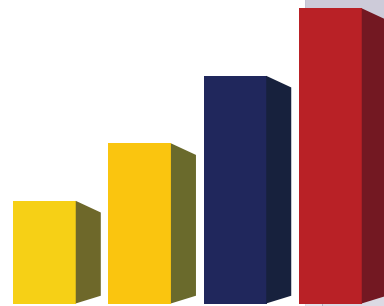


# Analítica

Cuantificación de las pérdidas inesperadas ocasionadas  
por la delincuencia en Ecuador

Quantification of losses caused by delinquency in Ecuador

Yannira Chávez, Patricia Cortez y Paúl Medina



[www.inec.gob.ec](http://www.inec.gob.ec) | [www.inec.gob.ec/analitika](http://www.inec.gob.ec/analitika)



# Cuantificación de las pérdidas inesperadas ocasionadas por la delincuencia en Ecuador

## Quantification of losses caused by delinquency in Ecuador

Yannira Chávez<sup>†</sup>, Patricia Cortez<sup>‡</sup> y Paúl Medina<sup>\*</sup>

<sup>†‡</sup> Instituto Nacional de Estadística y Censos, Quito, Ecuador

<sup>\*</sup> Escuela Politécnica del Ejército, Quito, Ecuador

<sup>†</sup>yanniris.mericita@gmail.com, <sup>‡</sup>patricia.cortez.guevara@gmail.com, <sup>\*</sup>plmedina@espe.edu.ec

**Recibido:** 10 de diciembre de 2012

**Aceptado:** 13 de abril de 2013

### Resumen

La presente investigación estudia el impacto económico un conjunto de delitos tipificados en Ecuador como: robo total de vehículo, robo accesorios de vehículo, robo de vivienda, robo a personas, estafa, intimidación o amenaza y heridas. Para cuantificar el costo económico que representa para la sociedad la actividad delictiva desarrollamos un modelo que estima las pérdidas esperadas y las inesperadas, utilizando la metodología Loss Distribution Approach (LDA). En este trabajo, empleamos los datos de la Encuesta de Victimización y Percepción de Inseguridad 2011, realizada por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), y los registros administrativos provenientes de la Dirección General de Operaciones de la Policía Nacional.

**Palabras clave:** costo, impacto económico, LDA.

### Abstract

This paper quantifies the economic cost of several crimes in Ecuador. In particular, we looked at thefts from vehicle, car accessories and homes, robbery of individual, fraud and intimidation (threat and injuries). To do so, we developed a model to estimate expected and unexpected losses, using Loss Distribution Approach (LDA) methodology. We work with data from the Survey of Victimization and Perceptions of Insecurity 2011, carried out by the *National Institute of Statistics and Censuses* (INEC, Spanish acronym) and Administrative Records from the *National Police General Direction of Operations*.

**Keywords:** cost, economic impact, Loss Distribution Approach.

**Código JEL:** C15, C63, G20.

## 1 Introducción

Durante los últimos años se ha notado un incremento en los actos delictivos, pudiendo decirse que constituyen un problema generalizado en la sociedad. Esto conlleva consecuencias físicas, psicológicas y económicas; el impacto de estas últimas es mayor en países en vías en desarrollo, como es el caso del Ecuador. Así, en 2008 según [4] el 12,70 % de personas mayores de 16 años fueron víctimas de al menos uno de los siguientes delitos: robo con fuerza,

robo sin fuerza, ataques y amenazas, es decir, más de una de cada diez personas son o han sido víctimas de ataques delictivos. Para el año 2011 asciende a 17,26 %. También se conoce que el 16,10 % de hogares han sido víctimas de al menos uno de los siguientes delitos: robo a viviendas y/o robo a automóviles, en el transcurso del año 2008, mientras que para el año 2011, se registró el 1,06 % de robo de automóviles, el 10,11 % robos de accesorios, y un 3,57 % robo a

vivienda. Basados en esta breve estadística, no es una sorpresa que los habitantes perciban la inseguridad como un mal social que afecta negativamente a su vida y, por lo tanto, demanden mayor seguridad tanto personal como para sus bienes.

Aún con la información disponible, no es posible determinar la verdadera afectación económica de los delitos. Por un lado, muchos de ellos nunca son denunciados, como confirman los siguientes datos sobre delitos no denunciados: robo con fuerza 76,60 %, robo sin fuerza 95,60 %, robo a viviendas 72,70 %, robo de automóviles 12,80 % y robo de accesorios 85,60 % [4] en el año 2008; en el año 2011, se registran los siguientes porcentajes de delitos no denunciados: robo a personas 84,3 %, robo a vivienda 75,6 %, robo de automóviles 15,5 %, robo de accesorios 81,5 %. Por otro lado, en el caso de los delitos que son denunciados, su afectación económica no necesariamente se corresponde con el valor denunciado.

Para una primera aproximación bastaría con cuantificar el valor establecido en cada uno de los delitos y calcular su media, pero se sabe que este valor no es real pues, sumado a que muchos delitos no se denuncian, está el evento de que muchos otros son de difícil cuantificación, como es el caso de una amenaza. A pesar de todos estos inconvenientes se cree que es posible llegar a estimar un posible valor de pérdida esperada e inesperada, considerando, para ello, el concepto de *Riesgo Operacional*,  $RO$ <sup>1</sup>. Cabe indicar que en el presente trabajo, como en el ámbito financiero, cuando se habla de riesgo nos referiremos a la posibilidad de pérdidas causadas por variaciones en los factores que afectan el valor de un activo. En esta investigación, en particular, se trata de evidenciar las pérdidas monetarias a las cuales estaría expuesta la sociedad ecuatoriana, cuando sus activos (vehículos, vivienda, objetos personales) son afectados por los delitos aquí considerados.

La metodología de evaluación del riesgo operacional que aquí utilizaremos será la LDA (Loss Distribution Approach). Un modelo LDA, en riesgo operacional requiere los siguientes supuestos: a) la pérdida total se define como una suma aleatoria de las distintas pérdidas y b) las pérdidas son el resultado de dos diferentes fuentes de aleatoriedad: la frecuencia y la severidad.

Por otra parte, cabe indicar que los datos de *frecuencia* fueron suministrados por los registros administrativos de la Dirección General de Operaciones de la Policía Nacional del Ecuador y los datos de *severidad* se obtuvieron a partir de la Encuesta de Victimización y Percepción de Inseguridad 2011, tomando dos fuentes de información diferentes para garantizar la independencia de la frecuencia y severidad.

El artículo se estructura de la siguiente manera. En la sección 2, se exponen los aspectos teóricos necesarios para el planteamiento del problema. En la sección 3, se presenta los datos, en la sección 4, se presentan los principales re-

sultados del estudio; en la sección 5, se presenta un análisis comparativo y finalmente, en la sección 6, se presentan las principales conclusiones.

## 2 Marco teórico

En esta sección se plantean los principales aspectos teóricos para analizar la cuantificación de las pérdidas inesperadas por la delincuencia en Ecuador.

El cubrir pérdidas económicas, es decir, medir el capital económico que suman las pérdidas para incluirlo en el balance de la institución, se ha convertido en un aspecto complejo del riesgo operativo, debe garantizarse que, en este parámetro, consten todas las fuentes de riesgo. Por tal motivo, la gestión de riesgos dentro de cualquier institución es necesaria, pues permite tener un mejor manejo y administración en la toma de decisiones en base a las expectativas futuras, pondera las posibilidades de pérdidas esperadas e inesperadas, controla la puesta en práctica de las acciones, y evaluar los resultados de las mismas de manera homogénea y ajustada según el riesgo asumido.

