

# Optimización de recursos policiales en zonas comerciales de Bogotá: análisis geoespacial y estratégico de vulnerabilidades

## Optimisation of police resources in commercial areas of Bogotá: geospatial and strategic analysis of vulnerabilities

## Otimização de Recursos Policiais em Áreas Comerciais de Bogotá: Análise Geoespacial e Estratégica de Vulnerabilidades

Miguel Santiago Feles Gómez <sup>a,1\*</sup> | Germán Andrés Combariza González <sup>b</sup> | Daniel Andrés Cervantes Flórez <sup>c</sup> | Yessica Liceth Velásquez Castiblanco <sup>d</sup> | Camila Andrea Urrego Calderón <sup>e</sup>

- a <https://orcid.org/0009-0007-6104-1710> Universidad Externado de Colombia, Bogotá D.C., Colombia  
b <https://orcid.org/0000-0002-1878-665X> Universidad Externado de Colombia, Bogotá D.C., Colombia  
c <https://orcid.org/0009-0002-1401-7033> Universidad Externado de Colombia, Bogotá D.C., Colombia  
d <https://orcid.org/0000-0002-8029-1316> Universidad Externado de Colombia, Bogotá D.C., Colombia  
e <https://orcid.org/0009-0008-8029-4139> Universidad Externado de Colombia, Bogotá D.C., Colombia

- Fecha de recepción: 2024-09-03
  - Fecha concepto de evaluación: 2024-09-30
  - Fecha de aprobación: 2024-10-15
- <https://doi.org/10.22335/rlct.v16i3.1988>

**Para citar este artículo/To reference this article/Para citar este artigo:** Feles, M., Combariza, G., Cervantes, D., Velásquez, Y., & Urrego, C. (2024). Optimización de recursos policiales en zonas comerciales de Bogotá: análisis geoespacial y estratégico de vulnerabilidades. *Revista Logos Ciencia & Tecnología*, 16(3), 46-61. <https://doi.org/10.22335/rlct.v16i3.1988>

### RESUMEN

Uno de los principales retos de la sociedad es encontrar mecanismos efectivos que garanticen la seguridad de los ciudadanos y permitan un pleno desarrollo económico y social. Este estudio identifica las zonas comerciales de Bogotá, Colombia, que son puntos críticos en términos de seguridad, y propone una asignación estratégica de recursos policiales que permita optimizar su cobertura y tiempos de respuesta. Se ejecutó el proceso metodológico de acuerdo con los lineamientos del *Cross-Industry Standard Process for Data Mining*. Se emplearon técnicas de análisis geoespacial, incluyendo el algoritmo *Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise* para la identificación de zonas comerciales y la teoría de grafos para modelar la red de seguridad. Además, se utilizaron datos de la Unidad Administrativa Especial de Catastro Distrital y la ubicación de estaciones y de los CAI de la Policía Nacional. Los resultados muestran la identificación de 241 zonas comerciales en Bogotá y proponen una asignación estratégica de recursos policiales basada en la centralidad de grado y un algoritmo de emparejamiento estable. La integración de las técnicas relacionadas permitió generar un enfoque innovador que combina la identificación precisa de zonas comerciales críticas con una optimización basada en datos de los recursos policiales. De esta forma, no solo se incrementa la comprensión de la dinámica de seguridad en áreas comerciales urbanas, sino también se proporciona una herramienta robusta para la toma de decisiones en seguridad pública para la ciudad.

**Palabras clave:** comercio, delincuencia, desarrollo económico, prevención del crimen, política gubernamental.

### ABSTRACT

One of the most significant challenges facing society is the development of effective mechanisms that can ensure the security of citizens while facilitating comprehensive economic and social



advancement. This study identifies the commercial areas of Bogotá, Colombia, which are critical points in terms of security, and proposes a strategic allocation of police resources in order to optimise their coverage and response times. The methodological process was executed in accordance with the guidelines set forth in the Cross-Industry Standard Process for Data Mining. Geospatial analysis techniques were employed, including the Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise (DBSCAN) algorithm to identify commercial zones and the graph theory to model the security network. Additionally, data from the Special Administrative Unit of Land Registry and the locations of National Police stations and precincts were utilised. The results demonstrate the identification of 241 commercial zones in Bogotá and propose a strategic allocation of police resources based on degree centrality and a stable matching algorithm. The integration of related techniques allowed for the generation of an innovative approach that combines the accurate identification of critical commercial zones with a data-driven optimisation of police resources. This not only increases the understanding of security dynamics in urban commercial areas, but also provides a robust public safety decision-making tool for the city.

**Keywords:** Trade, Crime, Crime prevention, Economic development, Crime prevention, Government policy, Crime prevention.

## RESUMO

Um dos principais desafios da sociedade é encontrar mecanismos eficazes que garantam a segurança dos cidadãos e permitam o pleno desenvolvimento econômico e social. Este estudo identifica as áreas comerciais de Bogotá, Colômbia, que são pontos críticos em termos de segurança, e propõe uma alocação estratégica de recursos policiais para otimizar sua cobertura e tempos de resposta. O processo metodológico foi executado de acordo com as diretrizes do Cross-Industry Standard Process for Data Mining. Foram utilizadas técnicas de análise geoespacial, incluindo o algoritmo Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise para identificar zonas comerciais e a teoria dos gráficos para modelar a rede de segurança. Além disso, foram usados dados da Unidad Administrativa Especial de Catastro Distrital e a localização das delegacias da Polícia Nacional e dos CAIs. Os resultados mostram a identificação de 241 zonas comerciais em Bogotá e propõem uma alocação estratégica de recursos policiais com base na centralidade do grau e em um algoritmo de correspondência estável. A integração das técnicas relacionadas permitiu a geração de uma abordagem inovadora que combina a identificação precisa de zonas comerciais críticas com uma otimização baseada em dados dos recursos policiais. Dessa forma, não apenas aumenta a compreensão da dinâmica de segurança em áreas comerciais urbanas, mas também fornece uma ferramenta robusta de tomada de decisões de segurança pública para a cidade.

**Palavras-chave:** comércio, crime, desenvolvimento econômico, prevenção contra o crime, política governamental.

## Introducción

La inseguridad y el crimen ejercen un impacto profundo en la estructura social y económica de una sociedad, alterando su cultura y afectando negativamente la productividad de los negocios y las inversiones estructurales. Estos factores obstaculizan la superación de problemas fundamentales como el desempleo, la corrupción y la inflación, ya que obligan a desviar recursos valiosos hacia medidas de seguridad contra robos, prevención de actos vandálicos e implementación de infraestructuras defensivas. Como consecuencia, se obstaculiza la expansión empresarial y se desincentiva la inversión, lo que conduce a las empresas a adoptar estrategias operativas enfocadas más en la supervivencia que en el crecimiento. Este círculo vicioso no solo impide el desarrollo económico, sino que también perpetúa las condiciones que

alimentan la inseguridad, creando un desafío complejo y multifacético para la sociedad.

Según Farooq y Mertzanis (2017), la inseguridad tiene un impacto directo en el adecuado desarrollo de las economías. Entre los efectos negativos de este fenómeno se encuentran el incremento de los gastos, la reducción de los ingresos, la disminución de la productividad y la dificultad para formar clústeres competitivos y tomar decisiones estratégicas e inversiones efectivas en las empresas. Las empresas que experimentan una menor criminalidad tienen menos probabilidades de considerarla como un obstáculo para sus operaciones, y viceversa.

