

Asistencia posicional para personas ciegas o con baja visión en edificios públicos

Federico Cristina¹ [0000-0003-3838-417X], Sebastián Dapoto¹ [0000-0001-7593-0198], Ramiro Intas¹

¹ Instituto de Investigación en Informática LIDI, Facultad de Informática,
Universidad Nacional de La Plata, La Plata, Argentina
{fcristina, sdapoto}@lidi.info.unlp.edu.ar, ramiro.intas@hotmail.com

Resumen. El presente trabajo tiene como objetivo contribuir al avance de la gobernanza digital mediante tecnología de asistencia para personas ciegas o con baja visión, brindando una solución innovadora y personalizada para la orientación espacial en entornos no familiares. Mediante la integración de tecnologías móviles y de información geoespacial, se busca mejorar la independencia y la calidad de vida de las personas ciegas o con baja visión u otro tipo de dificultades, como por ejemplo las personas neurodivergentes, facilitando su participación activa en la sociedad y promoviendo la inclusión en entornos académicos y similares. Este trabajo presenta un prototipo de aplicación móvil que contribuye en ese sentido.

Palabras Clave: asistencia posicional en interiores, personas ciegas, baja visión, gobernanza digital.

1. Introducción

En la sociedad actual, la movilidad y la autonomía son elementos fundamentales para el desarrollo pleno de todas las personas. Sin embargo, existen diferentes grupos de personas para las cuales la tarea de desplazarse en entornos desconocidos representa un desafío significativo.

Uno de los grupos más afectados al momento de desplazarse en entornos desconocidos es el de las personas ciegas o con baja visión. Las personas con baja visión pueden disponer de cierta visión residual, pero no suficiente para ver objetos a distancia o leer carteles. Asimismo, su visión puede ser afectada por el exceso o la falta de iluminación, o pueden sufrir otro tipo de patologías como visión borrosa o nistagmo, afectando no sólo su visión, sino también su equilibrio y coordinación.

Por otro lado, existen otros grupos de personas que pueden necesitar ayuda al momento de orientarse en entornos desconocidos, como por ejemplo las personas neurodivergentes. Las personas neurodivergentes [1] presentan una actividad cerebral diferente, cuyas habilidades y formas de procesar la información no se ajustan a lo que se considera común o estándar. Algunos ejemplos de neurodivergencia incluyen el autismo, el TDAH, la dislexia, el Síndrome de Tourette, entre otros. Las personas que tienen alguna de estas condiciones, pueden experimentar ansiedad social, es decir, que el solo hecho de entablar una conversación con un desconocido, por ejemplo, para pedir información de ubicación, puede generarle un nivel alto de estrés.

La falta de acceso a información espacial precisa y la dificultad para orientarse en lugares nuevos limitan la independencia de las personas ciegas o con baja visión y personas neurodivergentes, pudiendo generar situaciones de ansiedad y frustración.

Uno de los contextos en los que esta problemática se hace más evidente es en las instalaciones de instituciones como facultades y campus universitarios, entre otros. Estos espacios suelen ser extensos y complejos, con múltiples edificios, aulas y áreas comunes. Para las personas de los grupos mencionados anteriormente o visitantes que no están familiarizados con la disposición del lugar, moverse y encontrar ubicaciones específicas puede resultar un reto abrumador.

El desafío de brindar asistencia posicional a personas ciegas o con baja visión y con otro tipo de dificultades en edificios públicos va más allá de la mera implementación tecnológica. Es necesario considerar el concepto de gobernanza digital, que implica la adopción de políticas, normativas y prácticas que garanticen la accesibilidad y la inclusión de todas las personas en el entorno construido [2] [3]. La gobernanza digital en edificios públicos implica la integración de tecnologías accesibles y la colaboración entre diferentes actores, como los desarrolladores de aplicaciones, las instituciones educativas y las autoridades gubernamentales, para asegurar que las soluciones tecnológicas sean implementadas de manera efectiva y sostenible.

Los avances tecnológicos recientes ofrecen nuevas oportunidades para abordar este problema [4] y mejorar la independencia y la calidad de vida de las personas ciegas o con baja visión. En particular, el desarrollo de aplicaciones móviles y la integración de tecnologías como la geolocalización y la síntesis del habla brindan la posibilidad de crear soluciones innovadoras que asistan a las personas en la ubicación y desplazamiento en entornos desconocidos [5] [6].

