

# Reto 1: Seguridad Empresarial

*Canopy y BACANO: la plataforma junto al índice que transforma riesgo en decisiones.*

## RANDOM FOREST

Universidad El Bosque

---

Andrea Figueroa Jaime<sup>\*</sup>

David Santiago Rodríguez Prieto<sup>\*\*</sup>

Tomás Valderrama Molano<sup>\*\*\*</sup>

<sup>\*</sup> Estudiante de Estadística y Economía [afigueroafi@unbosque.edu.co](mailto:afigueroafi@unbosque.edu.co)

<sup>\*\*</sup> Estudiante de Estadística [drodriguezpr@unbosque.edu.co](mailto:droduiguezpr@unbosque.edu.co)

<sup>\*\*\*</sup> Estudiante de Estadística y Matemáticas y Ciencia de datos  
[tvalderramam@unbosque.edu.co](mailto:tvalderramam@unbosque.edu.co)

Tutor: Alexander Trilleras Martínez

6 de marzo de 2026

## Ficha de Presentación de la Propuesta

<b>Campo</b>	Información
<b>Nombre del equipo</b>	Random Forest
<b>Universidad</b>	Universidad El Bosque
<b>Integrantes</b>	Tomás Valderrama Molano, Andrea Figueroa Jaime, David Santiago Rodríguez Prieto
<b>Tutor(a)</b>	Alexander Trilleras Martínez
<b>Nombre de la propuesta</b>	Canopy y BACANO: la plataforma junto al índice que transforma riesgo en decisiones.
<b>Reto elegido</b>	Reto 1: Seguridad Empresarial
<b>Bases de datos</b>	Encuesta de Clima de Negocios (ECN), Encuesta de Percepción y Victimización (EPV) — Cámara de Comercio de Bogotá, Sistema de Información Estadístico, Delincuencial, Contravencional y Operativo (SIEDCO) - Policía Nacional de Colombia
<b>Software utilizado</b>	Python (pandas, scikit-learn, matplotlib, seaborn, Prophet)
<b>Link video</b>	<a href="https://youtu.be/TqKtCdUJspg">https://youtu.be/TqKtCdUJspg</a>
<b>Link plataforma</b>	<a href="https://canopyc.streamlit.app/">https://canopyc.streamlit.app/</a>
<b>Repositorio</b>	<a href="https://github.com/Santiaw0/PreubaCNN">https://github.com/Santiaw0/PreubaCNN</a>

## Ficha de Presentación de la Propuesta (cont.)

---

Campo	Información
<b>Hipótesis principal</b>	La victimización y la percepción de inseguridad empresarial en Bogotá obedecen a interacciones no lineales entre sector, tamaño, comportamiento de denuncia y exposición al riesgo; patrones que un modelo puede decodificar y traducir en alertas tempranas microsegmentadas con enfoque de género.
<b>Resumen de la propuesta</b>	Se desarrolla Canopy, una plataforma analítica que integra la ECN, la EPV y el SIEDCO para diagnosticar la inseguridad empresarial en Bogotá, creación del indicador BACANO tanto en su forma micro como macro para entregar recomendaciones accionables a la medida de cada perfil de negocio.

---

Campo	Información
<b>Conclusiones principales</b>	<p>El 16,2% de las 2.131 empresas fue víctima de al menos un delito en 2024, con una tasa de polivictimización del 40%. Existe una brecha crítica 4:1 entre percepción negativa (61,9%) y victimización real (16,2%), y una aún más aguda de 6,7:1 en la ciudadanía general (EPV). El 17,6% de las empresas carece de medidas de seguridad y el 41,2% de los delitos no se denuncia. Los cibercrimes constituyen el segundo riesgo empresarial (31,6%) con apenas el 15,5% de cobertura preventiva, la mayor brecha protección/riesgo del estudio. El Índice BACANO Macro identifica el perfil Servicios/Grande como el más crítico (BACANO = 0,391), mientras que Servicios/Micro (<math>n = 771</math>) y Comercio/Micro (<math>n = 575</math>) concentran la mayor exposición poblacional. El BACANO Micro presenta una media de 0,238 y una mediana de 0,211, con el 10,7% de empresas en nivel de riesgo alto. La subdenuncia es la palanca de mayor impacto estructural: elevar la tasa de denuncia al 80% reduciría el BACANO en <math>-0,064</math> puntos, equivalente al 51% del impacto de eliminar toda la percepción negativa. Las mujeres empresarias concentran más del 80% de las víctimas de violencia de género, enfrentando un “impuesto rosa” de inseguridad que restringe su movilidad y operación.</p>

## Contents

---

<b>1</b>	<b>Introducción</b>	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>Análisis de Encuesta Clima de Negocios (ECN) 2024</b>	<b>8</b>
2.1	Anatomía del miedo: la brecha 4:1 . . . . .	8
2.2	Mapa criminal: concentración y brecha digital . . . . .	9
2.3	El escudo roto: prevención, endogeneidad e impacto económico . . . . .	10
2.4	Correlaciones estructurales y perspectiva de género . . . . .	11
<b>3</b>	<b>Análisis Encuesta Percepción y Victimización (EPV) 2024</b>	<b>13</b>
3.1	La ciudad del miedo: una brecha de 6,7 a uno . . . . .	13
3.2	Mapa criminal ciudadano: el hurto domina, el ciberdelito acecha en silencio	14
3.3	Geografía del riesgo: Barrios Unidos, Bosa y Suba lideran la victimización	15
3.4	Denuncia e institucionalidad: casi la mitad calla . . . . .	16
3.5	Perspectiva de género: el impuesto rosa de la inseguridad . . . . .	17
<b>4</b>	<b>BACANO — Barómetro Analítico de Comportamiento y Amenazas de Negocios y Operaciones</b>	<b>18</b>
4.1	Motivación: por qué un índice compuesto . . . . .	18
4.2	Por qué un índice compuesto: el problema de medir sólo el delito . . . . .	18
4.3	Comparación Macro vs. Micro . . . . .	18
<b>5</b>	<b>BACANO Macro — Índice estructural por perfil</b>	<b>19</b>
5.1	Definición y fórmula . . . . .	19
5.2	Fuente de cada variable (ECN 2024) . . . . .	19
5.3	Justificación de los pesos . . . . .	20
5.4	Ejemplo Servicios/Grande . . . . .	20
5.5	Resultados por perfil . . . . .	20
5.6	Radiografía completa por perfil . . . . .	21
<b>6</b>	<b>BACANO Micro — Índice individual por empresa</b>	<b>21</b>
6.1	Motivación y diferencia con el Macro . . . . .	21
6.2	Estructura del BACANO Micro . . . . .	21
6.3	Dimensión A — Exposición al delito (peso 40%) . . . . .	22
6.4	Dimensión B — Vulnerabilidad estructural (peso 35%) . . . . .	22
6.5	Dimensión C — Percepción y clima de miedo (peso 25%) . . . . .	23
6.6	Ejemplo de cálculo paso a paso . . . . .	23
6.7	Distribución del BACANO Micro en Bogotá D.C. . . . .	24
<b>7</b>	<b>Comparación entre BACANO Macro y BACANO Micro</b>	<b>25</b>

<b>8</b>	<b>Simulador BACANO Micro</b>	<b>25</b>
8.1	Funcionamiento del simulador . . . . .	25
8.2	Las nueve preguntas del simulador . . . . .	26
8.3	Interpretación del resultado . . . . .	27
<b>9</b>	<b>Diagnóstico de robustez y endogeneidad</b>	<b>27</b>
9.1	VIF entre componentes del BACANO Macro . . . . .	27
9.2	Análisis de sensibilidad Monte Carlo . . . . .	28
9.3	Tres esquemas de ponderación comparados . . . . .	28
<b>10</b>	<b>Modelo de Clasificación para el Indicador BACANO Micro</b>	<b>29</b>
10.1	Motivación y objetivo del modelo . . . . .	29
10.2	Variable objetivo . . . . .	29
10.3	Variables predictoras . . . . .	30
10.4	Resultados del modelo . . . . .	30
10.5	Importancia de variables . . . . .	31
<b>11</b>	<b>Plataforma CANOPY</b>	<b>32</b>
11.1	Descripción general . . . . .	33
11.2	Justificación . . . . .	34
11.3	Estructura de la plataforma . . . . .	34
11.4	Servicio de Ayuda . . . . .	35
11.5	Riesgo Local . . . . .	35
11.6	Análisis . . . . .	35
11.7	BACANO . . . . .	36
11.8	Contribución del componente tecnológico . . . . .	36
<b>12</b>	<b>Recomendaciones</b>	<b>37</b>
<b>13</b>	<b>Conclusiones</b>	<b>38</b>
	<b>Referencias</b>	<b>40</b>

## 1. Introducción

---

La vitalidad económica de Bogotá se sustenta en su tejido empresarial, conformado principalmente por micro, pequeñas y medianas empresas. No obstante, este motor productivo enfrenta una amenaza que va más allá de los balances financieros: la inseguridad. Hechos como el hurto, la extorsión y el vandalismo no solo generan pérdidas económicas directas, sino que también deterioran la confianza de los clientes y, en casos críticos, pueden llevar al cierre definitivo de los establecimientos.

Además del delito consumado, existe otro factor con alta incidencia en las decisiones empresariales: la percepción de riesgo. El temor sostenido altera decisiones estratégicas de inversión, paraliza planes de expansión y modifica las dinámicas operativas diarias. Esta carga no se distribuye de forma uniforme: el sector económico, el tamaño de la empresa y el género de quien la lidera determinan vulnerabilidades distintas. Estudios previos han evidenciado que las mujeres empresarias asumen costos adicionales de seguridad —como cambios de ruta y restricciones horarias— que sus pares masculinos no enfrentan en la misma medida.

Frente a este desafío, el presente proyecto propone una plataforma analítica orientada a la comprensión integral de la seguridad en el entorno empresarial bogotano. A través de la integración de la Encuesta de Clima de Negocios (ECN), la Encuesta de Percepción y Victimización (EPV) y los registros del SIEDCO de la Policía Nacional, desarrollamos CANOPY, una herramienta diseñada para apoyar a los comerciantes en la identificación, comparación y seguimiento de riesgos de seguridad en Bogotá.

Inspirada en el dosel forestal —la capa superior del bosque que protege y articula el ecosistema—, CANOPY busca ofrecer una visión estructurada del entorno de seguridad que rodea a los negocios, facilitando el acceso a información útil para la toma de decisiones y la comprensión de vulnerabilidades territoriales. El proyecto se estructura sobre cuatro apartados principales:

1. **Servicio de ayuda:** integra un mapa con los CAI de Bogotá, los teléfonos de la Línea Púrpura y un apartado de orientación básica para actuar en caso de encontrarse en una situación de delito, con enfoque especial en comerciantes.
2. **Riesgo local:** analiza la victimización por localidad a partir de la EPV y del SIEDCO, permitiendo comparar la percepción de inseguridad con la victimización registrada.
3. **Análisis descriptivo de bases de datos:** presenta los principales análisis y gráficas de la ECN, la EPV y el SIEDCO, con el fin de caracterizar el comportamiento de la seguridad en la ciudad.
4. **BACANO:** propone un índice propio para evaluar la seguridad en Bogotá, tanto a nivel macro como micro. Además, incorpora una sección de simulación que permite

observar cómo varía el índice al modificar distintos parámetros.

Además de eso, se realizó Random Forest para analizar las variables más importantes que se asocian al BACANO, para verificar consistencia y solidez del indicador.

