

## Q2MGPS: Una librería para recolectar indicadores QoS sobre redes GPS en dispositivos móviles

Ariel Machini<sup>1</sup>, Juan Enriquez<sup>2</sup>, Sandra Casas<sup>3</sup>,

GISP – Instituto de Tecnología Aplicada

Universidad Nacional de la Patagonia Austral – Unidad Académica de Río Gallegos

<sup>1</sup>arielmachini@protonmail.com, <sup>2</sup>jenriquez@unpa.edu.ar, <sup>3</sup>sicasas@uarg.unpa.edu.ar

**Abstract.** Durante el transcurso de las últimas décadas, el Sistema de Posicionamiento Global (GPS) se convirtió en una de las herramientas más utilizadas por dispositivos móviles a nivel mundial; Por esta razón, resulta de relevancia estudiar aquellos factores causantes del deterioro en la calidad de los datos provistos por el servicio de GPS. Actualmente, existen distintos trabajos que efectúan análisis sobre la calidad de la información provista por el GPS; sin embargo, estos estudios no son realizados desde los dispositivos móviles que tanto usan este sistema. Es a causa de esto que, en este trabajo, se presenta Q2MGPS: una librería para aplicaciones Android que permite recolectar indicadores sobre GPS. Para verificar el correcto funcionamiento de Q2MGPS, se ejecutaron diversos casos de estudio, cuyos resultados fueron organizados gráficamente. La información recopilada por la librería también se empleó para constatar el posible vínculo entre las condiciones climáticas y la calidad de los datos.

**Keywords:** Android, GPS, Smartphones, QoS, Clima

### 1 Introducción

Durante el transcurso de los últimos años, el Sistema de Posicionamiento Global (conocido por sus siglas en inglés GPS) pasó de ser sólo un sistema utilizado con fines militares a la herramienta más precisa, confiable y utilizada en diversos sectores [4].

Uno de los usos más comunes que se le da a esta herramienta actualmente es la navegación: En dispositivos móviles tales como smartphones, el GPS es utilizado para obtener la ubicación de los usuarios con diversos fines; En el caso de Google Maps, por ejemplo, se utiliza la ubicación del usuario para que este pueda acceder al servicio de navegación con el que cuenta dicha aplicación, es decir, para que obtenga (en tiempo real y en función de su ubicación actual) indicaciones útiles para la navegación por parte del dispositivo cuando tiene que desplazarse de un lugar a otro. Es por estas razones que resulta de gran importancia que, al momento en el que el dispositivo requiera utilizar el servicio, este funcione correctamente. Sin embargo, este no es siempre el caso, ya que debido a diversos factores que influyen en el GPS, la información que brinda en ocasiones puede ser incorrecta ([4] y [6]).

En la actualidad, existen múltiples trabajos avocados al análisis de la calidad de la información provista por el Sistema de Posicionamiento Global, no obstante, es escasa

la investigación realizada en torno a los factores de QoS relacionados con GPS desde el punto de vista de uno de los clientes más comunes de este sistema: los dispositivos móviles. A raíz de esto, a través del presente trabajo construimos una librería mediante la cual desarrolladores de aplicaciones (Android) podrán consultar diversos indicadores de calidad (QoS) relacionados con el GPS.

Este trabajo se encuentra organizado de la siguiente manera: En la Sección 2, se discute acerca de los trabajos relacionados; En la Sección 3, se detallan los indicadores y datos que recolecta la librería Q2MGPS; En la Sección 4, se describe la estructura y funcionalidades clave de la librería, así como también el formato que sigue el documento en el que se almacenan los indicadores que esta recolecta; En la Sección 5, se presenta información sobre los casos de prueba llevados a cabo junto con sus resultados y, en la Sección 6, se analizan los resultados obtenidos y se presentan las conclusiones.

