

# Estudio de los infractores de tránsito en cruces semaforizados en la ciudad de Loja (Ecuador) y su relación con los siniestros viales



Emily Priscila Durán Aguilar

Universidad Técnica Particular de Loja, Facultad de Ciencias Exactas Naturales. Loja, Ecuador.  
ORCID: 0000-0002-5231-7398

Juan Diego Febres

Universidad Técnica Particular de Loja, Departamento de Producción. Loja, Ecuador.  
ORCID: 0000-0001-6718-5853

Yasmany García Ramírez

Universidad Técnica Particular de Loja, Departamento de Ingeniería Civil. Loja, Ecuador.  
ORCID: 0000-0002-0250-5155

Santiago Ochoa Moreno

Universidad 15 Técnica Particular de Loja, Departamento de Economía. Loja, Ecuador.  
ORCID: 0000-0001-7294-8915

Recibido: 18/1/2023. Aceptado: 10/8/2023.

## Resumen

Las infracciones de tránsito son un problema recurrente a nivel mundial, sobre todo en cruces semaforizados, debido a que son infraestructuras que gestionan grandes flujos vehiculares, favoreciendo la posibilidad de que ocurran siniestros viales. Debido a esta importancia, este estudio tiene por objetivo determinar la frecuencia y las causas por las que los conductores cruzan el semáforo en color rojo y amarillo (infracciones de tránsito) y la relación con la generación de siniestros viales a través del modelo "Probit". Para ello, se recolectaron 623 encuestas en una ciudad al sur de Ecuador. Como resultado, se definieron los efectos marginales de la regresión probit al cometer una infracción cuando la luz del semáforo es roja y amarilla, en comparación con la probabilidad de sufrir un siniestro vial. Además, se determinó que las causas con mayor riesgo de siniestralidad son estar apurados y la congestión vehicular.

**PALABRAS CLAVE:** INFRACCIONES DE TRÁNSITO. CRUCES SEMAFORIZADOS. SINIESTROS VIALES. MODELO PROBIT.

## Study of traffic offenders at signalized crossings in the city of Loja, Ecuador and their relationship with road accidents

### Abstract

Traffic violations are a recurring problem worldwide, especially at traffic light crossings, because they are infrastructures that manage large vehicular flows, favoring the possibility of road accidents. Due to this importance, this study aims to determine

Estudio de los infractores de tránsito en...

E. P. DURÁN AGUILAR, J. D. FEBRES, Y. GARCÍA RAMÍREZ Y S. OCHOA MORENO

the frequency and the reasons why drivers cross the traffic light in red and yellow (traffic violations) and the relationship with the generation of road accidents through the "Probit" model, for this, 623 surveys were collected in a city south of Ecuador. As a result, the marginal effects of the probit regression were defined when committing an infraction when the traffic light is red and yellow vs. the probability of suffering a road accident. In addition, it was determined that the causes with the highest risk of accidents are being in a hurry and traffic congestion.

**KEY WORDS:** TRAFFIC VIOLATIONS. SIGNALIZED CROSSINGS. TRAFFIC ACCIDENTS. PROBIT MODELS.

## Introducción

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (2021), anualmente mueren aproximadamente 1,3 millones de personas como consecuencia de los accidentes de tráfico, y entre 20 y 50 millones padecen lesiones temporales o permanentes. Además, la OMS determinó que estos son los causantes del 93% de las pérdidas mortales a nivel global en los países con ingresos bajos y medios. Cada siniestro le cuesta a la mayoría de países el 3% de su PIB, motivo por el cual en la actualidad los accidentes de tráfico constituyen un problema para la salud pública y el desarrollo económico (2021).

Según la Organización Mundial de la Salud (2017), Ecuador es uno de los países con mayor incidencia de accidentes de tráfico, ocupando el séptimo lugar en Latinoamérica en mortalidad y el décimo tercero en el mundo. Las cifras actuales emitidas por la Agencia Nacional de Tránsito del Ecuador (2023) confirman esta tendencia. A lo largo del año 2022 se produjeron en el país 21.739 siniestros viales, 19.006 lesionados y 2002 fallecidos *in situ*, mientras que para el segundo trimestre del año 2023 disminuyó potencialmente a 9986; 8904 y 1156, respectivamente. En la provincia de Loja hubo una reducción del 46,37% de siniestros viales, 47,15% de lesionados y 40% de fallecidos respecto al año 2022. En el cantón Loja, en el último trimestre del año 2013 se registraron 573 siniestros viales, 97 lesionados y 12 fallecidos, sin embargo, para 2014 las estadísticas sobre siniestralidad vial aumentaron un 66,61%, 74,87% y 61,29% con respecto al año anterior, respectivamente. El 1,17% de los siniestros viales se produjeron por pasarse el semáforo en rojo, mientras que para los años 2015 y 2016 representó el 1,80% y 3,99%, respectivamente, constituyendo la sexta causa de accidentes de tránsito en el cantón (Municipio de Loja, 2017).