El objetivo de este trabajo es presentar un enfoque integral para abordar la problemática de la orientación espacial de las personas ciegas o con baja visión en edificios públicos. Se explorarán las diversas tecnologías disponibles y se propondrá el desarrollo de un prototipo móvil personalizado que ofrezca asistencia auditiva a las personas, proporcionándoles información sobre su ubicación y guiándolos de manera efectiva hacia destinos específicos. El objetivo final del proyecto es convertir el prototipo en una aplicación móvil de asistencia para personas ciegas en el contexto específico de las instalaciones de la Facultad de Informática de la Universidad Nacional de La Plata (UNLP).

Además de presentar el marco teórico y las soluciones propuestas, se abordarán aspectos prácticos relacionados con la usabilidad, la accesibilidad y la aceptación de la tecnología por parte de los usuarios. Se discutirán también los desafíos y las limitaciones que pueden surgir al implementar estas soluciones en entornos reales, así como las posibles vías para futuras investigaciones y mejoras en esta área.

El resto del trabajo se organiza de la siguiente manera: en la sección 2 se detallan los desafíos que enfrentan las personas con problemas de visión, así como la importancia de una solución de asistencia posicional. La sección 3 describe la metodología utilizada para desarrollar la aplicación, incluyendo las generalidades del algoritmo de entrenamiento y estimación posicional utilizados. En la sección 4 se detalla la solución desarrollada, así como su arquitectura y funcionalidades relacionadas. La sección 5 presenta los escenarios de pruebas, los resultados obtenidos y el análisis de la precisión de la asistencia posicional brindada por la aplicación. Finalmente, en la sección 6 se resumen las principales contribuciones del trabajo, las limitaciones encontradas y se presentan posibles líneas de mejora para futuras investigaciones.

2. Motivación

La asistencia posicional en interiores para personas ciegas o con baja visión es un desafío importante en la mejora de su autonomía y seguridad en entornos desconocidos. La movilidad en espacios cerrados, como edificios públicos, centros comerciales o instituciones educativas, puede resultar especialmente complicada para las personas ciegas o con baja visión. La falta de referencias y la dificultad para orientarse en estos entornos puede generar frustración y limitar la participación plena en la sociedad. En este contexto, la tecnología ofrece oportunidades para desarrollar soluciones innovadoras que ayuden a las personas a desplazarse y ubicarse de manera efectiva en espacios interiores.

La triangulación WiFi se presenta como una tecnología ideal para abordar el desafío de la asistencia posicional en espacios interiores [7][8]. Esta técnica se basa en la medición de la intensidad de señales WiFi provenientes de puntos de acceso distribuidos en el entorno. Al analizar las diferencias de intensidad de señal entre los puntos de acceso detectados por un dispositivo móvil, es posible determinar la ubicación relativa del usuario en el espacio. La ventaja de utilizar WiFi radica en su amplia disponibilidad en entornos interiores, lo que permite una cobertura extensa y una precisión razonable para la asistencia posicional.

Es importante destacar que la precisión de la triangulación WiFi puede verse afectada por diversos factores, como la interferencia de otras señales, los obstáculos en el entorno, la variabilidad de la intensidad de la señal y la configuración de los puntos de acceso. Sin embargo, con un mapeo adecuado y algoritmos robustos, se puede lograr una asistencia posicional útil para personas ciegas o con baja visión en entornos interiores.

Otro punto fundamental del proyecto es la tecnología de síntesis del habla, la cual desempeña un papel crucial en la comunicación efectiva con las personas ciegas o con baja visión [9]. Mediante el uso de algoritmos de síntesis del habla se transforma la información de ubicación obtenida mediante la triangulación WiFi en indicaciones auditivas claras y comprensibles. Estas indicaciones se transmiten en tiempo real al usuario a través de auriculares o altavoces integrados en el dispositivo móvil, brindándole orientación precisa sobre su posición actual y las direcciones a seguir. La síntesis del habla no sólo proporciona información práctica para el desplazamiento, sino que también permite una interacción natural y fluida entre la persona ciega o con baja visión y el prototipo móvil, mejorando la experiencia del usuario y fomentando su independencia en entornos interiores desconocidos.