## 2. Análisis de Encuesta Clima de Negocios (ECN) 2024

### 2.1. Anatomía del miedo: la brecha 4:1

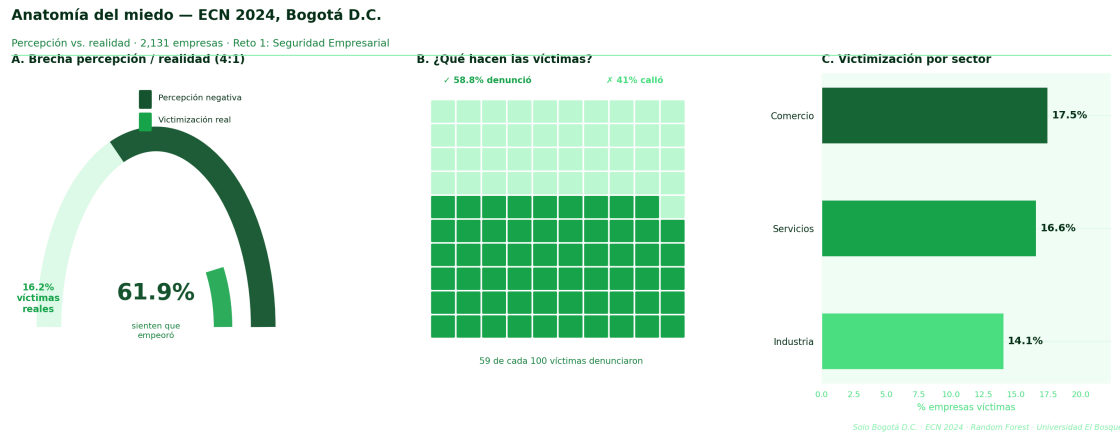


Figure 1: Anatomía del miedo — ECN 2024 (Bogotá D.C.). *Izquierda:* termómetro de brecha percepción/realidad (ratio 4:1) y victimización por sector. *Derecha:* waffle chart de denuncia (de cada 100 víctimas, 58 reportan y 42 callan); victimización por escala de seguridad y canal de denuncia preferido.

El diagnóstico de las 2.131 empresas encuestadas revela una paradoja crítica: el 61,9 % percibe que la seguridad empeoró en 2024 respecto al año anterior, pero la tasa de victimización real medida es del 16,2%. Esta brecha de cuatro a uno no es inofensiva: el miedo aleja clientes, congela inversiones y fuerza recortes de horario incluso en manzanas donde no ha ocurrido ningún delito.

Table 1: Indicadores estratégicos de victimización y denuncia — ECN 2024

Indicador	Valor absoluto	%
Total empresas encuestadas (Bogotá D.C.)	2.131	100,0
Empresas víctimas de delito	345	16,2
Víctimas que sí denunciaron	203	58,8
Víctimas en silencio (sub-reporte)	142	41,2
Perciben que la seguridad empeoró	1.320	61,9
Operan sin ninguna medida de seguridad	375	17,6

A nivel estadístico, las correlaciones de Pearson confirmaron que el fenómeno criminal no obedece a reglas lineales: la asociación entre victimización y variables como el tamaño o el sector es prácticamente nula ( $r < 0,05$ ).

El 61,9 % de los empresarios siente que la seguridad empeoró frente al año anterior, una cifra que cuadruplica la tasa de victimización real (16,2 %). Esta “brecha del miedo” es letal para el clima de negocios: paraliza inversiones, obliga a recortar horarios y ahuyenta clientes, generando pérdidas económicas masivas incluso en cuadras donde no se ha disparado un solo tiro.

## 2.2. Mapa criminal: concentración y brecha digital

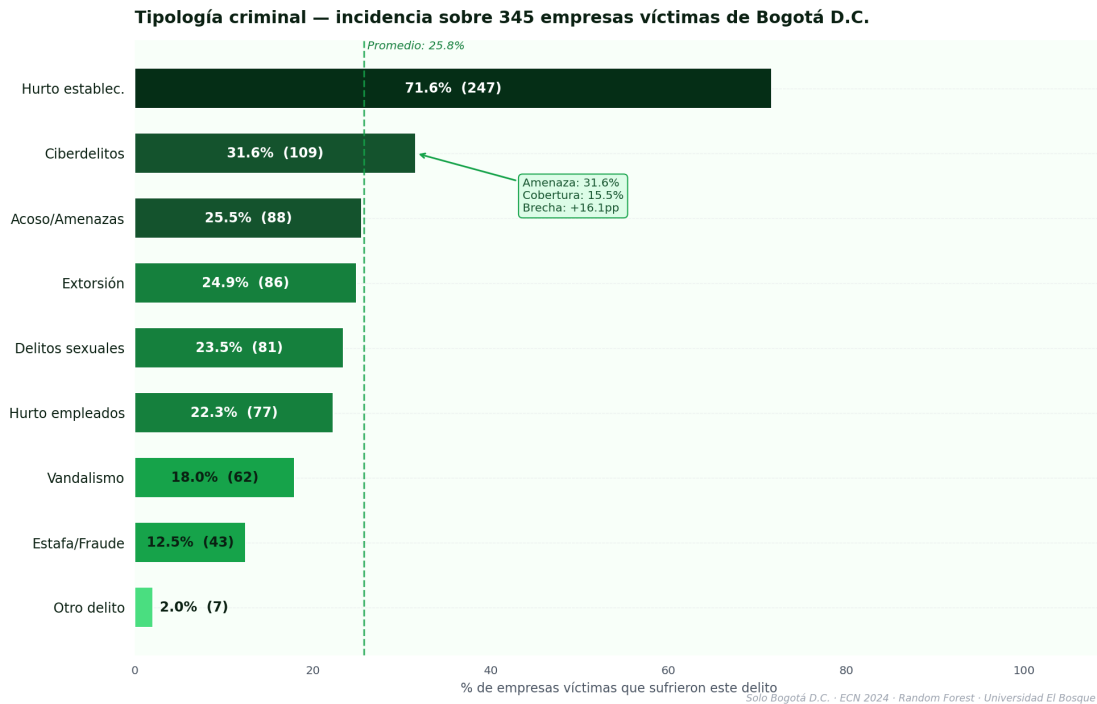


Figure 2: Mapa criminal empresarial — ECN 2024 (Bogotá D.C.). Ranking de incidencia criminal con gradiente de peligrosidad.

El hurto al establecimiento domina con el 71,6 % de incidencia sobre las 345 empresas víctimas. Pero la amenaza de mayor crecimiento invisible son los cibercrimitos: segunda posición con 31,6 % de incidencia y apenas el 15,5 % de cobertura preventiva.

Table 2: Top 5 amenazas al tejido empresarial — ECN 2024 (múltiple respuesta)

Pos.	Tipología criminal	Casos	% víctimas
1	Hurto al establecimiento	247	71,6
2	Cibercrimitos	109	31,6
3	Extorsión	86	24,9
4	Acoso / Amenazas	88	25,5
5	Delitos sexuales	81	23,5

Los ciberdelitos ya son la segunda mayor amenaza, pero paradójicamente constituyen la brecha protección/riesgo más grande del estudio. Los negocios están blindando sus vitrinas físicas pero han dejado sus datos de clientes con la puerta abierta.

El análisis de polivictimización revela que casi el 40% de las víctimas sufrió más de un tipo de delito simultáneo. En cuanto a la reacción, existe una crisis de confianza institucional: quienes denuncian prefieren acudir a la Persenia antes que a los canales primarios de la Policía.

### 2.3. El escudo roto: prevención, endogeneidad e impacto económico

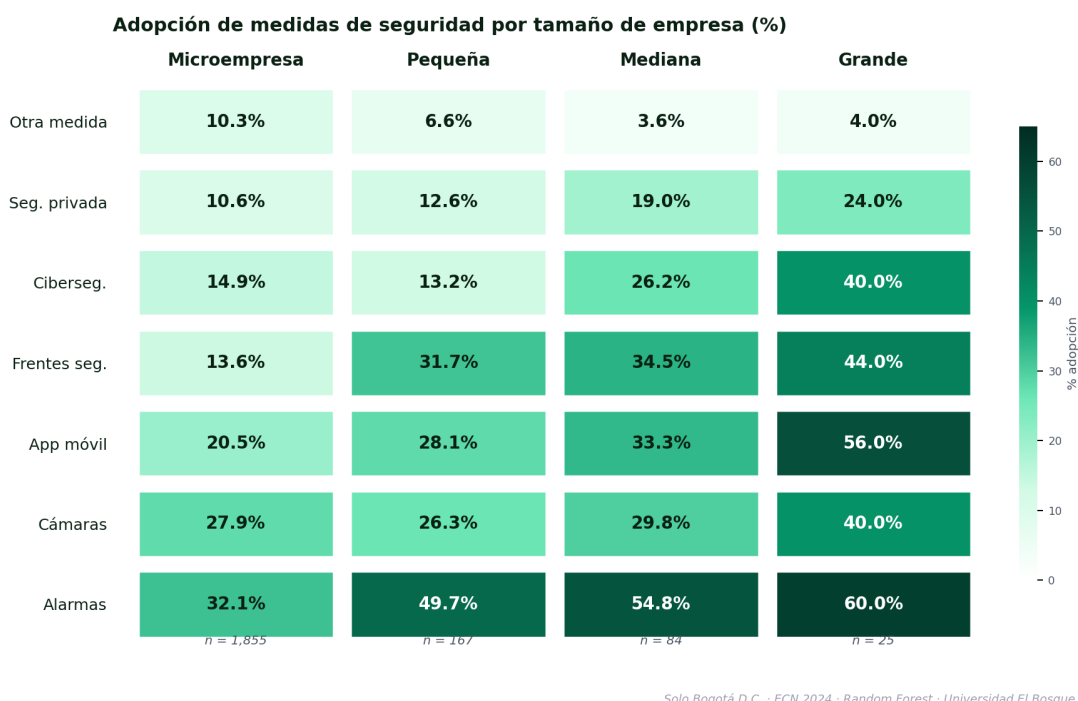


Figure 3: El escudo roto — ECN 2024. Adopción de medidas preventivas.

El 17,6% de las empresas (375 negocios) opera sin una sola medida de protección. Esta precariedad golpea casi exclusivamente a las microempresas, dejándolas sin red de contención frente a pérdidas que podrían significar su quiebra inmediata.

Al cruzar inversión en cámaras y alarmas con tasas de robo, los datos revelan una paradoja de endogeneidad: las empresas con más cámaras son las más robadas. La inversión en seguridad en Bogotá es *reactiva*, no preventiva: el comerciante invierte solo después de que el ladrón ya pasó por su caja.

Con 1.108 reportes, el impacto número uno no es el robo de mercancía sino la pérdida irreversible de clientes y el deterioro reputacional, seguido de 297 cierres temporales forzados. La inseguridad es un problema de sostenibilidad comercial, no solo de protección física.

