresos. Para facilitar el proceso, se utiliza una herramienta conocida como "Sigma Box", que permite conectar el dispositivo robado, borrar su contenido y restaurarlo a su configuración de fábrica. Además, es común que se acceda al dinero de las aplicaciones de homebanking y billeteras virtuales de las víctimas, y se lleven a cabo estafas y extorsiones[2].

BTR Consulting señala que existe una alta exhibición de dispositivos móviles tanto en el transporte público como en la vía pública. La recomendación es evitar su uso en estos entornos y no guardarlos en los bolsillos traseros del pantalón o en los bolsillos de las mochilas[1].

III. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

III-A. Movilidad para invidentes utilizando el GPS del teléfono inteligente y un dispositivo táctil vestible

Se desarrolla un sistema diseñado para asistir a personas invidentes o con dificultades visuales en su movilidad en

entornos urbanos. Este sistema utiliza el sensor GPS del dispositivo móvil para captar la ubicación del usuario en tiempo real y envía instrucciones sobre la dirección a seguir a través de patrones de vibración generados por una interfaz táctil integrada en el calzado. Para este proyecto, se realizan dos experimentos.

- En el primer experimento, participan de forma voluntaria 20 estudiantes jóvenes sin discapacidades de la Universidad Panamericana de México. Tras recibir instrucciones generales y familiarizarse con el dispositivo, se les da la opción de elegir la frecuencia de vibración de la interfaz; todos optan por 55 Hz, que es la frecuencia máxima disponible. Se evalúa únicamente la eficacia de percepción de las vibraciones, con un asistente que maneja y envía las instrucciones de vibración sin utilizar el dispositivo móvil ni el programa de navegación. La interfaz cuenta con cuatro puntos de contacto, que indican las instrucciones de avanzar (A), retroceder (R), girar a la izquierda (I), girar a la derecha (D) y detenerse (S) mediante patrones de vibración. Los resultados muestran una eficacia del 100 % para A, 97,78 % para R, 88,89 % para I, 90 % para D y 100 % para S.
- En el segundo experimento, se prueba el sistema en situaciones reales con la participación de dos hombres adultos invidentes. El participante A es ciego de nacimiento, mientras que el participante B desarrolla retinitis pigmentaria a una edad temprana. Ambos participantes no presentan discapacidades en el tacto de sus pies ni en sus funciones cognitivas. En este experimento, se lleva a cabo un entrenamiento previo para que los participantes transiten por entornos urbanos con poca concurrencia vehicular, enfrentándose a objetos estáticos y dinámicos, como personas en movimiento. Los participantes informan que el sistema es intuitivo y requiere de poca concentración.

Los resultados obtenidos demuestran que el sistema es operacional.[9]

III-B. Desarrollo de la apreciación musical en niños Sordos mediante estimulación por vibraciones desde una aplicación móvil

Se desarrolla una aplicación móvil para niños que permite, mediante vibraciones generadas por el dispositivo y el sentido del tacto del usuario con discapacidad auditiva, proporcionar estimulaciones que simulan la apreciación musical. Esto facilita la enseñanza de conceptos musicales sin depender del sentido del oído.

La aplicación cuenta con un video de bienvenida de una persona que, mediante lenguajes de señas, introduce al usuario sobre el fin de la aplicación, el contenido que cuenta la aplicación y como utilizar cada función:

- Función "Piano": Consiste en teclas de piano el cual cada nota cuenta con un color asociado. Al presionar cada

tecla, el dispositivo móvil libera una correspondiente vibración y sonido.

- Función "Aprender las notas": Consiste en que el usuario se familiariza con las notas musicales a través de niveles con desafíos. Se inicia con un video introductorio que explica, mediante lenguajes de señas, la temática de la función. Primero, se indican las notas a practicar en el nivel correspondiente, permitiendo que el usuario asocie cada nota mediante las vibraciones. Luego, otro video presenta un desafío en el cual el usuario debe identificar la nota correspondiente a la vibración liberada para ayudar a un animal a alcanzar la meta.
- Función "Descubre el ritmo": Mediante un video, indica al usuario que las pelotas se moverán de forma aleatoria. Debe seleccionar la pelota que se mueve según el patrón rítmico de las vibraciones que se liberan a intervalos regulares.

