

# ALGORITMO PARA ENCONTRAR EL CAMINO MAS SEGURO PARA DESPLAZARCE EN MEDELLIN

Jhonnathan Stiven Ocampo  
Diaz  
Universidad Eafit  
Colombia  
jsocampod@eafit.edu.co

Jerónimo Cardona Osorio  
Universidad Eafit  
Colombia  
jcardonao2@eafit.edu.co

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

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

## RESUMEN

Podemos intentar buscar causas a este “fenómeno” y pese a que podemos intuir, incluso afirmar que se debe a tradiciones machistas de épocas pasadas y conservadoras, las cuales veían el piropo como una muestra de afecto y exaltación a la belleza, principalmente femenina, el hecho de hacerlo en situaciones, lugares y con personas totalmente desconocidas solo dejan como causante una gran falta de respeto, moralidad y educación, pues hay quienes hoy en día se enorgullecen de esta mala práctica y creen que entre más acosen a una persona, más valor y dominancia van a tener.

Como ya lo mencioné anteriormente, ese no es un problema reciente, es algo que se viene viendo desde hace varias décadas de hecho. Aun así la misma sociedad ha ido avanzando no solo tecnológica sino también culturalmente, implicando la aparición de las luchas contra diversos factores que afectan la integridad humana y la propia concientización de lo que verdaderamente está correcto y que no, pero pese a ello, actualmente las cifras de acoso siguen creciendo, día tras día siguen dejando más y más víctimas, y es por ello que nos vemos en la necesidad de no solo luchar contra este problema sino también de implementar herramientas que nos ayuden a llegar a nuestro destino y que velen por nuestra seguridad. [0]

## Palabras clave

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

## 1. INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia, la sociedad ha evolucionado creando normas con la finalidad de mantener el orden y la seguridad en la misma. Sin embargo, uno de los problemas a los que actualmente se enfrenta es la violencia de género, esto debido a los roles que se manejan todavía en una sociedad en extremo machista o a la vez feminista, y que se enmarca en este problema no solo la violencia física, psicológica sino también un problema mucho mayor que por nuestra cultura no tomamos en cuenta, y que forma parte de una violencia particular y es el “acoso callejero”, el cual en su mayoría lo sufren las mujeres.

### 1.1. Problema

El acoso sexual callejero se refiere a un tipo de violencia ejercida por una persona a otra, sin consentimiento y con el propósito de remarcar una posición superior de poder que se

ha impuesto por la sociedad, las principales implicaciones frente a este problema son las emocionales y psicológicas ya que hace que las personas afectadas se sientan invalidadas, vulnerables e inseguras y terminan generando traumas que hacen que los afectados no vuelvan a sentirse cómodos por el miedo a que esta situación vuelva a suceder. [1]

### 1.2 Solución

Para nuestra solución decidimos implementar un código que se encargue de ponderar tanto la distancia como el riesgo de acoso en las calles de Medellín, y le devuelva al usuario con base a sus coordenadas de origen y destino, la ruta más optima posible, siendo esta tanto rápida como segura. Para ello utilizamos el algoritmo de Dijkstra, el cual es un algoritmo muy popular alrededor del mundo gracias a que determina el camino más corto en un grafo, con base a un vértice de origen y los pesos de cada arista.

Dado nuestro caso convertimos las calles de Medellín en un grafo y definimos el peso de las aristas con la distancia y riesgo de cada calle respectivamente. Donde, implementado el Dijkstra, este devuelve la ruta más corta y segura a través del grafo.

### 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. CROWDSAFE: crowd sourcing of crime incidents and safe routing on mobile devices

CROWDSAFE, fusiona dos conceptos: crowdsourcing (que hace referencia a la colaboración de un colectivo para una tarea) de Internet y dispositivos inteligentes portátiles para permitir la búsqueda y el informe de incidentes delictivos basados en la ubicación y en tiempo real. Este proyecto está dirigido a usuarios interesados en información sobre delitos.