En finanzas, el análisis de cualquier tipo de riesgo cubre tres etapas básicas: identificación, cuantificación y gestión. En la etapa central, la modelación matemática constituye la herramienta primordial. Para el proceso de modelación y cuantificación del riesgo operacional, una de las técnicas más utilizadas es el Método de Distribución de Pérdidas Agregadas, conocido como LDA. Una explicación más detallada sobre las técnicas para la medición de  $RO$  se la puede encontrar en [5].

En la Tabla 1, se aprecia que los conceptos en los cuales se basa el método LDA son intercambiables con aquellos usados para calcular el Riesgo Operativo en una Institución Tradicional (sector financiero). Proponemos considerar al Estado, o a la sociedad ecuatoriana, como instituciones no tradicionales, en las cuales es factible aplicar el cálculo de riesgo operacional, con la técnica LDA.

Respecto del intercambio de conceptos, obsérvese que Entidad es reemplazado por Estado; Línea de Negocio, por Delincuencia; y que, en lugar de Tipo de cambio, consideraremos siete eventos de riesgo.

### 2.1 Método de distribución de pérdidas (LDA)

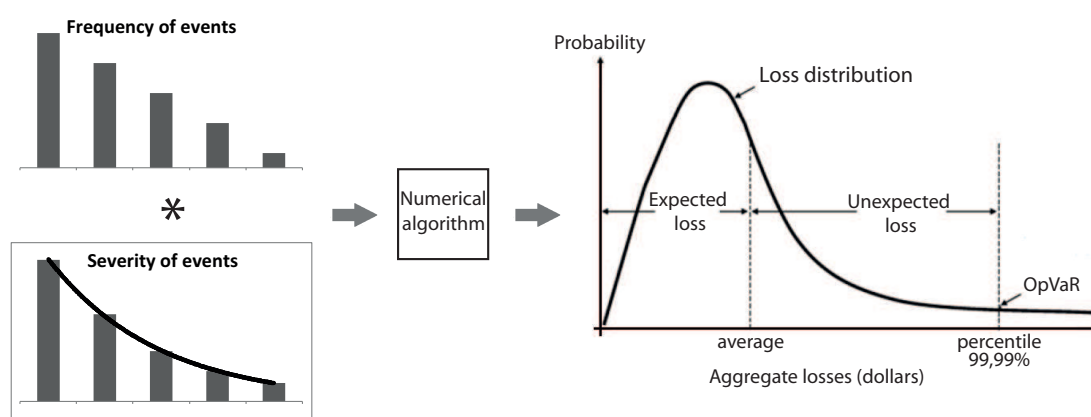
Los orígenes del LDA se ubican en las aplicaciones actuariales [2], siendo el principal objetivo proporcionar una estimación de pérdida, tanto por línea de negocio como por evento, dicha distribución de pérdida se origina por los eventos de riesgo (frecuencia y severidad) [7].

El modelo LDA proporciona estimaciones para la pérdida agregada; una vez que se cuenta con ese valor, se pasa a calcular la pérdida total. A continuación, se establecen las definiciones:

<sup>1</sup>El riesgo operacional es la posibilidad de ocurrencia de pérdidas financieras, originadas por fallas o insuficiencias en los procesos, personas, sistemas internos, tecnología, y en la posibilidad de la ocurrencia de eventos externos imprevistos.

Definición	RO – Institución Tradicional	RO – Institución no tradicional
Entidad	Banco	Estado / sociedad
Línea de Negocio	Inversiones	Delincuencia
Eventos de Riesgo	Tipo de cambio	Robo total de vehículo, robo parcial de vehículo robo de vivienda robo personas, estafa intimidación y heridas

**Tabla 1.** Conceptos para calcular Riesgo Operativo en Instituciones No Tradicionales (con técnica LDA) y en Instituciones Tradicionales. Fuente: Elaboración propia de los autores.



**Figura 1.** Modelación del LDA. Fuente: Elaboración propia de los autores

**DEFINICIÓN 1** (Pérdida total). La pérdida total es la suma aleatoria de las distintas pérdidas.

$$L = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J S_{ij}, \quad (1)$$

donde  $S_{ij}$  es la pérdida total en la celda  $i, j$  de la matriz de pérdidas<sup>2</sup>,  $I$  representa el número de eventos considerados, y  $J$  el número de líneas de negocio de la entidad. Las  $S_{ij}$  se calculan como:

$$S_{ij} = \sum_{N=1}^n X_{Nij}, \quad (2)$$

donde,  $N_{ij}$  es la variable aleatoria que representa el número de eventos de riesgo en la celda  $i, j$  (frecuencia de los eventos) y  $X_{Nij}$  es el monto de la pérdida en la celda  $i, j$  (severidad del evento). En consecuencia, las pérdidas son resultado de por lo menos dos diferentes fuentes de aleatoriedad, la frecuencia y la severidad.

Estas estimaciones surgen de combinar, mediante convolución, un proceso estocástico discreto (frecuencia) y un proceso estocástico continuo (severidad). En primer lugar se estima la distribución de frecuencias; luego, la severi-

dad. El siguiente paso es obtener la distribución de las pérdidas totales de riesgo operacional.

Para el círculo de capital regulatorio se aplica el concepto de Valor en Riesgo (VaR por sus siglas en inglés) en el contexto del riesgo operacional, se denomina Valor en Riesgo Operacional (OpVar por sus siglas en inglés).

**DEFINICIÓN 2** (Valor en Riesgo Operacional, OpVar). Este representa un percentil de la distribución de probabilidad de pérdidas por lo que es, ante todo, una medición de tipo estadístico.

$$Pr\{L > OpVar\} = p, \text{ donde } p = \text{percentil.}$$

Un esquema de esta técnica se puede ver en la Figura 1. En la Figura 1, es preciso notar que:

- La distribución de frecuencia y severidad se obtienen de la información que se usa para realizar el análisis.
- Las dos distribuciones (frecuencia y severidad) se combinan para obtener la distribución de pérdidas agregadas.
- El OpVar se obtiene tomando el percentil de la distribución de pérdida agregada en el nivel de confianza deseado. Resumiendo, el OpVar se puede interpretar como

<sup>2</sup>Es la matriz en la que se identifica las líneas de negocio con sus respectivos eventos de riesgo.

una cifra, expresada en unidades monetarias, que nos informan sobre la mínima pérdida potencial en la que podría incurrir una determinada línea de negocio, por tipología de riesgo operacional, dentro de un horizonte temporal de un año y con un nivel de confianza estadístico del 99,9%

- La *pérdida esperada* es la pérdida media que es factible y probable que ocurra en un período determinado. Es decir, las pérdidas esperadas recogerán todas aquellas mermas, previsible y habituales, intrínsecas a la actividad ordinaria de la entidad.
- La *pérdida inesperada* consisten en la diferencia entre el OpVaR y la pérdida esperada, es decir, es el monto de capital que la institución debería tener para cubrir las pérdidas no esperadas a sucesos no previstos inicialmente por la entidad que, sin embargo, pueden desencadenar situaciones funestas para la institución dada la magnitud del quebranto, de acuerdo al nivel de confianza deseado.

La distribución de las pérdidas agregadas es resultado de una composición entre la variable aleatoria discreta asociada a la frecuencia y la variable aleatoria continua asociada a la severidad de los eventos de riesgo.