En sesiones presenciales, se introducen conceptos de música a 12 niños, de los cuales 5 participan en un experimento para probar la aplicación móvil. La evaluación demuestra mejoras en la percepción de las vibraciones a medida que los niños continúan utilizando la aplicación, despertando su interés por seguir aprendiendo conceptos musicales[6].

III-C. Accesibilidad de aplicaciones móviles para discapacitados visuales: problemas y estrategias de solución

La investigación destaca que los avances tecnológicos han dificultado la utilización de las aplicaciones móviles por parte de discapacitados visuales. En esta conferencia se mencionan las barreras de accesibilidad que enfrentan y posibles soluciones que se pueden implementar para mitigar las complejidades que ellos enfrentan:

- Solución a problemas de accesibilidad con síntesis de voz: Hay dos factores que dificultan la comprensión del sintetizador de voz: Los sonidos emitidos de otras aplicaciones y la privacidad. Para el primer caso se recomienda establecer una función que desactive estos sonidos de manera automática o que el usuario pueda configurar el audio. Para la privacidad se brinda la solución de poder modificar el sonido del sintetizador de voz para que los sonidos sean incomprensibles para otras personas.
- Solución a problemas de accesibilidad con el uso de mapas: Para la asistencia en la exploración de ambientes exteriores se destacan las aplicaciones TouchOver Map y PointNav. La primera permite que los usuarios no videntes obtengan información geoespacial mediante representaciones no visuales, utilizando retroalimentación auditiva y táctil. El usuario coloca su dedo sobre la pantalla y, cuando toca una calle, se menciona el nombre de la misma mientras el dispositivo vibra de forma continua. Si el dedo se aleja de la calle, el dispositivo deja de vibrar, pero el nombre de la calle sigue mencionándose, lo que permite que la persona vuelva a localizar la calle correspondiente. Este sistema guía al usuario a lo largo

de una ruta y le proporciona información de localización precisa.

La segunda aplicación, PointNav, permite al usuario explorar y navegar mediante retroalimentación por vibraciones y voz. La interfaz de la aplicación consta de 9 botones, los cuales son identificados a través de vibraciones mientras el usuario desplaza su dedo entre ellos. Al detenerse en un botón, una voz anuncia su nombre, y la selección se realiza levantando el dedo de la pantalla. Entre los botones disponibles se encuentra el botón "Escanear", que permite al usuario apuntar su dispositivo móvil en la dirección deseada. Cuando el dispositivo detecta un Punto de Interés (POI) dentro de un rango predefinido, se genera una vibración corta, seguida por la indicación del nombre y la distancia del POI. Otro botón destacado es "Guía", que dirige al usuario hacia el POI seleccionado utilizando ángulos específicos para las instrucciones recto, "girar a la derecha", "girar a la izquierda" y "dar la vuelta". Las indicaciones se proporcionan tanto mediante señales auditivas como a través de diferentes patrones de vibración. Al llegar al destino, el dispositivo emite una secuencia final de vibraciones y un mensaje de voz que confirma la llegada.

- Solución a problemas de accesibilidad con el teclado: Para este caso se plantean dos estrategias: la realimentación vibro-táctil y el uso de marcadores táctiles. Se mencionan proyectos que trajeron la solución mediante distintas implementaciones: Un trabajo busca la organización de funciones y botones en la interfaz, además de como combinar mensajes de voz con feedback vibro-táctil. La aplicación consiste en 4 puntos de referencias, ubicados en las esquinas de la pantalla del dispositivo, que están siempre presentes en el teclado para que el usuario obtenga información cuando lo requiera. En la esquina superior izquierda es el botón "Exit/Back" para volver al paso previo - En la esquina superior derecha se encuentra el botón "Position" el cual permite conocer el estado de la posición actual - En la esquina inferior izquierda se encuentra el botón Repeat que permite leer un número de teléfono - En la esquina inferior derecha se encuentra el botón "Done" que permite confirmar una elección. Además, para ayudar al usuario a percibir los números en el teclado virtual, se utiliza la vocalización de número junto con un patrón específico para los números pares, impares y otro para el número 5. Otro trabajo se dedicó a mejorar la accesibilidad del usuario no vidente mediante combinaciones de mensajes de voz, audios y vibraciones insertadas en código fuente de la IU, de manera que se permita combinaciones personalizables, concepto conocido como CAC, asistiendo al no vidente en la exploración y reconocimiento del contenido sin alterar la organización original de la IU.
- Solución a problemas de accesibilidad con reconocimiento de voz: La solución se basa en la aplicación VoiceMail el cual permite a los usuarios no videntes enviar y recibir mails grabando su voz y en vez de convertir la voz en texto, el sistema envía directamente el mensaje de

voz grabado a la dirección de e-mail correspondiente como un archivo adjunto. De esta manera se evitan los problemas que surgen por dificultades de la precisión del reconocimiento de voz, revisión y edición del texto reconocido e interferencias y ruidos ambientales.