El sistema aprovecha los datos de fuentes múltiples para proporcionar funciones novedosas, como un enrutador de seguridad y análisis de delitos de valor agregado, permite al usuario buscar y reportar nueva información sobre delitos. La función de enrutador de seguridad ayuda al usuario a programar un plan de viaje seguro y conveniente. Este proyecto implementa dos algoritmos A\* y Dijkstra dependiendo del desempeño. [2]

## 2.2 Route-The Safe: A Robust Model for Safest Route Prediction Using Crime and Accidental Data

Este proyecto realizado por la Escuela de Informática y TI, de la Universidad Manipal Jaipur, India. Proponen una solución para las altas tasas de crimen y la baja percepción de seguridad en la ciudad de New York, esta solución consta de 3 pasos, el primero que busca predecir una ruta segura utilizando datos de delincuencia y accidentes, así como considerando la distancia entre la origen y destino. El segundo que divide la ciudad de Nueva York en regiones de riesgo más pequeñas aplicando agrupamiento anidado en los datos y el último que hace un cálculo de la puntuación de riesgo de las rutas en función del riesgo puntuado de los clusters cercanos. Usan 3 distintos algoritmos para desarrollar la solución propuesta: Data preprocessing, k-mean y K Nearest Neighbor. [3]

## 2.3 SAFETIPIN – Supporting Safer Cities

Safetipin es una organización social que trabaja con una amplia gama de actores urbanos, incluidos los gobiernos, para hacer que los espacios públicos sean más seguros e inclusivos para las mujeres. Recopilan datos utilizando sus 3 aplicaciones de teléfonos móviles (My Safetipin, que está disponible en la tienda de aplicaciones y Play Store; Safetipin Nite y Safetipin Site) y los presentan a las partes interesadas relevantes con recomendaciones. Las rutas se elaboran en la parte trasera de un automóvil por profesionales capacitados para cubrir todas las calles de la ciudad. El conductor ve la ruta que debe tomar. A medida que el automóvil se mueve, se toman fotografías a distancias predefinidas y se cargan en sus servidores. Luego se ejecutan algoritmos de aprendizaje automático (visión por computadora) en estas imágenes para extraer información sobre parámetros de seguridad. Por último, codificadores capacitados agregan algunos puntos de datos adicionales que usan esta información para auditar un punto. Esto constituye la principal fuente de datos para los parámetros de seguridad en una ciudad.

El sistema back-end que se utiliza para codificar los puntos de auditoría se puede adaptar para capturar información adicional basada en el proyecto. El sistema está disponible para todas las partes interesadas del proyecto y permite múltiples niveles de credenciales para permitir tanto la participación como la seguridad. [4]

## 2.4 SAFEWAY: An explainable context-aware recommender system for safe routes

SAFEWAY es un sistema de recomendación basado en casos para proponer y explicar la ruta más segura al usuario teniendo en cuenta las restricciones de su contexto. El sistema SAFEWAY funciona con una memoria de casos obtenida del dataset de Seguridad Vial que incluye accidentes de tráfico en GB desde 1979. Luego utiliza una metáfora visual para dar al usuario los detalles de la ruta en cuanto a su seguridad. En esta metáfora los marcadores numéricos muestran la similitud entre el contexto del incidente pasado y el contexto del usuario actual. Además, el color del icono refleja la gravedad del incidente. La explicación de la gravedad de todo el recorrido se complementa con el uso de la agrupación de incidencias en una localización similar. Esto permite al usuario obtener una vista global de la ruta, que luego se amplía cuando el usuario hace zoom para ver los detalles. [5]