**DEFINICIÓN 3** (Distribución de pérdida Agregada). . *Esta distribución constituye la media ponderada de la n-ésima convolución de la severidad, donde los pesos son las probabilidades de masa de las frecuencias. La n-ésima convolución de la severidad es la probabilidad de ocurrencia del agregado de n pérdidas individuales. Si las pérdidas agregadas para una celda específica están dadas por*

$$S = X_1 + X_2 + \dots + X_N = \sum_{i=1}^N X_i, \quad (3)$$

donde,  $N$  es la variable aleatoria de conteo del evento, y  $X_i$  es la variable aleatoria de severidad por ocurrencia del evento, donde todas las  $X_i$  se asumen independientes y con función de distribución idéntica dada por

$$F_X(x) = P(X \leq x), \quad (4)$$

entonces, la n-ésima convolución de la distribución de severidad, denotada por  $F_X^{*n}(x)$ , está dada por

$$P(X_1 + X_2 + \dots + X_n \leq x) = F * F * \dots * F = F_X^{*n}(x), \quad (5)$$

por tanto, la función de distribución de las pérdidas agregadas está dada por

$$G_S(x) = P(S \leq x) = \sum_{n=0}^{\infty} P(N = n)F_X^{*n}(x). \quad (6)$$

**OBSERVACIÓN 1.** El modelo LDA considera los siguientes supuestos dentro de cada clase de riesgo:

- a) la variable frecuencia es una variable aleatoria independiente de la variable aleatoria severidad;
- b) las observaciones de tamaño de pérdidas dentro de una misma clase son homogéneas, independientes e idénticamente distribuidas.

La suposición a) admite que la frecuencia y la severidad son dos fuentes aleatorias e independientes. La suposición b) significa que dos diferentes pérdidas dentro de la misma clase son homogéneas, independientes e idénticamente distribuidas.

En general, resulta muy complejo obtener una solución analítica de la igualdad (6), motivo por lo cual se utilizan métodos numéricos como: simulación Monte Carlo y/o el enfoque recursivo de Panjer. De igual manera, se pueden utilizar métodos analíticos aproximados como la transformada rápida de Fourier, entre otros, (véase e.g. [5]).

Se calculará la distribución de pérdidas agregadas con la simulación Monte Carlo. En el presente documento, este enfoque estima dicha distribución utilizando un número suficiente de escenarios hipotéticos a partir de las distribuciones de severidad y frecuencia, generados aleatoriamente.

## 2.2 Distribuciones de frecuencia y de severidad

La variable aleatoria *frecuencia* representa el número de eventos que producen pérdidas en un determinado intervalo de tiempo, y que sigue una distribución de probabilidad de referencia. En [5, 9], se muestra que la distribución de Poisson se ajusta a muchas situaciones reales de RO. No obstante, se recomienda considerar otras alternativas, tales como la distribución Binomial Negativa, Binomial, Geométrica e Hipergeométrica.

La variable aleatoria *severidad* representa el impacto del evento en términos de pérdidas económicas y que sigue una distribución de probabilidad de referencia. En [5, 9], se muestra que la distribución Lognormal se ajusta a muchas situaciones reales de RO; se recomienda considerar otras alternativas como la distribución Weibull, Pareto y Exponencial.

## 3 Datos

El modelo LDA se establece sobre la información de pérdidas históricas registradas en base a la matriz que conforma la línea de negocio (Delincuencia) y a los tipos de riesgo (Delitos). Los datos para trabajar provienen de distintas fuentes de información, ya que se debe satisfacer el supuesto de que la frecuencia y la severidad provienen de dos fuentes independientes de aleatoriedad. La primera es la Encuesta de Victimización y Percepción de Inseguridad

2011; la segunda, son los registros administrativos provenientes de la Dirección General de Operaciones de la Policía Nacional del Ecuador. A partir de la primera fuente, se estimaron los valores de severidad como el valor promedio del perjuicio económico declarado por los encuestados en los correspondientes delitos; con la segunda, es decir, los registros administrativos, se estimaron los valores de frecuencia, se obtuvieron los datos a nivel anual que se muestran en la Tabla 2.

Riesgos	Frecuencia	Severidad
Robo total de vehículo	5 908	\$ 4 825,19
Robo de accesorios de vehículo	5 782	\$ 579,74
Robo de vivienda	13 482	\$ 1 380,77
Robo a personas	21 107	\$ 369,29
Estafa/fraude	10 565	\$ 1 430,75
Intimidación/amenaza	11 331	\$ 443,46
Heridas/lesiones	6 684	\$ 128,65
<b>Total</b>	<b>74 859</b>	<b>\$ 9 157,85</b>

Tabla 2. Datos estimados de frecuencia y severidad obtenidos a partir de la Encuesta de Victimización y de los Registros Administrativos. Fuente: Elaboración propia de los autores.

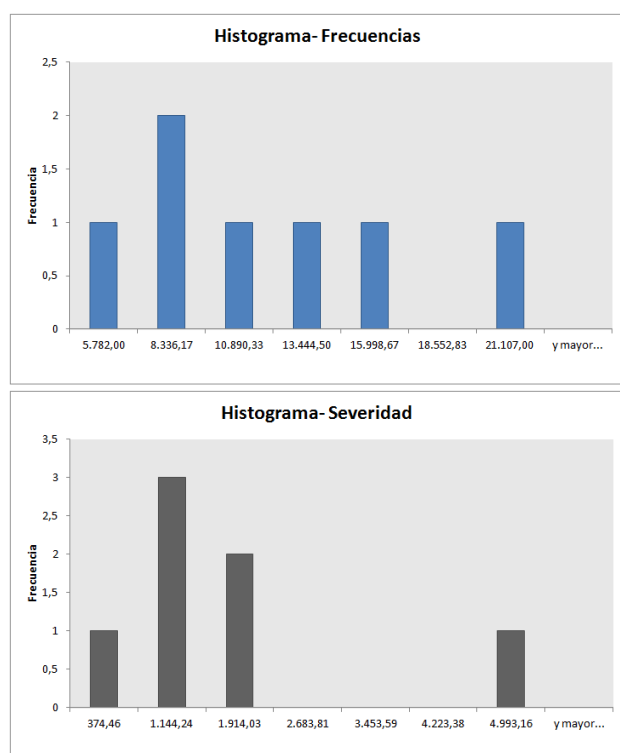


Figura 2. Histogramas de frecuencia y severidad de los delitos. Fuente: Elaboración propia de los autores

En la Tabla 2 se puede observar que la mayor concentración de eventos de riesgo, es decir, mayor frecuencia, es

el robo a personas. El que demuestra mayor severidad, o pérdida económica, es el robo total de vehículo.

En el análisis exploratorio de los datos se puede notar una característica particular sobre la frecuencia de los delitos, mostrando una forma plana de la distribución con un pico; indicando que existe variedad de delitos con una cantidad que suele ser más frecuente sobre los delitos de menor frecuencia (ver Figura 2 arriba). Respecto de la severidad, se puede notar que los delitos con valores bajos presentan mayores severidades que los delitos con valores altos (ver Figura 2 abajo).

Cabe notar, que la información disponible es una limitante en la aplicación de la metodología; técnicamente, resulta complejo encontrar la distribución teórica a la cual se ajustarían los datos observados puesto que, con escasa información los test estadísticos son sensibles, y no cumplen los supuestos establecidos.

#### 4 Estimación de la pérdida por delincuencia

En esta sección se utiliza la metodología y datos descritos anteriormente, se presenta un escenario de la estimación de pérdidas que la delincuencia puede ocasionar en el Ecuador.

