

## Algoritmos para caminos para peatones que reducen tanto el acoso callejero como la distancia

Camilo Moreno  
Universidad Eafit  
Colombia  
cmorenom4@eafit.edu.co

Jacobo Rodríguez  
Universidad Eafit  
Colombia  
jrodrigueo@eafit.edu.co

Andrea Serna  
Universidad Eafit  
Colombia  
asernac1@eafit.edu.co

Mauricio Toro  
Universidad Eafit  
Colombia  
mtorobe@eafit.edu.co

**Texto en negro** = Contribución de Andrea y Mauricio

**Texto en verde** = Para completar la primera entrega

**Texto azul** = A completar para el 2º entregable

**Texto en color violeta** = A completar para el tercer entregable

### RESUMEN

El moverse por la ciudad de la manera más rápida y segura posible es algo que requiere que la persona conozca muy bien las calles y haya vivido ahí por algún tiempo para saber qué partes son seguras y cuáles no, este asunto es muy importante ya que si alguien que no conoce la ciudad llega a caminar por donde no debería éste podría estar en peligro. Este no es el único problema de este estilo, por ejemplo esta el índice de acoso sexual de acuerdo a la ruta, la seguridad de los turistas, y el índice de seguridad de la ruta. *¿Cuál es el algoritmo que has propuesto para resolver el problema? ¿Qué resultados cuantitativos has obtenido? ¿Cuáles son las conclusiones de este trabajo? El resumen debe tener como máximo 200 palabras. (En este semestre, debes resumir aquí los tiempos de ejecución, y los resultados obtenidos con los tres caminos).*

### Palabras clave

Camino más corto, acoso sexual callejero, identificación de rutas seguras, prevención del crimen.

## 1. INTRODUCCIÓN

En 2017 hubo alrededor de 18 mil casos de robo en la calle en la ciudad de Medellín y estos numero solo incrementaron en los siguientes años ya que en 2018 hubo 21 mil casos de robo en la calle y en 2019 hubo 25 mil, como podemos ver este problema es real y abundante en la ciudad de Medellín. Con el objetivo de reducir el número de casos de robo callejero y el tiempo que la gente se demora en llegar de un lugar a otro deseamos crear un algoritmo que permita determinar la ruta más corta y segura posible.

### 1.1. Problema

En pocas palabras, explique el problema, el impacto que tiene este problema en la sociedad y por qué es útil resolverlo. El problema con el que nos enfrentamos es muy simple, determinar cuales son las áreas en las cuales más

casos de robo callejero sucede y hacer un algoritmo que le permita al usuario evitar estas áreas mientras lo guía por una ruta no muy larga.

### 1.2 Solución

Explica, brevemente, tu solución al problema (*En este semestre, la solución es un algoritmo para peatones para reducir tanto la distancia como el riesgo de acoso. ¿Qué algoritmos has elegido? ¿Por qué?*)

### 1.3 Estructura del artículo

A continuación, en la Sección 2, presentamos trabajos relacionados con el problema. Posteriormente, en la Sección 3, presentamos los conjuntos de datos y los métodos utilizados en esta investigación. En la Sección 4, presentamos el diseño del algoritmo. Después, en la Sección 5, presentamos los resultados. Finalmente, en la Sección 6, discutimos los resultados y proponemos algunas direcciones de trabajo futuro.

## 2. TRABAJOS RELACIONADOS

A continuación, explicamos cuatro trabajos relacionados con la búsqueda de caminos para prevenir el acoso sexual callejero y la delincuencia en general.

### 2.1 Preveniendo el acoso sexual a travez de un algoritmo de busqueda de rutas usando una busqueda cercana

El problema que resolvieron con este proyecto fue el gran numero de casos de acoso sexual que hay en Mumbai a travez de un algoritmo que te indica cual es la ruta mas segura y rapida para llegar a tu destino, el algoritmo que usaron usa mapas de calor relativos a la posicion del usuario para determinar cuales son las zonas que el usuario debería evitar, el algoritmo de el mapa de calor determina cuales zonas son peligrosas gracias a multiples estudios pasados que predicen los lugares con un alto riesgo de incidentes de acoso sexual. Finalmente para determinar ambos la ruta más segura y la mas rapida, el proyecto tiene dos capas, una es el mapa de calor y otra es Google Maps, usando ambos pueden determinar la ruta que el usuario debería tomar para evitar las zonas con alto riesgo de acoso sexual.