## 2 Trabajos relacionados

Se encontraron aplicaciones, librerías y trabajos en los que se relevan datos sobre la ubicación de dispositivos móviles: *GPSLogger* (<https://github.com/mendhak/gpslogger>). *GPSLogger* es una aplicación Android que registra información GPS en varios formatos. Cuenta con una opción para subir dicha información a diversos sitios; *BasicAirData GPS Logger* (<https://github.com/BasicAirData/GPSLogger>). La aplicación Android GPS Logger de *BasicAirData* permite registrar recorridos así como la posición actual del dispositivo, junto con varios otros detalles relacionados con GPS. Permite exportar la información registrada en formato KML, GPX y TXT; *TrackLogger* (<https://github.com/lyriarte/TrackLogger>). Esta aplicación Android registra constantemente (mientras está en funcionamiento) datos sobre la ubicación del dispositivo y los guarda en formato GPX; *Librería Q2M* (<https://github.com/gispunpauarg/Q2M>) [1]. Esta librería, desarrollada en un proyecto de investigación anterior, computa métricas QoS y QoE en aplicaciones Android; *Nexo* (<https://github.com/gispunpauarg/Nexo>) [2]. Esta herramienta, desarrollada en un proyecto de investigación anterior, sirve para visualizar gráficamente indicadores QoS y QoE a fines de facilitar el análisis de las relaciones que puedan existir entre dichos indicadores; *Mobile QoE exploration: an unsupervised field study in an Argentine Patagonian city* [3]. En este trabajo, llevado a cabo durante el año 2020, se estudió la relación entre la Calidad de Servicio (QoS) y la Calidad de Experiencia (QoE) del usuario mediante la recolección de indicadores haciendo uso de una librería implantada en una aplicación Android llamada *CovidInfo* (<https://github.com/gispunpauarg/CovidInfoUNPA>); *Android QoS SDK* (<https://github.com/RestComm/android-QoS>). Provee métricas sobre QoS/QoE (geolocalización, voz, video, mensajería...) y analytics para dispositivos Android; *Android Network measures* (<https://github.com/APISENSE/android-network-measures>). Brinda herramientas para llevar a cabo mediciones de red (QoS) en Android mediante el uso de utilidades como ping, traceroute y descargas/subidas por TCP/UDP; *QoE Probe for Android* (<https://github.com/farnazfotrousi/QoE-Probe-Android>). Se

trata de una aplicación móvil Android que se puede integrar con otras aplicaciones, a fines de recolectar información relevante para la QoS y la QoE.

### 3 Indicadores considerados

Tras investigar qué indicadores QoS relacionados con GPS pueden obtenerse dentro del contexto de una aplicación Android, y las limitaciones impuestas por este sistema operativo, se decidió implementar (dentro de la librería) la recolección de los indicadores presentados en la Tabla 1. Muchos de los indicadores QoS descritos en dicha tabla son considerados de importancia en la calidad del servicio de GPS por otros trabajos de investigación ([5], [6] y [7]).

**Tabla 1.** Indicadores recolectados por la librería.

Indicador	Descripción
Latencia	Tiempo (en milisegundos) que se tarda en obtener la actualización de ubicación del dispositivo móvil.
Satélites utilizados	Cantidad de satélites que se utilizan para determinar la ubicación del dispositivo móvil.
Precisión	Precisión radial $\odot$ (en metros) estimada de la actualización de ubicación obtenida. Mientras menor sea el valor, mejor será la precisión.
Nubosidad	Porcentaje de nubosidad (de nubes en el cielo) en donde se registran las actualizaciones de ubicación.
Presión	Presión atmosférica (en hPa) en donde se registran las actualizaciones de ubicación.

Además de indicadores QoS, la librería desarrollada también recolecta la latitud, longitud y datos climáticos correspondientes a la ubicación en la que se encuentra el usuario del dispositivo móvil. Esto se hace ya que, según algunas investigaciones ([8], [9] y [10]), puede que exista una relación entre las condiciones climáticas y la precisión de las ubicaciones obtenidas por el GPS.

## 4 Librería Q2MGPS

### 4.1 Diagrama funcional

En la Figura 1 se expone brevemente el funcionamiento de la librería Q2MGPS.