Por tanto, desde un punto vista netamente teórico, para estimar estas pérdidas necesitaríamos conocer de manera exacta la función de distribución teórica, discreta o continua, a la cual se pertenecen los valores observados de frecuencia y de severidad, respectivamente. Sin embargo, puesto que la cantidad de datos disponibles para el estudio no permite realizar una inferencia a través de alguna prueba estadística paramétrica o no paramétrica lo suficientemente robusta, no es posible determinar la función de distribución a la cual se ajustarían aquellos datos; por tanto, basados en las recomendaciones de [5, 9], que establecen a Poisson y Binomial Negativa como funciones de distribución típica para la frecuencia, y a Lognormal y Weibull para la severidad, simularemos los cuatro a) Binomial Negativa – Lognormal, b) Binomial Negativa – Weibull, c) Poisson – Lognormal y b) Poisson – Weibull.

Una vez seleccionadas las funciones de distribución a utilizar, se procede a estimar la distribución de pérdidas agregadas (FDP), considerando que

$$FDP = Frecuencia * Severidad.$$

Para realizar esta estimación, se utilizará la metodología de simulación Monte Carlo<sup>3</sup>. Los resultados obtenidos, considerando las combinaciones citadas, se muestran en la Tabla 3; se realizaron 200000 simulaciones para cada escenario, pues con este número de simulaciones los valores obtenidos tienden a estabilizarse.

<sup>3</sup>El método de Monte Carlo tiene un error absoluto que decrece como  $\frac{1}{\sqrt{N}}$ , donde  $N \in \mathbb{N}$  es el número de simulaciones a realizar.

Escenarios	Percentil	OpVar	Pérdida Esperada	Pérdida Inesperada
<b>Binomial Negativa y Lognormal</b>	99,90 %	99.968.501.248,68	14.148.719,25	85.819.782,00
	99,00 %	65.476.646.625,25	14.148.719,25	51.327.927,37
	95,00 %	44.355.692.603,31	14.148.719,25	30.206.973,35
	90,00 %	31.563.670.331,79	14.148.719,25	17.414.951,08
<b>Binomial Negativa y Weibull</b>	99,99 %	57.847.808.660,81	13.956.203,02	43.891.605,64
	99,90 %	48.987.077.790,29	13.956.203,02	35.030.874,77
	99,00 %	37.538.486.194,58	13.956.203,02	23.582.283,18
	95,00 %	28.886.900.237,94	13.956.203,02	14.930.697,22
	90,00 %	24.716.681.582,94	13.956.203,02	10.760.478,57
<b>Poisson y Lognormal</b>	99,99 %	93.837.004.281,05	14.150.619,45	79.686.384,83
	99,90 %	61.191.483.458,44	14.150.619,45	47.040.864,01
	99,00 %	39.588.339.684,91	14.150.619,45	25.437.720,24
	95,00 %	28.380.703.759,06	14.150.619,45	14.230.084,31
	90,00 %	23.877.189.441,62	14.150.619,45	9.726.569,99
<b>Poisson y Weibull</b>	99,99 %	46.566.398.141,28	13.957.344,18	32.609.053,96
	99,90 %	38.996.948.828,22	13.957.344,18	25.039.604,65
	99,00 %	31.291.892.402,49	13.957.344,18	17.334.548,22
	95,00 %	25.220.921.006,31	13.957.344,18	11.263.576,83
	90,00 %	22.230.342.740,71	13.957.344,18	8.272.998,56

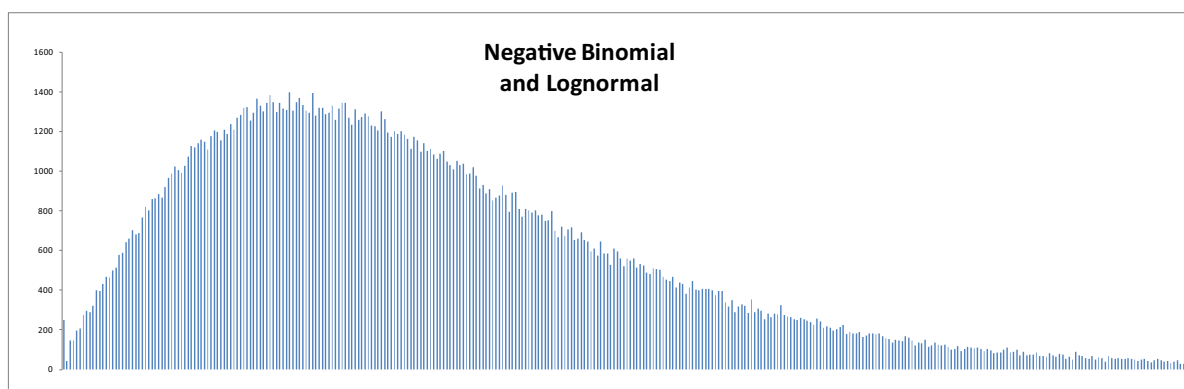
**Tabla 3.** Estimación de las pérdidas esperadas e inesperadas, considerando los escenarios para los datos de frecuencia y severidad, respectivamente. Fuente: Elaboración propia de los autores.

En la Tabla 3 se pueden observar las pérdidas inesperadas a diferentes percentiles de cada uno de los escenarios considerados, notando que el cambio de las pérdidas inesperadas es sensible al cambio del percentil. Además, se puede establecer un intervalo de las pérdidas por cada

nivel de percentil, el cual viene dado por las simulaciones Binomial Negativa - Lognormal y Poisson-Weibull.

A continuación, se presenta la distribución total de pérdidas agregadas de los escenarios considerados.

### 1. Binomial Negativa y Lognormal



**Figura 3.** Distribución total de pérdidas agregadas. Fuente: Elaboración propia de los autores.



## 2. Binomial Negativa y Weibull

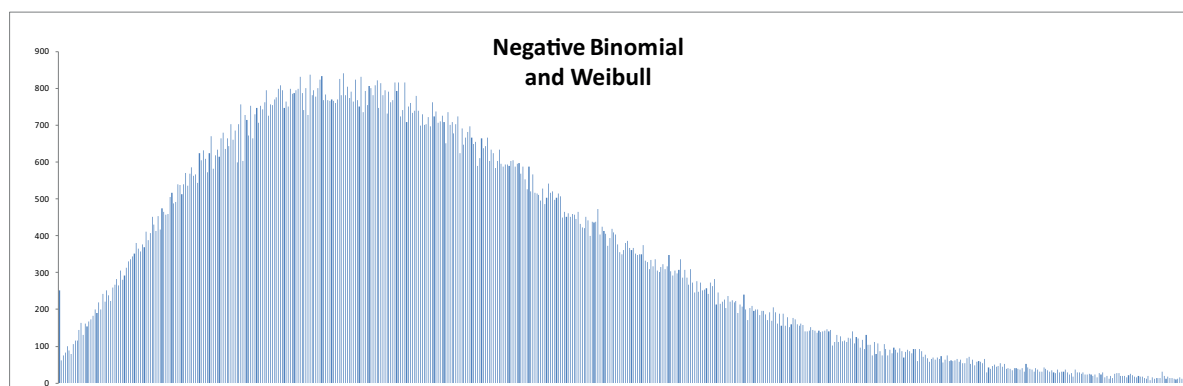


Figura 4. Distribución total de pérdidas agregadas. Fuente: Elaboración propia de los autores.