Los informes presentados por la Agencia Nacional de Tránsito del Ecuador (2022) detallan que las principales causas de accidentes de tránsito son: 1) conducir desatento a las condiciones de tránsito (celular, pantallas de video, comida, maquillaje u otros elementos distractores), 2) no respetar las señales reglamentarias de tránsito (pare, ceda el paso, luz roja del semáforo, etc.), 3) conducir superando los límites máximos de velocidad, 4) no mantener la distancia prudencial con respecto al vehículo que le antecede, y 5) conducir bajo la influencia de alcohol, sustancias estupefacientes, psicotrópicas o medicamentos.

De acuerdo con los registros del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (2023), en el primer trimestre del año 2023, las principales causas que provocaron siniestros viales son: 1) Impertinencia o imprudencia del conductor, equivalente al 40,40%; 2) No respetar las señales de tránsito, representando el 22,30%; y 3) Exceso de velocidad,

Estudio de los infractores de tránsito en...

E. P. DURÁN AGUILAR, J. D. FEBRES, Y. GARCÍA RAMÍREZ Y S. OCHOA MORENO

correspondiente al 14,10%. Además, indica que el número de siniestros viales alcanzó 4991, donde resultaron 4545 lesionados y 553 fallecidos, siendo el rango de edad entre 30 y 45 años el que mayor impacto produjo (19,81%).

Las estadísticas de siniestralidad por no respetar las señales reglamentarias, como no respetar la luz del semáforo, ocasionaron 71 siniestros viales, 25 heridos y 2 fallecidos en 2017. De igual forma, se registraron 45 siniestros viales, 17 heridos y 0 fallecidos en 2018. Asimismo, para el 2019 se produjeron 36 siniestros viales, 19 heridos y 2 fallecidos, mientras que para 2020 se dieron 26 siniestros viales, 19 heridos y 1 fallecido. Para el año 2021 se generaron 13 siniestros viales, 7 heridos y 0 fallecidos (Agencia Nacional de Tránsito del Ecuador, 2022).

Para Maldonado (2017), la escala de Likert resulta muy útil en un artículo de investigación, ya que es una escala aditiva con nivel ordinal que está constituida por una serie de ítems que permiten al sujeto de estudio dar respuesta a una o más interrogantes señalando el grado de acuerdo o desacuerdo con las mismas, con el objetivo de determinar la posición del sujeto con respecto al fenómeno (infractores de tránsito en cruces semaforizados) que se mide en la presente.

Según Lema y Pedreira (2009), los cruces semaforizados son zonas que constituyen un papel relevante en la normalización del tráfico, debido a que el correcto funcionamiento de los semáforos influye directamente en la movilización segura y eficiente de los vehículos. Es por ello que los autores, en uno de estos cruces, ajustan los ciclos semafóricos, asignando tiempos a las luces para reducir la longitud de las colas, el tiempo de espera y, en el mejor de los casos, disminuir los siniestros viales.

De acuerdo con Wang *et al.*, las intersecciones urbanas son áreas donde constantemente se presentan grandes aglomeraciones vehiculares, motivo por el que se requiere de mecanismos que regulen la congestión producida por estas intersecciones, como es el caso de los semáforos. Sin embargo, el respeto parcial de esta medida provoca frecuentemente la materialización de siniestros viales. Un estudio realizado en Harbin, China, demostró que el 74,94 % de los accidentes de tráfico ocurren en cruces no semaforizados, mientras que en los sectores donde hay presencia de semáforos fue del 25,06%. Además, señala que la semaforización de intersecciones podría reducir la tasa de incidencia de siniestros viales (2011).

Otro estudio realizado en Bogotá sobre las representaciones sociales de normas de tránsito, agresividad, facilidad percibida en la conducción, accidentes y multas en conductores, aplicó una encuesta con preguntas de opción múltiple empleando la escala de Likert a una muestra de 500 individuos que acudían a centros de reconocimiento de conductores de la misma ciudad para la renovación de licencia de conducción o pago de infracciones de alguna norma de tránsito. Como resultado, se determinaron las principales razones por las que los conductores infringen la ley: 1) consumo de alcohol antes o durante la conducción, 2) adelantamientos prohibidos, 3) exceso de velocidad, 4) no respeto a los semáforos en rojo y 5) no respeto a otras señales en las vías (Ruíz *et al.*, 2014).