### 2.4. Correlaciones estructurales y perspectiva de género

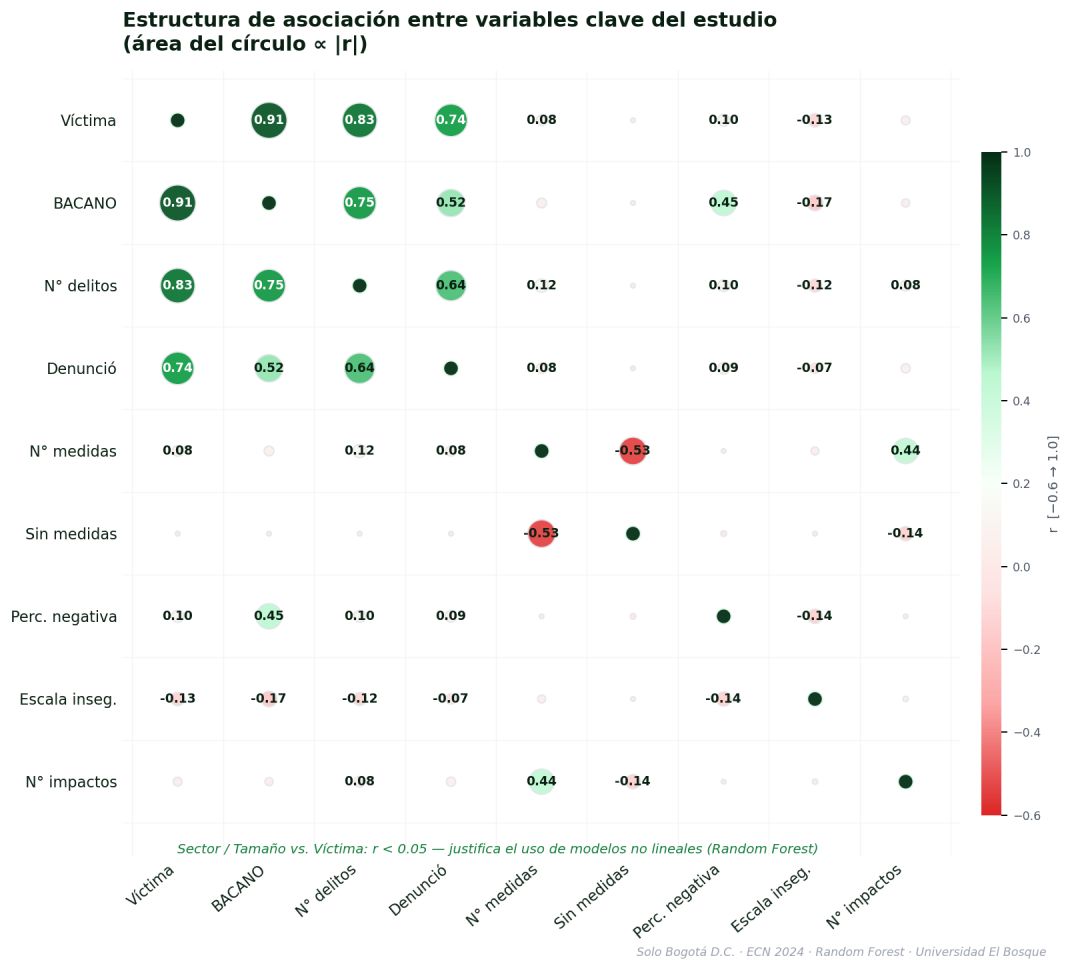


Figure 4: Inteligencia predictiva — ECN 2024. Matriz de correlación de Pearson con círculos proporcionales a  $|r|$ .

La matriz de correlación de Pearson confirma las dinámicas que alimentarán el modelo:

- **Víctima** ↔ **BACANO**:  $r = 0,90$  — el BACANO captura la victimización como componente dominante.
- **Víctima** ↔ **Núm. delitos**:  $r = 0,83$  — coherencia esperada por construcción.
- **Víctima** ↔ **Percepción negativa**:  $r = 0,10$  — débil; cuantifica la brecha percepción/realidad.
- **Escala seg.** ↔ **Percepción negativa**:  $r = -0,17$  — relación lógica inversa.

- **Sector/Tamaño** ↔ **Víctima**:  $r < 0,05$  — No presenta mayor relación.

La tipología criminal evidencia la dimensión de género: acoso/amenazas (25,5%) y delitos sexuales (23,5%) son el tercer y cuarto riesgo. Las empresarias enfrentan “impuestos rosas de seguridad”: es posible que se vean forzadas a modificar horarios y operaciones por vulnerabilidades específicas que el ecosistema tradicional ignora.

### 3. Análisis Encuesta Percepción y Victimización (EPV) 2024

#### 3.1. La ciudad del miedo: una brecha de 6,7 a uno

El diagnóstico de los 20.917 ciudadanos encuestados en Bogotá D.C. revela una paradoja aún más aguda que la registrada en el tejido empresarial: el 92,5% de los bogotanos percibe su ciudad como insegura, mientras que la tasa de victimización real medida en la misma encuesta es del 13,8%. La brecha resultante —6,7 veces— supera en un 67% la ya alarmante brecha 4:1 reportada por las empresas en la ECN 2024, y se materializa en una percepción promedio de seguridad de apenas 1,92 sobre 5.

Table 3: Indicadores estratégicos de victimización y denuncia — EPV 2024 (Bogotá D.C.)

Indicador	Valor absoluto	%
Total ciudadanos encuestados (Bogotá D.C.)	20.917	100,0
Ciudadanos víctimas de al menos un delito	2.883	13,8
Víctimas que sí denunciaron	1.421	51,3
Víctimas en silencio (sub-reporte)	1.351	48,7
Perciben la ciudad como insegura	19.341	92,5
Brecha percepción / victimización real	—	6,7x

El 92,5% de los bogotanos siente que vive en una ciudad insegura, una cifra que casi cuadruplica el porcentaje de quienes realmente fueron víctimas de un delito (13,8%). Esta brecha de 6,7 a uno es el caldo de cultivo de las decisiones irracionales que destruyen el clima de negocios: empleados que rechazan turnos nocturnos, clientes que evitan zonas enteras y empresarios que no abren nuevos puntos en localidades estadísticamente seguras.

### 3.2. Mapa criminal ciudadano: el hurto domina, el ciberdelito acecha en silencio

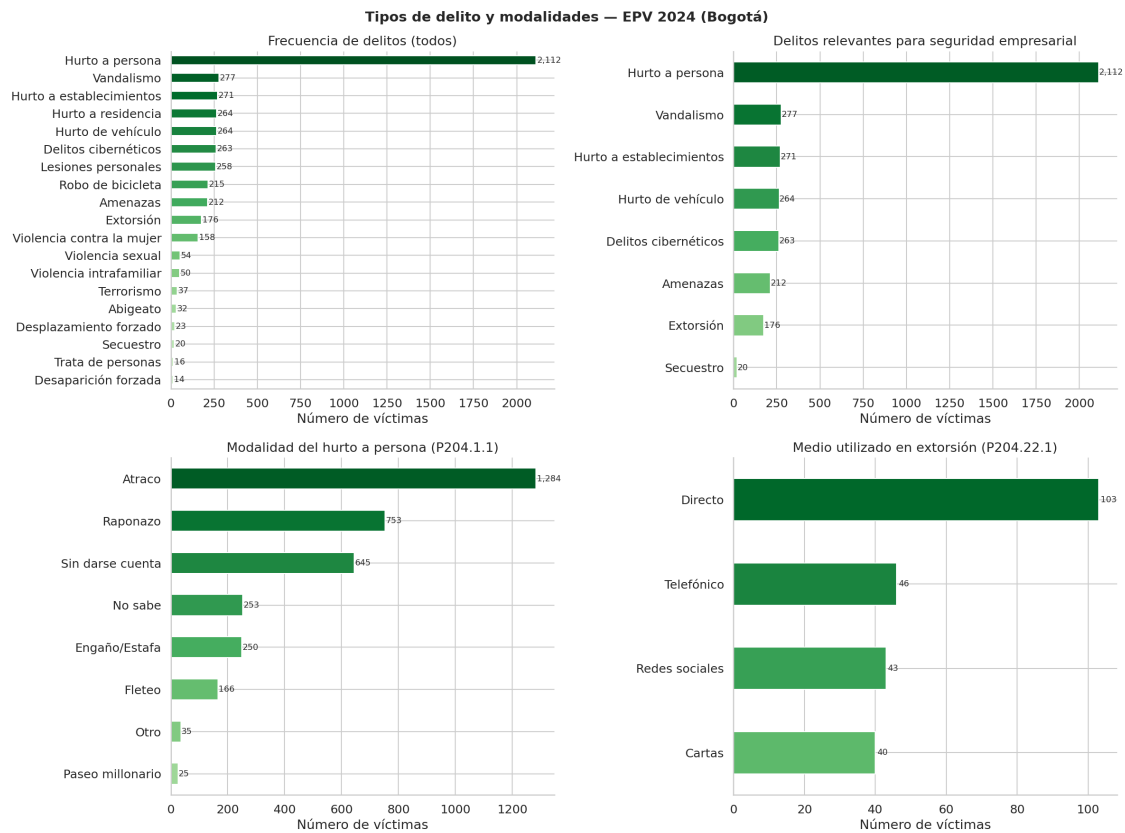


Figure 5: Tipología criminal y modalidades — EPV 2024 (Bogotá D.C.). *Superior izquierda:* frecuencia absoluta de todos los delitos reportados con gradiente de peligrosidad. *Superior derecha:* delitos con mayor relevancia para el entorno empresarial. *Inferior izquierda:* modalidades del hurto a persona. *Inferior derecha:* medios utilizados en la extorsión.

Con 2.112 casos (73,3% de las víctimas), el hurto a persona concentra la amenaza criminal cotidiana en Bogotá, seguido a distancia por las amenazas (7,4%), el hurto a establecimientos (9,4%) y los delitos cibernéticos (9,1%). Esta jerarquía criminal tiene implicaciones directas para el tejido empresarial: los mismos trabajadores que son atracados en la calle llegan tarde, renuncian o exigen compensaciones de riesgo que encarecen la nómina.

Table 4: Principales delitos reportados por ciudadanos — EPV 2024 (múltiple respuesta, base: 2.883 víctimas en Bogotá)

Pos.	Tipología criminal	Casos	% víctimas
1	Hurto a persona	2.112	73,3
2	Hurto a establecimiento	271	9,4
3	Delitos cibernéticos	263	9,1
4	Amenazas	212	7,4
5	Extorsión	176	6,1
6	Violencia contra la mujer	158	5,5
7	Violencia sexual	54	1,9
8	Violencia intrafamiliar	50	1,7

Los delitos cibernéticos ocupan la tercera posición con 263 casos (9,1%), consolidando la tendencia ya identificada en la ECN: la amenaza digital crece mientras la prevención sigue anclada en el mundo físico. El ciberdelito no distingue entre el ciudadano que camina por la calle y el empleado que gestiona los datos de su empresa desde casa.

### 3.3. Geografía del riesgo: Barrios Unidos, Bosa y Suba lideran la victimización

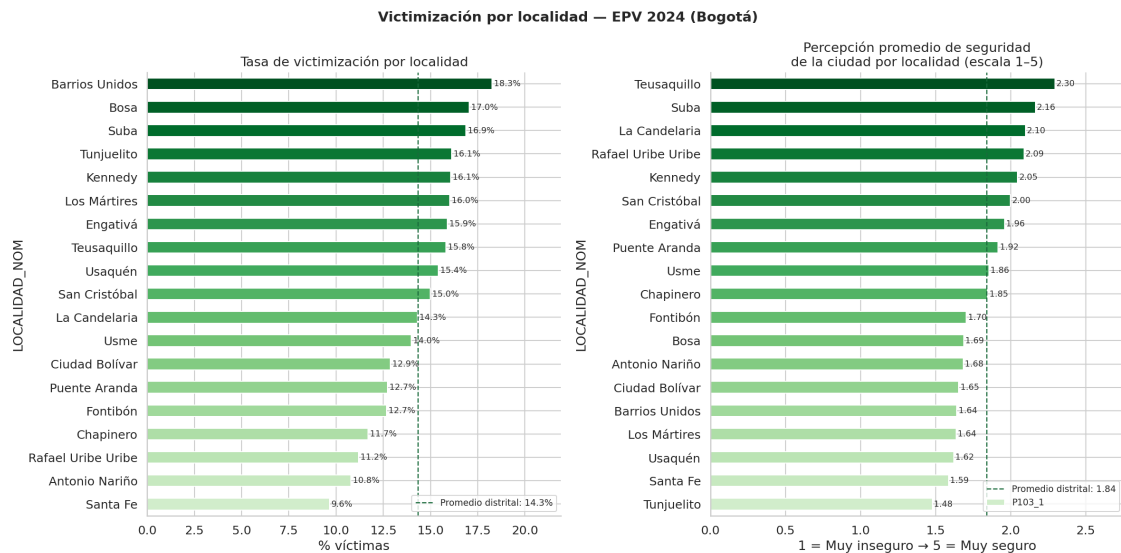


Figure 6: Victimización y percepción de seguridad por localidad — EPV 2024 (Bogotá D.C.). *Izquierda:* tasa de victimización por localidad (%) con línea de promedio distrital. *Derecha:* percepción promedio de seguridad de la ciudad por localidad (escala 1-5).