El presente trabajo tiene como objetivo desarrollar un prototipo móvil que utilice la triangulación WiFi para brindar asistencia posicional en espacios interiores a personas ciegas o con baja visión. El prototipo permitirá a los usuarios obtener información sobre su ubicación actual, así como recibir indicaciones auditivas para desplazarse de manera segura y eficiente en entornos desconocidos. Este tipo de asistencia será de utilidad no solo para las personas ciegas o con baja visión, sino también para otros grupos de personas como, por ejemplo, las personas neurodivergentes.

Para lograr el objetivo propuesto, se realiza un análisis de los algoritmos de triangulación WiFi para implementar un sistema robusto que garantice una precisión adecuada.

3. Metodología

Si bien existen varias opciones de posicionamiento en interiores mediante intensidades de señales WiFi, una de las más utilizada por su simplicidad, velocidad de respuesta y bajo costo computacional es la de fingerprinting [10].

El proceso de implementación y uso de esta técnica involucra básicamente las siguientes etapas y pasos:

1. Entrenamiento: lograr contar con un conjunto de valores de referencia de intensidades de señal WiFi a lo largo de la zona de interés. Esto implica:
 - a. Recopilar datos de intensidad de señal WiFi en diferentes ubicaciones en el área de interés.
 - b. Almacenar los datos de intensidad de señal y la ubicación correspondiente en una base de datos.
2. Estimación: determinar la posición del dispositivo móvil basándose en los datos obtenidos en el entrenamiento previo. Esto implica:
 - a. Escanear los puntos de acceso WiFi cercanos y recopilar sus intensidades de señal.
 - b. Consultar la base de datos para encontrar los puntos de referencia más cercanos en función de las intensidades de señal escaneadas.
 - c. Utilizar la ubicación de los puntos de referencia más cercanos para estimar la ubicación del dispositivo.

En la etapa de entrenamiento, se lee la intensidad de las señales de cada BSSIDs (direcciones MAC) de los puntos de acceso WiFi correspondientes a una ubicación en particular, almacenando dicha información para luego ser utilizada en la etapa de estimación.

En la etapa de estimación, el algoritmo del punto 2.c básicamente implica realizar la consulta a la base de datos para obtener las intensidades de cada BSSID almacenados e iterar a través de éstos calculando la diferencia entre las intensidades de señal escaneadas y las intensidades de señal almacenadas en cada punto de referencia, realizando esta misma actividad para cada ubicación almacenada. Finalmente se determina la posición tomando la ubicación que presente la menor diferencia entre todos los puntos de referencia.

4. Diseño del prototipo móvil

A fin de poder llevar adelante pruebas de campo para la solución propuesta, se desarrolló un prototipo para dispositivos móviles con sistema operativo Android [11].

Android se ha consolidado como el sistema operativo más popular y ampliamente utilizado en dispositivos móviles en todo el mundo, con una amplia base de usuarios significativamente mayor que en otras plataformas, como iOS para iPhone. La cuota de mercado mundial de Android es mayor al 70% [12], y si solo se tiene en cuenta a Argentina, este valor se eleva al 90% [13], por lo cual se convierte en una elección sólida para el desarrollo del prototipo, ya que brinda la oportunidad de llegar a una audiencia más amplia.

Además de su popularidad, Android se destaca por su accesibilidad y flexibilidad. El sistema operativo ofrece una amplia gama de herramientas y recursos de accesibilidad integrados, lo que permite a los desarrolladores crear aplicaciones inclusivas y adaptadas a las necesidades de las personas ciegas o con baja visión. Android también ofrece una mayor libertad en términos de personalización y configuración, lo que permite adaptar la experiencia de usuario y las funcionalidades del prototipo móvil de manera más flexible y precisa.

El prototipo consta básicamente de dos modos de uso:

- **Modo Administrador:** este modo permite realizar el entrenamiento preliminar necesario para contar con la base de conocimiento referencial conteniendo los niveles de intensidad de todos los puntos de acceso WiFi. El entrenamiento simplemente implica especificar la ubicación actual y ejecutar el escaneo de señales WiFi para luego almacenar los valores resultantes. Asimismo, es posible realizar automáticamente el escaneo cierto número de veces a fin de disminuir el potencial ruido y obtener mediciones más precisas. La variabilidad en la intensidad de las señales WiFi puede estar influenciada por diversos factores, como la interferencia electromagnética y la presencia de obstáculos físicos. Al realizar múltiples mediciones en diferentes momentos y ubicaciones, podemos capturar una gama más amplia de datos y obtener una imagen más completa de las características de las señales en cada ubicación. Este enfoque permite filtrar el ruido y obtener mediciones más estables y confiables. La figura 1.a muestra el modo administrador.
- **Modo Asistencia:** este modo es el que utilizan los usuarios de la aplicación y permite consultar su posición actual. Al presionar el botón de consulta, se dispara un escaneo de intensidad de señales WiFi y se determina la posición en función de los datos generados en el entrenamiento, tal como se detalló en el apartado anterior. La figura 1.b muestra el modo asistencia.



a) b)
Fig. 1. a) Modo administrador. b) Modo asistencia.

La definición estructural que se almacena es básicamente la que se describe a continuación:

- Ubicaciones: esta propiedad es una lista de:
 - Nombre de ubicación
 - Intensidades, esta propiedad es una lista de:
 - BSSID
 - Intensidad de señal

En el modo administrador la información del entrenamiento se almacena en formato JSON. El prototipo desarrollado permite exportar el entrenamiento realizado, así como importarlo en otro dispositivo en caso de que sea de utilidad reutilizar un entrenamiento previo. A modo de ejemplo, la figura 2 muestra de manera reducida el contenido almacenado como resultado de la etapa de entrenamiento.

```
{
  "locations" : [
    {
      "name" : "oficina",
      "scanDetails" : [
        {
          "bssid" : "d8:07:b6:ae:a4:a6",
          "ss" : 99
        },
        {
          "bssid" : "b0:ec:dd:ec:89:c4",
          "ss" : 17
        }
      ]
    },
    {
      "name" : "estudio",
      "scanDetails" : [
        {
          "bssid" : "d8:07:b6:ae:a4:a6",
          "ss" : 76
        },
        {
          "bssid" : "6a:c6:3b:83:9a:5c",
          "ss" : 37
        }
      ]
    }
  ]
}
```

Fig. 2. Estructura resultante de la etapa de entrenamiento.

5. Experimentación y resultados obtenidos

El uso de señales WiFi puede presentar ciertas limitaciones que deben ser consideradas. En primer lugar, la precisión de la triangulación WiFi puede verse afectada por factores externos, como la interferencia de otras redes WiFi cercanas o cambios en el entorno físico. Esto podría generar mediciones inconsistentes y, en consecuencia, afectar la precisión de la determinación de la ubicación. Además, la solución depende de la disponibilidad y calidad de las redes WiFi en el entorno. En áreas con una cobertura WiFi deficiente o con redes poco estables, la precisión y confiabilidad de la asistencia posicional pueden verse comprometidas. Esto puede limitar la aplicación en entornos donde la infraestructura de redes WiFi no esté completamente desarrollada.

A fin de validar la correcta usabilidad del prototipo móvil desarrollado, se diseñaron y ejecutaron una serie de pruebas preliminares en ambientes controlados. Para la realización del set de pruebas se utilizó un edificio residencial de la ciudad de La Plata, ubicado en el casco urbano. Este edificio cuenta con cuatro plantas y 12 departamentos

de aproximadamente 35 metros cuadrados en cada una de ellas. El edificio ocupa una superficie total de 18,44m x 58m.

En primera instancia se realizó la etapa de entrenamiento de la aplicación, por lo que se procedió a escanear las señales WiFi en las distintas áreas del espacio cerrado para guardarlas en la base de datos y utilizarlas como referencia. Para esto, se tomaron 3 puntos de referencia en cada planta del edificio. Las ubicaciones escaneadas en la etapa de entrenamiento fueron las siguientes:

- Planta Baja: izquierda, medio, derecha, estacionamientos 1 y 2.
- Piso 1: izquierda, medio y derecha. • Piso 2: izquierda, medio y derecha.
- Piso 3: izquierda, medio y derecha.

En las figuras 3 y 4 es posible observar un esquema de las diferentes plantas del edificio, en donde aparecen marcadas las ubicaciones escaneadas como puntos rojos.



Fig. 3. Ubicaciones escaneadas en la planta baja.