En este contexto, debido a la importancia que tienen las intersecciones semaforizadas, este estudio tiene por objetivo determinar la frecuencia y las causas por las que los

Estudio de los infractores de tránsito en...

E. P. DURÁN AGUILAR, J. D. FEBRES, Y. GARCÍA RAMÍREZ Y S. OCHOA MORENO

conductores cruzan el semáforo en color rojo y amarillo (infracciones de tránsito) y la relación con la generación de siniestros de tránsito a través de los modelos “probit” (modelo de respuesta cualitativa). Este estudio analizó los cruces semaforizados en el cantón Loja, de una provincia al sur del Ecuador. Para ello, se empleó una herramienta de recolección de datos previamente diseñada, la cual se aplicó a los conductores mayores de dieciséis años.

El presente trabajo ha contribuido al avance del conocimiento en el campo de la seguridad vial. El resultado obtenido permite a otros investigadores realizar investigaciones más profundas, teniéndolo como punto de partida y reduciendo el tiempo de exploración para futuros estudios. Además, tiene un impacto en el desarrollo social y económico de la sociedad.

## Método

### Zona de estudio

Según el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC, 2010), la provincia de Loja, Ecuador, tiene una población de 448.966 habitantes, donde el cantón Loja representa el 47,86% del total de la provincia, con 215.000 residentes. Este número ha aumentado considerablemente en comparación con las estadísticas del INEC de 2001, cuando el cantón contaba con 175.077 habitantes, lo que representa un crecimiento del 18,51% en los últimos años.

### Tamaño de la muestra

El tamaño de la muestra se determinó en base al número de conductores que circulan en la zona urbana de la ciudad de Loja, considerando el artículo 90 de la Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial (2021), que establece los requisitos para conducir: 1) ser mayor de edad, 2) ejercer derechos de ciudadanía, 3) haber obtenido el título de conductor profesional o el certificado no profesional y 4) poseer la licencia correspondiente. Además, se puede autorizar a los menores de edad, mayores de dieciséis años, siempre y cuando estén acompañados de un adulto que cuente con licencia de conducir.

Bajo este contexto, el tamaño de la muestra se calculó en base a lo que contempla la ley que habla sobre la edad, es este caso de la población del cantón Loja. Según los registros del INEC (2010), un 68,4% de la población tiene más de dieciséis años, por lo que se ha determinado mediante una regla de tres simple, a partir del 100% de la población del cantón (215.000) que el universo es de 147.060.

Entonces, la ecuación para una población finita es:

$$\text{Tamaño de la muestra} = \frac{\frac{z^2 \times p(1-p)}{e^2}}{1 + \left(\frac{z^2 \times p(1-p)}{e^2 N}\right)}$$

Ecuación 1

Dónde: “z” es la desviación estándar, “e” representa el margen de error, “N” es el tamaño de la población y “p” es la proporción de la población. La muestra se trabajó con un

Estudio de los infractores de tránsito en...  
 E. P. DURÁN AGUILAR, J. D. FEBRES, Y. GARCÍA RAMÍREZ Y S. OCHOA MORENO

nivel de confianza del 99% (z-score = 2,58), un error del 5%, proporción de 0,5 y un tamaño de la población de 147.060. Una vez resuelta la ecuación se obtuvo un valor de 663 observaciones necesarias a recoger para obtener resultados confiables.

### Instrumento

La recolección de datos se realizó a través de una encuesta digital en todo el cantón Loja con preguntas de tipo cerrado, tal como se muestra en la Figura 1. En primera instancia, se realizó la validación del instrumento para verificar que las preguntas y su secuencia sean de fácil comprensión. Algunas de las opciones de respuestas se presentan a través de una escala de Likert, mientras que otras corresponden a opciones preestablecidas obtenidas de literatura previa analizada. Las siete preguntas son de respuesta obligatoria, sin embargo, a todos no se les presentaron todas las preguntas, debido a la dependencia de las respuestas en preguntas previas.