## 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.

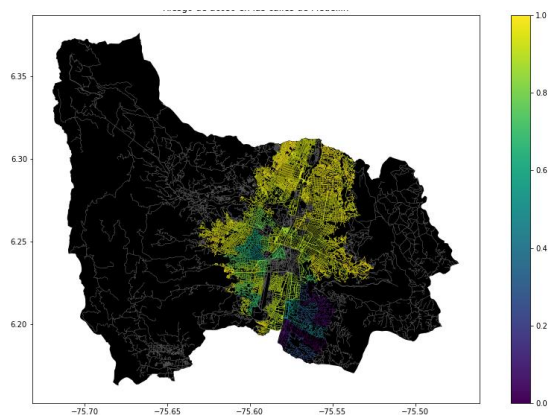
Para este proyecto, se calculó una combinación lineal (CL) que captura la máxima varianza entre (i) la fracción de hogares que se sienten inseguros y (ii) la fracción de hogares con ingresos inferiores a un salario mínimo. Estos datos se obtuvieron de la encuesta de calidad de vida de Medellín, de 2017. La CL se normalizó, 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

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

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

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



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, presentamos diferentes algoritmos utilizados para un camino que reduce tanto el acoso sexual callejero como la distancia.

#### 3.2.1 Algoritmo de Dijkstra

El algoritmo de Dijkstra nos permite encontrar el camino más corto entre dos vértices cualesquiera de un grafo. Es un algoritmo eficiente que sirve para encontrar el camino de coste mínimo desde un nodo origen a todos los demás nodos del grafo. Este algoritmo se fundamenta en la manera que dado un grafo a cuyos arcos se han asociado una serie de pesos, se define el camino de coste mínimo de un vértice “u” a otro “v”, esto porque el camino donde la suma de los pesos de los arcos que lo forman es la más baja entre las de todos los caminos posibles de “u” a “v”. [6]

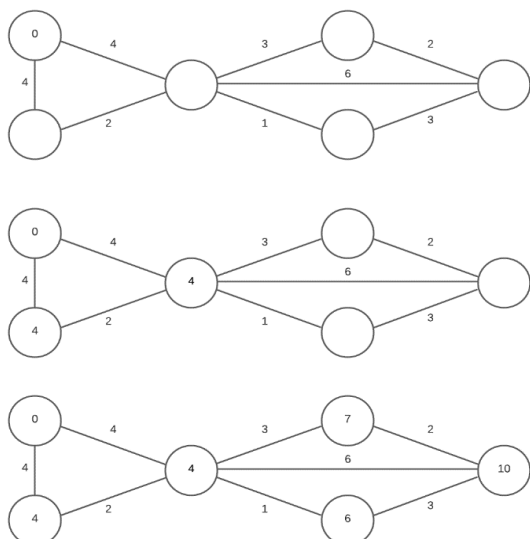


Imagen 1. Algoritmo de Dijkstra

#### 3.2.2 Breadth First Search (BFS)

BFS tiene varias aplicaciones como encontrar el camino más corto entre 2 nodos, medido por el número de nodos conectados o para sistemas de navegación GPS, para encontrar localizaciones vecinas. Es un algoritmo de búsqueda para lo cual recorre los nodos de un grafo, comenzando en la raíz (eligiendo algún nodo como elemento raíz en el caso de un grafo), para luego explorar todos los vecinos de este nodo. A continuación, para cada uno de los vecinos se exploran sus respectivos vecinos adyacentes, y así hasta que se recorra todo el grafo. [7]

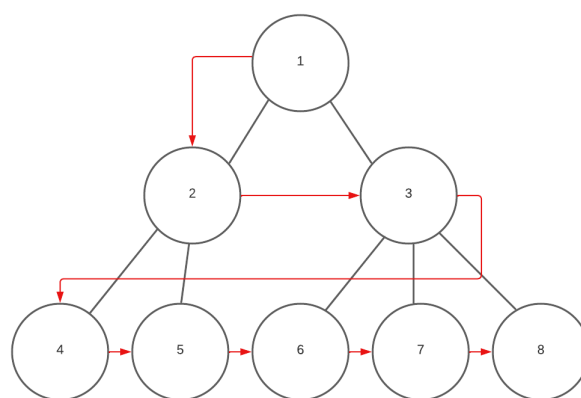


Imagen 2. Algoritmo BFS

#### 3.2.3 Depth First Search (DFS)

Este es un algoritmo de búsqueda para lo cual recorre los nodos de un grafo. Su funcionamiento consiste en ir expandiendo cada uno de los nodos que va localizando, de forma recurrente (desde el nodo padre hacia el nodo hijo). Cuando ya no quedan más nodos que visitar en dicho camino, regresa al nodo predecesor, de modo que repite el mismo proceso con cada uno de los vecinos del nodo. [7]