## 3. Poisson y Lognormal

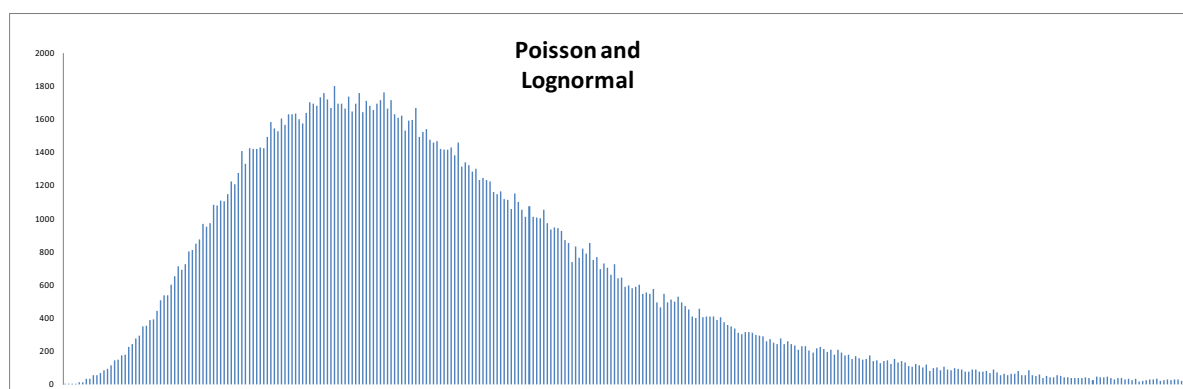


Figura 5. Distribución total de pérdidas agregadas. Fuente: Elaboración propia de los autores.

## 4. Poisson y Weibull

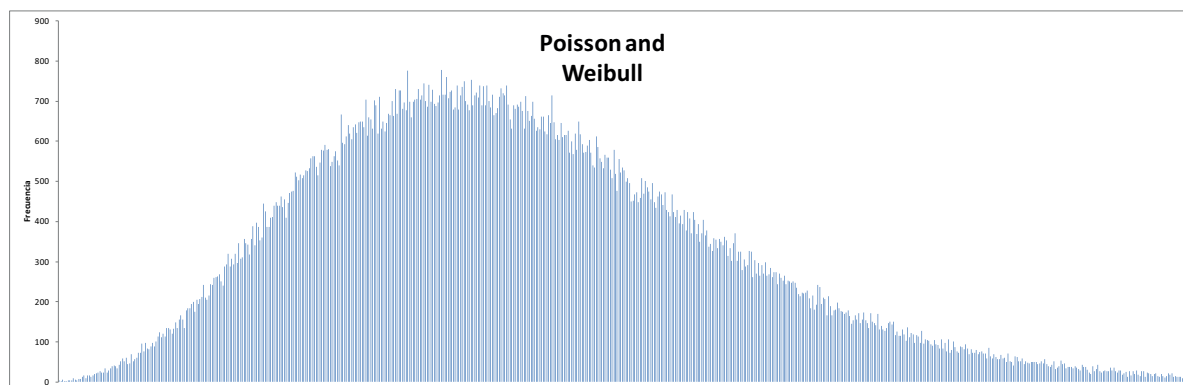


Figura 6. Distribución total de pérdidas agregadas. Fuente: Elaboración propia de los autores.

## 5 Análisis de resultados

Mediante la estimación de la pérdida por delincuencia en Ecuador, es posible realizar un análisis que permita determinar la sensibilidad de este parámetro al variar la cantidad delictiva; asimismo, es posible también conocer el valor de la pérdida a nivel nacional.

### 5.1 Análisis de sensibilidad

En esta sección, se realiza un análisis que permite saber, a partir de los resultados obtenidos, en qué porcentaje disminuiría la pérdida al realizar una reducción homogénea en los delitos.

En este sentido, se realiza una disminución consecutiva entera considerando el rango [1, 10], en todos los delitos (frecuencia) analizados, con objeto de conocer la sensibilidad<sup>4</sup> y variabilidad<sup>5</sup> que tiene la pérdida ocasionada por la delincuencia.

En referencia al análisis de sensibilidad, en la Tabla 4 y en las Figuras 7, 8, 9 y 10 se muestran los cambios en las pérdidas esperadas que existen tanto de la pérdida esperada como de la pérdida inesperada a diferentes percentiles.

Por un lado, la pérdida esperada en los cuatro escenarios probados se puede notar que la relación que existe

es directamente proporcional y se ve afectada en la misma proporción, es decir que, si se disminuyen a los delitos en 1% la pérdida esperada disminuirá en 1% aproximadamente. Sin embargo, esto ocurre hasta cuando se realiza una afectación del 9%; con una reducción mayor a ésta, se puede observar que la pérdida esperada disminuye, pero en menor proporción, lo cual no es factible.

Por otro lado, no se estabiliza la pérdida inesperada en los cuatro escenarios analizados en los percentiles 99,99%, 99,00% y 95,00% al realizar las reducciones en los delitos; es decir que, si se afecta a los delitos en una proporción X la cola de la distribución de pérdidas agregadas (Ver definición 3) genera ruido afectando a los resultados. Es por esto, que al trabajar con un percentil de 90,00% ya no existe este efecto, y los resultados se estabilizan hasta realizar una afectación del 9%, de igual manera que en la pérdida esperada al realizar un cambio mayor a este los resultados no son factibles.

En resumen, la metodología aplicada para estimar las pérdidas ocasionadas por la delincuencia en el país permite ver los efectos que existirían con una reducción de la frecuencia de los delitos en un valor máximo del 9%; y también permite dar los resultados de la estimación a un nivel de confianza del 90%.