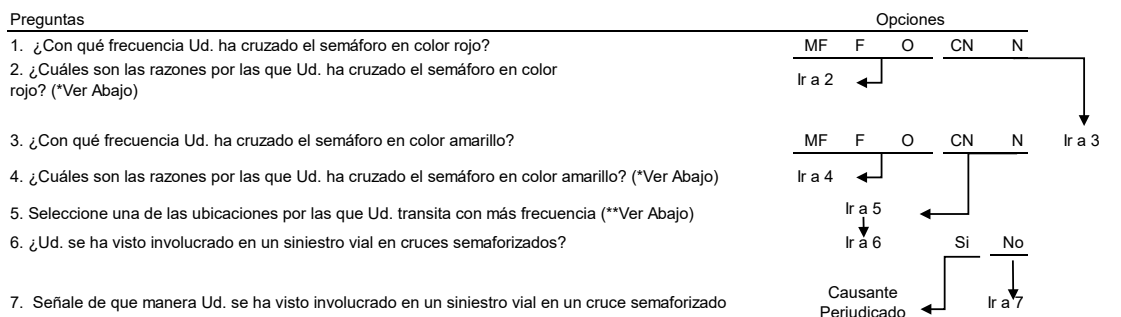


Figura 1. Instrumento de recolección de datos. Fuente: elaboración propia.

MF: Muy Frecuentemente, F: Frecuentemente, O: Ocasionalmente, CN: Casi nunca, N: Nunca  
 \*Opciones múltiples: a) Porque estaba apurado, b) Porque había mucha congestión vehicular, c) Porque tuve una emergencia, d) porque estuve distraído, e) Porque iba a velocidad y no podía detenerme, f) Otros \*\*Varias intersecciones en la ciudad

### Modelo de estudio

Espinoza Freire (2018) menciona que las variables en un estudio se clasifican dependientes e independientes, mismas se caracterizan por contar con estados, por ello en la Figura 2 se detallan cada una de ellas:

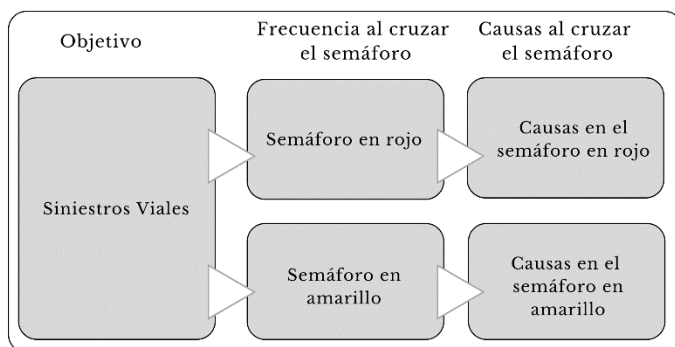


Figura 2. Variables de estudio. Fuente: elaboración propia.

Estudio de los infractores de tránsito en...

E. P. DURÁN AGUILAR, J. D. FEBRES, Y. GARCÍA RAMÍREZ Y S. OCHOA MORENO

Como variable dependiente se ha establecido “Siniestros Viales”, con dos estados: 1) causante, 2) perjudicado, los cuales son nominales ya que se agrupan en categorías dicotómicas, es decir, dos cualidades con el mismo peso.

Como variables independientes se han definido “Frecuencia al cruzar el semáforo en rojo y amarillo”, con los estados: 1) muy frecuentemente, 2) frecuentemente, 3) ocasionalmente, 4) casi nunca y 5) nunca, los cuales son ordinales al referirse a un orden entre las categorías, como en este caso la escala de Likert. De igual forma, la variable “Causas al cruzar el semáforo en rojo y amarillo”, con los estados: 1) porque esta apurado/a, 2) porque había mucha congestión vehicular, 3) porque tuve una emergencia, 4) porque estuve distraído/a, 5) porque iba a velocidad y no podía detenerme, 6) otros, los cuales son nominales al agruparse en categorías politómicas, es decir, más de dos cualidades con el mismo peso.

### **Análisis estadístico**

Faraldo y Pateiro (2013) definen la estadística descriptiva como un conjunto de métodos gráficos y numéricos empleados en el análisis e interpretación de datos recopilados en una investigación. Por otro lado, Llinás y Rojas (2006) mencionan la importancia de este método para garantizar una descripción eficiente y fácil de comprender para cualquier persona. Sin embargo, Fernández *et al.* (2022) señalan que en la ejecución de este procedimiento pueden surgir errores que deben ser controlados de manera oportuna utilizando medidas estadísticas.

De acuerdo con García (2018), la estadística inferencial es el área que comprende los métodos necesarios que, mediante la inducción, determinan las características de una población. Por otro lado, Porras (2013) indica que se centra en la toma de decisiones o la ejecución de generalidades sobre las características de todas las observaciones que proporcionen información parcial o incompleta. Además, Flores *et al.* (2017) señalan que la estadística inferencial debe emplearse en estudios donde se trate de comparar los resultados entre dos o más grupos o cuando se requiera establecer ajustes dentro de un mismo grupo.