## 2.2 Ruta segura: Un modelo robusto para la predicción de la ruta más segura, usando datos de accidentalidad y crimen.

A causa de que la criminalidad incrementa diariamente, la seguridad al momento de elegir una ruta es cada vez más importante, y las personas no necesariamente saben que tan peligrosas son las rutas que están transitando, al usar aplicaciones como google maps puede que vayan por el camino más corto también puede ser el más peligroso. Por lo tanto los autores de este paper teniendo en cuenta los datos de criminalidad y accidentalidad en la ciudad de Nueva York, aplicando algoritmos de machine learning encuentran el riesgo asociado al tomar una ruta y a partir de estos datos se obtiene una ruta más segura.

Para encontrar el riesgo asociado a cada ruta se usan 3 algoritmos, el primero consiste en pre-procesar los datos de accidentalidad y criminalidad, para así obtener un valor de accidentalidad  $A_s$  asociado a cada punto de las posibles rutas.

El segundo algoritmo inicialmente forma grupos de puntos, basándose en la latitud y longitud de estos, luego a cada grupo se le calcula el valor medio de accidentalidad y criminalidad (A) y (C) respectivamente.

Finalmente el tercer algoritmo buscará el camino más seguro, realizando una sumatoria de  $A_i + C_i$  del punto inicial hasta el punto final para las posibles rutas. Y se escogerá la ruta que obtenga el mínimo puntaje.

Al probar el programa e ingresar los puntos de salida y llegada, este pudo encontrar los caminos más seguros y en los casos en que hubiesen dos caminos seguros, el programa retornaría el camino más corto.

## 2.3 Incorporando un índice de seguridad a la búsqueda de ruta.

Con este algoritmo lo que los creadores apuntaban a disminuir es la cantidad de accidentes vehiculares que suceden, con este objetivo en mente los se creó un algoritmo el cual pudiera recolectar datos acerca de múltiples aspectos de la carretera, el usuario, y la ruta, por ejemplo: el tipo de vehículo, el estado de el pavimento, y la cantidad de accidentes en la ruta. Con todos estos datos el programa genera un índice de seguridad para la ruta y teniendo en cuenta el índice de seguridad y la distancia de cada ruta el algoritmo recomienda una ruta al usuario

Para determinar el índice de seguridad de este algoritmo se estudiaron las diferentes causas de accidentes y la posibilidad de que estos accidentes ocurrieron dependiendo del vehículo, a cada uno de estos casos se les asignó un índice de peligro el cual luego se usaba para determinar el índice general de seguridad de la ruta.

Finalmente este estudio logró crear un método para determinar el índice de seguridad de una ruta y a partir de

esto recomendar un camino que fuera seguro y rápido. El programa nunca se usó en el mundo real pero sí está pensado para ser usado en el futuro en aplicaciones de navegación.

## 2.4 Integración de datos y análisis del sistema para una planificación de ruta segura

El problema que analizan los autores de este artículo son los casos de acoso sexual en la India, que han incrementado significativamente en los últimos años.

Para evaluar la seguridad de un punto  $Y_s$ , los autores consideraron que se tenían que tener en cuenta varios factores que serían  $Y_1, Y_2 \dots Y_n$ . Con lo que se podría definir  $Y_s = Y_1 + Y_2 \dots + Y_n$ . Pero debido a que todos los factores afectan de forma diferente a la seguridad, cada uno tendrá una función de peso diferente, de tal forma que cada variable afecta de diferente forma la función.

Para encontrar el camino más seguro los autores usaron el algoritmo de Dijkstra, realizando unas modificaciones. El algoritmo de Dijkstra busca el camino más corto teniendo en cuenta todos los posibles caminos que puede tomar. Realizando una sumatoria de los pesos o distancias entre los puntos que pueden conformar los diferentes caminos, se encuentra la ruta con menor peso o distancia. Uno de los cambios que realizaron los autores al algoritmo fue cambiar el peso entre dos puntos  $P_s$  no fuera solo la distancia  $p$  sino de la siguiente forma  $P_s = p - \frac{2p}{350} Y_s$ . y de esta forma el algoritmo priorizará la seguridad sobre la distancia, ya que buscará una ruta con el mínimo valor  $P_s$ .

Hasta el momento no se tienen datos concluyentes sobre la eficacia en cuanto a reducción de acoso sexual al momento de transitar las rutas arrojadas por el algoritmo.