De acuerdo con Parente y Valdés (2023) del Fondo Monetario Internacional, se afirma que un aumento del 30% en las tasas de delincuencia (equivalente a una desviación estándar histórica) reduce el crecimiento económico en

0.14 puntos porcentuales, lo que deja en evidencia que el incremento de inseguridad desincentiva la creación de capital y genera pérdidas económicas significativas, ya que desalienta la participación y productividad por el temor y desconfianza que sienten los ciudadanos y empresas. De esta manera, la respuesta legal y estrategias encaminadas a la prevención de los delitos son fundamentales para desarrollar una ciudad con altos niveles de seguridad ciudadana y un entorno propicio para el desarrollo empresarial. La seguridad ciudadana y el desarrollo empresarial mantienen una relación simbiótica que requiere la participación de múltiples actores. El Estado, como garante principal, debe implementar políticas efectivas, mientras que la ciudadanía, las empresas y los comercios desempeñan roles complementarios. Los ciudadanos pueden involucrarse en iniciativas comunitarias, las empresas invertir en responsabilidad social, y los comercios adoptar prácticas que promuevan entornos seguros. Esta colaboración multisectorial fortalece la estructura social y crea un ambiente propicio para el desarrollo sostenible, donde la seguridad y el progreso económico se refuerzan mutuamente, beneficiando a toda la sociedad.

La situación de seguridad en Bogotá y su impacto tanto en la percepción ciudadana como en el ámbito empresarial resalta la importancia de evaluar políticas y estrategias enfocadas en mejorar la convivencia y seguridad. La creciente preocupación entorno a la percepción de inseguridad desde el 2015 ha llevado a la adopción de medidas como el Código de Seguridad y Convivencia, y la actuación de la Subsecretaría de Seguridad y Convivencia, que buscan no solo regular la conducta en espacios públicos y fomentar la corresponsabilidad ciudadana, sino también crear entornos de confianza que propicien el desarrollo económico y social.

Este problema se ha tratado desde diferentes estudios que buscan solucionar el desafío de seguridad, enfocándose en la incidencia de diferentes delitos, la percepción de seguridad por parte de los ciudadanos y la efectividad de las políticas y estrategias implementadas por el gobierno local. Con el uso de datos estadísticos y casos de estudio se evalúan las tendencias delictivas y los resultados de las iniciativas de seguridad, proponiendo recomendaciones basadas en los hallazgos obtenidos. Como un

hallazgo clave se tiene que, a pesar de los esfuerzos significativos por parte de las autoridades para mejorar la seguridad en Bogotá, persisten desafíos considerables en la reducción de ciertos tipos de delitos y en la mejora de la percepción de seguridad entre los ciudadanos, principalmente zonas específicas como San José de Bavaria I, II, III y IV sector (Suba) y el Parque Nacional, que presentan problemas de seguridad nocturna (Gómez, 2019).

Otro caso de estudio incorporó modelos *probit* ordenados para analizar los determinantes de la percepción de inseguridad en Bogotá. El estudio se basó en encuestas como la Encuesta de Percepción y Victimización (Cámara de Comercio de Bogotá, 2017) y la Encuesta de Convivencia y Seguridad Ciudadana (DANE, 2016) que medía la sensación de inseguridad en la ciudad y examinó su relación con la percepción de delitos específicos (homicidios, hurtos, riñas), el conocimiento del plan cuadrantes de la policía, la participación en programas de seguridad comunitarios, el sexo y el estrato socioeconómico de los encuestados. Los resultados principales evidenciaron que la percepción de delitos, especialmente el hurto a personas se relaciona positivamente con la sensación de inseguridad. Conocer el plan cuadrante y participar en programas de seguridad comunitarios no tuvo una relación significativa con la percepción de inseguridad. El estudio también encontró que ser hombre y pertenecer a un estrato socioeconómico más alto se relaciona con una menor percepción de inseguridad. Gévez (2018) concluye que la percepción ciudadana es difícil de modificar y sugiere que las políticas de seguridad deberían enfocarse más en reducir el crimen real que en intentar cambiar las percepciones. Además, propone iniciativas para mejorar la seguridad de la ciudad haciendo un estudio más general orientado a las diferentes localidades.

En cuanto al establecimiento de zonas específicas para buscar seguridad, Ruiz y Páez (2016) analizaron la implementación de estrategias de seguridad para zonas críticas (*hot spots policing*) en Bogotá y Medellín desde el 2009 hasta el 2016. Su metodología consistió en examinar cómo cada administración municipal definió e intervino las zonas críticas a lo largo de tres periodos de gobierno en cada ciudad. Los autores revisaron los criterios de selección de zonas, las

estrategias de intervención (principalmente el aumento del patrullaje policial), y los intentos de evaluación de resultados. Compararon las experiencias de ambas ciudades, observando cómo evolucionó el enfoque desde áreas extensas hacia puntos más específicos con el tiempo. Los resultados del estudio muestran que, después de ocho años de implementación, no existe evidencia científica concluyente sobre la efectividad del modelo para reducir el crimen en las zonas intervenidas. Aunque en algunas zonas críticas se observaron mejoras en ciertos índices delictivos, la falta de evaluaciones rigurosas y consistentes impide atribuir estos cambios directamente a la estrategia. Los autores señalan que la estrategia ha privilegiado el patrullaje policial sobre intervenciones sociales integrales, y que los frecuentes cambios en la delimitación y número de zonas críticas, así como la falta de continuidad entre administraciones, han dificultado la evaluación de su impacto a largo plazo. Sin embargo, destacan que el mantenimiento del modelo por tres administraciones consecutivas en ambas ciudades sugiere cierto potencial, aunque se necesitan evaluaciones más robustas para determinar su verdadera eficacia.

Los estudios realizados en esta área abordan de manera interesante la detección de puntos críticos de seguridad en la ciudad, pero no presentan una solución orientada a los sectores de comercio en Bogotá de manera específica. Aunque se llevan a cabo encuestas y estudios que miden las percepciones de inseguridad por localidades o barrios, no se identifica literatura orientada a zonas puntuales y delimitadas de mayor extensión, las cuales con su correcto análisis aportan valiosa información sobre cuáles puntos específicamente se deben priorizar.

Tras la revisión de literatura sobre la identificación de puntos críticos de seguridad en entornos urbanos, se ha detectado una notable ausencia de información en la comprensión de este fenómeno en relación con la dinámica y distribución de las zonas comerciales en Bogotá. Esta carencia es particularmente significativa, dado que las áreas comerciales representan espacios de gran flujo de personas y concentran una importante actividad diaria de la población, requiriendo por tanto una atención especial. Además, se observó que la mayoría de los estudios existentes abordan el problema desde una

perspectiva más general, a nivel de localidades o barrios. Por tanto, un enfoque específico en zonas comerciales puntuales representa una valiosa contribución al conocimiento sobre la seguridad en estos espacios urbanos críticos. En la metodología se presenta un enfoque innovador al problema de seguridad mediante el uso de modelos de *machine learning* no supervisados, que buscan aportar en la identificación de las zonas comerciales con mayor precisión.

De acuerdo con los hallazgos definidos previamente, el propósito de este estudio es identificar, mediante técnicas de análisis geoespacial, las zonas comerciales de Bogotá que presentan mayores vulnerabilidades en términos de seguridad, y proponer una asignación estratégica de recursos policiales que permita optimizar su cobertura y tiempos de respuesta. En el documento inicialmente se presenta una introducción que contextualiza la problemática de seguridad en zonas comerciales y su impacto económico. Luego, se detalla la metodología empleada, incluyendo la recopilación de datos, el análisis geoespacial y la construcción del modelo de red. Posteriormente, se exponen los resultados obtenidos, mostrando las agrupaciones comerciales identificadas y la asignación propuesta de recursos policiales. Por último, se discuten las implicaciones de estos hallazgos y se presentan las conclusiones del estudio.