Según Baltazar *et al.* (2014), los modelos de respuesta cualitativa se constituyen a partir de variables dependientes o de respuesta, y de variables independientes o explicativas, las cuales pueden ser cualitativas o cuantitativas, e incluso una mezcla de ambas. Estos modelos se construyen con el objetivo de determinar la probabilidad de ocurrencia de un acontecimiento. Bajo este contexto, el modelo de respuesta idóneo es el *Probit*, ya que, según Wooldridge y colaboradores, es un método empleado para respuestas binarias donde la probabilidad de respuesta es la función de distribución acumulativa normal estándar evaluada en una función lineal de las variables independientes.

Para alcanzar el objetivo de la presente investigación, se probó la probabilidad de sufrir un siniestro vial o tener un accidente (PSV) para cada conductor. Basándose en la teoría económica (Wooldridge, 2015), esta probabilidad se calculó utilizando una regresión *Probit* en la forma:

$$\text{Pr} = (\text{PSV} \frac{1}{X} = X)$$

Ecuación 2

Estudio de los infractores de tránsito en...

E. P. DURÁN AGUILAR, J. D. FEBRES, Y. GARCÍA RAMÍREZ Y S. OCHOA MORENO

Dónde: PSV es la probabilidad de sufrir un siniestro vial (PD = 1 para siniestros; PD = 0 para no siniestros), X es un vector de las variables explicativas,  $\lambda$  es un vector de parámetros desconocidos, y  $\varphi$  es la función de distribución acumulada de la distribución normal estándar.

El presente estudio realizó un análisis descriptivo de los datos obtenidos mediante encuestas, utilizando las frecuencias de ocurrencia de los estados de las variables “muy frecuentemente”, “frecuentemente”, “ocasionalmente” y “casi nunca” en relación con las infracciones de tránsito. Posteriormente, se evaluó la probabilidad a priori de ocurrencia de un siniestro vial para los 623 encuestados en función de cada estado de la variable “causas al cruzar el semáforo”, como son: porque estaba apurado/a (APU), porque había mucha congestión vehicular (CGV), porque tuve una emergencia (EME), porque estuve distraído/a (DIS), y porque iba a velocidad y no podía detenerme (VEL).

Con los datos generales, se aplicó el modelo *Probit* a las 5 variables principales del modelo (siniestros viales, frecuencia al cruzar el semáforo en rojo y amarillo, y causas al cruzar el semáforo en rojo y amarillo), para obtener la probabilidad de ocurrencia de un siniestro vial según las condiciones de las variables dependientes previamente investigadas. Se compararon estos resultados con la probabilidad a priori de ocurrencia de un accidente de tránsito en cruces semaforizados.

## Resultados y discusión

La recolección de datos se realizó durante el año 2022, utilizando para ello la herramienta Microsoft Forms® y encuestando a los conductores que transitan por los distintos cruces semaforizados de la ciudad dentro del perímetro urbano. Se obtuvieron 623 respuestas, manteniendo un nivel de confianza del 98% y un error del 5%. Las respuestas del instrumento de recolección se codificaron de forma numérica, con el fin de poder observar las tendencias y relaciones que puedan existir entre las variables. Este análisis se realizó utilizando un gráfico matricial inicial, análisis de frecuencias y modelos *Probit*. Los resultados obtenidos se pueden ver a continuación, iniciando con las tablas de frecuencias de las variables del modelo de estudio (Figura 1).

Cuadro 1. Frecuencia al cruzar el semáforo. Fuente: Elaboración propia

	Frecuencia al cruzar semáforo (%)	
	Rojo	Amarillo
Muy Frecuentemente	5,46	15,41
Frecuentemente	9,63	20,71
Ocasionalmente	32,74	37,72
Casi Nunca	29,86	18,78
Nunca	22,31	7,38

En el Cuadro 1 podemos observar que el 32,74% de los conductores cruzan ocasionalmente el semáforo en rojo y el 37,72% lo hacen en color amarillo, estos casos representan las frecuencias más altas dentro de la escala establecida, mientras que el 22,31% y 7,38% de los conductores aseguran que nunca han cruzado el semáforo en rojo y amarillo respectivamente. En el caso de los estados frecuentemente y muy frecuentemente, los

Estudio de los infractores de tránsito en...