**Figura 1.** Diagrama funcional de la librería Q2MGPS.

- ⑩ **1:** El desarrollador invoca, desde el código de su aplicación, las funcionalidades de la librería para recolectar uno o más indicadores.
- ⑩ **2:** La librería recolecta indicadores haciendo uso del GPS del dispositivo móvil y la API del clima de OpenWeather.
- ⑩ **3:** La librería registra los indicadores recolectados en un documento XML, que se guarda en el almacenamiento del dispositivo móvil.
- ⑩ **4:** El desarrollador puede analizar los indicadores recolectados consultando el documento XML previamente mencionado.

Cabe mencionar que la librería Q2MGPS fue construida sobre la librería Q2M<sup>1</sup>, la cual fue desarrollada en un trabajo de investigación anterior.

## 4.2 Funcionalidades

Como se muestra en el diagrama (Figura 2), la librería Q2MGPS está comprendida por múltiples clases, las cuales cumplen distintos roles dentro de la misma. Sin embargo, las dos clases más importantes dentro de la librería son *Indicadores* y *ConstructorXML*. En la presente sección, se describirán brevemente las funcionalidades de dichas clases.

**Figura 2.** Diagrama de clases de Q2MGPS.

**Indicadores** La clase *Indicadores* es la responsable de recolectar todos los indicadores descritos previamente en la Tabla 1. Para funcionar correctamente, requiere del contexto<sup>2</sup> de la aplicación en la que se implanta la librería. Una vez se crea la instancia de la clase *Indicadores*, se comienzan a registrar automáticamente las actualizaciones de ubicación y los datos climáticos con los parámetros especificados por el desarrollador (cantidad de actualizaciones y tiempo entre actualizaciones).

**ConstructorXML** La clase *ConstructorXML* cumple con la tarea de registrar de manera organizada todos los indicadores recolectados por la clase *Indicadores* en un documento XML en el dispositivo móvil del usuario. Su funcionalidad es invocada desde la clase *Indicadores*, en los métodos que se encargan de computar los indicadores.

## 4.3 Documento XML

El documento XML creado y manipulado por la librería Q2MGPS tiene una estructura como la que se presenta a continuación.

<sup>1</sup><https://github.com/gispunpauarg/Q2M>

<sup>2</sup><https://developer.android.com/reference/android/content/Context>

```

<indicador nombre="ClimaNubosidad" fecha="2021-08-25 12:00:01"
lat="0.0" lon="0.0">25%</indicador>
[...]
</indicadores>

```

Cada vez que se recolecta un nuevo valor para un indicador, este se registra en el documento XML previamente mencionado, dentro de etiquetas *<indicador>*. Cada una de estas etiquetas cuenta con varios atributos, que describen la información del valor recolectado: *nombre*: Nombre del indicador para el cual se recolectó el valor; *fecha*: Fecha (yyyy-MM-dd HH:mm:ss) en la que se recolectó el valor; *lat*, *lon*: Ubicación (latitud y longitud) a la cual corresponde el valor registrado.

## 5 Casos de prueba

Para poner a prueba la librería desarrollada en este trabajo y para recolectar datos que permitan llevar a cabo conclusiones, Q2MGPS se implantó en una aplicación llamada UNPA Runner (Figura 3). Esta aplicación funciona de manera similar a Google Fit<sup>3</sup>; resumidamente, permite registrar (a demanda) los recorridos del usuario en tiempo real y, al finalizar, los almacena en una base de datos local SQLite. La librería Q2MGPS se implantó en esta aplicación de manera que, cada vez que se inicia un nuevo recorrido, se recolecten los indicadores y datos meteorológicos de interés y se almacenen en un documento XML.

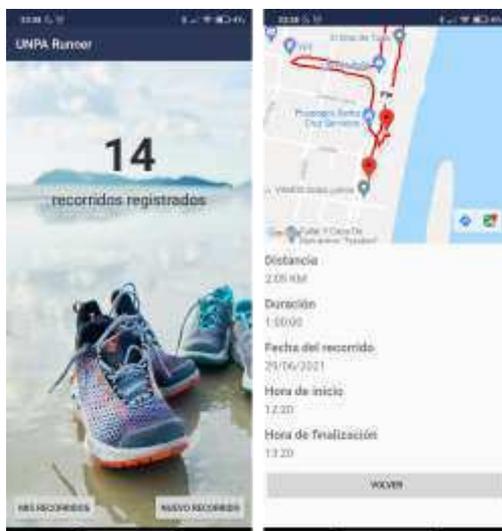


Figura 3. UNPA Runner.