El análisis por localidad revela una concentración geográfica del riesgo que contradice la percepción generalizada de inseguridad uniforme. Barrios Unidos (18,3%), Bosa (17,0%) y Suba (16,9%) encabezan la victimización real, mientras que Santa Fe (9,6%), Antonio Nariño (10,8%) y Rafael Uribe Uribe (11,2%) registran las tasas más bajas —menos de la mitad que las localidades líderes. Esta heterogeneidad es crítica para la toma de decisiones empresariales: la apertura de un local en Barrios Unidos implica una exposición al riesgo casi el doble que en Santa Fe, dato que rara vez aparece en los análisis de mercado tradicionales.

La brecha entre la localidad más victimizada (Barrios Unidos, 18,3%) y la menos victimizada (Santa Fe, 9,6%) es de casi dos a uno. Estos son resultados clave para tomar decisiones de localización empresarial.

### 3.4. Denuncia e institucionalidad: casi la mitad calla

De las 2.772 víctimas identificadas en Bogotá, solo el 51,3% denunció al menos uno de los delitos sufridos. El 48,7% restante —1.351 ciudadanos— optó por el silencio, lo que implica una cifra negra considerable que subestima sistemáticamente la magnitud real del fenómeno criminal. Este sub-reporte no es aleatorio: tiende a concentrarse en los delitos con mayor estigma social o menor confianza institucional, como la violencia sexual y la extorsión, precisamente los que más afectan la operación cotidiana de las empresas.

Casi 1 de cada 2 víctimas en Bogotá no denuncia. Cada delito silenciado es un dato que no alimenta el sistema de inteligencia criminal, una patrulla que no se redirige y una empresa que no recibe la alerta que podría haberla protegido. El sub-reporte del 48,7% no es una estadística abstracta: es el tamaño del punto ciego con el que opera la seguridad ciudadana en Bogotá.

### 3.5. Perspectiva de género: el impuesto rosa de la inseguridad

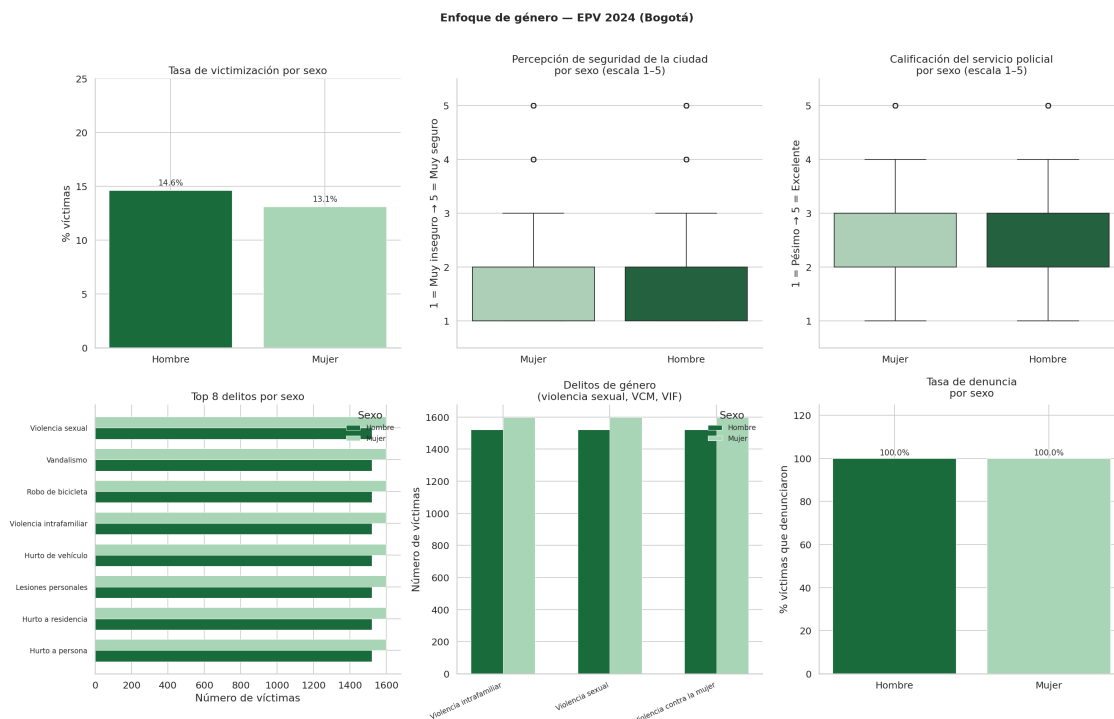


Figure 7: Enfoque de género — EPV 2024 (Bogotá D.C.). *Superior izquierda:* tasa de victimización por sexo. *Superior centro:* percepción de seguridad por sexo (escala 1–5). *Superior derecha:* calificación del servicio policial por sexo. *Inferior izquierda:* top 8 delitos por sexo. *Inferior centro:* delitos de género (violencia sexual, VCM, VIF). *Inferior derecha:* tasa de denuncia por sexo.

Aunque la tasa de victimización entre hombres (14,6%) y mujeres (13,1%) es relativamente similar en términos globales, el análisis por tipología criminal expone una brecha de género profunda y sistemática. Las mujeres concentran el 80,7% de las víctimas de violencia sexual (44 de 54 casos), el 81,6% de las víctimas de violencia contra la mujer (129 de 158 casos) y el 68,0% de los casos de violencia intrafamiliar (34 de 50 casos). Estos delitos no son estadísticamente menores: son los que más condicionan la movilidad, la permanencia en el empleo y la capacidad de las mujeres de participar en la economía formal.

Table 5: Delitos de género por sexo — EPV 2024 (Bogotá D.C.)

Delito	Mujeres	Hombres	% mujeres
Violencia sexual	44	10	81,5
Violencia contra la mujer	129	29	81,6
Violencia intrafamiliar	34	16	68,0

Las mujeres no solo enfrentan una tipología criminal distinta: enfrentan un ecosistema de inseguridad que restringe su movilidad, alarga sus trayectos, les impone horarios y les genera costos adicionales de protección que sus pares masculinos no asumen. Este “impuesto rosa de la inseguridad” es un factor de competitividad empresarial que el mercado laboral aún no ha sabido cuantificar ni compensar.

## 4. BACANO — Barómetro Analítico de Comportamiento y Amenazas de Negocios y Operaciones

### 4.1. Motivación: por qué un índice compuesto

Las medidas tradicionales de inseguridad empresarial capturan únicamente una parte de la amenaza. Un negocio no victimizado puede estar igualmente paralizado si su entorno percibe que la seguridad empeoró y nadie denuncia. El BACANO integra en un solo número tres dimensiones interdependientes que rara vez se cuantifican juntas: el delito real, el silencio institucional y el miedo. El diseño del BACANO está inspirado en frameworks de índices compuestos de riesgo utilizados en seguridad urbana y economía del crimen, donde se combinan tasas de ocurrencia, tasas de reporte y percepciones ciudadanas ponderadas por su impacto diferencial sobre la actividad económica

### 4.2. Por qué un índice compuesto: el problema de medir sólo el delito

Las tasas de victimización aisladas son ciegas a dos fenómenos que amplifican el daño económico de la inseguridad: el silencio y el miedo. Un negocio que *no fue robado* puede estar igualmente paralizado si el 62% de sus vecinos percibe que la seguridad empeoró y nadie denuncia lo que ocurre. A la inversa, una empresa con alta victimización pero cuya comunidad denuncia activamente y confía en las instituciones exhibe un ecosistema de riesgo estructuralmente distinto.

- **BACANO Macro:** mide el riesgo estructural del entorno de cada perfil (Sector × Tamaño).
- **BACANO Micro:** mide la exposición acumulada de cada empresa individual.

### 4.3. Comparación Macro vs. Micro

Table 6: Comparación entre BACANO Macro y Micro

	BACANO Macro	BACANO Micro
Unidad de análisis	Perfil (Sector × Tamaño)	Empresa individual
Pregunta central	¿Qué tan riesgoso es el entorno?	¿Cuánto riesgo acumula esta empresa?
Insumos	Tasas agregadas: TV, TD, TPN	Respuestas individuales (9 preguntas)
Dimensiones	1 (ponderación directa)	3 (Exposición, Vulnerabilidad, Percepción)
Pesos	0.50 / 0.30 / 0.20	0.40 / 0.35 / 0.25
Resultado	Promedio = 0.331	Media = 0.238, Mediana = 0.211
Uso principal	Política pública, diagnóstico territorial	Simulador individual, Canopy

## 5. BACANO Macro — Índice estructural por perfil

### 5.1. Definición y fórmula

El BACANO Macro se calcula para cada perfil empresarial definido por la combinación de Sector económico (Industria, Comercio, Servicios) y Tamaño (Microempresa, Pequeña, Mediana, Grande). La unidad de observación es el perfil, no la empresa individual.

$$BACANO(s, t) = 0.5 \cdot TV(s, t) + 0.3 \cdot (1 - TD(s, t)) + 0.2 \cdot TPN(s, t)$$

$$TV(s, t) = \frac{\#v\u00edctimas \text{ en perfil}}{\#empresas \text{ en perfil}}$$

$$TD(s, t) = \frac{\#v\u00edctimas \text{ que denunciaron}}{\#v\u00edctimas \text{ en perfil}}$$

$TD(s, t) = (1 - TD)$  invierte la escala: mayor silencio = mayor riesgo

$$TPN(s, t) = \frac{\#empresas \text{ que perciben que la seguridad empeor\u00f3}}{\#empresas \text{ en perfil}}$$

Resultado  $\in [0, 1]$     0 = riesgo nulo    1 = riesgo m\u00e1ximo te\u00f3rico.

### 5.2. Fuente de cada variable (ECN 2024)

Table 7: Fuente de cada variable (ECN 2024)

Variable	Pregunta ECN	Codificación
TV — victimización	¿Fue víctima de algún delito?	1 = Sí, 2 = No
TD — denuncia	¿Denunció el delito?	1 = Sí, 2 = No (solo si P58=1)
TPN — percepción	¿Cómo percibe el cambio en seguridad?	3 = Empeoró (codificado como 1)

### 5.3. Justificación de los pesos

- Peso 50% para *TV*: la victimización es el daño directo y observable. Correlación  $r = 0.91$  con BACANO confirma su dominancia.
- Peso 30% para  $(1 - TD)$ : la sub-denuncia amplifica el riesgo. Ejemplo: 41.2% de sub-denuncia en Bogotá  $\Rightarrow \approx 70$  delitos invisibles por cada 100 registrados.
- Peso 20% para *TPN*: el miedo tiene costo económico autónomo. 61.9% de percepción negativa genera pérdidas reales en inversión, horarios y clientes.

Validación de robustez: análisis Monte Carlo ( $\pm 20\%$  en cada peso,  $n = 10,000$  simulaciones) confirma que Servicios/Grande es el perfil de máximo riesgo en el 100% de las simulaciones.