## 3. MATERIALES Y MÉTODOS

En esta sección, explicamos cómo se recogieron y procesaron los datos y, después, diferentes alternativas de algoritmos de caminos que reducen tanto la distancia como el riesgo de acoso sexual callejero.

### 3.1 Recogida y tratamiento de datos

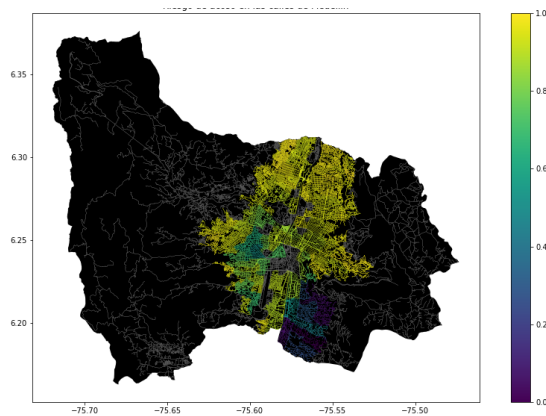
El mapa de Medellín se obtuvo de *Open Street Maps* (OSM)<sup>1</sup> y se descargó utilizando la API<sup>2</sup> OSMnx de Python. El mapa incluye (1) la longitud de cada segmento, en metros; (2) la indicación de si el segmento es de un solo sentido o no, y (3) las representaciones binarias conocidas de las geometrías obtenidas de los metadatos proporcionados por OSM.

---

<sup>1</sup> <https://www.openstreetmap.org/>

<sup>2</sup> <https://osmnx.readthedocs.io/>

Para este proyecto, se calculó una combinación lineal (CL) que captura la máxima varianza entre (i) la fracción de hogares que se sienten inseguros y (ii) la fracción de hogares con ingresos inferiores a un salario mínimo. Estos datos se obtuvieron de la encuesta de calidad de vida de Medellín, de 2017. La CL se normaliza, utilizando el máximo y el mínimo, para obtener valores entre 0 y 1. La CL se obtuvo mediante el análisis de componentes principales. El riesgo de acoso se define como uno menos la CL normalizada. La Figura 1 presenta el riesgo de acoso calculado. El mapa está disponible en GitHub<sup>3</sup>.



**Figura 1.** Riesgo de acoso sexual calculado como una combinación lineal de la fracción de hogares que se sienten inseguros y la fracción de hogares con ingresos inferiores a un salario mínimo, obtenidas de la Encuesta de Calidad de Vida de Medellín, de 2017.

### 3.2 Alternativas de caminos que reducen el riesgo de acoso sexual callejero y distancia

A continuación, se presentaran diferentes algoritmos que podrían ser utilizados para encontrar un camino que reduce tanto el acoso sexual callejero como la distancia.

#### 3.2.1 Encontrar el camino más corto en un laberinto

Este algoritmo está basado en un laberinto hecho de una matriz rectangular la cual solo puede tener los valores de 1 o 0 y el algoritmo tiene que encontrar el camino más corto desde un punto de inicio hasta un punto final, para completar esto solo se puede mover un espacio en cualquier momento en una de cuatro direcciones. Este algoritmo funciona de la siguiente manera, empezando desde el punto de inicio el algoritmo analiza todos los posibles caminos, si

alguno de estos caminos no llega a el punto final, este se elimina, y de los que llegan el algoritmo actualiza la distancia más corta que se tiene que recorrer para llegar al destino, este proceso se sigue repitiendo por cada movimiento hasta que se encuentre el camino más corto.

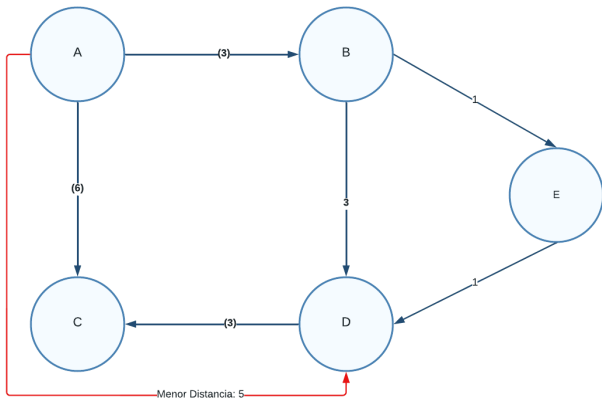
#### 3.2.2 Camino más corto en un laberinto usando backtracking

En este algoritmo se usa se usa backtracking, y el algoritmo funciona de la siguiente manera, empezando desde el punto de inicio se analizan las celulas que estan alrededor de este, si la célula que está alrededor es válida se avanza hacia esta, por ejemplo, si la célula de la izquierda es válida y la las de la derecha, arriba y abajo inválidas se avanza hacia la izquierda, este proceso se sigue repitiendo hasta que llegemos al destino, uno vez llegamos al destino, se devuelve y analiza todos los otros caminos que pudo haber tomado a través del el proceso previamente explicado, una vez haya explorado todos las posibilidades devuelve como resultado la longitud del camino más corto e ignora todos los otros caminos.