E. P. DURÁN AGUILAR, J. D. FEBRES, Y. GARCÍA RAMÍREZ Y S. OCHOA MORENO

conductores cruzan el semáforo en rojo en un 9,63% y 5,46% respectivamente, de igual forma, para el caso de los cruces en amarillo se dan en un 15,41% y 20,71%.

Cuadro 2. Causas al cruzar el semáforo. Fuente: elaboración propia.

Causas al cruzar semáforo (%)		
	Rojo	Amarillo
Porque estaba apurado/a	21,14	31,96
Porque había mucha congestión vehicular	18,79	14,13
Porque tuve una emergencia	13,09	10,22
Porque estuve distraído/a	14,77	14,35
Porque iba a velocidad y no podía detenerme	28,86	27,17
Otros	3,36	2,17

En el Cuadro 2 podemos observar que el 28,86% de los conductores cruzan semáforo en rojo debido al exceso de velocidad, siendo esta la causa con mayor frecuencia para los cruces de semáforos en rojo, seguido del 21,14% en el caso de los conductores que van apurados. En el caso de los cruces de semáforos en amarillo, las dos principales causas son las mismas que para los cruces en semáforo en rojo, sin embargo, los porcentajes se invierten, siendo mayor para el caso de estar apurado con un 31,96% y un 27,17% para aquellos conductores que iban con exceso de velocidad.

Cuadro 3. Probabilidad de sufrir un siniestro vial. Fuente: elaboración propia.

PSV: Probabilidad sufrir un siniestro vial (%)			
Si	13,64	Causante	37,65
		Perjudicado	62,35
No	86,36		

En el Cuadro 3 podemos observar que la probabilidad a priori de sufrir un siniestro vial representa el 13,64%, entre los cuales el 37,65% de los conductores han sido causantes del siniestro y el 62,35% restante perjudicados, mientras que el otro 86,36% de conductores nunca han participado en un siniestro vial.

Los resultados alcanzados con el modelo *Probit* muestran la probabilidad de sufrir un siniestro vial en relación con la frecuencia de pasarse un semáforo en color rojo o amarillo, así mismo, se muestran también las probabilidades de sufrir un siniestro de tránsito según las causas que ocasionan la infracción de tránsito, es decir dado que el conductor se ha cruzado previamente un semáforo en rojo o amarillo, estos resultados se muestran en los cuadros del 3 al 11 a continuación.

La primera regresión del modelo *Probit* indica que el pasarse la luz del semáforo en color rojo muy frecuentemente, frecuentemente, ocasionalmente, influyen en la probabilidad de ocasionar un siniestro, mientras que el pasarse la luz en rojo casi nunca no presentó significancia estadística en el modelo (Cuadro 4).



Estudio de los infractores de tránsito en...

E. P. DURÁN AGUILAR, J. D. FEBRES, Y. GARCÍA RAMÍREZ Y S. OCHOA MORENO

Cuadro 4. Resultados de la regresión Probit, la variable dependiente es 0 cuando PSV: Probabilidad de sufrir un siniestro vial = 0 y 1 cuando PSV > 0 (N=623). Variable explicativa: Frecuencia de infracción en rojo. Fuente: elaboración propia.

PSV	Coef.	Error Estándar	z	P>z	[95% Conf.	Intervalo]
Muy Frecuentemente***	1,245573	0,2423807	5,14	0	0,7705153	1,7206300
Frecuentemente***	0,9628327	0,2004846	4,8	0	0,56989	1,3557750
Ocasionalmente*	0,1462603	0,0787945	1,86	0,063	-0,008174	0,3006946
Casi Nunca	0,0278914	0,1712492	0,16	0,871	-0,307751	0,3635337
Constante***	-1,39356	0,1103593	-12,63	0	-1,60986	-1,177260

PSV = Probabilidad sufrir un siniestro vial

\* = 10% Nivel de significancia

\*\* = 5% Nivel de significancia

\*\*\* = 1% Nivel de significancia

Los conductores que se pasan la luz del semáforo en rojo con mayor frecuencia tienen una mayor posibilidad de accidentarse y conforme disminuye la frecuencia, disminuye la probabilidad. Para un análisis más detallado se calculó los efectos marginales los cuales se presentan en la siguiente tabla:

Cuadro 5. Efectos Marginales de la Regresión Probit: Frecuencia de infracción en rojo vs probabilidad de sufrir un siniestro vial. Fuente: elaboración propia.