Departamento P1	Departamento P1	Departamento P1	Departamento P1	Departamento P1	Departamento P1
IZ		MD Pasillo P1		DR	
Departamento P1	Departamento P1	Departamento P1	Departamento P1	Departamento P1	Departamento P1
Primer Piso					
Departamento P2	Departamento P2	Departamento P2	Departamento P2	Departamento P2	Departamento P2
IZ		MD Pasillo P2		DR	
Departamento P2	Departamento P2	Departamento P2	Departamento P2	Departamento P2	Departamento P2
Segundo Piso					
Departamento P3	Departamento P3	Departamento P3	Departamento P3	Departamento P3	Departamento P3
IZ		MD Pasillo P3		DR	
Departamento P3	Departamento P3	Departamento P3	Departamento P3	Departamento P3	Departamento P3
Tercer Piso					

Fig. 4. Ubicaciones escaneadas en las plantas del primer, segundo y tercer piso.

Se realizó una serie de recorridos al edificio, transitando por las diferentes áreas y verificando la posición informada por la aplicación. En la tabla 1 se muestra el porcentaje de efectividad en las distintas áreas del edificio. El promedio de aciertos del total de las pruebas es de 78,57%, y la mediana es de 91,67%. Se debe tener en cuenta que dentro de estos resultados se encuentran dos secciones al aire libre que no cuentan con una red WiFi cercana, y generan más errores que aciertos. Si no se tienen en cuenta esos dos sectores al aire libre, el promedio de aciertos asciende a 86,81%, y la mediana a 100%.

Adicionalmente a las pruebas de ubicación, se verificaron aspectos no funcionales pero necesarios para este tipo de aplicaciones, tales como la facilidad de uso y la adecuada asistencia auditiva correspondiente. Cabe mencionar además que, durante todo el proceso de desarrollo, se ha mantenido una estrecha colaboración con expertos en el campo de la disminución visual, quienes han brindado valiosos aportes para determinar las opciones de implementación más adecuadas.

El próximo paso luego de haber realizado estas pruebas preliminares será el de efectivizar el entrenamiento en el edificio de la Facultad de Informática de la UNLP, con la finalidad de realizar pruebas exhaustivas en el ambiente real y liberar la solución para cualquier persona que así lo requiera. Además, se planea llevar a cabo una evaluación exhaustiva mediante pruebas con usuarios reales para validar su efectividad y usabilidad.

Tabla 1. Resultados obtenidos en las diferentes áreas testeadas.

Piso y sección	Porcentaje de efectividad
PB/Izquierda	100,00%
PB/medio	75,00%
PB/derecha	50,00%
P1/Izquierda	100,00%
P1/medio	83,33%
P1/derecha	100,00%
P2/Izquierda	100,00%
P2/medio	100,00%
P2/derecha	66,67%
P3/Izquierda	100,00%
P3/medio	66,67%
P4/derecha	100,00%
Estacionamiento 1	33,33%
Estacionamiento 2	25,00%

6. Conclusiones y trabajos futuros

En el presente artículo se ha abordado la problemática de las personas ciegas o con baja visión al ubicarse en entornos no familiares, y se ha desarrollado un prototipo móvil que utiliza tecnologías de asistencia posicional para brindarles apoyo en su desplazamiento.

La gobernanza digital en edificios públicos es fundamental para garantizar la accesibilidad y la inclusión de las personas ciegas o con baja visión. La colaboración entre desarrolladores de aplicaciones, instituciones educativas y autoridades gubernamentales es esencial para implementar soluciones tecnológicas accesibles de manera efectiva y sostenible.

La tecnología puede desempeñar un papel crucial en la mejora de la autonomía y la seguridad de las personas ciegas o con baja visión en entornos interiores desconocidos. La triangulación WiFi se ha mostrado como una tecnología ideal para determinar la ubicación en entornos interiores. La combinación de algoritmos de triangulación y técnicas de procesamiento de señales ha permitido obtener resultados precisos y confiables en la determinación de la posición.

La investigación realizada y el desarrollo del prototipo móvil han mostrado el potencial de las tecnologías de asistencia posicional para mejorar la vida de las personas ciegas o con baja visión y otros grupos, como las personas neurodivergentes, al desplazarse en entornos interiores desconocidos. Además, se ha resaltado la importancia de la gobernanza digital en la creación de entornos inclusivos y accesibles. Se espera que este trabajo inspire a futuras investigaciones y promueva la implementación de soluciones tecnológicas que brinden mayor autonomía y calidad de vida a las personas ciegas o con baja visión.