### 5.4. Ejemplo Servicios/Grande

$$0.193 + 0.060 + 0.138 = 0.391$$

### 5.5. Resultados por perfil

Table 8: BACANO Macro por perfil empresarial - Bogotá D.C.

Sector	Tamaño	N	TV	1-TD	TPN	BACANO
Industria	Micro	509	14.1%	47.2%	63.5%	0.339
Industria	Pequeña	37	16.2%	33.3%	83.8%	0.349
Industria	Mediana	12	8.3%	0.0%	75.0%	0.192
Comercio	Micro	575	16.9%	47.4%	61.7%	0.350
Comercio	Pequeña	72	16.7%	25.0%	66.7%	0.292
Comercio	Mediana	21	38.1%	12.5%	38.1%	0.304
Comercio	Grande	8	12.5%	0.0%	62.5%	0.188
Servicios	Micro	771	16.1%	41.9%	59.8%	0.326
Servicios	Pequeña	58	20.7%	8.3%	60.3%	0.249
Servicios	Mediana	51	13.7%	28.6%	66.7%	0.288
Servicios	Grande	13	38.5%	20.0%	69.2%	0.391

Promedio ponderado Bogotá: 0.331. Perfil máximo: Servicios/Grande = 0.391.

### 5.6. Radiografía completa por perfil

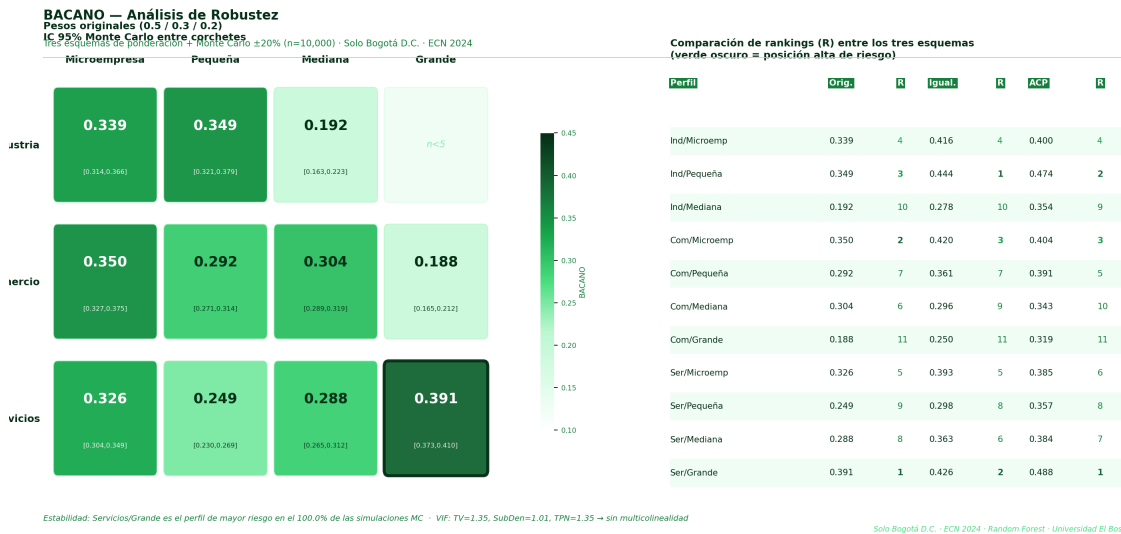


Figure 8: **BACANO Macro — análisis de robustez.** *Panel izquierdo:* heatmap del índice con pesos originales. Cada celda muestra el valor del BACANO y, en cursiva, el IC 95 % Monte Carlo. El borde grueso en Servicios/Grande indica el perfil de máximo riesgo. *Panel derecho:* comparación de rankings bajo tres esquemas de ponderación (Original, Igualitario, ACP). Los tres coinciden en el perfil máximo.

## 6. BACANO Micro — Índice individual por empresa

### 6.1. Motivación y diferencia con el Macro

El BACANO Macro describe el riesgo del entorno de un perfil. El BACANO Micro responde preguntas individuales: “¿Esta empresa específica ha sufrido delitos? ¿Está protegida? ¿Siente que el entorno empeoró?” Permite identificar empresas de alto riesgo dentro de un mismo perfil y habilita el simulador interactivo de la plataforma Canopy.

### 6.2. Estructura del BACANO Micro

Tres dimensiones:

- Dimensión A: Exposición al delito   Peso: 40%
- Dimensión B: Vulnerabilidad estructural   Peso: 35%
- Dimensión C: Percepción / Clima de miedo   Peso: 25%

$$BACANO_{micro} = 0.40 \cdot A + 0.35 \cdot B + 0.25 \cdot C$$

Cada dimensión toma valores en  $[0, 1]$ . El resultado también pertenece a  $[0, 1]$ .

### 6.3. Dimensión A — Exposición al delito (peso 40%)

Esta dimensión captura si la empresa fue víctima, cuántos tipos distintos de delito sufrió, y si estuvo expuesta a delitos de alto impacto (extorsión, ciberdelitos, acoso o delitos sexuales).

Table 9: Dimensión A — Exposición al delito

Indicador	Pregunta ECN	Cálculo	Sub-peso
A1 — Victimización	¿Fue víctima de algún delito? (P58)	1 si P58=1, 0 si P58=2	50%
A2 — Multiplicidad de delitos	Tipos de delito sufridos (P59_A a P59_I)	Suma de delitos / 9	30%
A3 — Delitos de alto impacto	Extorsión, ciberdelito, acoso/amenazas, delitos sexuales	1 si sufrió $\geq 1$ , 0 si no	20%

$$A = 0.50 \cdot A1 + 0.30 \cdot A2 + 0.20 \cdot A3, \quad A \in [0, 1]$$

Nota: A2 normaliza el conteo de delitos distintos sobre el máximo posible (9). Ejemplo: 3 delitos distintos  $\Rightarrow A2 = \frac{3}{9} = 0.333$ .

### 6.4. Dimensión B — Vulnerabilidad estructural (peso 35%)

Captura las carencias que amplifican el riesgo: operar sin medidas de protección, no denunciar, y acumular impactos económicos.

Table 10: Dimensión B — Vulnerabilidad estructural

Indicador	Pregunta ECN	Cálculo	Sub-peso
B1 — Sin medidas	¿Cuenta con alguna medida de seguridad? (P61A_1 a P61A_9, excl. P61A_2)	1 si Num_Medidas=0, 0 si $\geq 1$	40%
B2 — No denunció	¿Denunció el delito? (P60)	1 si P58=1 y P60=2, 0 si no	40%
B3 — Impactos económicos	Impactos sufridos (P61B_1 a P61B_8)	Suma impactos / 8	20%

$$B = 0.40 \cdot B1 + 0.40 \cdot B2 + 0.20 \cdot B3, \quad B \in [0, 1]$$

Nota: “Sin medidas reales” = cero entre P61A\_1, P61A\_3, P61A\_4, P61A\_5, P61A\_6, P61A\_7 y P61A\_9. La opción P61A\_2 se excluye del cálculo de impactos.

### 6.5. Dimensión C — Percepción y clima de miedo (peso 25%)

Captura si la empresa percibe deterioro en la seguridad de su entorno. El miedo tiene costo económico autónomo.

Table 11: Dimensión C — Percepción y clima de miedo

Indicador	Pregunta ECN	Cálculo	Sub-peso
C1 — Percepción empeoró	¿Cómo percibe el cambio en seguridad? (P57)	1 si P57=3, 0 si no	50%
C2 — Escala de inseguridad	Escala de seguridad (P56_1, 1=inseguro→5=seguro)	$(5 - P56\_1)/4$	30%
C3 — No se siente seguro	¿Se siente seguro en su entorno? (P56)	1 si P56=2, 0 si no	20%

$$C = 0.50 \cdot C1 + 0.30 \cdot C2 + 0.20 \cdot C3, \quad C \in [0, 1]$$

### 6.6. Ejemplo de cálculo paso a paso

Empresa tipo: víctima de hurto al establecimiento y ciberdelito, sin medidas de seguridad, no denunció, percibe que la seguridad empeoró y se siente insegura (escala 2/5).

Table 12: Ejemplo de cálculo paso a paso — Empresa tipo

Paso	Indicador	Valor bruto	Cálculo	Resultado
A1	Víctima (P58=1)	Sí	1	1.000
A2	Num_Delitos=2	2/9	0.222	0.222
A3	Delito alto impacto	Sí	1	1.000
Dimensión A			$0.50 \cdot 1 + 0.30 \cdot 0.222 + 0.20 \cdot 1$	$A = 0.767$
B1	Sin medidas reales	Sí	1	1.000
B2	No denunció	Sí	1	1.000
B3	Impactos económicos	0/8	0	0.000
Dimensión B			$0.40 \cdot 1 + 0.40 \cdot 1 + 0.20 \cdot 0$	$B = 0.800$
C1	Percepción empeoró	Sí	1	1.000
C2	Escala inseguridad (2/5)	$(5 - 2)/4 = 0.75$	0.750	0.750
C3	No se siente seguro	Sí	1	1.000
Dimensión C			$0.50 \cdot 1 + 0.30 \cdot 0.75 + 0.20 \cdot 1$	$C = 0.925$
BACANO micro			$0.40 \cdot 0.767 + 0.35 \cdot 0.800 + 0.25 \cdot 0.925$	0.587

Resultado: BACANO micro = 0.587 ⇒ Nivel Alto.

### 6.7. Distribución del BACANO Micro en Bogotá D.C.

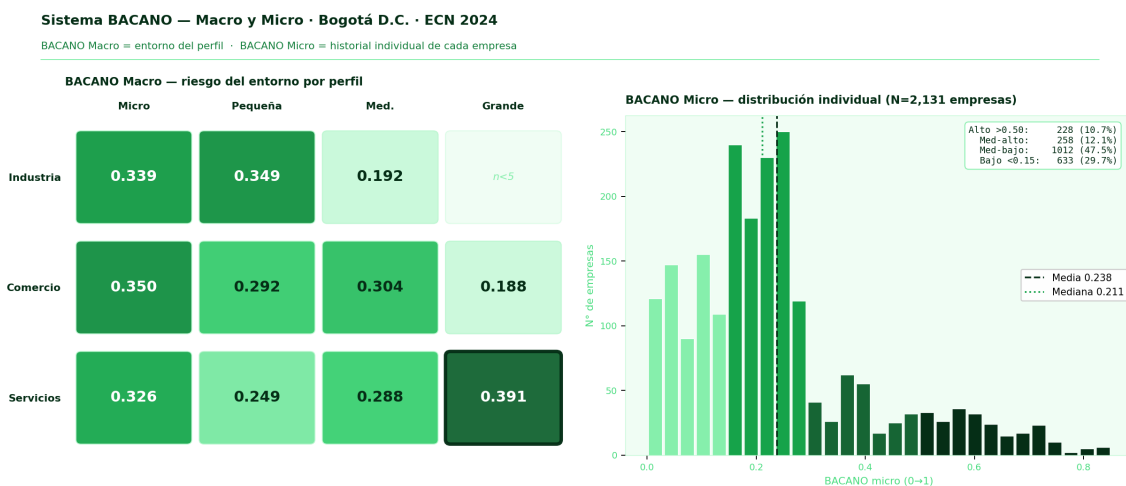


Figure 9: **Sistema BACANO en Bogotá D.C.** Panel izquierdo: heatmap del BACANO Macro por perfil Sector × Tamaño. Panel derecho: distribución del BACANO Micro ponderada con FACTOR\_REGION. El eje vertical está en % del universo de 423.152 empresas. La línea discontinua indica la media ponderada (0,239).