Escenarios	Percentil	Diferencia porcentual con respecto al original									
		1%	2%	3%	4%	5%	6%	7%	8%	9%	10%
Binomial Negativa - Lognormal	P.E.	-1,123 %	-1,688 %	-3,272 %	-4,033 %	-5,083 %	-6,270 %	-7,087 %	-8,057 %	-9,007 %	-10,787 %
	99,99%	-2,465 %	3,328 %	-4,778 %	-5,662 %	-7,084 %	-1,617 %	3,023 %	-8,723 %	-10,739 %	-10,882 %
	99,90%	0,048 %	1,924 %	-0,083 %	-1,732 %	-2,202 %	-4,175 %	-1,682 %	-4,978 %	-5,502 %	-1,053 %
	99,00%	-1,288 %	-1,422 %	-2,405 %	-2,382 %	-3,674 %	-5,695 %	-5,310 %	-6,352 %	-5,501 %	2,045 %
	95,00%	-0,649 %	-1,313 %	-2,271 %	-2,318 %	-3,430 %	-4,815 %	-5,699 %	-6,081 %	-6,528 %	1,264 %
90,00%	-0,495 %	-1,126 %	-2,201 %	-2,528 %	-3,753 %	-4,920 %	-5,572 %	-6,378 %	-7,316 %	0,933 %	
Binomial Negativa - Weibull	P.E.	-1,232 %	-1,953 %	-3,229 %	-3,937 %	-5,201 %	-6,018 %	-7,208 %	-8,050 %	-9,139 %	-1,083 %
	99,99%	-1,076 %	1,323 %	-1,302 %	3,329 %	4,283 %	-2,526 %	-5,652 %	-6,258 %	-3,975 %	5,134 %
	99,90%	-2,014 %	-0,688 %	-3,783 %	-2,907 %	-3,614 %	-5,287 %	-6,116 %	-7,057 %	-5,406 %	-1,069 %
	99,00%	-1,237 %	-0,907 %	-2,228 %	-3,351 %	-3,483 %	-4,887 %	-5,250 %	-6,616 %	-6,832 %	1,092 %
	95,00%	-1,246 %	-1,964 %	-2,713 %	-3,559 %	-4,280 %	-5,230 %	-5,990 %	-6,407 %	-7,006 %	0,878 %
90,00%	-0,801 %	-1,715 %	-2,929 %	-3,480 %	-4,433 %	-4,845 %	-6,120 %	-6,271 %	-7,218 %	1,069 %	
Poisson - Lognormal	P.E.	-1,020 %	-2,129 %	-2,971 %	-4,200 %	-5,324 %	-6,267 %	-7,193 %	-8,295 %	-8,861 %	-1,195 %
	99,99%	7,992 %	-11,764 %	2,191 %	-8,548 %	-2,667 %	-1,660 %	6,094 %	-7,004 %	8,220 %	-5,623 %
	99,90%	-0,389 %	-4,199 %	-3,517 %	-2,562 %	-4,286 %	-5,896 %	-6,015 %	-8,467 %	-2,922 %	-1,940 %
	99,00%	-0,539 %	-1,910 %	-1,341 %	-2,051 %	-3,072 %	-3,661 %	-4,176 %	-4,398 %	-3,554 %	-0,248 %
	95,00%	-0,967 %	-1,746 %	-1,189 %	-2,557 %	-3,297 %	-3,162 %	-4,226 %	-4,314 %	-3,691 %	-1,161 %
90,00%	-0,708 %	-1,194 %	-1,213 %	-2,736 %	-3,144 %	-3,624 %	-4,125 %	-4,275 %	-4,806 %	-0,546 %	
Poisson - Weibull	P.E.	-1,203 %	-2,019 %	-3,196 %	-4,205 %	-5,095 %	-6,172 %	-7,242 %	-7,986 %	-9,136 %	-0,847 %
	99,99%	0,053 %	-1,215 %	-5,562 %	-2,989 %	-4,616 %	-4,949 %	-5,918 %	-4,232 %	-3,385 %	-5,408 %
	99,90%	-0,640 %	2,079 %	-1,763 %	-1,818 %	-0,213 %	-3,185 %	-2,551 %	-4,534 %	-4,573 %	-1,447 %
	99,00%	-0,275 %	0,104 %	-1,613 %	-1,801 %	-1,748 %	-2,783 %	-2,833 %	-3,523 %	-3,615 %	-0,472 %
	95,00%	-0,681 %	-0,541 %	-1,498 %	-2,073 %	-2,394 %	-3,072 %	-3,062 %	-3,818 %	-4,288 %	-0,835 %
90,00%	-0,451 %	-0,706 %	-1,274 %	-1,995 %	-2,363 %	-2,636 %	-3,314 %	-3,920 %	-4,213 %	-0,243 %	

Tabla 4. Diferencia porcentual de las variaciones realizadas con respecto al original. Fuente: Elaboración propia de los autores.

<sup>4</sup>Se refiere hasta que punto se puede afectar los delitos.

<sup>5</sup>Se refiere en que porcentaje cambia al variar los delitos.

A continuación, se presenta la afectación por pérdidas inesperadas, a diferentes percentiles.

En la Figura 7 se puede observar claramente que a un percentil de 99,99% existen picos y no se presenta un comportamiento homogéneo al realizar las variaciones; por ejemplo, si la frecuencia de los delitos disminuye en 2% la pérdida inesperada aumenta.

En la Figura 8 se puede observar claramente que a un percentil de 99,99% existen picos y no se presenta un comportamiento homogéneo al realizar las variaciones; por ejemplo, si la frecuencia de los delitos disminuye en 5% la pérdida inesperada aumenta.

En la Figura 9 se puede observar claramente que a un

percentil de 99,99% existen picos y no se presenta un comportamiento homogéneo al realizar las variaciones; por ejemplo, si la frecuencia de los delitos disminuye en 3% la pérdida inesperada aumenta.

En la Figura 10 se puede observar claramente que a un percentil de 99,99% existen picos y no se presenta un comportamiento homogéneo al realizar las variaciones; por ejemplo, si la frecuencia de los delitos disminuye en 4% la pérdida inesperada aumenta.

En referencia al análisis de variación, se muestra en la Tabla 5 en términos monetarios cuál es la variación de la pérdidas esperada e inesperada al realizar una variación en la frecuencia de los delitos de hasta el 9%.

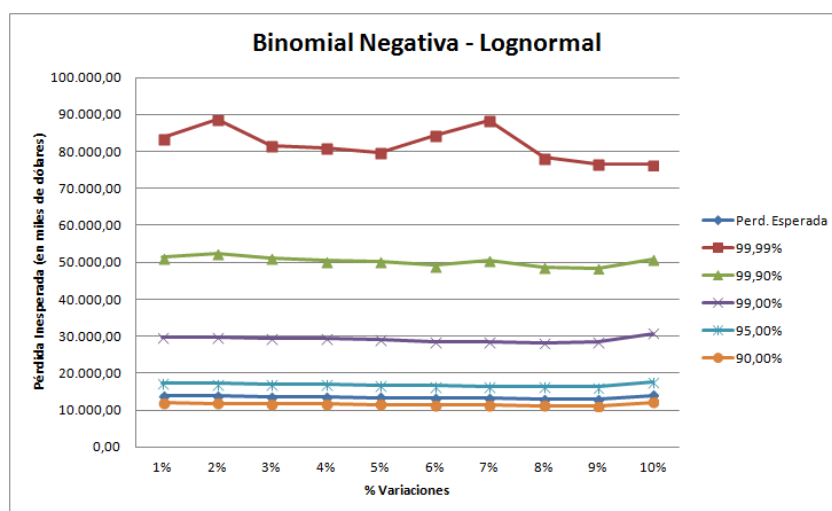


Figura 7. Variaciones por frecuencia a diferentes percentiles. Fuente: Elaboración propia de los autores

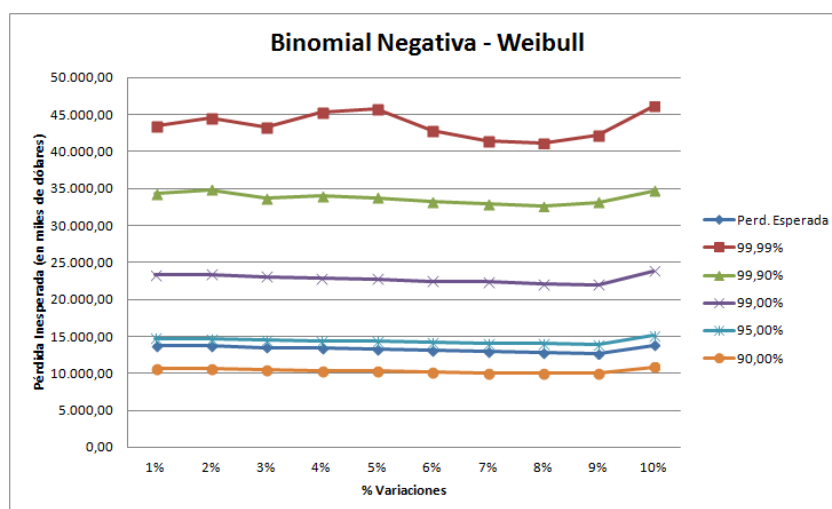


Figura 8. Variaciones por frecuencia a diferentes percentiles.. Fuente: Elaboración propia de los autores