## ■ Método

La investigación empleó un enfoque cuantitativo basado en la teoría de grafos para analizar la seguridad en comercios y negocios del área metropolitana de Bogotá, D. C. Se utilizó un diseño no experimental y transversal, con un alcance descriptivo cuantitativo. Se consideró la extensión geográfica de la ciudad y las características de ubicación de sus zonas comerciales, permitiendo una comprensión detallada de la distribución espacial de los puntos críticos de seguridad.

### Recopilación de datos y entendimiento del problema

Inicialmente se identificó que no había informes oficiales sobre las delimitaciones espaciales de las zonas de comercio en Bogotá, así que

se recopilaron datos para una aproximación o construcción de las zonas comerciales. Los datos provienen de la Unidad Administrativa Especial de Catastro Distrital (2023), que proporciona información sobre el destino económico potencial y la ubicación exacta de todas las edificaciones en Bogotá registradas para el 2022. Este conjunto de datos contiene información relevante que puede utilizarse para encontrar agrupaciones de edificios comerciales y de esta manera identificar zonas de actividad comercial.

Para identificar las zonas comerciales en Bogotá, se filtraron los datos según las siguientes actividades económicas: (a) comercio puntual, (b) comercio en corredor comercial, (c) comercio en centros comerciales y (d) industrial. Esto generó un listado de inmuebles en Bogotá destinados al comercio.

La segunda fuente de datos la suministró el sitio web de la Policía Nacional de Colombia (2024), que proporcionó la ubicación de diferentes estaciones de policía y Comandos de Atención Inmediata (CAI), los cuales corresponden a una

[...] unidad policial con jurisdicción menor, estratégicamente ubicada en los perímetros urbanos de los municipios, localidades, comunas o barrios de las principales ciudades que posean esta división territorial, encargada de orientar y fortalecer el servicio de vigilancia urbana a cargo de la Policía Nacional, proteger los derechos y libertades de los ciudadanos. (Policía Nacional de Colombia, 2009, p. 8)

Para la validación de los indicadores de criminalidad, se utilizó el Informe Anual de Seguridad para el 2022 de Probogotá (Probogotá Región, 2023). De esta manera se contó con información que permitiera tener un conocimiento sobre la distribución de los comercios en la ciudad, los diferentes puntos de la policía al igual que un contexto de la criminalidad en la ciudad.

### **Análisis y procesamiento de los datos**

Se desarrolló un proceso metodológico siguiendo el procedimiento de CRISP-DM (*cross-industry standard process for data mining*) para el análisis exploratorio de los datos y para

encontrar los elementos fundamentales en el modelamiento. Este proceso se ejecutó en cuatro etapas (Chapman, 2000):

1. Para los datos provenientes del comercio, se implementó el algoritmo de *machine learning* DBSCAN (*density-based spatial clustering of applications with noise*). Este algoritmo se especializa en la identificación de grupos o clústeres en conjuntos de datos complejos, siendo particularmente eficaz en la detección de agrupaciones de formas arbitrarias y en la distinción de ruido o valores atípicos. Este algoritmo puede utilizarse en la detección de puntos importantes en zonas urbanas (Yu et al., 2014). Como resultado, se generaron áreas comunes identificables como zonas comerciales en la ciudad.
2. Se identificaron las coordenadas centrales de cada una de estas zonas comerciales, tomando el centroide del polígono cóncavo, conformado por la latitud y longitud de sus puntos.
3. Se unió la información procesada y filtrada de las zonas comerciales con la distribución de los CAI y estaciones de policía en la ciudad a través de una superposición de capas para realizar un análisis de conjuntos geoespaciales.
4. Se estableció un criterio de proximidad de ocho minutos entre los centros comerciales y los Comandos de Atención Inmediata (CAI), basado en el tiempo de desplazamiento en automóvil. Esta medida se obtuvo utilizando el servicio de Distance Matrix API de Google (Google Developers, 2024). La estimación del tiempo se realizó considerando las horas pico, las cuales fueron determinadas a partir de los datos de tráfico proporcionados por la misma API de Google. La elección de este parámetro se fundamentó en estudios y reportes como el artículo de Auten (1981) sobre la eficacia policial en diversas zonas, que indican un tiempo promedio de respuesta de diez minutos bajo diferentes circunstancias. Considerando que este lapso incluye tanto la atención inicial de la llamada como el desplazamiento, se determinó que el tiempo de trayecto debía ser inferior a diez minutos. Una aproximación de ocho minutos asegura que el tiempo de

respuesta se mantenga dentro de los límites aceptables, incluso en las condiciones de tráfico más desfavorables, según los datos históricos y en tiempo real proporcionados por Google.

### Construcción del modelo

Con la información superpuesta, se construyó la red o grafo. Los nodos de esta estructura son: (a) las estaciones o Comandos de Atención Inmediata (CAI) de la policía y (b) los centros de las diferentes zonas comerciales identificadas. También se establecen las aristas únicamente entre CAI y zonas comerciales, cuando la distancia entre ellos es de ocho minutos o menos. Cada arista tiene un peso que corresponde al tiempo exacto de recorrido entre el CAI y la zona comercial conectada.

Una vez configurada la red, se aplicaron algoritmos de centralidad y emparejamiento para identificar puntos críticos en la ciudad que requieren atención policial focalizada, determinar esquemas de seguridad eficientes y reconocer los CAI estratégicamente ubicados que son cruciales para mantener la seguridad de múltiples zonas comerciales. Esta metodología busca optimizar la distribución de recursos policiales y mejorar la cobertura de seguridad en las áreas comerciales de la ciudad.

El primer algoritmo implementado es la "centralidad de cercanía", que es una medida en la teoría de grafos que determina la importancia de un nodo basándose en su "cercanía" a otros nodos en la red. Este concepto se basa en la idea de que un nodo es más central si puede interactuar rápidamente con todos los demás nodos de la red. Matemáticamente, el algoritmo de "centralidad de cercanía" se expresa con la siguiente fórmula (Hansen et al., 2011):

$$centralidad = \frac{1}{\sum_y d(u,y)}$$

Donde:

- $d(u,y)$  es la distancia más corta entre el nodo  $u$  y el nodo  $y$ .
- $\sum$  representa la suma de todas estas distancias.

El segundo algoritmo utilizado es la "centralidad por *eigenvector*", la cual corresponde a una medida utilizada en teoría de grafos para determinar la relevancia de un nodo en una red, considerando tanto sus conexiones directas como la relevancia de los nodos a los que está conectado. Un nodo se considera más relevante si está conectado a otros nodos que también son relevantes. La centralidad por *eigenvector* se define utilizando el vector propio asociado al valor propio de mayor magnitud de la matriz de adyacencia del grafo. Si  $A$  es la matriz de adyacencia de un grafo con  $n$  nodos, entonces la centralidad por *eigenvector* de un nodo  $i$  es el valor de la  $i$ -ésima entrada del vector propio principal correspondiente al mayor valor propio de  $A$ .