Nivel de riesgo	Rango BACANO	N° empresas	%
Bajo	0.00 – 0.15	633	29.7%
Medio-bajo	0.15 – 0.30	1,012	47.5%
Medio-alto	0.30 – 0.50	258	12.1%
Alto	> 0.50	228	10.7%

Estadísticas descriptivas: Media = 0.238    Mediana = 0.211    Máximo = 0.840    Desv. estándar = 0.170

El 10.7% de las empresas de Bogotá ( $\approx 228$  negocios) presenta un BACANO Micro superior a 0.50, señal de alta exposición acumulada que requiere atención prioritaria.

## 7. Comparación entre BACANO Macro y BACANO Micro

Table 13: Comparación entre BACANO Macro y Micro

Característica	BACANO Macro	BACANO Micro
Unidad de análisis	Perfil (Sector $\times$ Tamaño)	Empresa individual
Escala	Estructural / entorno	Individual / historial
Variables base	TV, TD, TPN por perfil	P58, P59, P60, P61A, P61B, P56, P57
Dimensiones	1 (ponderación directa)	3 (A: Exposición, B: Vulnerabilidad, C: Percepción)
Pesos	0.5 / 0.3 / 0.2	0.40A / 0.35B / 0.25C
Resultado global Bogotá	0.329 (promedio ponderado: 0.331)	Media 0.238   Mediana 0.211
Uso en Canopy	Heatmap por perfil, benchmarking	Simulador individual, diagnóstico empresa
Robustez MC	100% sims: Servicios/Grande máximo	Estable por construcción (determinístico)

La diferencia en el promedio global (Macro 0.329 vs. Micro 0.238) refleja que el BACANO Macro incluye la sub-denuncia como tasa de perfil, mientras que el BACANO Micro solo activa el indicador de no-denuncia (B2) para las empresas víctimas. La Dimensión C (percepción) empuja el Micro hacia arriba porque aplica a todas las empresas.

## 8. Simulador BACANO Micro

### 8.1. Funcionamiento del simulador

La plataforma CANOPY incorpora un simulador individual del BACANO Micro que permite calcular el índice para cualquier empresa a partir de sus respuestas a nueve

preguntas clave. El resultado se desglosa por dimensión y se compara con el promedio de Bogotá y el perfil sectorial correspondiente.

## 8.2. Las nueve preguntas del simulador

Table 14: Preguntas del simulador BACANO Micro

#	Pregunta	Opciones	Variable	Dimensión
1	¿Su empresa fue víctima de algún delito en 2024?	Sí / No	P58 → A1	A
2	¿Cuántos tipos de delito distintos sufrió su empresa?	0,1,2,3,4+	P59 → A2	A
3	¿Sufrió extorsión, ciberdelito, acoso/amenazas o delito sexual?	Sí / No	P59_C/E/F/H → A3	A
4	¿Cuenta con alguna medida de seguridad real?	Sí / No	P61A → B1	B
5	Si fue víctima, ¿denunció el delito?	Sí / No / N.A.	P60 → B2	B
6	¿Cuántos impactos económicos sufrió?	0,1,2,3+	P61B → B3	B
7	¿Percibe que la seguridad empeoró?	Sí / No	P57 → C1	C
8	En escala 1–5, ¿qué tan seguro se siente?	1–5	P56_1 → C2	C
9	¿Se siente seguro en su entorno?	Sí / No	P56 → C3	C

### 8.3. Interpretación del resultado

BACANO Micro	Nivel	Interpretación	Acción sugerida
0.00 – 0.15	Bajo	Sin victimización, medidas activas, percepción estable	Mantener medidas preventivas
0.15 – 0.30	Medio-bajo	Percepción negativa elevada o vulnerabilidad moderada	Revisar medidas y canales de denuncia
0.30 – 0.50	Medio-alto	Victimización reciente o desprotección significativa	Fortalecer seguridad y denunciar
> 0.50	Alto	Victimización severa y/o alta desprotección	Intervención prioritaria: contactar CCB y autoridades

## 9. Diagnóstico de robustez y endogeneidad

### 9.1. VIF entre componentes del BACANO Macro

El análisis del Factor de Inflación de la Varianza (VIF) se aplicó para verificar si los tres componentes del BACANO Macro: victimización (TV), sub-denuncia (ITD) y percepción negativa (TPN) miden dimensiones distintas del riesgo o si son colineales.

- Si fueran altamente colineales ( $VIF > 5-10$ ), los pesos del índice serían arbitrarios y la justificación teórica perdería validez.
- Los resultados muestran  $VIF \approx 1$  en los tres componentes, lo que confirma que cada uno aporta variación independiente.
- Esto significa que el índice captura tres dimensiones diferentes:
  1. Empresas con alta victimización pero baja percepción negativa.
  2. Empresas sin victimización pero con fuerte percepción de deterioro.
  3. Empresas víctimas que no denuncian, sin que ello implique necesariamente peor percepción.
- La independencia valida la estructura tridimensional del índice y la ponderación diferenciada.

Variable	VIF	Interpretación
TV — Tasa de Victimización	1.352	Sin multicolinealidad (VIF < 5)
(1TD) — Sub-denuncia	1.012	Sin multicolinealidad (VIF < 5)
TPN — Percepción Negativa	1.347	Sin multicolinealidad (VIF < 5)

Los tres componentes del BACANO Macro son estadísticamente independientes. La ausencia de colinealidad valida que cada componente aporta información no redundante.

## 9.2. Análisis de sensibilidad Monte Carlo

Se realizaron 10,000 simulaciones perturbando los pesos del BACANO Macro en  $\pm 20\%$ . Resultados:

- Servicios/Grande es el perfil de máximo riesgo en el 100% de las simulaciones.
- IC95: [0.373, 0.410] vs. [0.327, 0.375], sin solapamiento.
- Ranking top-5 estable en más del 95% de las simulaciones.

Conclusión: el BACANO Macro es robusto a variaciones razonables en la ponderación.

## 9.3. Tres esquemas de ponderación comparados

Esquema	Pesos TV / SubDen / TPN	BACANO máx.	Perfil máximo
Original (teórico)	0.500 / 0.300 / 0.200	0.391	Servicios/Grande
Igualitario	0.333 / 0.333 / 0.333	0.426	Servicios/Grande
ACP (varianza PC1)	0.427 / 0.148 / 0.425	0.488	Servicios/Grande

Los tres esquemas identifican el mismo perfil de máximo riesgo y producen el mismo ranking top-5. El índice es robusto a la metodología de ponderación.

## 10. Modelo de Clasificación para el Indicador BACANO Micro

### 10.1. Motivación y objetivo del modelo

Con el propósito de identificar qué variables del entorno empresarial se asocian con distintos niveles de riesgo según el indicador BACANO Micro, se entrenó un modelo de clasificación basado (*Random Forest*). El objetivo principal no es predictivo en sentido estricto, sino exploratorio: se busca cuantificar la importancia relativa de un conjunto de variables independientes que no forman parte del cálculo del indicador sobre el nivel de riesgo al que pertenece cada empresa. En consecuencia, las limitaciones de desempeño del modelo deben interpretarse en este marco y no como un impedimento para extraer conclusiones sobre la estructura de los datos.

### 10.2. Variable objetivo

La variable a predecir se construyó a partir del BACANO\_micro, el índice individual por empresa calculado como combinación ponderada de tres dimensiones: exposición al delito (40%), vulnerabilidad estructural (35%) y percepción del clima de seguridad (25%). El BACANO Micro produce un valor continuo en el intervalo  $[0, 1]$  para cada empresa, lo que permite una segmentación del riesgo.

Para efectos de la clasificación, los valores continuos del índice se agruparon en cuatro niveles de riesgo de acuerdo con los umbrales presentados en el Cuadro 15.

Table 15: Definición de clases del indicador BACANO Micro

Clase	Criterio	Descripción
Bajo	$\text{BACANO Micro} < 0,15$	Empresa sin exposición ni vulnerabilidad significativa
Medio-bajo	$0,15 \leq \text{BACANO Micro} < 0,30$	Riesgo leve, generalmente sin victimización directa
Medio-alto	$0,30 \leq \text{BACANO Micro} < 0,50$	Riesgo moderado, posible victimización o vulnerabilidad alta
Alto	$\text{BACANO Micro} \geq 0,50$	Riesgo elevado: victimización, subdenuncia y percepción negativa

La distribución resultante en la muestra de 2.113 empresas de Bogotá D.C. es relativamente equilibrada, la clase *Medio-bajo* concentra el mayor volumen (42,4%), seguida de *Medio-alto* (27,5%), *Bajo* (16,9%) y *Alto* (13,2%).

### 10.3. Variables predictoras

En coherencia con el principio de no tautología, las variables incluidas como predictoras son exclusivamente aquellas que *no* participan en el cálculo de ninguna de las tres dimensiones del BACANO Micro. Se excluyeron deliberadamente: P58 (victimización), P59\_x (tipos de delito), P60 (denuncia) y P61B\_x (impactos económicos). Las variables incluidas corresponden a dos grupos:

- **Perfil de la empresa:** sector económico (F4: industria, comercio, servicios) y tamaño (F5: micro, pequeña, mediana, grande).
- **Medidas de prevención adoptadas** (P61A\_1 a P61A\_9): ocho indicadores binarios que recogen la implementación de alarmas, seguridad privada, frentes de seguridad, cámaras de seguridad, ciberseguridad, aplicación móvil de seguridad, ausencia de cualquier medida (P61A\_2) y otras medidas. Estas variables reflejan decisiones estructurales de la empresa previas o independientes del evento delictivo, y por construcción no integran la fórmula del indicador.
- **Percepción de seguridad:** escala de seguridad (P56\_1: 1 = muy inseguro a 5 = muy seguro), incluida porque aporta información del clima percibido por la empresa sin ser componente directo del BACANO Micro en su dimensión C (que usa P56, P57 y P56\_1 de forma combinada; su inclusión como predictor aislado no replica la fórmula).

En total se emplearon 11 variables predictoras.

### 10.4. Resultados del modelo

El Cuadro 16 presenta las métricas de desempeño obtenidas en las particiones de entrenamiento y prueba.

Table 16: Métricas de desempeño del modelo Random Forest — BACANO Micro

Partición	Bal. Accuracy	ROC-AUC macro	Accuracy	F1 macro
Validación cruzada (CV)	0,472	—	—	—
Entrenamiento	0,631	0,861	0,59	0,58
Prueba	0,489	0,751	0,46	0,43

Los resultados revelan un desempeño global modesto, consistente con las restricciones del diseño: el modelo opera únicamente con variables de perfil y medidas de prevención, sin acceso a la información de victimización o impactos que concentra la mayor parte de la señal del índice. La *balanced accuracy* en prueba (0,489) se sitúa cercana al azar para un problema de cuatro clases (referencia: 0,25), aunque las curvas ROC

confirman capacidad discriminante real: el AUC es de 0,90 para la clase *Bajo*, 0,75 para *Medio-alto*, 0,68 para *Medio-bajo* y 0,67 para *Alto*.

El desempeño diferenciado por clase es revelador. La clase *Bajo* es la mejor clasificada en prueba (recall = 0,83), lo que indica que el modelo identifica con relativa fiabilidad a las empresas de bajo riesgo a partir de su perfil y sus medidas de protección. Las clases intermedias (*Medio-bajo* y *Medio-alto*) presentan niveles de recall de 0,29 y 0,58 respectivamente, con frecuente confusión entre categorías adyacentes, un comportamiento esperable dado que los límites entre estas clases son inherentemente difusos. La clase *Alto* obtiene el peor desempeño (recall = 0,25; F1 = 0,24), reflejando tanto su menor representación muestral como el hecho de que las variables disponibles no capturan suficientemente los factores que determinan el riesgo más severo, precisamente porque esos factores —la victimización efectiva y la sub-denuncia— fueron excluidos del conjunto de predictores para preservar la independencia metodológica del ejercicio.