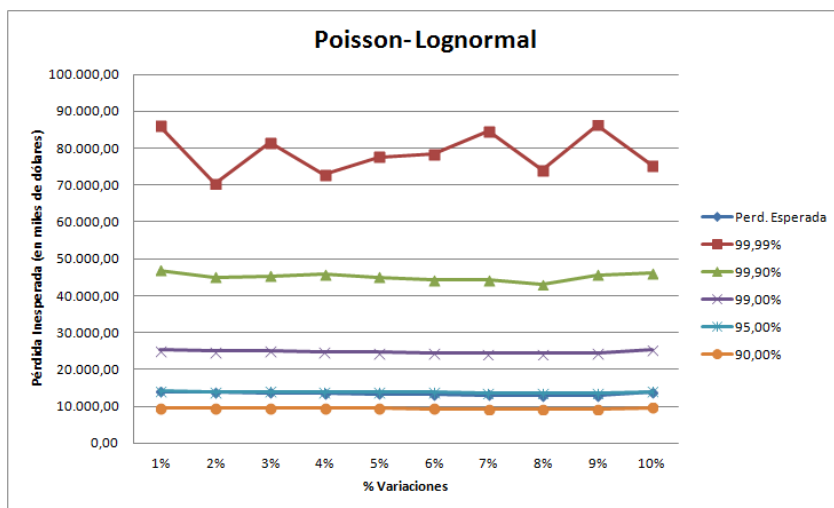


Figura 9. Variaciones por frecuencia a diferentes percentiles. Fuente: Elaboración propia de los autores

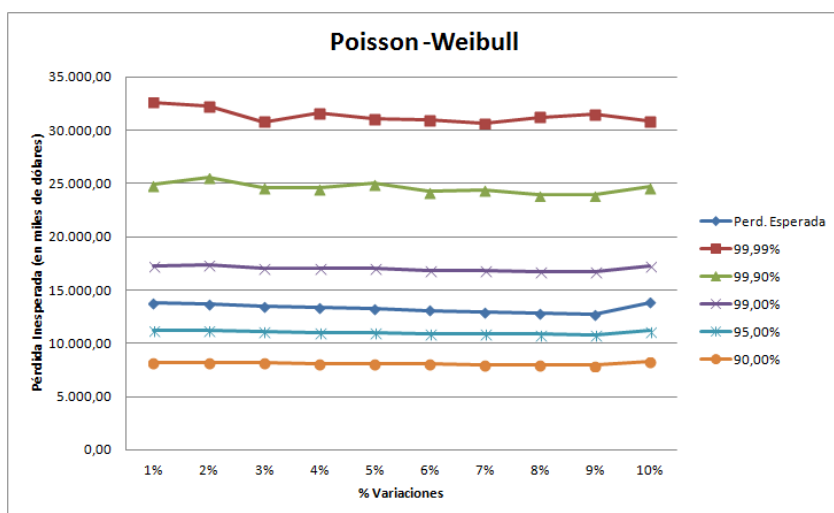


Figura 10. Variaciones por frecuencia a diferentes percentiles. Fuente: Elaboración propia de los autores

Escenarios	Percentil	Original	Variaciones en miles de dólares								
			1 %	2 %	3 %	4 %	5 %	6 %	7 %	8 %	9 %
Binomial Negativa - Lognormal	PE.	14.148,72	13.989,83	13.909,94	13.685,74	13.578,11	13.429,54	13.261,62	13.145,99	13.008,76	12.874,35
	99,99 %	85.819,78	83.704,07	88.675,99	81.719,33	80.960,68	79.740,42	84.431,81	88.414,38	78.333,35	76.603,97
	99,90 %	51.327,93	51.352,61	52.315,67	51.285,14	50.438,80	50.197,50	49.185,12	50.464,39	48.772,70	48.503,75
	99,00 %	30.206,97	29.817,96	29.777,53	29.480,51	29.487,52	29.097,21	28.486,58	28.603,00	28.288,30	28.545,25
	95,00 %	17.414,95	17.301,88	17.186,27	17.019,54	17.011,24	16.817,60	16.576,35	16.422,42	16.356,01	16.278,02
	90,00 %	12.010,04	11.950,64	11.874,75	11.745,67	11.706,42	11.559,25	11.419,20	11.340,80	11.244,07	11.131,34
Binomial Negativa - Weibull	PE.	13.956,20	13.784,29	13.683,59	13.505,57	13.406,69	13.230,33	13.116,31	12.950,18	12.832,71	12.680,78
	99,99 %	43.891,61	43.419,47	44.472,37	43.319,93	45.352,87	45.771,47	42.783,10	41.410,75	41.144,66	42.147,09
	99,90 %	35.030,87	34.325,36	34.789,92	33.705,68	34.012,70	33.764,72	33.178,85	32.888,54	32.558,59	33.137,13
	99,00 %	23.582,28	23.290,68	23.368,43	23.056,95	22.792,08	22.760,98	22.429,87	22.344,18	22.022,12	21.971,17
	95,00 %	14.930,70	14.744,63	14.637,42	14.525,70	14.399,31	14.291,64	14.149,86	14.036,34	13.974,10	13.884,66
	90,00 %	10.760,48	10.674,30	10.575,99	10.445,30	10.386,01	10.283,46	10.239,13	10.101,89	10.085,69	9.983,82
Poisson - Lognormal	PE.	14.150,62	14.006,35	13.849,39	13.730,27	13.556,27	13.397,25	13.263,80	13.132,74	12.976,78	12.896,73
	99,99 %	79.686,38	86.055,04	70.312,18	81.432,13	72.874,45	77.560,76	78.363,29	84.542,12	74.105,15	86.237,00
	99,90 %	47.040,86	46.857,82	45.065,45	45.386,64	45.835,58	45.024,83	44.267,31	44.211,34	43.057,72	45.666,32
	99,00 %	25.437,72	25.300,50	24.951,78	25.096,71	24.915,96	24.656,31	24.506,38	24.375,53	24.318,98	24.533,72
	95,00 %	14.230,08	14.092,48	13.981,65	14.060,96	13.866,25	13.760,86	13.780,18	13.628,74	13.616,20	13.704,92
	90,00 %	9.726,57	9.657,73	9.610,47	9.608,61	9.460,50	9.420,77	9.374,13	9.325,35	9.310,80	9.259,13
Poisson - Weibull	PE.	13.957,34	13.789,50	13.675,50	13.511,27	13.370,37	13.246,26	13.095,89	12.946,59	12.842,64	12.682,22
	99,99 %	32.609,05	32.626,42	32.212,82	30.795,47	31.634,26	31.103,81	30.995,23	30.679,21	31.229,04	31.505,40
	99,90 %	25.039,60	24.879,26	25.560,07	24.598,24	24.584,45	24.986,15	24.242,08	24.400,88	23.904,42	23.894,65
	99,00 %	17.334,55	17.286,83	17.352,62	17.054,88	17.022,31	17.031,62	16.852,10	16.843,37	16.723,77	16.707,92
	95,00 %	11.263,58	11.186,85	11.202,60	11.094,89	11.030,13	10.993,93	10.917,59	10.918,70	10.833,57	10.780,58
	90,00 %	8.273,00	8.235,65	8.214,59	8.167,56	8.107,93	8.077,53	8.054,90	7.998,82	7.948,66	7.924,50

**Tabla 5.** Estimación de las pérdidas esperadas e inesperadas (en miles de dólares) al realizar variaciones en la frecuencia de los delitos. Fuente: Elaboración propia de los autores.