Su fórmula matemática es:

$$Ax = \lambda x$$

donde  $A$  es la matriz de adyacencia,  $\lambda$  es el mayor valor propio de  $A$ , y  $x$  es el vector propio correspondiente. El valor de  $x_i$  representa la centralidad por *eigenvector* del nodo  $i$ . Esta medida es especialmente útil en redes donde no solo importa la cantidad de conexiones de un nodo, sino también la influencia de las conexiones de sus vecinos. Este algoritmo ha sido ampliamente utilizado en áreas como el estudio propuesto por Alegría-Arcos et al. (2022) en farmacología o en el análisis de redes sociales, donde Bihari y Pandia (2015) muestran su uso para evaluar relaciones entre personas o grupos en redes de coautoría de publicaciones científicas.

En el tercer algoritmo "centralidad de grado" normalizada se implementó un proceso que recorriera todos los nodos del grafo y determinara su grado, esta es una medida de cuántas conexiones tiene un nodo con otros nodos en la red. El grado de un nodo es simplemente el número total de aristas que inciden en él (Zhang y Luo, 2017). En el análisis de grafos se toma en cuenta su grado. La fórmula de este algoritmo es la siguiente.

$$centralidad\ de\ grado = \frac{\deg(v)}{n - 1}$$

Donde:

- $\deg(v)$  es el número de enlaces directos (o grado) del nodo  $v$ .
- $n$  es el número total de nodos en la red.

Scheurer y Porta (2006) utilizaron el concepto de centralidad de grado para analizar las redes de transporte en Melbourne. En su estudio, identificaron puntos estratégicos para la elección de rutas y se evaluó la propuesta de expansión en la red de transporte público, con el objetivo de mejorar la conectividad y la eficiencia del sistema.

El cuarto algoritmo utilizado para emparejar los CAI con las zonas de comercio es una generalización del "problema del matrimonio estable" (SMP, por sus siglas en inglés, *stable marriage problem*), que busca una forma de emparejar dos grupos de personas, por ejemplo, hombres y mujeres, donde cada persona de un grupo (hombres) tiene que emparejarse con una persona del otro grupo (mujeres), y ambos han *rankeado* sus preferencias hacia los miembros del otro grupo. Este algoritmo fue propuesto por Gale y Shapley (1962) en su artículo "College admissions and the stability of marriage", por el cual compartieron el Premio Nobel en Economía en el 2012.

En el algoritmo, cada hombre propone ser pareja de la primera mujer en su lista de preferencias y las mujeres rechazan todas las propuestas excepto la mejor. Los hombres que son rechazados vuelven a proponer a la siguiente mujer en su lista. El proceso continúa hasta que todos los hombres han propuesto a todas las mujeres en sus listas o han sido emparejados. La generalización de este algoritmo se denomina "admisión a universidades" (*college admission*) y permite encontrar un emparejamiento estable (es decir, un emparejamiento que no puede mejorarse) entre estudiantes y universidades. En este caso, cada universidad puede admitir a varios estudiantes, mientras que cada estudiante es admitido en una sola universidad.

Para el presente estudio, los CAI representan las universidades y las zonas de comercio asumen el rol de los estudiantes. Un CAI debe atender a varias zonas de comercio, pero cada

zona de comercio debe tener claro cuál es el CAI más cercano, el *ranking* de preferencias está dado por la distancia entre cada zona de comercio y un CAI.

## Validación

Se realizó un proceso de validación para verificar si las zonas vulnerables identificadas en la red coinciden con áreas de alto riesgo o índices de inseguridad, según los reportes oficiales sobre criminalidad en la ciudad. Este análisis incluyó la revisión de estadísticas y mapas de criminalidad proporcionados por los estudios locales, asegurando una evaluación precisa de la vulnerabilidad urbana. Se evaluaron indicadores como el número de delitos y la percepción ciudadana para determinar las áreas con mayores riesgos de inseguridad.

Además, se verificó que las zonas comerciales generadas en el modelado correspondan a los sectores comerciales reportados en medios de comunicación y bases de datos oficiales. Esta verificación incluyó la comparación de los resultados del modelado con datos de actividad económica y presencia comercial en la ciudad. Se aseguraron de que las áreas comerciales identificadas reflejen la realidad económica y comercial actual de Bogotá, lo que garantiza la relevancia y precisión del análisis.

Uno de los componentes fundamentales de esta validación fue el uso del "Informe anual de seguridad 2022" de Probogotá Región (2023). Este informe proporciona un análisis exhaustivo de la situación de seguridad en Bogotá, abordando estadísticas detalladas de criminalidad, como homicidios, hurtos y delitos sexuales, desglosadas por localidades. Además, evalúa la percepción de inseguridad entre los habitantes y analiza la efectividad de las políticas públicas implementadas. El informe también identifica áreas con alta incidencia de delitos y ofrece recomendaciones para mejorar la seguridad pública.

Entre los indicadores clave encontrados en el informe se destacan las elevadas tasas de homicidios en localidades como Los Mártires, Santa Fe y La Candelaria. También se reportaron altos índices de hurtos a personas y delitos sexuales, especialmente en áreas con

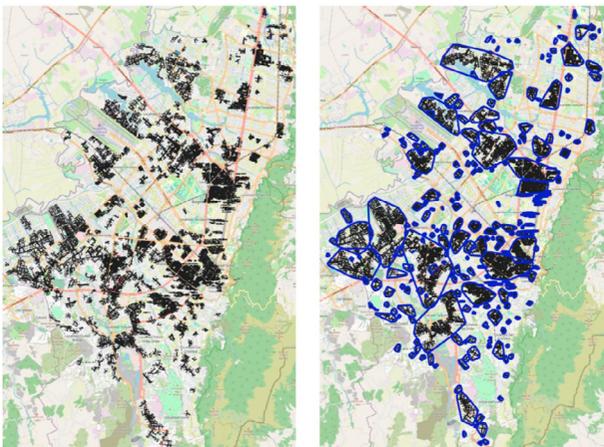
gran afluencia de población, como el centro de la ciudad. Además, se observó un incremento en los casos de violencia intrafamiliar y delitos sexuales en varias localidades.

## Resultados

Los resultados de la aplicación del algoritmo DBSCAN permitieron identificar agrupaciones significativas entre las 241 zonas de comercio en Bogotá (véase Figura 1). Este análisis se basó en la actividad comercial de cada edificio en particular, lo que permitió la formación de clústeres que reflejan patrones similares de actividad económica. La segmentación resultante ofrece una visión detallada de cómo se distribuyen y agrupan las diferentes actividades comerciales a lo largo de la ciudad.

**Figura 1**

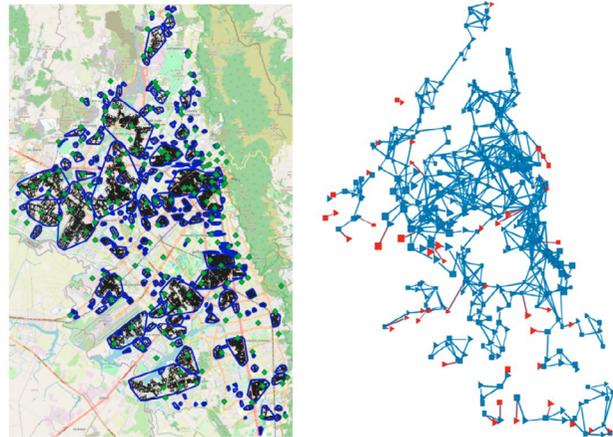
*Agrupaciones de las zonas de comercio en Bogotá*



Una vez delimitadas las diversas zonas de comercio en Bogotá, se incorporó esta información con la ubicación de los puntos de infraestructura policial. A partir de esta superposición de datos, se establecieron conexiones entre las zonas comerciales y los centros policiales que cumplían con el criterio de tiempo mínimo de respuesta requerido. Estas conexiones se evidencian en la Figura 2.