#### 3.2.3 Algoritmo de Dijkstra

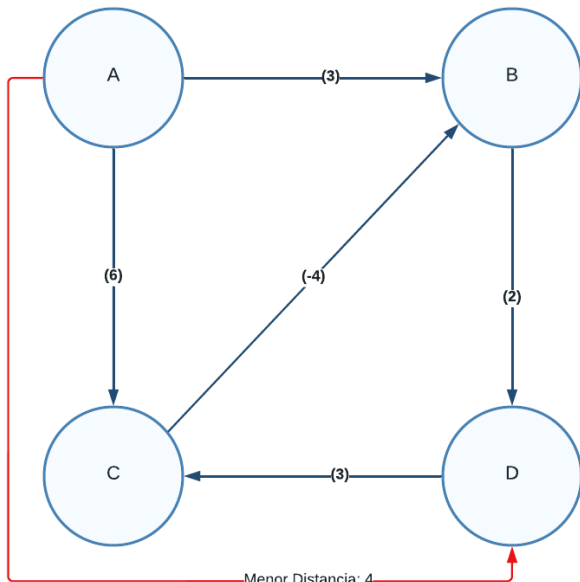
Este algoritmo es uno de los más usados comúnmente para encontrar la menor distancia en un grafo al cual se le asignan valores de peso o distancia en las aristas. La complejidad de este algoritmo es  $O(n^2)$  para un grafo conexo, no dirigido y ponderado con  $n$  vértices. Y usando un método conocido como cola de prioridad, su complejidad pasa a ser  $O(|A| \log |n|)$ , siendo  $A$  el número de aristas en el grafo. Para encontrar el camino con la menor distancia, el algoritmo va recorriendo los nodos del grafo y va almacenando la menor distancia que se puede recorrer del punto inicial al nodo que está analizando, hasta llegar al nodo final.

<sup>3</sup><https://github.com/mauriciotoro/ST0245Eafit/tree/master/proyecto/Datasets/>



### 3.2.4 Algoritmo de Bellman-Ford

Este algoritmo es similar al algoritmo de Dijkstra, ambos encuentran el camino más corto para grafos ponderados, sin embargo el algoritmo de Dijkstra no permite que la ponderación de las aristas sean negativas. El algoritmo de Bellman-Ford tiene una complejidad de  $O(n^3)$  en un grafo con  $n$  vértices. Para calcular el camino más corto, cada nodo calcula la distancia entre el mismo y todos los demás, esto se va almacenando en una matriz, haciendo un total de  $n-1$  iteraciones, al final de llenar la matriz se tiene cuanto es la distancia mínima de el nodo inicial al nodo final y a todos los otros.

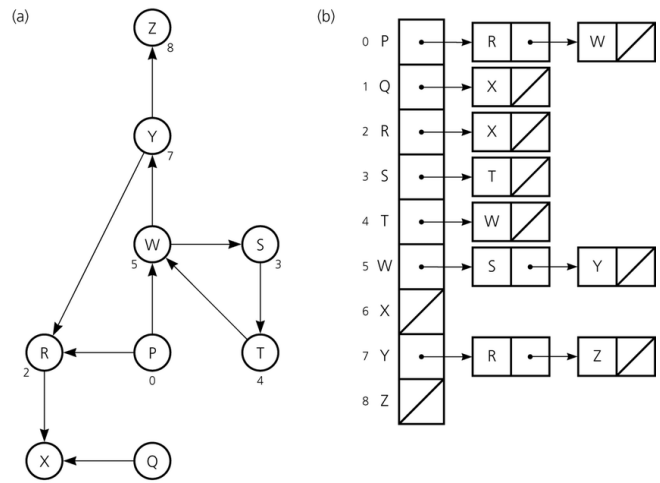


## 4. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL ALGORITMO

A continuación, explicamos las estructuras de datos y los algoritmos utilizados en este trabajo. Las implementaciones de las estructuras de datos y los algoritmos están disponibles en Github<sup>4</sup>.