[8]

III-D. Detección en tiempo real de sonidos importantes con un dispositivo portátil basado en vibraciones para personas con discapacidad auditiva

Se desarrolla un dispositivo para informar a personas con discapacidad auditiva sobre sonidos importantes del entorno, mediante vibraciones que permiten identificar el tipo de sonido. El sistema opera en tiempo real y utiliza el método de huellas dactilares de audio, logrando una precisión del 98 % para identificar el timbre de una puerta, 99 % para alarmas y timbres telefónicos, entre el 91 % y 97 % para otros sonidos como bocinazos, frenos, ladridos de perros y voces humanas. La huella dactilar de audio es un breve resumen perceptual de un archivo de audio.

El dispositivo fue probado 100 veces al día durante 100 días, tanto en cinco personas con discapacidad auditiva como en 50 personas oyentes, cuyos oídos estaban cubiertos con auriculares para simular pérdida auditiva. Los resultados mostraron que las personas sordas valoraron la claridad del sistema en un 90 %, su utilidad en un 97 %, y un 100 % de ellas expresó su disposición a seguir usando el dispositivo. Este estudio tiene como objetivo mejorar la calidad de vida de las personas con discapacidad auditiva[7].

IV. MARCO TEÓRICO

IV-A. GPS y A-GPS

IV-A1. GPS: El Sistema de Posicionamiento Global (GPS) consiste en una constelación de 24 satélites que orbitan a 12.000 millas de la superficie terrestre y que son alimentados por energía solar. Estos satélites son operados por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos en colaboración con otras entidades gubernamentales.

El funcionamiento del GPS se basa en la transmisión de señales de radio desde los satélites, las cuales son recibidas por el receptor GPS del dispositivo móvil. A través de estas señales, se calcula la posición del receptor, expresada en coordenadas de latitud y longitud.

IV-A2. A-GPS: El Sistema de Posicionamiento Global Asistido (A-GPS) es una tecnología utilizada por los teléfonos móviles. La red del dispositivo brinda información útil para ayudar al receptor GPS a calcular la posición del usuario con mayor precisión y rapidez. Reduce el tiempo de adquisición de la señal al eliminar secciones del espacio de búsqueda de la señal.

La principal diferencia entre el Sistema de Posicionamiento Global (GPS) y el Sistema de GPS Asistido (A-GPS) radica en la precisión y velocidad de obtención de la información de posicionamiento. El GPS tradicional es más preciso, ya

que presenta un menor margen de error en la determinación de la ubicación del usuario en comparación con el A-GPS. No obstante, el A-GPS permite obtener la información de posicionamiento de manera más rápida, especialmente en entornos complejos, como interiores o áreas urbanas densamente pobladas, donde el GPS tradicional puede requerir más tiempo para fijar la ubicación[13].

IV-B. Fuentes de error en los GPS

IV-B1. Perturbación ionosférica: : Las señales de radio del Sistema de Posicionamiento Global (GPS) experimentan alteraciones en su velocidad al atravesar la ionosfera, que está compuesta por partículas cargadas eléctricamente.

IV-B2. Fenómenos meteorológicos: : En la troposfera, el vapor de agua presente puede afectar las señales electromagnéticas, alterando su velocidad. Los errores que causan estas condiciones son similares en magnitud a los que se provocan por la ionosfera; sin embargo, en este caso, la corrección de dichos errores resulta más difícil.

IV-B3. Imprecisión en los relojes: : Los relojes atómicos de los satélites, a pesar de ser cuidadosamente ajustados y controlados, presentan ligeras desviaciones. De manera análoga, los relojes de los receptores también experimentan variaciones similares.