**Figura 2**

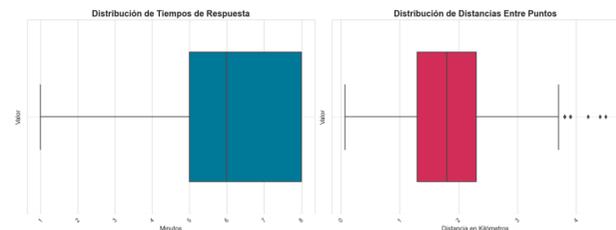
*Conexiones entre zonas comerciales y centros policiales*



Estos puntos se consideran centrales en el grafo por su gran conexión. En la estructura del grafo, se representan nodos con, en promedio, tres o más aristas que las conectan a otros nodos (comercios o CAI). Esta alta conectividad implica que estos puntos (véase Tabla 1) tienen una posición estratégica en la red, actuando como nexos importantes en el flujo de actividad comercial y en la cobertura de seguridad.

**Figura 3**

*Distribución de los tiempos de respuesta de la policía y las distancias entre los CAI*



En la Figura 3 se presentan dos gráficos de caja que muestran la distribución de los tiempos de respuesta de la policía y las distancias entre los CAI (Centros de Atención Inmediata) y los comercios. El gráfico de la izquierda refleja que los tiempos de respuesta se concentran entre tres y ocho minutos, con algunos casos extremos menores. El gráfico de la derecha

ilustra que el 50% de las distancias entre los CAI y los comercios son inferiores a dos kilómetros, mientras que el 75% no supera los tres kilómetros; como casos atípicos se tienen tres valores que superan esta distancia estando cerca de los 4.5 km.

Los primeros resultados del algoritmo de centralidad resaltan las 25 zonas de comercio con menor puntaje de cercanía. Dado que estos puntajes se calculan en relación con los CAI y zonas policiales, se puede interpretar que estas áreas comerciales están menos accesibles en términos de respuesta rápida y protección policial. Esto sugiere que, en caso de una emergencia, estas zonas podrían experimentar mayores tiempos de respuesta debido a su ubicación más alejada.

**Tabla 1**

Centralidad de grado estimada por Eigen para los comercios

Lugar	Centralidad
Zona 106 - San Bernardino Potreritos	0.002444988
Zona 103 - Paraíso Quiba	0.002444988
Zona 29 - Tibabuyes	0.003667482
Zona 143 - Pinos de Lombardía	0.005501222
Zona 5 - El Rincón Norte	0.006791633
Zona 15 - La Gaitana	0.006791633
Zona 155 - Nueva Tibabuyes	0.006791633
Zona 73 - Santa Fe de Bosa	0.007535921
Zona 112 - Villas de Alcalá	0.008235748
Zona 109 - Primavera II	0.008463419
Zona 118 - Salitre Suba	0.009060837
Zona 134 - Villa Gladys	0.00920466
Zona 187 - Puente Grande	0.00962949
Zona 162 - San Pablo Jericó	0.00962949
Zona 151 - Garcés Navas	0.010431948
Zona 67 - Villas de Granada	0.010431948
Zona 0 - El Cedro	0.010431948
Zona 104 - Horizontes Norte	0.011593974
Zona 9 - Escocia	0.011704729
Zona 157 - El Jardín	0.011704729
Zona 57 - Marandú	0.012036863
Zona 55 - Nueva Zelândia	0.012685172

(Continúa)

Lugar	Centralidad
Zona 128 - Barrancas	0.012685172
Zona 152 - Gilmar	0.012685172
Zona 142 - San Pedro de los Robles	0.012773814

Los resultados del primer algoritmo de centralidad con el *eigen* vector presentados en la Tabla 2 muestran los CAI y estaciones principales, cuyos valores reflejan su importancia en la red de cobertura y seguridad. Estos valores indican no solo cuántas conexiones tiene cada estación, sino también la importancia de las áreas que cubren. En resumen, una estación con un valor alto está conectada a zonas prioritarias para la seguridad, lo que es crucial para una respuesta eficiente en situaciones de emergencia y la optimización de recursos de seguridad.

**Tabla 2**

Centralidad de grado estimada por Eigen para las unidades policiales

Lugar	Centralidad
CAI Ciudad Berna	0.260304
CAI Distrital	0.247595
CAI Restrepo	0.245709
CAI Las Cruces	0.241026
Estación Antonio Nariño	0.179982
CAI Valvanera	0.156358
Estación La Candelaria	0.151141
CAI Usme	0.151141
CAI Veinte de Julio	0.141637
CAI Gustavo Restrepo	0.135632
CAI San Jorge	0.135632
CAI Centenario	0.135632
CAI Bolivia	0.09669
CAI Guavio	0.089972
Estación San Cristóbal	0.083027
CAI Santa Isabel	0.082839
CAI Ricaurte	0.082839
Estación Rafael Uribe	0.082278
CAI Santa Matilde	0.076594
CAI Girardot	0.075718
CAI Colseguros	0.06881
Estación Los Mártires	0.053937
CAI Guacamayas	0.038193

(Continúa)

Lugar	Centralidad
CAI Bello Horizonte	0.037471
CAI Claret	0.032449

Los resultados plasmados en la Tabla 3 del segundo algoritmo de centralidad con el grado, muestran los CAI y estaciones principales, resaltando aquellos nodos con más conexiones directas en la red. Los valores de centralidad de grado indican cuántas conexiones tiene cada estación con otros puntos de la red. En particular, los CAI con los valores más altos están conectados a una gran cantidad de otros nodos, lo que sugiere que son puntos cruciales para la cobertura y seguridad.

La Figura 4 ilustra la distribución de grados en un grafo donde los nodos representan zonas de comercios o CAI (Comandos de Atención Inmediata de la Policía), y los enlaces indican la conectividad entre ellos. El eje X relaciona los diferentes grados, es decir, el número de conexiones que cada nodo tiene, mientras que el eje Y indica la cantidad de nodos con cada grado específico. Más del 70% de los nodos presentan entre 0 y 5 conexiones, lo que sugiere una estructura de red en la que pocos nodos tienen un alto grado de conectividad.