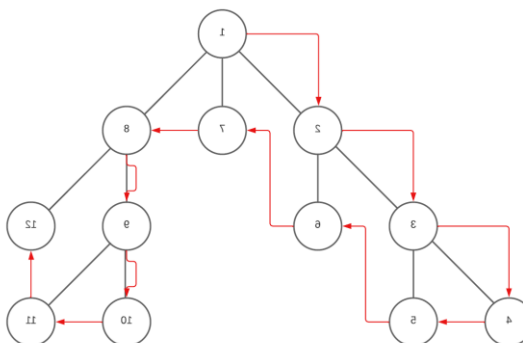


Imagen 3. *Algoritmo DFS*

**3.2.4 Algoritmo de búsqueda A\*** El algoritmo de búsqueda A\* es una de las mejores y más populares técnicas utilizadas en la búsqueda de rutas y recorridos de gráficos. Lo que hace el algoritmo de búsqueda A\* es que, en cada paso, selecciona el nodo de acuerdo con un valor: 'f', que es un parámetro igual a la suma de otros dos parámetros: 'g' y 'h'. En cada paso, elige el nodo/celda que tiene la 'f' más baja y procesa ese nodo/celda. [8]

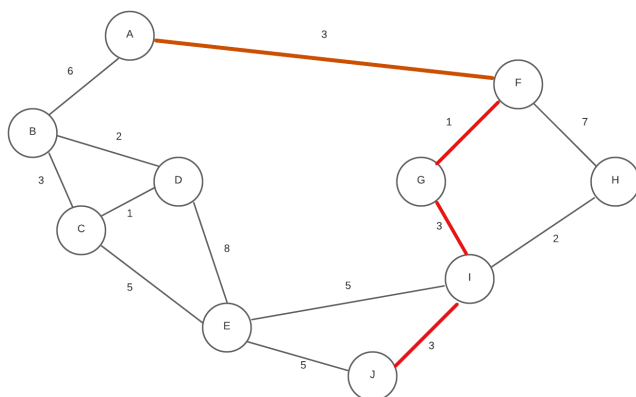


Imagen 4. *Algoritmo A\**

## 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

Los datos fueron entregados en un archivo CSV, así que se decidió representar estos datos en un DataFrame de pandas, a partir de esto se implementó una lista de adyacencia de diccionarios para hacer el grafo que representa la ciudad de Medellín, en donde las "Keys" son todos los orígenes y los "values" son otro diccionario que posee como "keys" todos los destinos del origen al que están asociados y los valores de este diccionario son el dato que representa la ponderación del riesgo y la distancia del camino.

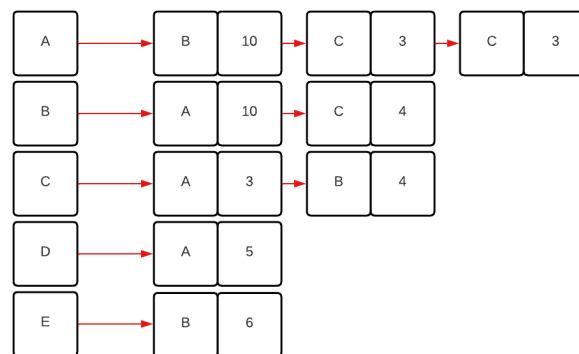


Imagen 5. *Grafo como lista de adyacencia donde la columna de la izquierda representa la "Key" y los datos de la derecha son sus "Values"*