Se observa una brecha entre el desempeño en entrenamiento (*balanced accuracy* = 0,631) y prueba (0,489), indicativa de sobreajuste moderado. Este fenómeno es esperado dado el número reducido de features (11), la granularidad de cuatro clases y la relativa homogeneidad de las variables de medidas de prevención en la muestra.

### 10.5. Importancia de variables

La importancia de cada variable se calculó mediante la reducción media de impureza (MDI). El Cuadro 17 presenta la importancia de todas las variables incluidas en el modelo.

Table 17: Importancia de variables según reducción media de impureza — BACANO Micro

Posición	Variable	Importancia (MDI)
1	Sin ninguna medida de seguridad (P61A_2)	0,369
2	Escala de seguridad percibida (P56_1)	0,210
3	Sector económico (F4)	0,104
4	Cámaras de seguridad (P61A_5)	0,048
5	Alarmas (P61A_1)	0,047
6	Aplicación móvil (P61A_7)	0,045
7	Tamaño de empresa (F5)	0,044
8	Ciberseguridad (P61A_6)	0,035
9	Frentes de seguridad (P61A_4)	0,035
10	Seguridad privada (P61A_3)	0,032
11	Otra medida (P61A_9)	0,031

En ausencia de información sobre los delitos sufridos, la variable que mayor capacidad discriminante aporta es la **ausencia de cualquier medida de seguridad** (P61A\_2; MDI = 0,369), seguida de la **escala de seguridad percibida** (P56\_1; MDI = 0,210). Ambas variables concentran conjuntamente casi el 58% de la importancia total del modelo, lo que sugiere que la vulnerabilidad estructural de la empresa —medida por la inexistencia de protocolos de protección— y la percepción subjetiva del entorno son los dos factores más discriminantes del nivel de riesgo BACANO cuando se prescinde de la información sobre victimización.

El sector económico ocupa la tercera posición (MDI = 0,104), lo que indica que, en ausencia de datos sobre delitos, el tipo de actividad económica de la empresa sí aporta información relevante sobre su nivel de riesgo estructural. Las medidas de prevención específicas —cámaras, alarmas, aplicación móvil, ciberseguridad, frentes de seguridad y seguridad privada— presentan importancias individuales reducidas y similares entre sí (rango 0,031–0,048), sugiriendo que su efecto discriminante es marginal cuando se controla por la ausencia total de medidas y por la percepción de seguridad.

En conjunto, estos hallazgos son coherentes con la estructura del BACANO Micro: dado que la dimensión de vulnerabilidad estructural (peso 35%) incorpora directamente la ausencia de medidas, y la dimensión de percepción (peso 25%) recoge la escala de seguridad percibida, es esperable que estas variables sean las más informativas para predecir el nivel del índice a partir de un conjunto de predictores exógenos. La convergencia entre la estructura del indicador y la jerarquía de importancias del modelo refuerza la validez de construcción del BACANO Micro como medida multidimensional del riesgo empresarial en Bogotá D.C.

## 11. Plataforma CANOPY

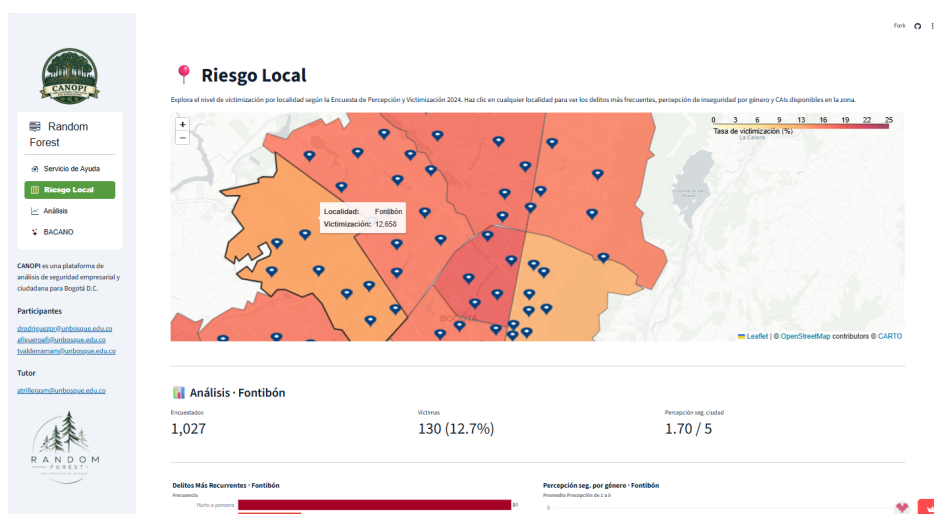


Figure 10: Captura de pantalla plataforma CANOPY

### 11.1. Descripción general

CANOPY es una plataforma web interactiva desarrollada como producto final del presente proyecto, con el objetivo de centralizar, visualizar y hacer accesibles los resultados del análisis de seguridad empresarial y ciudadana para Bogotá D.C. La plataforma fue construida sobre el *framework* Streamlit con Python, integrando datos geoespaciales, encuestas oficiales de la Cámara de Comercio de Bogotá (Encuesta Clima de Negocios 2024, Encuesta Percepción y Victimización 2024), información operativa de la Policía Nacional y el SIEDCO, en un entorno de consulta unificado orientado a usuarios no especializados en análisis estadístico.

A diferencia de los productos tradicionales de investigación aplicada —informes estáticos, tablas de datos o presentaciones de diapositivas—, CANOPY permite que los resultados del proyecto sean explorados de manera dinámica, filtrada y contextualizada, reduciendo la brecha entre la producción técnica y su aprovechamiento por parte de tomadores de decisiones en los sectores público y privado.

Bajo esta premisa, Canopy se distingue de herramientas institucionales como el Observatorio de Seguridad de la Secretaría Distrital de Seguridad (SDSCJ) por su hiperespecialización y su arquitectura de datos híbrida. Mientras que el Observatorio ofrece una mirada panorámica y general de la seguridad ciudadana, Canopy funciona como un microscopio calibrado específicamente para el ecosistema productivo, reconociendo que la seguridad de un comercio o industria obedece a dinámicas distintas a las del entorno residencial.

Esta diferenciación se fundamenta en tres pilares estratégicos:

- **Convergencia de fuentes multidimensionales:** No se limita al registro administrativo del SIEDCO (delitos reportados); integra la *Encuesta de Clima de Negocios* (ECN) y la *Encuesta de Percepción y Victimización* (EPV) de la Cámara de Comercio de Bogotá. Esto permite contrastar el delito real frente a la percepción de inseguridad, factor que condiciona directamente las decisiones de inversión.
- **Visibilidad de la cifra negra:** Al cruzar los registros de la Policía Nacional con las encuestas de victimización, la plataforma visibiliza el sub-reporte y la falta de denuncia, ofreciendo una imagen de la realidad que las cifras oficiales, por su naturaleza administrativa, no alcanzan a capturar.
- **Poder analítico del índice BACANO:** A diferencia de los tableros de control convencionales que presentan estadísticas descriptivas, Canopy introduce el indicador BACANO. Este sistema transforma datos aislados en un puntaje de riesgo accionable, permitiendo a las empresas no solo observar eventos pasados, sino entender su nivel de vulnerabilidad y simular escenarios para mejorar su resiliencia.

En suma, mientras el Observatorio institucional monitorea el pulso general de la ciudad, Canopy entrega un diagnóstico clínico y preventivo diseñado a la medida del comerciante y el empresario bogotano.

### 11.2. Justificación

La producción académica y técnica en materia de seguridad urbana enfrenta un problema recurrente de transferencia: los análisis rigurosos rara vez llegan en un formato accesible a los actores que más podrían beneficiarse de ellos. Empresarios que buscan entender el riesgo de su entorno, funcionarios que necesitan evidencia para priorizar intervenciones o investigadores que desean contrastar hallazgos entre localidades, todos requieren herramientas que traduzcan los datos en respuestas concretas sin imponer barreras técnicas.

En el contexto de este proyecto, se identificó que los resultados derivados de la Encuesta de Clima de Negocios 2024, la Encuesta de Percepción y Victimización 2024 y el indicador BACANO tenían un alto potencial de uso práctico, pero su aprovechamiento dependía de la construcción de un canal de comunicación adecuado entre el equipo investigador y los usuarios finales. CANOPY responde a esta necesidad bajo tres principios rectores:

- **Accesibilidad:** cualquier usuario con conexión a internet puede consultar los resultados sin requerir conocimientos previos en estadística o análisis de datos. La interfaz fue diseñada con un lenguaje claro, navegación intuitiva y visualizaciones autoexplicativas.
- **Interactividad:** los gráficos y mapas permiten filtrar, explorar y comparar datos en tiempo real según el perfil de interés del usuario —por localidad, sector económico, tamaño de empresa o tipo de delito—, lo que convierte cada consulta en una experiencia personalizada.
- **Accionabilidad:** cada sección está diseñada para responder preguntas concretas que un empresario o funcionario podría formular sobre su entorno de seguridad, traduciendo los hallazgos estadísticos en información orientada a la toma de decisiones.

### 11.3. Estructura de la plataforma

CANOPY está organizada en cuatro secciones principales, accesibles desde un menú lateral persistente que permite la navegación fluida entre módulos. Cada sección fue concebida para atender una dimensión específica del análisis de seguridad empresarial y ciudadana.

#### 11.4. Servicio de Ayuda

Esta sección ofrece un mapa interactivo con la ubicación georreferenciada de todos los Comandos de Atención Inmediata (CAIs) activos en Bogotá D.C., incluyendo información de contacto, horarios de operación y servicios disponibles en cada estación. El módulo incorpora además acceso directo a la Línea Púrpura, el servicio distrital de atención a víctimas de violencia de género, con el propósito de ampliar el alcance de la plataforma más allá del ámbito empresarial hacia la seguridad ciudadana en sentido amplio. Además de esto, tiene un apartado en donde se da una serie de instrucciones sobre qué hacer cuando ocurre un delito.

#### 11.5. Riesgo Local

Este módulo presenta una visualización geoespacial de la tasa de victimización por localidad, construida a partir de los microdatos de la Encuesta de Percepción y Victimización 2024 de la CCB, los datos del SIEDCO y los polígonos oficiales del Shapefile de localidades de Bogotá provistos por la Secretaría Distrital. Al seleccionar una localidad en el mapa coroplético, la plataforma despliega automáticamente un panel de detalle con los delitos más frecuentes reportados en esa zona, la percepción de inseguridad diferenciada por género y el inventario de CAIs disponibles en el área. Este diseño permite al usuario navegar del nivel agregado de ciudad al nivel específico de localidad en una sola interacción, facilitando comparaciones territoriales inmediatas. Además de eso, se le agrega la pestaña del SIEDCO, para facilitar la comparación entre percepción y victimización real.

#### 11.6. Análisis

La sección de análisis está dividida en tres pestañas temáticas que corresponden a las dos fuentes de encuesta integradas en el proyecto y a los datos del SIEDCO.

La primera pestaña presenta los resultados de la Encuesta de Clima de Negocios 2024, con visualizaciones sobre la tasa de victimización desagregada por sector económico y tamaño de empresa, la tipología de delitos sufridos, las medidas de prevención adoptadas y los impactos económicos derivados de la actividad delictiva. Esta pestaña constituye el complemento visual del análisis estadístico desarrollado en las secciones anteriores del presente informe.