**Tabla 3**

*Centralidad de grado estimada por nodo*

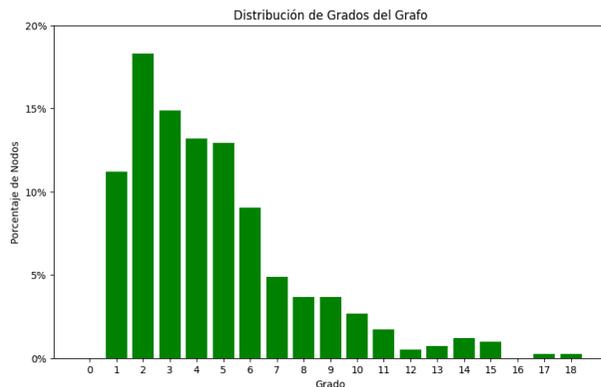
Lugar	Centralidad	Lugar	Centralidad
CAI Samper Mendoza	0.04401	CAI Santa Isabel	0.02445
CAI Galerías	0.041565	CAI Tejar	0.02445
CAI Soledad	0.036675	CAI Villa Claudia	0.02445
CAI Las Cruces	0.036675	CAI Diana Turbay	0.02445
CAI Ciudad Berna	0.036675	Zona 214 - San Bernardino	0.022005
CAI San Luis	0.036675	Zona 96 - Santa Ana Sur	0.022005
CAI Restrepo	0.03423	Zona 227 - San Bernardino	0.022005
CAI Veinte de Julio	0.03423	Zona 225 - Restrepo Occidental	0.022005
CAI Distrital	0.03423	Zona 176 - Santa Isabel	0.022005
CAI Gorgonzola	0.03423	Estación Teusaquillo	0.022005
CAI Lourdes	0.03423	CAI Castilla	0.022005
Zona 221 - El Vergel	0.031785	CAI Marsella	0.022005
CAI Oneida	0.031785	CAI Telecom	0.022005
CAI Guacamayas	0.031785	CAI Santa Matilde	0.022005
Estación Antonio Nariño	0.02934	CAI Usme	0.022005
CAI Bello Horizonte	0.02934	Estación La Candelaria	0.022005
Zona 180 - San José Sur	0.026895	CAI Normandía	0.022005
CAI Valvanera	0.026895	CAI Chile	0.022005
CAI Siete de Agosto	0.026895	CAI Chapinero	0.022005
CAI Teusaquillo	0.026895	Zona 211 - Restrepo Occidental	0.01956
CAI Galán	0.026895	Zona 123 - Remanso	0.01956
CAI Federman	0.026895	Zona 215 - Santa Fe	0.01956
CAI Modelia	0.026895	Zona 167 - Las Brisas	0.01956
Zona 161 - Autopista Muzú	0.02445	Zona 100 - Autopista Muzú Oriental	0.01956

(Continúa)

Lugar	Centralidad	Lugar	Centralidad
Zona 219 - San Bernardino	0.02445	Zona 127 - Las Aguas	0.01956
CAI Centenario	0.02445	Zona 223 - San Antonio	0.01956
CAI Gustavo Restrepo	0.02445	Zona 178 - Modelo Sur	0.01956
CAI San Jorge	0.02445	Zona 126 - Bravo Páez	0.01956
CAI Delicias	0.02445	Zona 226 - Quiroga Central	0.01956
CAI Ricaurte	0.02445	Zona 222 - San Antonio	0.01956

**Figura 4**

Relación entre el grado y la cantidad porcentual de nodos en cada grado



En el último algoritmo (*stable marriage problem*), se diseñó un modelo de emparejamiento óptimo entre los CAI y las zonas de comercio en Bogotá. Este enfoque busca determinar la asignación más eficiente donde cada CAI se responsabiliza exclusivamente de una zona comercial específica. El objetivo es optimizar la cobertura de seguridad considerando factores como la distancia entre el CAI y la zona asignada, el tiempo de respuesta, una distribución equilibrada de la carga de trabajo, y las características particulares de cada área comercial. Esta asignación es presentada en la Tabla 4.

**Tabla 4**

Asignación de zonas comerciales por CAI o estación

CAI o Estación	Zona de Comercio
CAI Versalles	Zona 141 - San Pablo Jericó
CAI Tierra Linda	Zona 190 - El Contador
CAI La Victoria	Zona 101 - Guacamayas II
CAI Santo Domingo	Zona 196 - Santa Viviana

(Continúa)

CAI o Estación	Zona de Comercio
CAI Villa Claudia	Zona 25 - Nueva York
CAI Guavio	Zona 214 - San Bernardino
CAI Rincón	Zona 5 - El Rincón Norte
CAI Usme	Zona 96 - Santa Ana Sur
CAI Colina Campestre	Zona 54 - Ciudad Jardín Norte
CAI Delicias	Zona 8 - Isla del Sol
CAI Florida	Zona 81 - La Granja
CAI San José de Bavaria	Zona 59 - Villa del Prado
CAI Nuevo Porvenir	Zona 63 - Puerta al Llano de Usme
Estación Kennedy	Zona 207 - Tocarema
CAI Mazurén	Zona 60 - San Cristóbal Norte
CAI Toberín	Zona 10 - El Toberín
CAI Mirador	Zona 122 - El Rocío
CAI La Candelaria	Zona 44 - Verona
CAI San Victorino	Zona 228 - Paloquemao
CAI Laureles	Zona 189 - Paso Ancho
CAI Valvanera	Zona 225 - Restrepo Occidental
Estación Antonio Nariño	Zona 222 - San Antonio
CAI Lisboa	Zona 80 - Santa Ana Occidental
CAI Andes	Zona 143 - Pinos de Lombardía
CAI Tintal	Zona 69 - Valladolid
CAI Santa Bárbara	Zona 48 - Santa Bárbara Oriental
CAI Tejar	Zona 32 - San Francisco
CAI Navarra	Zona 21 - Estoril
CAI Arboleda Alta	Zona 23 - Las Brisas
CAI Veinte de Julio	Zona 146 - San Isidro

Se observó que algunos CAI quedaban fuera de las zonas o barrios comerciales asignados. Para

abordar esto, se clasificaron los CAI en residenciales y comerciales. El algoritmo de asignación, basado en la distancia, a veces vinculaba los CAI a clústeres comerciales cercanos, aunque no estuvieran en la misma zona. Esta asignación resultó ser determinante en la distribución de seguridad, considerando la importancia de la seguridad según el tipo de zona.

En la validación de los resultados se identificaron tendencias importantes en materia de seguridad en Bogotá. En el "Informe anual de seguridad 2022" (Probogotá Región, 2023) se presenta la Figura 5, la cual relaciona el puntaje por localidad en seguridad para el 2022. A partir de estos datos, se observó que localidades como Teusaquillo, Usaquén y Chapinero se destacan por su desempeño superior al promedio de la ciudad; con Teusaquillo registrando una mejora notable al subir ocho posiciones. En contraste, localidades como Los Mártires, Ciudad Bolívar y Antonio Nariño se mantienen consistentemente por debajo del promedio, siendo Los Mártires la que presenta el puntaje más bajo, sin cambios respecto al año anterior.

La mayoría de las localidades han mostrado ligeras caídas en su posición, lo que sugiere áreas de mejora en la gestión local.

El "Boletín mensual de indicadores de seguridad y convivencia - Bogotá: febrero de 2023" de la Secretaría Distrital de Seguridad, Convivencia y Justicia (Oficina de Análisis de Información y Estudios Estratégicos, 2023) destaca las variaciones en los indicadores de hurto a personas por localidad entre enero y febrero de 2022 y el mismo periodo en el 2023. Localidades como Kennedy, Puente Aranda y Los Mártires muestran un incremento notable en el número de incidentes de hurto a personas, con variaciones porcentuales de 12.5%, 27.3% y 34.1%, respectivamente. Por otra parte, Bosa es una de las pocas localidades que presenta una disminución en el número de incidentes, con una variación negativa de 7.7%. El boletín señala un aumento generalizado de los hurtos a personas en Bogotá, del 12.6% en el periodo analizado, lo que sugiere la necesidad de medidas correctivas para revertir esta tendencia.