<sup>3</sup>[https://www.google.com/intl/es\\_es/fit](https://www.google.com/intl/es_es/fit)

En total, se realizaron pruebas en diez dispositivos, con usuarios pertenecientes a tres ubicaciones diferentes (Río Gallegos, Comandante Luis Piedrabuena y Buenos Aires). Seis de los dispositivos son Samsung (modelos: Galaxy A01; Galaxy A30; Galaxy J7 Prime; Galaxy S8; J4 Core), tres Motorola (modelos: Moto E6 Plus; Moto G8; One Fusion) y uno Xiaomi (modelo: Redmi Note 8 Pro). De estos dispositivos, tres cuentan con Android 8 (Oreo), otros dos con Android 9 (Pie), cuatro con Android 10 (Q) y uno con Android 11 (R). Todas estas pruebas fueron llevadas a cabo entre Junio y Agosto del 2021.

## 5.1 Resultados

Una vez recuperados los datos generados por los usuarios detallados en la sección anterior, estos se sintetizaron (promediaron<sup>4</sup>) mediante la ejecución de un script PHP. Dicho script toma como entrada los documentos XML; los procesa y genera como salida la información resumida en formatos CSV y HTML.

Con la información generada por el script, se confeccionaron gráficos en LibreOffice<sup>5</sup> Calc para poder estudiar fácilmente los indicadores que recolectó la librería en los dispositivos partícipes de los casos de prueba. En las Figuras 4, 5 y 6, se presenta una comparación de indicadores GPS versus nubosidad<sup>6</sup>. Por otro lado, en las Figuras 7 y 8 se presenta una comparación de indicadores GPS versus presión atmosférica<sup>7</sup>.

**Figura 4.** Gráfico para cielo soleado. **Figura 5.** Gráfico para cielo parcialmente nublado.

**Figura 6.** Gráfico para cielo nublado.

**Figura 7.** Gráfico para presión atmosférica alta.

**Figura 8.** Gráfico para presión atmosférica baja.

Cabe aclarar que los rangos (cielo *soleado*, *parcialmente nublado* y *nublado*; presión atmosférica *alta* y *baja*) utilizados para clasificar los indicadores fueron extraídos de [11], [12] y [13].

---

<sup>4</sup>En este caso, “promedio” es la *media aritmética*; la suma de los números dividida por cuántos números se promedian.

<sup>5</sup><https://www.libreoffice.org>

<sup>6</sup>En el presente trabajo, un menor porcentaje de nubes opacas se considera como “mejor clima”.

<sup>7</sup>De acuerdo a [12] y [13], una presión atmosférica elevada equivale a buenas condiciones climáticas.

## 6 Conclusiones

Como se explicó en la Sección 3, en [8], [9] y [10] se sugiere una posible relación entre la calidad de los datos brindados por el servicio de GPS y las condiciones climáticas actuales en la ubicación en la que se encuentra el usuario del dispositivo. Observando la información recopilada por la librería Q2MGPS (presentada gráficamente en las Figuras 4, 5, 6, 7 y 8), se puede apreciar que las condiciones climáticas parecen no tener influencia alguna sobre los indicadores de calidad estudiados.

En lo que respecta a la *nubosidad*, cuando estuvo soleado ( $< 25\%$  nubes), los valores promedio para la latencia, precisión radial y cantidad de satélites utilizados fueron 11.6 segundos, 39.2 metros y 7, respectivamente; cuando estuvo parcialmente nublado ( $25\% \leq \text{nubes} < 50\%$ ), 7.2 segundos, 15.1 metros y 12 y, cuando estuvo nublado ( $50\% \leq \text{nubes}$ ), 7.1 segundos, 17.2 metros y 13. Estos datos sugieren que no existe una relación entre la cantidad de nubes en el cielo y la calidad del servicio de GPS.