### 4.1 Estructuras de datos

Explica la estructura de datos que se utilizó para representar el mapa de la ciudad de Medellín. Haga una figura que lo explique. No utilice figuras de Internet. (En este semestre, los ejemplos de las estructuras de datos son la matriz de adyacencia, la lista de adyacencia, la lista de adyacencia utilizando un diccionario). La estructura de los datos se presenta en la Figura 2.



**Figura 2:** Un ejemplo de mapa de calles se presenta en (a) y su representación como lista de adyacencia en (b). (Por favor, siéntase libre de cambiar esta gráfica si utiliza una estructura de datos diferente).

### 4.2 Algoritmos

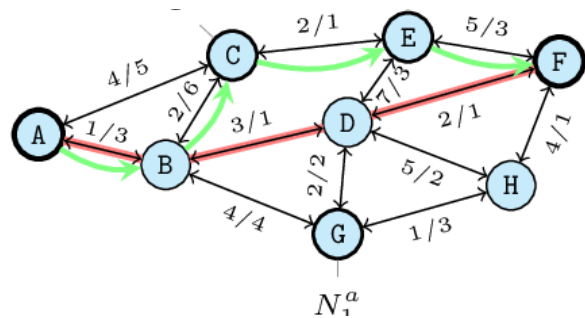
En este trabajo, proponemos un algoritmo para un camino que minimiza tanto la distancia como el riesgo de acoso sexual callejero.

#### 4.2.1 Algoritmo para un camino que reduce tanto la distancia como el riesgo de acoso sexual callejero

Explica el diseño del algoritmo para calcular un camino que reduce tanto la distancia como el riesgo de acoso y haga su propia gráfica. No utilice gráficas de Internet, haga las suyas. (En este semestre, el algoritmo podría ser DFS, BFS,

<sup>4</sup> <http://www.github.com/ ???????? /.../proyecto/>

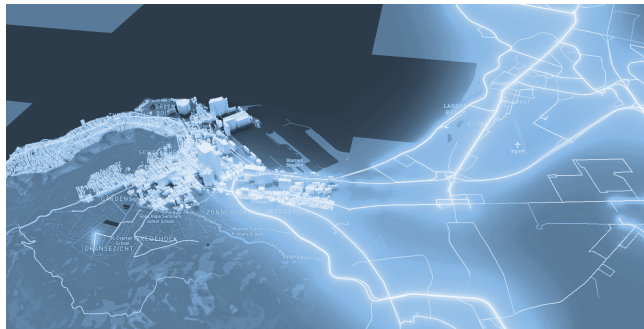
Dijkstra, A\*, Bellman, Floyd entre otros ). El algoritmo se ejemplifica en la Figura 3.



**Figura 3:** Cálculo de un camino que reduce tanto la distancia como el riesgo de acoso. (Por favor, siéntase libre de cambiar esta figura si utiliza un algoritmo diferente).

#### 4.2.2 Cálculo de otros dos caminos para reducir tanto la distancia como el riesgo de acoso sexual callejero

Explica los otros dos caminos que reducen tanto la distancia como el riesgo de acoso sexual callejero y haga su propia gráfica. No utilice gráficas de Internet, haga las suyas. (En este semestre, el algoritmo podría ser DFS, BFS, Dijkstra, A\*, entre otros). El algoritmo se ejemplifica en la Figura 4.



**Figura 4:** Mapa de la ciudad de Medellín donde se presentan tres caminos para peatones que reducen tanto el riesgo de acoso sexual como la distancia en metros entre la Universidad EAFIT y la Universidad Nacional.

#### 4.3 Análisis de la complejidad del algoritmo

Explica, con tus propias palabras, el análisis, para el peor caso, utilizando la notación O. ¿Cómo ha calculado esas complejidades? Explique brevemente.

Algoritmo	Complejidad temporal
Nombre del algoritmo	$O(V^2 \cdot E^2)$
Nombre del segundo algoritmo (en caso de que haya probado dos)	$O(E^3 \cdot V \cdot 2^V)$

**Tabla 1:** Complejidad temporal del nombre de su algoritmo, donde V es... E es... (Por favor, explique qué significan V y E en este problema). No, no use 'n'.