**Figura 5**

Índice Integral de Seguridad en las localidades 2022

Ranking	Localidad	Puntaje	Posición
		2022	22 vs 21
1	Teusaquillo	5,9	↑ 8
2	Usaquén	5,6	↓ -1
3	Chapinero	5,3	↓ -1
4	Fontibón	5,2	↓ -1
5	La Candelaria	5,2	↑ 17
6	Barríos Unidos	5,1	↓ -2
7	Suba	5,1	↓ -1
8	San Cristóbal	5,0	↓ -3
9	Bosa	5,0	↑ 4
10	Usme	5,0	↓ -2
11	Tunjuelito	4,9	↓ -1
12	Engativá	4,8	↓ -5
Promedio Bogotá		4,8	
13	Santa FE	4,6	↑ 4
14	Kennedy	4,4	↓ -3
15	Rafael Uribe Uribe	4,3	↓ -1
16	Puente Aranda	4,2	↓ -4
17	Antonio Nariño	3,9	↓ -2
18	Ciudad Bolívar	3,8	↓ -2
19	Los Mártires	3,7	→ 0



Fuente: adaptado del "Informe anual de seguridad 2022" (p. 15), por Probogotá Región, 2023.

## Discusión

Los resultados de este estudio indican que existen lugares en Bogotá donde se pueden reforzar o generar estrategias para mejorar la seguridad, teniendo en cuenta zonas específicas que se relacionan con la dinámica de seguridad en la ciudad.

En cuanto a los comercios, se observó que las zonas comerciales de los barrios San Bernardino, Potreritos y Paraíso Quiba tienen un alto índice de criminalidad, especialmente el último, que ocupa la penúltima posición en términos de inseguridad en Bogotá acorde con los resultados de Probogotá Región (2023). Otro punto que requiere estrategias específicas son los comercios en la localidad de Suba, en barrios como Tibabuyes y El Rincón Norte, ya que también se encuentran entre las áreas con mayor inseguridad en la ciudad y va de acuerdo con los hallazgos de Gómez (2019) sobre los problemas de seguridad nocturna que enfrenta Suba.

El análisis de centralidad por *eigenvector* de los CAI en Bogotá, específicamente aquellos conectados a zonas comerciales, revela puntos clave para la implementación de estrategias de seguridad más eficientes. Los CAI como Ciudad Berna, Distrital y Restrepo destacan como nodos de alta centralidad, sugiriendo que son cruciales para la vigilancia en áreas con alta actividad comercial. Priorizar recursos en estos CAI puede fortalecer la seguridad en zonas estratégicas, disminuyendo la incidencia de delitos y aumentando la percepción de seguridad en áreas comerciales críticas.

Por otra parte, los CAI con menor centralidad, como Claret y Bello Horizonte, aunque menos influyentes en la red, no deben descuidarse. La redistribución de recursos y una mayor atención a estos puntos pueden equilibrar la red de seguridad, asegurando una cobertura más uniforme en toda la ciudad. Esta información es esencial para la planificación y el ajuste de estrategias de seguridad en Bogotá, permitiendo una respuesta policial más efectiva y mejorando la protección de las zonas comerciales y sus alrededores.

De acuerdo con la distribución de los grados, es importante enfatizar que en la mayor parte de la ciudad existe un buen nivel de cercanía entre las zonas de comercio o estaciones de policía, ya que las zonas de comercio están cubiertas por al menos dos CAI, por lo que se tiene una buena posición estratégica para su seguridad. Hay casos que requieren inspección como el CAI Samper Mendoza en la localidad de Los Mártires. Este CAI se encuentra cerca de al menos 17 zonas comerciales, lo que significa que requiere de buena administración de recursos y cooperación con otros centros policiales, ya que, además de esta gran cantidad de vigilancia que requiere, se sitúa en la localidad peor puntuada y con altos niveles de hurto en Bogotá.

La implementación de emparejamientos estratégicos entre Centros de Atención Inmediata (CAI) y zonas comerciales específicas se presenta como una solución innovadora para optimizar la seguridad en áreas urbanas críticas. Este enfoque permite que cada CAI se concentre exclusivamente en la vigilancia y atención de un sector comercial determinado, lo que conlleva múltiples beneficios. Inicialmente, se garantiza una repuesta más rápida y personalizada al conocer en profundidad el área asignada, por lo que los agentes pueden desarrollar estrategias de respuesta más ágiles y adaptadas a las necesidades específicas de cada zona. De igual manera, es posible brindar protección constante para áreas vulnerables, de tal forma que los sectores comerciales más susceptibles a la delincuencia cuenten con una presencia policial permanente y especializada. Finalmente, se generaría una integración con el Plan Cuadrante Dinámico. Esta metodología se alinea perfectamente con las propuestas distritales de seguridad, complementando y potenciando las propuestas sobre modelos de cuadrantes dinámicos (El Tiempo, 2020), en el cual los uniformados hagan presencia con mayor flexibilidad en los lugares donde ocurran incidentes.

Además, como señalan Ruiz y Páez (2016), este sistema permite la identificación y atención de "zonas críticas" o "puntos calientes" (*hot spots*) de criminalidad. Cada estación policial puede encargarse de monitorear y responder a

estas áreas de alta incidencia delictiva, adaptándose rápidamente a posibles cambios en su dinámica, como la expansión hacia sectores aledaños. Esta flexibilidad operativa asegura una cobertura más efectiva y una optimización de los recursos policiales disponibles.

## Conclusiones

Este estudio ha revelado importantes áreas de oportunidad para mejorar la seguridad en Bogotá, destacando la necesidad de estrategias específicas en zonas comerciales con altos índices de criminalidad. Los barrios San Bernardino, Potreritos y Paraíso Quiba han sido identificados como áreas críticas, siendo este último el que ocupa una posición destacada en términos de inseguridad. Asimismo, la localidad de Suba, especialmente los barrios Tibabuyes y El Rincón Norte, requieren atención debido a problemas de seguridad nocturna.

La aplicación del algoritmo DBSCAN a los edificios con fines comerciales en Bogotá permitió identificar con mayor precisión las zonas de comercio. Esto proporcionó una mejor aproximación de las ubicaciones adecuadamente protegidas y aquellas que requieren mayor atención en términos de seguridad. El análisis de centralidad por *eigenvector* de los Centros de Atención Inmediata (CAI) muestra que algunos CAI, como Ciudad Berna, Distrital y Restrepo, son cruciales para la vigilancia en áreas comerciales clave. La priorización de recursos en estos puntos puede fortalecer la seguridad en zonas estratégicas y reducir la criminalidad. Sin embargo, también es fundamental redistribuir recursos y mejorar la atención en CAI con menor centralidad, como Claret y Bello Horizonte, para asegurar una cobertura más equitativa en toda la ciudad.

La proximidad de las zonas comerciales a los CAI es, en general, adecuada, pero se han identificado casos que requieren atención especial. Por ejemplo, el CAI Samper Mendoza se encuentra cerca de numerosas zonas comerciales en una de las localidades más inseguras de Bogotá. Esto evidencia la necesidad de una eficiente administración de recursos y una cooperación efectiva entre centros policiales para garantizar una vigilancia adecuada.

Como solución efectiva para optimizar la seguridad, se propone implementar emparejamientos estratégicos entre CAI y zonas comerciales específicas. Este enfoque permitiría una respuesta más rápida y adaptada a las necesidades particulares de cada zona, proporcionando protección constante a las áreas más vulnerables y complementando las iniciativas distritales de seguridad, como la integración de cuadrantes dinámicos (El Tiempo, 2020). La capacidad de los CAI para identificar y manejar "puntos calientes" de criminalidad es esencial para una intervención policial eficiente y la adaptación a cambios en la dinámica delictiva.