La segunda pestaña presenta los resultados de la Encuesta de Percepción y Victimización 2024, con énfasis en el análisis de género, la distribución territorial por localidad y la relación de la ciudadanía con las autoridades de seguridad. Ambas pestañas comparten un esquema de visualización consistente basado en gráficos de barras interactivos, tablas de frecuencia y métricas clave desplegadas en indicadores numéricos

destacados.

Y finalmente, la tercera pestaña corresponde a los resultados del SIEDCO, donde se puede cambiar el año, el tipo de delito y la localidad para ver gráficos y estadísticos clave.

### 11.7. BACANO

La sección dedicada al Barómetro Analítico de Comportamiento y Amenazas de Negocios y Operaciones constituye el núcleo analítico de la plataforma. Incluye el mapa de calor (*heatmap*) del indicador BACANO por perfil sectorial —cruzando sector económico y tamaño de empresa— que permite identificar visualmente los segmentos empresariales con mayor exposición al riesgo delictivo.

El elemento más innovador de esta sección es el simulador del BACANO micro, una herramienta interactiva que permite al usuario estimar un indicador BACANO micro mediante una breve encuesta sobre seguridad y percepción. El simulador calcula el índice en tiempo real y presenta los resultados en cada una de las dimensiones del BACANO micro.

### 11.8. Contribución del componente tecnológico

Canopy constituye el puente entre el rigor metodológico del análisis estadístico desarrollado en el presente proyecto y su utilidad práctica para los actores del ecosistema empresarial bogotano. Al integrar en un solo entorno interactivo las encuestas de la CCB, los datos geoespaciales de las localidades, la información operativa de la Policía Nacional, el SIEDCO y el indicador BACANO, la plataforma transforma un conjunto heterogéneo de fuentes en una herramienta de consulta unificada y accionable.

Más allá de su valor inmediato, CANOPY sienta las bases para desarrollos futuros de mayor alcance. La arquitectura modular adoptada permite incorporar con relativa facilidad nuevas encuestas, actualizar los datos con ediciones posteriores de la ECN o la EPV. En una versión más avanzada, la plataforma podría conectarse a flujos de datos en tiempo real, convirtiendo el análisis estático de una encuesta anual en un sistema de monitoreo continuo del riesgo empresarial en Bogotá D.C.

En síntesis, el desarrollo de CANOPY demuestra que es posible —y deseable— traducir los resultados de la investigación aplicada en herramientas de consulta accesibles, ampliando el impacto del trabajo académico más allá del documento escrito y acercando la evidencia técnica a quienes tienen la capacidad de actuar sobre ella.

## 12. Recomendaciones

---

Con base en los hallazgos del análisis integrado de la ECN 2024, la EPV 2024, el SIEDCO y el índice BACANO en sus versiones Macro y Micro, se formulan seis recomendaciones dirigidas a la Cámara de Comercio de Bogotá, las autoridades distritales y el tejido empresarial:

- 1. Crear canales de denuncia accesibles, anónimos y con retroalimentación verificable.** La subdenuncia (41,2 % empresarial; 48,7 % ciudadana) es el componente de mayor potencial de mejora en el BACANO: el término  $(1 - TD)$  recibe un peso del 30 % en el índice Macro. Las simulaciones indican que elevar la tasa de denuncia al 80 % reduciría el BACANO en  $-0,064$  puntos —el 51 % del impacto que tendría eliminar toda la percepción negativa—, con una intervención ejecutable a corto plazo. Se recomienda habilitar canales digitales anónimos articulados con la Personería Distrital, dado que las víctimas ya muestran preferencia por ese canal sobre la Policía.
- 2. Diseñar programas diferenciados para microempresas sin medidas de protección.** El 17,6 % de los negocios opera sin ninguna medida real de seguridad, concentrándose casi exclusivamente en microempresas. En el modelo de clasificación Random Forest, la ausencia de medidas (P61A\_2) es la variable de mayor importancia (MDI = 0,369), superando incluso al sector económico. Servicios/Micro ( $n = 771$ , BACANO = 0,326) y Comercio/Micro ( $n = 575$ , BACANO = 0,350) concentran la mayor exposición poblacional. Se recomienda desarrollar subsidios o cofinanciación de alarmas y cámaras en zonas de alto BACANO para negocios con capacidad operativa limitada.
- 3. Priorizar la ciberseguridad como eje central de los programas de la CCB.** Los ciberdelitos representan el segundo riesgo empresarial (31,6 % de las víctimas) y el tercero ciudadano (9,1 %, EPV), con apenas el 15,5 % de cobertura preventiva. Esta brecha de más de 16 puntos porcentuales es la mayor del estudio y se agrava con la digitalización acelerada del comercio. Se recomienda incorporar módulos de higiene digital en las capacitaciones de la CCB e incluir indicadores de ciberseguridad en futuras versiones del BACANO.
- 4. Fomentar frentes comunitarios de seguridad como mecanismo de bajo costo y alto impacto.** Los frentes de seguridad presentan una adopción del 16,2 % entre las empresas encuestadas. En el análisis de importancia de variables del modelo Random Forest, las medidas colectivas muestran un efecto discriminante complementario al de la ausencia total de protección. El modelo de Frentes de Seguridad de la Policía Nacional puede articularse con los programas existentes de la CCB para ampliar cobertura sin requerir inversión individual por empresa.

5. **Gestionar la percepción con datos territorializados, no con campañas genéricas.** La brecha 4:1 entre percepción negativa (61,9 %) y victimización real (16,2 %) erosiona el clima de negocios de forma autónoma: paraliza inversiones, obliga a recortar horarios y ahuyenta clientes incluso en zonas sin actividad delictiva reciente. La brecha ciudadana es aún más severa (6,7:1, EPV). La percepción aparece como segunda variable más relevante en el modelo (escala P56\_1; MDI = 0,210). Se recomienda que la CCB publique boletines periódicos de riesgo real por sector y localidad —usando Canopy como canal de difusión— para anclar la percepción en evidencia y reducir el costo económico autónomo del miedo.
6. **Incorporar un enfoque de género transversal en la política de seguridad empresarial.** Las mujeres concentran el 80,7 % de las víctimas de violencia sexual, el 81,6 % de los casos de violencia contra la mujer y el 68,0 % de la violencia intrafamiliar (EPV 2024). A nivel empresarial, el acoso y las amenazas constituyen el cuarto delito más frecuente (25,5 %), afectando desproporcionadamente a empresarias que deben modificar horarios y rutas —un “impuesto rosa” que el mercado laboral aún no cuantifica ni compensa [?]. Se recomienda incluir indicadores de género en futuras versiones del BACANO Micro e integrar la EPV con perspectiva de género en la plataforma Canopy.

### 13. Conclusiones

---

El presente proyecto demuestra que la inseguridad empresarial en Bogotá D.C. es un fenómeno tridimensional: el delito real, el silencio sobre él y el miedo que lo amplifica operan de forma simultánea y se retroalimentan. Abordar una sola de estas dimensiones es insuficiente para impactar el ecosistema de riesgo.

Table 18: Síntesis de hallazgos — ECN y EPV 2024, Bogotá D.C.

<b>Dimensión</b>	<b>Hallazgo principal</b>
Victimización	16,2 % de empresas víctimas. Comercio (17,5 %) y servicios (16,6 %) más afectados. Polivictimización en el 40 % de los casos.
Tipología	Hurto domina (71,6 %). Cibercrimitos son el 2.º riesgo empresarial (31,6 %) con solo 15,5 % de cobertura preventiva; la mayor brecha protección/riesgo del estudio.
Denuncia	41,2 % de subdenuncia empresarial; 48,7 % ciudadana (EPV). Canal preferido: Personería, no Policía.
Percepción	Brecha 4:1 empresarial (61,9 % vs. 16,2 %) y brecha 6,7:1 ciudadana (EPV). Segundo predictor más importante en el modelo RF (MDI = 0,210).
Prevención	17,6 % sin ninguna medida real. Inversión reactiva (endogeneidad cámaras/robo). Variable más discriminante en el modelo RF (MDI = 0,369).
Género	Mujeres concentran >80 % de víctimas de violencia de género. “Impuesto rosa” en movilidad, horarios y operación empresarial.
BACANO Macro	Promedio Bogotá: 0,331. Máximo: Servicios/Grande (0,391), estable en el 100 % de las simulaciones Monte Carlo. Tres componentes estadísticamente independientes (VIF $\approx$ 1).
BACANO Micro	Media = 0,238; mediana = 0,211. El 10,7 % de las empresas presenta riesgo alto (>0,50). Mayor exposición poblacional: Servicios/Micro ( $n = 771$ ) y Comercio/Micro ( $n = 575$ ).
Modelo RF	AUC = 0,90 para clase Bajo. Sin acceso a datos de victimización, la ausencia de medidas y la percepción explican el 58 % de la importancia total del modelo.
Simulación	Elevar TD al 80 % reduce el BACANO en -0,064 pts. (51 % del impacto de eliminar toda la percepción negativa).

El índice BACANO consolida estas tres dimensiones en una medida accionable, verificable y reproducible que permite comparar perfiles sectoriales, monitorear cambios en el tiempo y simular el impacto de políticas públicas antes de implementarlas. La robustez del índice queda respaldada por la independencia estadística de sus componentes

(VIF  $\approx 1$ ), la estabilidad del ranking bajo perturbaciones Monte Carlo ( $\pm 20\%$  en los pesos,  $n = 10.000$  simulaciones) y la convergencia de tres esquemas de ponderación alternativos sobre el mismo perfil de máximo riesgo.

La plataforma Canopy materializa este análisis en una herramienta de consulta accesible para empresarios, funcionarios e investigadores. Su arquitectura modular permite incorporar nuevas fuentes —como registros de la Fiscalía o flujos operativos del SIEDCO en tiempo real— para evolucionar hacia un sistema de monitoreo continuo del riesgo empresarial en Bogotá D.C. La convergencia entre la jerarquía de importancias del modelo Random Forest y la estructura de ponderación del BACANO Micro refuerza además la validez de construcción del índice: las variables que el modelo identifica como más discriminantes son precisamente aquellas a las que el índice asigna mayor peso teórico.

En suma, este proyecto demuestra que es posible transformar datos de encuesta en inteligencia accionable para la seguridad empresarial, siempre que se integren simultáneamente el delito real, la subdenuncia y la percepción de riesgo, y que los resultados se pongan a disposición de los actores que tienen la capacidad de actuar sobre ellos.

## Referencias

---

- [1] Cámara de Comercio de Bogotá. (2024). *Encuesta de Clima de Negocios 2024 — Base de datos anonimizada*. CCB.
- [2] Cámara de Comercio de Bogotá. (2023). *Encuesta de Percepción y Victimización*. CCB.
- [3] Breiman, L. (2001). Random forests. *Machine Learning*, **45**(1), 5–32. <https://doi.org/10.1023/A:1010933404324>
- [4] Hastie, T., Tibshirani, R., & Friedman, J. (2009). *The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction* (2.<sup>a</sup> ed.). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-84858-7>
- [5] James, G., Witten, D., Hastie, T., & Tibshirani, R. (2021). *An Introduction to Statistical Learning: with Applications in R* (2.<sup>a</sup> ed.). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-0716-1418-1>
- [6] Géron, A. (2022). *Hands-On Machine Learning with Scikit-Learn, Keras, and TensorFlow* (3.<sup>a</sup> ed.). O'Reilly Media.
- [7] Montgomery, D. C., & Runger, G. C. (2018). *Applied Statistics and Probability for Engineers* (7.<sup>a</sup> ed.). Wiley.

- [8] Wasserman, L. (2004). *All of Statistics: A Concise Course in Statistical Inference*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-21736-9>
- [9] Agresti, A. (2018). *Statistical Methods for the Social Sciences* (5.<sup>a</sup> ed.). Pearson.