**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

El algoritmo que se emplea para la solución propuesta es Dijkstra, este necesita de un grafo (Un grafo, es una estructura de datos que permite modelar mediante, una representación gráfica formada por nodos que muestra a los actores y aristas que sirven para representar las relaciones entre los actores. [9]) y de los nodos de origen y destino. Comienza en un nodo de su elección (el nodo de origen) y analiza el grafo para encontrar el camino más corto entre ese nodo y el nodo elegido como destino (como el objetivo es encontrar la ruta más segura se tiene como distancia no solo el "peso" de la longitud del camino sino el valor del riesgo de acoso).

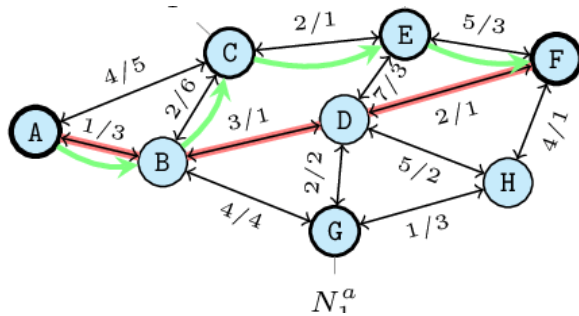
El algoritmo realiza una validación de la distancia más corta actualmente conocida de cada nodo al nodo de origen y actualiza esos valores cuando encuentra una ruta más corta.

Si el algoritmo encuentra la ruta más corta entre el nodo de origen y otro nodo, ese nodo se marca como "visitado" y se agrega a la ruta (esta ruta es una lista y es el valor de retorno de la función).

El proceso continúa hasta que todos los nodos del grafo se agregan a la ruta. Por lo tanto, tenemos una ruta que conecta el nodo de origen con todos los demás nodos, siguiendo la

<sup>4</sup> <https://github.com/jhothinnan/ST0245-Eafit>

ruta más corta posible del nodo origen al que se marcó como destino.



**Figura 3:** Cálculo de un camino que reduce tanto la distancia como el riesgo de acoso.

#### 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	$O(V^2 * E^2)$
Nombre del segundo algoritmo (en caso de que haya probado dos)	$O(E^3 * V * 2^V)$

**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	$O(V * E * 2^E)$
Nombre de la segunda estructura de datos (en caso de que haya intentado dos)	$O(2^E * 2^V)$

**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 sirve '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

0. <http://remca.umet.edu.ec/index.php/REMCA/article/download/239/281>.
1. Tuyub, J., Valle, V. y Alpuche, S., 2021. Repercusiones psicológicas del acoso sexual callejero en mujeres meridianas. *Alternativas.me*.
2. Shah, S., Bao, F., Lu, C. y Chen, I., 2011. CROWDSAFE: crowd sourcing of crime incidents and safe routing on mobile devices. *ACM*.
3. Soni, S., Gauri, V. y Chaurasia, S., 2019. Route-The Safe: A Robust Model for Safest Route Prediction Using Crime and Accidental Data. *Research gate*.
4. Safetipin | Safetipin, Creating Safe Public Spaces for Women: 2022. <https://safetipin.com/>.
5. [https://web.archive.org/web/20220420000129id\\_/http://eur-ws.org/Vol-2567/paper11.pdf](https://web.archive.org/web/20220420000129id_/http://eur-ws.org/Vol-2567/paper11.pdf).
6. Escuela de computación, UDB, 2022. Algoritmos para la ruta más corta en un Grafo., Bogota: udb.
7. Lopez, M. y Murillo, J., 2020. Difference between Breadth Search (BFS) and Deep Search (DFS). Encora.
8. GeeksforGeeks, 2022. A\* Search Algorithm - GeeksforGeeks. GeeksforGeeks.
9. Rochina, P., 2022. Teoría de Grafos: Análisis relacional de las Redes Sociales. *Canal Informática y TICS*.