En la Tabla 5, considerando el percentil 90,00 %, se puede observar en los escenarios que al reducir un 9 % , en la frecuencia de los delitos, la pérdida inesperada se ve afectada de la siguiente manera:

- Binomial Negativa - Lognormal: la pérdida inesperada pasa de 12,01 millones a 11,13 millones.
- Binomial Negativa - Weibull: la pérdida inesperada pasa de 10,76 millones a 9,98 millones.
- Poisson - Lognormal: la pérdida inesperada pasa de 9,72 millones a 9,25 millones.
- Poisson - Weibull: la pérdida inesperada pasa de 8,27 millones a 7,92 millones.

Además, se puede notar que el nivel de precisión aumenta al bajar el nivel de confianza; el intervalo está dado entre Binomial Negativa-Lognormal y Poisson -Weibull.

## 5.2 Comparación de nivel de pérdidas

Desagregación	PEA
Nacional	6.581.621
Quito	756.923
Guayaquil	1.191.204
Cuenca	199.989
Machala	121.464
Ambato	106.648

**Tabla 6.** Población Económicamente Activa a partir de los 15 años, a nivel nacional y en las 5 principales ciudades, en 2011. Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Censos.

Con la finalidad de saber cuánto representaría la pérdida inesperada por persona económicamente activa, se realiza una comparación entre la pérdida inesperada estimada y la Población Económicamente Activa (PEA) del año 2011.

De la Tabla 6, se toma el valor de la Población Económicamente Activa a nivel nacional para el año 2011, y se realiza lo siguiente:

$$AE = \frac{PI}{PEA} \quad (7)$$

donde, *AE* corresponde a la afectación económica por persona económicamente activa, *PI* es la pérdida inesperada ocasionada por la delincuencia, *PEA* es la Población Económicamente Activa. De esta manera, se obtiene una estimación de la pérdida anual a nivel nacional por persona económicamente activa, siendo:

Escenarios	Percentil	
	90 %	99,99 %
Escenario 1	\$1,825	\$13,039
Escenario 2	\$1,635	\$6,669
Escenario 3	\$1,478	\$12,107
Escenario 4	\$1,257	\$4,955

**Tabla 7.** Afectación Económica en 4 escenarios. Fuente: Elaboración propia de los autores.

Escenario 1: Binomial Negativa -Lognormal. Escenario 2: Binomial Negativa- Weibull. Escenario 3: Poisson-Lognormal. Escenario 4: Poisson-Weibull.

En la Tabla 7, se puede observar que a un nivel de confianza del 90 % se tiene una pérdida entre \$1,25 a \$1,82 por

persona económicamente activa a nivel nacional. Si el valor obtenido por persona, se lo traslada a nivel de las cinco ciudades principales se obtienen los siguientes resultados, a un nivel de confianza del 90 % y tomando en cuenta los cuatro escenarios.

En la tabla 8 se puede ver que en la ciudad de Guayaquil se presentaría la mayor pérdida encontrándose en un intervalo de 1,4 millones a 2,2 millones de dólares, le sigue la ciudad de Quito, cuyas pérdidas se encuentran en un intervalo de 951 mil a 1,3 millones de dólares.

Ciudades	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	Escenario 4
Quito	\$ 1.381.220,52	\$ 1.237.514,03	\$ 1.118.608,88	\$ 951.440,19
Guayaquil	\$ 2.173.690,72	\$ 1.947.533,15	\$ 1.760.406,61	\$ 1.497.325,50
Cuenca	\$ 364.936,48	\$ 326.967,35	\$ 295.551,06	\$ 251.382,91
Machala	\$ 221.644,72	\$ 198.584,12	\$ 179.503,38	\$ 152.677,79
Ambato	\$ 194.608,72	\$ 174.361,02	\$ 157.607,73	\$ 134.054,30

**Tabla 8.** Afectación económica en las cinco principales ciudades del Ecuador, considerando los cuatro escenarios. Fuente: Elaboración propia de los autores.

## 6 Conclusiones

Para estimar las pérdidas causadas por un conjunto de delitos en Ecuador, se ha utilizado un modelo de valoración de pérdidas generalmente aplicado en estudios actuariales en valoración de riesgo operativo. Se han obtenido diferentes niveles de pérdida, esperada e inesperada, considerando distintos percentiles para cada uno de los cuatro escenarios presentados.

Tomando casi la totalidad de la distribución de pérdidas, es decir, el percentil 99,99 %, se puede llegar a establecer un intervalo de pérdidas causadas por los delitos considerados. El intervalo se establecería entre los \$33 y \$86 millones, aproximadamente. Estos valores vendrían dados por los resultados de las simulaciones Poisson – Weibull y Binomial Negativa – Lognormal, respectivamente.

Es posible observar la diferencia sustancial que se establece entre los valores de pérdida al cambiar el nivel del percentil que se considera para establecer éstas. Así, si se toma el percentil de 99,00 %, el intervalo de pérdidas que se puede establecer sería de \$17 y \$33 millones, aproximadamente.

Se ha establecido que la metodología permite ver cambios en la estimación de la pérdida a un nivel de confianza del 90 % y realizando reducciones de hasta el 9 %.

Se ha determinado que al considerar que las personas económicamente sufran al menos uno de los delitos estudiados se tendría un valor aproximado de pérdida entre 1,25 y 1,85 dólares anuales.

Finalmente, es preciso notar que, al realizar mayores cambios en la reducción de la frecuencia de los delitos, los resultados no son estables; esto puede deberse a la limitación de los datos usados.

## Referencias

[1] Aue, F. y Kalkbrener, M. (2006). *LDA at work: Deutsche Bank's approach to quantifying operational risk*, Journal of

Operational Risk, 1, 88-129.

- [2] Bühlmann, H. (1970). *Mathematical Methods in Risk Theory*, Springer-Verlag, Heidelberg, 45-93.
- [3] Cajas J. (2011). *Modelos de enfoque de Medición Avanzado de Riesgo Operativo (EMA)*, Contribuciones a la Economía, Grupo Eumed.net, Universidad de Málaga.
- [4] Capa, H. y Gallardo C. (2008). *Encuesta de Victimización y Percepción*, 1-109.
- [5] Cruz, M. (2002). *Modeling, measuring and hedging operational risk*, New York: John Wiley & Sons.
- [6] Franco, L. y Murillo, J. (2008). *Loss Distribution Approach (LDA): Metodología actuarial aplicada al riesgo operacional*, Revista Ingenierías Universidad de Medellín, 7, 143-156.
- [7] Murillo, J. (2009). *Cuantificación de las pérdidas económicas por riesgo operacional asociadas a eventos extremos*, Universidad Nacional de Colombia, 2-63.
- [8] Nieto, M. (2004). *The modelling of Operational Risk: Experience with the Analysis of the Data Collected by the Basel Committee*, Documento de trabajo, Banco de Italia.
- [9] Shevchenko, P. y Wéthrich, M. (2006). *The structural modeling of operational risk via Bayesian inference: combining loss data with expert opinions*, Journal of Operational Risk, 1, 3-26.
- [10] Claramunt, M. Boj, E. Costa, T. y Mármol, T. (2012). *Sistemas Informáticos aplicados a la matemática actuarial no vida una propuesta con R*, Revista Electrónica de Comunicaciones y Trabajos de ASEPUMA, 13, 1-26.