Se espera realizar el entrenamiento de la aplicación móvil en el edificio de la Facultad de Informática de la UNLP, efectuando pruebas exhaustivas con usuarios reales para validar su efectividad y usabilidad.

A futuro se considera la implementación de algoritmos de entrenamiento y estimación más sofisticados para el procesamiento de datos de señales WiFi, lo cual podría permitir una mejor interpretación de los patrones y una mayor capacidad de adaptación a cambios en el entorno.

Adicionalmente se contempla la posibilidad de implementar asistencia mediante otras tecnologías, como por ejemplo el uso de Balizas Bluetooth o el uso de imágenes y/o video para mejorar la precisión y la robustez de la asistencia posicional. La integración de estas tecnologías podría proporcionar una mayor redundancia y permitir una mejor adaptación a diferentes entornos.

Referencias

1. Amador Fierros, Genoveva et al. Neurodiversity in Higher Education: the students experience. *Rev. educ. sup* [online]. 2021, vol. 50, n. 200, pp. 129-151. Epub 22-Mar-2022. ISSN 0185-2760. <https://doi.org/10.36857/resu.2021.200.1893>.
2. Revista Bit & Byte. Año 3, N° 6. "La gobernanza digital, un concepto más amplio que el e-gobierno". *Revista Institucional de la Facultad de Informática, Universidad Nacional de La Plata*. ISSN: 2468-9564. 2017.
3. R. Gacitúa, H. Astudillo, B. Hitpass, M. Osorio-Sanabria and C. Taramasco, "Recent Models for Collaborative E-Government Processes: A Survey," in *IEEE Access*, vol. 9, pp. 19602-19618, 2021, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3050151.
4. A. Hameed and H. A. Ahmed, "Survey on indoor positioning applications based on different technologies," 2018 12th International Conference on Mathematics, Actuarial Science, Computer Science and Statistics (MACS), Karachi, Pakistan, 2018, pp. 1-5, doi: 10.1109/MACS.2018.8628462.
5. J. P. Gomes, J. P. Sousa, C. R. Cunha and E. P. Morais, "An indoor navigation architecture using variable data sources for blind and visually impaired persons," 2018 13th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI), Cáceres, Spain, 2018, pp. 1-5, doi: 10.23919/CISTI.2018.8399347.
6. L. Árvai, "Mobile phone based indoor navigation system for blind and visually impaired people: VUK — Visionless supporting framework," 2018 19th International Carpathian Control Conference (ICCC), Szilvasvarad, Hungary, 2018, pp. 383-388, doi: 10.1109/CarpathianCC.2018.8399660.
7. S. Qiao, C. Cao, H. Zhou and W. Gong, "The trip to WiFi indoor localization across a decade — A systematic review," 2023 26th International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design (CSCWD), Rio de Janeiro, Brazil, 2023, pp. 642647, doi: 10.1109/CSCWD57460.2023.10152700.
8. R. Hegde, S. K. Hegde, K. Prasad, V. Srinivas, T. De and V. Dankan Gowda, "Wi-Fi Router Signal Coverage Position Prediction System using Machine Learning Algorithms," 2023 International Conference on Sustainable Computing and Smart Systems (ICSCSS), Coimbatore, India, 2023, pp. 253-258, doi: 10.1109/ICSCSS57650.2023.10169501.
9. F. Brandan, D. Pandolfi, A. Villagra, M. Errecalde. "Sistemas conversacionales aplicados a la gobernanza". *XXIV Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación (WICC 2022, Mendoza)*. ISBN: 978-987-48222-3-9. Páginas: 87-91. Año 2022.
10. Y. Dong, T. Arslan, Y. Yang and Y. Ma, "A WiFi Fingerprint Augmentation Method for 3D Crowdsourced Indoor Positioning Systems," 2022 IEEE 12th International Conference on

Indoor Positioning and Indoor Navigation (IPIN), Beijing, China, 2022, pp. 1-8, doi: 10.1109/IPIN54987.2022.9918117.

11. Github Proyecto UPA. <https://github.com/fedecris/unsighted-position-assist>.
12. Mobile Operating System Market Share Worldwide. <https://gs.statcounter.com/os-marketshare/mobile/worldwide>.
13. Mobile Operating System Market Share Argentina. <https://gs.statcounter.com/os-marketshare/mobile/argentina>.