IV-B4. Interferencias eléctricas imprevistas: : Las interferencias eléctricas pueden causar correlaciones incorrectas en los códigos pseudoaleatorios o un redondeo inadecuado en el cálculo orbital. Aunque los errores significativos son fáciles de detectar, las pequeñas desviaciones pueden resultar en errores de hasta un metro, dificultando su identificación.

IV-B5. Error multisenda: : Las señales emitidas por los satélites pueden experimentar reflexiones antes de llegar al receptor. Para minimizar este tipo de error, los receptores modernos utilizan técnicas avanzadas de procesamiento de señal y antenas diseñadas específicamente. Sin embargo, la modelización de este error es compleja, ya que depende del entorno en el que se encuentre la antena GPS.

IV-B6. Interferencia "Disponibilidad Selectiva S/A": : Esta fuente de error constituye la más significativa y es introducida deliberadamente por las autoridades militares.

IV-B7. Topología receptor-satélites: : Es fundamental que los receptores consideren la geometría entre el receptor y los satélites visibles en el cálculo de distancias, dado que una disposición espacial específica puede afectar la precisión de las mediciones. Los receptores más sofisticados utilizan un factor multiplicativo para ajustar el error de medición de la distancia, conocido como "dilución de la precisión geométrica".

[11]

IV-C. La precisión del GPS en interacción con las fuentes

Al ocurrir estas fuentes de errores, se genera un cierto grado de incertidumbre. Es por eso que se determina una estimación de la posición, valor medio, dentro de un intervalo de tiempo con una determinada dispersión. El error se puede representar de diferentes maneras:

IV-C1. Error Cuadrático Medio: :

$$ECM = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2} \quad (1)$$

IV-C2. Distribución Normal: : Se utiliza cuando la mayoría de los errores se concentran alrededor del valor medio, y se pueden deducir probabilidades asociadas a estos errores en función de su dispersión.

IV-C3. Error Circular Probable: : Se define como el radio del círculo que contiene la estimación más probable de la posición.

[11]

IV-D. Accesibilidad para personas invidentes y sordas

IV-D1. Accesibilidad para personas invidentes:

- Lector de pantalla: Software que realiza la traducción de texto a sonido mediante un sintetizador de voz.
- Magnificador de pantalla: Tecnología que permite aumentar el tamaño de texto o imágenes.
- Tamaños de fuente ajustables: Función incorporada en algunos dispositivos móviles. Aumenta el tamaño de la fuente.
- Reconocimiento de voz: Herramienta que le permite al usuario, mediante un dispositivo de entrada, completar una función o control del dispositivo móvil a través de comandos de voz.
- Controles de contraste/brillo: Permite que el usuario pueda modificar el color de la pantalla y ajustar el brillo.
- Pantalla Braille: Hardware dedicado a la obtención y entrega de información electrónica desde una computadora al usuario, en formato Braille, a través de la lectura y su traducción[8].
- Entorno gráfico: Sustituye las letras y números por grafismos. Se cuenta con la posibilidad de ampliar los íconos.
- Asociador de contactos con imágenes y sonidos: Tecnología que permite relacionar un determinado sonido o imagen a cada persona para su identificación.
- Asociador de íconos con palabras: Permite que programas que traducen a voz el texto, puedan leer cada grafismo.
- VoiceOver: Tecnología que lee la pantalla y le brinda al usuario descripciones audibles de elementos y acciones en la aplicación[5].

IV-D2. Accesibilidad para personas sordas:

- Modulador del volumen del sonido: Tecnología que ecualiza sonidos.
- Alarmas visuales o vibradores: Herramienta que adapta funcionalidades como alarmas para la notificación de correos electrónicos, despertador, llamadas entrantes y citas de agenda.

- Videoconferencia: Permite la comunicación cara a cara utilizando gestos de señales, evitando el envío de textos.
- Subtítulos: Mediante texto, ayuda al usuario al seguimiento de una reproducción de video o película.
- Correo de voz: Mensajes de voz almacenados en el buzón de correo.
- Mono audio: El sonido de los canales izquierdo y derecho son combinados en una señal mono.

[5]

IV-E. Programación en Android y Android Studio

Android Studio constituye el entorno oficial para el desarrollo de aplicaciones en Android, fundamentado en la tecnología de JetBrains. Integra diversas herramientas que facilitan el proceso de desarrollo, tales como un sistema de compilación denominado Gradle y un emulador que permite la prueba de aplicaciones. Se adapta a múltiples plataformas de escritorio, incluyendo Mac, Windows y Linux[14].