Los resultados de esta investigación ofrecen una nueva perspectiva para comprender las dinámicas de seguridad en Bogotá mediante la implementación de modelos de *machine learning*. Estos permiten enfocar el análisis en sectores específicos, con información proveniente del comercio, facilitando una comprensión más detallada. De esta forma, los hallazgos están articulados con estudios previos sobre la identificación de áreas de mayor inseguridad, pero aportan un enfoque más centralizado en zonas específicas con una delimitación espacial precisa. Esto resulta útil para el desarrollo de estrategias orientadas a sectores críticos en localidades de gran tamaño.

Por otra parte, la necesidad de contar con registros catastrales actualizados de los inmuebles con fines comerciales en la ciudad limitó este estudio. Para mantener un panorama actualizado de forma constante, es imperativo renovar continuamente estos registros o basarse en proyecciones sobre el crecimiento estructural de la ciudad en términos de construcciones comerciales. Además, se propone extender este método y modelo aplicado al entendimiento de la inseguridad a otras ciudades que presentan retos por su gran extensión territorial y amplia demografía, siempre que se disponga de un registro catastral suficiente para la identificación de zonas comerciales. Aportar soluciones a sectores específicos puede representar una mejora significativa en la seguridad urbana. Además, se sugiere complementar el análisis espacial con modelamiento de series de tiempo, lo que permitirá identificar tendencias y patrones temporales en la inseguridad de las zonas comerciales. Este enfoque combinado facilitará la generación de indicadores valiosos

a lo largo de los años y una comprensión más profunda de la relación entre el espacio y el tiempo en el contexto de la seguridad urbana.

## Referencias

- Alegría-Arcos, M., Barbosa, T., Sepúlveda, F., Combariza, G., González, J., Gil, C., Martínez, A., & Ramírez, D. (2022). Network pharmacology reveals multitarget mechanism of action of drugs to be repurposed for COVID-19. *Frontiers in Pharmacology*, *13*, 952192. <https://doi.org/10.3389/fphar.2022.952192>
- Auten, J. H. (1981). Response time - What's the rush? *Law and Order*, *29*(11), 24-27, 80038. <https://www.ojp.gov/ncjrs/virtual-library/abstracts/response-time-whats-rush>
- Bihari, A., & Pandia, M. (2015). Eigenvector centrality and its application in research professionals' relationship network. *1st International Conference on Futuristic Trends in Computational Analysis and Knowledge Management, ABLAZE 2015*. <https://doi.org/10.1109/ABLAZE.2015.7154915>
- Cámara de Comercio de Bogotá. (2017). *Encuesta de Percepción y Victimización*. <http://www.ccb.org.co/Transformar-Bogota/Seguridad/Observatorio-de-Seguridad/>
- Chapman, P. (2000). *CRISP-DM 1.0: Step-by-step data mining guide*. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:59777418>
- DANE (Departamento Administrativo Nacional de Estadística). (2016). *Encuesta de Convivencia y Seguridad Ciudadana*. <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/seguridad-y-defensa/encuesta-de-convivencia-y-seguridad-ciudadana-ecsc/ecsc-2015>
- Farooq, O., & Mertzanis, C. (2017). Media independence and crime as an obstacle to firms' business operations. *Research in International Business and Finance*, *41*, 79-89 <https://doi.org/10.1016/j.ribaf.2017.04.025>
- Gale, D., & Shapley, L. S. (1962). College admissions and the stability of marriage. *American Mathematical Monthly*, *69*(1), 9-15. <https://doi.org/10.1080/00029890.1962.11989827>
- Gélvez, J. D. (2018). ¿Cuáles determinantes se relacionan con la percepción de inseguridad? Un análisis estadístico y espacial para la ciudad de Bogotá, D. C. *Revista Criminalidad*, *61*(1), 69-84.
- Gómez, L. J. (2019). *Determinación de zonas vulnerables en cuanto a la inseguridad nocturna del espacio público en el área urbana de Bogotá mediante aplicación del método de interpolación IDW* [Tesis de posgrado, Universidad Militar Nueva Granada]. Repositorio Unimilitar.
- Google Developers. (2024). *Distance Matrix API overview*. <https://developers.google.com/maps/documentation/distance-matrix/overview>
- Hansen, D. L., Shneiderman, B., & Smith, M. A. (2011). Calculating and visualizing network metrics. In D. L. Hansen, B. Shneiderman, & M. A. Smith (Eds.), *Analyzing social media networks with NodeXL* (pp. 69-78). Morgan Kaufmann. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-382229-1.00005-9>
- Oficina de Análisis de Información y Estudios Estratégicos. (2023). *Boletín mensual de indicadores de seguridad y convivencia - Bogotá: febrero del 2023*. Secretaría Distrital de Seguridad, Convivencia y Justicia.
- Parente, R. M., & Valdés, R. (2023). *América Latina puede estimular el crecimiento económico al reducir la delincuencia*. Fondo Monetario Internacional. <https://www.imf.org/es/Blogs/Articles/2023/12/18/latin-america-can-boost-economic-growth-by-reducing-crime>
- Policía Nacional de Colombia. (2009). *Manual para el Comando de Atención Inmediata, CAI*. Dirección General Oficina de Planeación. Imprenta Nacional de Colombia. [https://www.camara.gov.co/sites/default/files/2020-09/RTA.ANEXO\\_.MINDEFENSA.MANUAL.ESTATUTO%20DE%20OPOSICIÓN.pdf](https://www.camara.gov.co/sites/default/files/2020-09/RTA.ANEXO_.MINDEFENSA.MANUAL.ESTATUTO%20DE%20OPOSICIÓN.pdf)

- Policía Nacional de Colombia. (2024). *Directorio de la Policía Nacional de Colombia*. <https://www.policia.gov.co/directorio?page=65>
- Probogotá Región. (2023). *Informe anual de seguridad 2022*. Probogotá Región. <https://www.probogota.org/wp-content/uploads/2023/10/Informe-Anual-de-Seguridad-2022.pdf>
- Rueda, J. P. (2020, 9 de julio). Policía Nacional confirma cambios en modelo de seguridad ciudadana. *El Tiempo*. En A. L. Méndez (subeditora). <https://www.eltiempo.com/justicia/delitos/seguridad-ciudadana-policia-cambia-modelo-de-cuadrantes-515800>
- Ruiz-Vásquez, J. C., & Páez, K. (2016). Balance de estrategias de seguridad para zonas críticas en Bogotá y Medellín. *URVIO - Revista Latinoamericana de Estudios de Seguridad*, 19, 53. <https://doi.org/10.17141/urvio.19.2016.2391>
- Scheurer, J., & Porta, S. (2006). Centrality and connectivity in public transport networks and their significance for transport sustainability in cities. En *World Planning Schools Congress, Global Planning Association Education Network* (13-16 de julio de 2006).
- Unidad Administrativa Especial de Catastro Distrital. (2023). *Destino económico predominante. Datos abiertos de Bogotá*. <https://datosabiertos.bogota.gov.co/dataset/destino-economico-predominante>
- Yu, X., Ding, Y., Wan, W., & Thuillier, E. (2014). Explore hot spots of city based on DBSCAN algorithm. *International Conference on Audio, Language and Image Processing* (pp. 588-591). <https://doi.org/10.1109/ICALIP.2014.7009862>
- Zhang, J., & Luo, Y. (2017). Degree centrality, betweenness centrality, and closeness centrality in social network. In *Proceedings of the 2nd International Conference on Modelling, Simulation and Applied Mathematics (MSAM 2017)*. Atlantis Press. <https://doi.org/10.2991/msam-17.2017.68>