Estados	dy/dx	Error Estándar	z	P>z	[ 95% C.I. ]	X
Muy Frecuentemente***	0,3947535	0,09278	4,25	0	0,212916	0,576591
Frecuentemente***	0,2783936	0,07145	3,9	0	0,138352	0,418435
Ocasionalmente*	0,0293628	0,01585	1,85	0,064	-0,001694	0,06042
Casi Nunca	0,0056364	0,03484	0,16	0,871	-0,062649	0,073922

PSV = Probabilidad sufrir un siniestro vial

\* = 10% Nivel de significancia

\*\* = 5% Nivel de significancia

\*\*\* = 1% Nivel de significancia

La probabilidad a priori de sufrir un siniestro vial es del 13,64% (Cuadro 3), sin embargo, en el Cuadro 5 se observa que cuando el conductor se pasa el semáforo en color rojo muy frecuentemente y frecuentemente incrementa la probabilidad de accidentarse al 39,47% y 27,83% respectivamente, mientras que, si se reduce la frecuencia de cruzar una luz roja, se reduce también la probabilidad de sufrir un siniestro vial.

Como se puede visualizar en el Cuadro 6 indica que pasarse la luz del semáforo en rojo a causa de estar apurado/a (APU) y porque había congestión vehicular (CGV) representan un nivel de significancia alto (1%), mientras que los estados de la variable porque iba a velocidad y no podía detenerme (VEL) y porque tuve una emergencia no simbolizan ningún tipo de significancia en el estudio.

Como se puede visualizar en el Cuadro 7, la probabilidad más alta de accidente en un cruce semaforizado se da cuando la infracción se comete porque el conductor estaba

Estudio de los infractores de tránsito en...

E. P. DURÁN AGUILAR, J. D. FEBRES, Y. GARCÍA RAMÍREZ Y S. OCHOA MORENO

Cuadro 6. Resultados de la regresión Probit: La variable dependiente es 0 cuando PSV: Probabilidad de sufrir un siniestro vial = 0 y 1 cuando PSV > 0 (N=623). Variable explicativa: Causas al cruzar en rojo. Fuente: elaboración propia.

PSV	Coef.	Error Estándar	z	P>z	[95% Conf.	Intervalo]
APU***	0,5258475	0,196824	2,67	0,008	0,1400795	0,9116156
CGV***	0,615893	0,2236669	2,75	0,006	0,177514	1,0542720
EME	0,1308507	0,2355013	0,56	0,578	-0,3307234	0,5924248
DIS**	0,36498	0,1815733	2,01	0,044	0,0091029	0,7208572
VEL	0,3765694	0,2500647	1,51	0,132	-0,1135485	0,8666872
Constante***	-1,41629	0,2314563	-6,12	0	-1,869937	-0,9626443

PSV = Probabilidad sufrir un siniestro vial

\* = 10% Nivel de significancia

\*\* = 5% Nivel de significancia

\*\*\* = 1% Nivel de significancia

Cuadro 7. Efectos Marginales de la Regresión Probit. Causas al cruzar en rojo vs probabilidad de sufrir un siniestro vial. Fuente: elaboración propia.

Estados	dy/dx	Error Estándar	z	P>z	[ 95% C.I. ]	X	
APU***	0,137486	0,06045	2,27	0,023	0,019	0,255972	0,101124
CGV***	0,1686832	0,07374	2,29	0,022	0,024158	0,313208	0,070626
EME	0,0260214	0,0439	0,59	0,553	-0,060011	0,112054	0,906902
DIS**	0,0887596	0,04959	1,79	0,073	-0,008429	0,185948	0,138042
VEL	0,094511	0,07229	1,31	0,191	-0,047179	0,236201	0,062600

PSV = Probabilidad sufrir un siniestro vial

\* = 10% Nivel de significancia

\*\* = 5% Nivel de significancia

\*\*\* = 1% Nivel de significancia

apurado (APU) y porque había congestión vehicular (CGV) con una probabilidad del 13,73% y 16,86% respectivamente.

Los mismos efectos fueron probados con la frecuencia de pasarse la luz del semáforo en amarillo, resultados que se presentan en el cuadro a continuación.

Al igual que en el caso de las infracciones por cruzarse en la luz del semáforo en color rojo, quienes crucen en amarillo de muy frecuentemente tienen mayor probabilidad de accidentarse, mientras que el resto de frecuencias no son significativas para el modelo.

Bajo este contexto pasarse la luz del semáforo en amarillo muy frecuentemente incrementa la probabilidad de sufrir un siniestro vial, ya que, a medida que la frecuencia se reduce, el porcentaje de que este ocurra disminuye como es el caso de los conductores que casi nunca cruzan el semáforo en amarillo, dado que el nivel de significancia es superior al 10%.