Estructura de datos	Complejidad de la memoria
Nombre de la estructura de datos	$O(V \cdot E \cdot 2^E)$
Nombre de la segunda estructura de datos (en caso de que haya intentado dos)	$O(2^E \cdot 2^V)$

**Tabla 2:** Complejidad de memoria del nombre de la estructura de datos que utiliza su algoritmo, donde V es... E es... (Por favor, explique qué significan V y E en este problema). No, no sive 'n'. Es decir, no usar 'n'. No 'n'.

#### 4.4 Criterios de diseño del algoritmo

Explique por qué el algoritmo fue diseñado de esa manera. Utilice criterios objetivos. Los criterios objetivos se basan en la eficiencia, que se mide en términos de tiempo y memoria. Ejemplos de criterios NO objetivos son: "estaba enfermo", "fue la primera estructura de datos que encontré en Internet", "lo hice el último día antes del plazo", "es más fácil", etc. Recuerde: Este es el 40% de la calificación del proyecto.

### 5. RESULTADOS

En esta sección, presentamos algunos resultados cuantitativos sobre los tres caminos que reducen tanto la distancia como el riesgo de acoso sexual callejero.

#### 5.1 Resultados del camino que reduce tanto la distancia como el riesgo de acoso sexual callejero

A continuación, presentamos los resultados obtenidos de tres caminos que reducen tanto la distancia como el acoso, en la Tabla 3.

Origen	Destino	Distancia	Riesgo
Eafit	Unal	??	??
Eafit	Unal	???	??
Eafit	Unal	??	??

**Tabla 3.** Distancia en metros y riesgo de acoso sexual callejero (entre 0 y 1) para ir desde la Universidad EAFIT hasta la Universidad Nacional caminando.

#### 5.2 Tiempos de ejecución del algoritmo

En la Tabla 4, explicamos la relación de los tiempos medios de ejecución de las consultas presentadas en la Tabla 3.

Calcule el tiempo de ejecución de las consultas presentadas en la Tabla 3. Indique los tiempos de ejecución medios.

Cálculo de v	Tiempos medios de ejecución (s)
v = ??	100000.2 s
v = ??	800000.1 s
v = ??	8450000 s

**Tabla 4:** Tiempos de ejecución del nombre del algoritmo (Por favor, escriba el nombre del algoritmo, por ejemplo, DFS, BFS, A\*) para cada uno de los tres caminos calculadores entre EAFIT y Universidad Nacional.

### 6. CONCLUSIONES

Explique los resultados obtenidos. ¿Son los caminos significativamente diferentes? ¿Qué utilidad tiene esto para la ciudad? ¿Son razonables los tiempos de ejecución para utilizar esta implementación en una situación real? ¿Qué camino recomendaría para una aplicación móvil o web?

#### 6.1 Trabajos futuros

Responda, ¿qué le gustaría mejorar en el futuro? ¿Cómo le gustaría mejorar su algoritmo y su aplicación? ¿Continuará este proyecto trabajando en la optimización? ¿En estadística? ¿Desarrollo web? ¿Aprendizaje automático? ¿Realidad virtual? ¿Cómo?

#### AGRADECIMIENTOS

Identifique el tipo de agradecimiento que desea escribir: para una persona o para una institución. Tenga en cuenta las siguientes pautas: 1. El nombre del profesor no se menciona porque es un autor. 2. No debe mencionar a los autores de los artículos con los que no se ha puesto en contacto. 3. Debe mencionar a los alumnos, profesores de otros cursos que le han ayudado.

A modo de ejemplo: Esta investigación ha sido apoyada/parcialmente apoyada por [Nombre de la Fundación, Donante].

Agradecemos la ayuda con [técnica particular, metodología] a [Nombre Apellido, cargo, nombre de la institución] por los comentarios que mejoraron en gran medida este manuscrito.

Los autores agradecen al profesor Juan Carlos Duque, de la Universidad EAFIT, por facilitar los datos de la Encuesta de Calidad de Vida de Medellín, de 2017, procesados en un archivo *Shapefile*.

### REFERENCIAS

- Reports, C., 2022. *Crime and security in Medellin | Colombia Reports*. [online] Colombia News | Colombia Reports. Available at: <<https://colombiareports.com/medellin-crime-security-statistics/>> [Accessed 20 August 2022].
- Shivangi, S, Gauri, V y Chaurasia, S. 2019. Route-The Safe:A Robust Model for Safest Route Prediction Using Crime and Accident Data. *International Journal of Advanced Science and Technology*. 1415-1428.
- Guptaa, A, B, Khetan. 2018. A Data Integration and Analysis System for Safe Route Planning.