V. COMPONENTES

V-A. A-GPS del dispositivo móvil

La tecnología es utilizada para aplicaciones móviles que requieren información de ubicación en tiempo real, garantizando una disponibilidad y precisión elevadas de las correcciones de posición en diversas condiciones[13].

V-B. Android Studio para el desarrollo de la app

Es el entorno utilizado en [14] para el desarrollo de la aplicación móvil "GpsCoordinates".

VI. IMPLEMENTACIÓN

VI-A. Configuración inicial y permisos

Al iniciar la aplicación, se solicita al usuario el permiso para acceder a su ubicación. Esta acción es crucial, ya que la aplicación depende de la información de ubicación en tiempo real para ofrecer rutas y direcciones precisas. Si los permisos son concedidos, se procede a obtener la última ubicación conocida del usuario.

VI-B. Obtención de Ubicación

Utilizando FusedLocationProviderClient, la aplicación obtiene actualizaciones de ubicación periódicas. Cada vez que se recibe una nueva ubicación, se actualiza el mapa, permitiendo que el usuario visualice su posición actual. Además, se utiliza el método LocationCallback para gestionar estas actualizaciones en tiempo real, lo que mejora la precisión y la rapidez de respuesta de la aplicación.

VI-C. Interfaz de Usuario

La interfaz principal de la aplicación incluye un SearchView para que los usuarios ingresen nombres de ubicaciones que deseen buscar. La búsqueda se ejecuta a través de un Geocoder, que traduce los nombres de las ubicaciones en coordenadas geográficas (latitud y longitud). Al seleccionar una ubicación, la aplicación añade un marcador en el mapa y calcula la ruta desde la ubicación actual del usuario hasta el destino.

VI-D. Integración de Funciones de Accesibilidad

Un componente innovador de la aplicación es su capacidad para proporcionar orientación auditiva y táctil a través de patrones de vibración. Al acercarse a un giro, la aplicación activa diferentes patrones de vibración: un patrón corto y rápido para indicar un giro a la derecha, y un patrón más prolongado para un giro a la izquierda. Si el usuario se aleja de la ruta planificada, se activa una vibración continua para alertarlo, y cuando llega a su destino, se emite un patrón de vibración específico que señala su llegada.

VI-E. Búsqueda por Voz

Para facilitar aún más el uso, la aplicación incorpora un botón de búsqueda por voz. Al activarlo, se inicia un proceso de reconocimiento de voz que permite a los usuarios buscar ubicaciones sin necesidad de escribir. Los resultados del reconocimiento se integran directamente en el SearchView, optimizando así la experiencia de usuario.

VI-F. Visualización de la Ruta

La aplicación no solo muestra la ubicación del usuario, sino que también visualiza la ruta en el mapa utilizando PolylineOptions. Al obtener direcciones desde la API de Google Maps, se dibujan las rutas sobre el mapa, lo que proporciona una representación visual clara del camino que el usuario debe seguir.

[14] [15]

VII. CONCLUSIÓN

El desarrollo de esta aplicación representa un avance significativo e innovador, tanto para reducir el riesgo de delitos que enfrentan las personas en la vía pública como para mejorar la movilidad de aquellos con discapacidades visuales o auditivas. Las problemáticas discutidas en este trabajo destacan la falta de soluciones efectivas que aborden estas cuestiones de manera integral, especialmente en lo que respecta a la seguridad de los peatones.

Es fundamental reconocer que, a pesar de los avances tecnológicos, aún existe una necesidad insatisfecha de abordar estos desafíos de manera adecuada. La creación de esta aplicación es un paso hacia adelante, ya que busca no solo ofrecer una herramienta práctica para la navegación, sino también fomentar un entorno más seguro y accesible para todos.

Al iniciar el desarrollo de soluciones que aborden estas problemáticas, se abre la puerta a un futuro donde la inclusión y la seguridad sean una prioridad. Es imperativo continuar investigando y creando tecnologías que sirvan para empoderar a los usuarios, permitiéndoles desplazarse con confianza y autonomía. Solo así se podrá marcar una diferencia real en la vida de las personas afectadas, garantizando que sus derechos a la movilidad y la seguridad sean plenamente respetados y promovidos.