En lo que respecta a la *presión atmosférica*, cuando fue mayor o igual a 1013 hectopascales, los valores promedio para la latencia, precisión radial y cantidad de satélites utilizados fueron 13.2 segundos, 34.3 metros y 10, respectivamente y, cuando fue menor a 1013 hectopascales, 7.3 segundos, 23.5 metros y 12 respectivamente. Al igual que con la nubosidad, estos datos no sugieren que exista relación entre la presión atmosférica y la calidad del servicio de GPS, dado a que, de hecho, se obtuvieron mejores resultados cuando las condiciones climáticas fueron peores.

También, es relevante destacar que se obtuvo una menor latencia y una mejor precisión radial cuando la cantidad de satélites utilizados para la fijación de la ubicación fue mayor.

Pese a la información obtenida mediante la realización de este trabajo, no se considera apropiado llevar a cabo afirmaciones, ya que puede que estos resultados se deban a que las pruebas fueron realizadas desde smartphones, y haciendo uso de las herramientas proporcionadas por el sistema operativo Android, las cuales tienen sus respectivas limitaciones. Por estas razones, se considera adecuado investigar esta temática más a fondo en trabajos futuros.

## Referencias

1. Machini, A., Enriquez, J., & Casas, S. (2019). *Q2M, una librería para computar métricas de calidad en aplicaciones móviles*. Informes Científicos Técnicos-UNPA, 11(2), 1-17.
2. Machini, A., Enriquez, J., & Casas, S. (2020). *Nexo: Una herramienta para la visualización y análisis de indicadores QoS y QoE móviles*. Informes Científicos Técnicos-UNPA, 12(2), 47-62.
3. Garcia, A. C., & Casas, S. (2020). *Mobile QoE exploration: an unsupervised field study in an Argentine Patagonian city*. Presentado en 2020 39th International Conference of the Chilean Computer Science Society (SCCC) (pp. 1-7). IEEE.
4. Yeh, T. K., Liou, Y. A., Wang, C. S., & Chen, C. S. (2008). *Identifying the degraded environment and bad receivers setting by using the GPS data quality indices*. Metrologia, 45(5), 562.

5. Machaj, J., Brida, P., & Majer, N. (2012). *Novel criterion to evaluate QoS of localization based services*. Presentado en Asian Conference on Intelligent Information and Database Systems (pp. 381-390). Springer, Berlin, Heidelberg.
6. Filjar, R., Bušić, L., & Pikića, P. (2008). *Improving the LBS QoS through Implementation of QoS Negotiation Algorithm*. Croatia, Zagreb, 4.
7. Filjar, R., Bušić, L., Dešić, S., & Huljениć, D. (2008). *LBS position estimation by adaptive selection of positioning sensors based on requested QoS*. Presentado en International Conference on Next Generation Wired/Wireless Networking (pp. 101-109). Springer, Berlin, Heidelberg.
8. Álvarez Pacheco, J. G. (2019). *Analizar los efectos de la tropósfera sobre la señal de GPS y el impacto en la precisión en el posicionamiento de un receptor* (Master's thesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo).
9. Solheim, F. S., Vivekanandan, J., Ware, R. H., & Rocken, C. (1999). *Propagation delays induced in GPS signals by dry air, water vapor, hydrometeors, and other particulates*. Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 104(D8), 9663-9670.
10. Yeh, S. C., Hsu, W. H., Su, M. Y., Chen, C. H., & Liu, K. H. (2009). *A study on outdoor positioning technology using GPS and WiFi networks*. Presentado en 2009 International Conference on Networking, Sensing and Control (pp. 597-601). IEEE.
11. *Appendix A: Anatomy of a Zone Forecast* (p. 1). National Weather Service. Recuperado el 6 de Agosto del 2021, de <https://www.weather.gov/media/pah/ServiceGuide/A-forecast.pdf>.
12. *Las zonas de alta/baja presión*. meteoblue. Recuperado el 6 de Agosto del 2021, de <https://content.meteoblue.com/es/meteoscool/el-clima-a-gran-escala-lsw/alta-baja-presion>.
13. *Altas y bajas presiones*. Wikipedia. Recuperado el 6 de Agosto del 2021, de [https://es.wikipedia.org/wiki/Altas\\_y\\_bajas\\_presiones](https://es.wikipedia.org/wiki/Altas_y_bajas_presiones).