Analizando los efectos marginales se obtuvo lo siguiente (Ver Cuadro 9).

Estudio de los infractores de tránsito en...

E. P. DURÁN AGUILAR, J. D. FEBRES, Y. GARCÍA RAMÍREZ Y S. OCHOA MORENO

Cuadro 8. Resultados de la regresión Probit, la variable dependiente es 0 cuando PSV: Probabilidad de sufrir un siniestro vial = 0 y 1 cuando PVS > 0 (N=623). Variable explicativa: Frecuencia de infracción en amarillo. Fuente: elaboración propia.

PSV	Coef.	Error Estándar	z	P>z	[95% Conf.	Intervalo]
Muy Frecuentemente***	0,902095	0,3174405	2,84	0,004	0,279923	1,5242670
Frecuentemente	0,4973302	0,3160523	1,57	0,116	-0,1221208	1,1167810
Ocasionalmente	0,3542535	0,3050738	1,16	0,246	-0,2436802	0,9521872
Casi Nunca	-0,0438206	0,3406491	-0,13	0,898	-0,7114805	0,6238393
Constante	-1,51239	0,2863741	-5,28	0	-2,073673	-0,9511066

PSV = Probabilidad sufrir un siniestro vial

\* = 10% Nivel de significancia

\*\* = 5% Nivel de significancia

\*\*\* = 1% Nivel de significancia

Cuadro 9. Efectos Marginales de la Regresión Probit: Frecuencia de infracción en amarillo vs la probabilidad de sufrir un siniestro vial. Fuente: elaboración propia.

Estados	dy/dx	Error Estándar	z	P>z	[ 95% C.I. ]	X
Muy Frecuentemente***	0,2516922	0,10698	2,35	0,019	0,042023	0,461361
Frecuentemente	0,1204119	0,08689	1,39	0,166	-0,049884	0,290707
Ocasionalmente	0,0771311	0,06942	1,11	0,267	-0,058929	0,213192
Casi Nunca	-0,0089344	0,06835	-0,13	0,896	-0,142898	0,125029

PSV = Probabilidad sufrir un siniestro vial

\* = 10% Nivel de significancia

\*\* = 5% Nivel de significancia

\*\*\* = 1% Nivel de significancia

La probabilidad a priori de sufrir un siniestro vial es del 13,64% (Cuadro 3), sin embargo, en el cuadro 9 se observa que cuando los conductores se pasan el semáforo en color amarillo muy frecuentemente la probabilidad de accidentarse incrementa al 25.16%, mientras que, si reduce la frecuencia de cruzar la luz amarilla, se reduce de igual forma la probabilidad de sufrir un siniestro vial, como es el caso de quienes cruzan ocasionalmente cuando el semáforo esta en amarillo con 7,71% de probabilidad.

Cuadro 10. Resultados de la regresión Probit: La variable dependiente es 0 cuando PSV: Probabilidad de sufrir un siniestro vial = 0 y 1 cuando PSV > 0 (N=623). Variable explicativa: Causas al cruzar en amarillo. Fuente: elaboración propia.

PSV	Coef.	Error Estándar	z	P>z	[95% Conf.	Intervalo]
APU***	0.611381	0.1837129	3.33	0.001	0.2513103	0.9714516
CGV*	0.4085544	0.2352518	1.74	0.082	-0.0525307	0.8696395
EME	0.1118337	0.2589767	0.43	0.666	-0.3957513	0.6194186
DIS**	0.4106178	0.196535	2.09	0.037	0.0254164	0.7958193
VEL	0.3975043	0.264711	1.5	0.133	-0.1213198	0.9163283
Constante	-1.438511	0.1413834	-10.17	0	-1.715618	-1.161405

PSV = Probabilidad sufrir un siniestro vial

\* = 10% Nivel de significancia

\*\* = 5% Nivel de significancia

\*\*\* = 1% Nivel de significancia

Estudio de los infractores de tránsito en...

E. P. DURÁN AGUILAR, J. D. FEBRES, Y. GARCÍA RAMÍREZ Y S. OCHOA MORENO

Como se puede visualizar en la Tabla 10, el mayor efecto en cometer una infracción de tránsito y pasarse la luz en amarillo se da debido que los conductores estaban apurados (APU) con un 61,13% con un nivel de 1% de significancia, mientras que, el estado de la variable con menor probabilidad para cometer una infracción es porque tuvo una emergencia (EME) representado el 11,18% equivale a un porcentaje de significancia superior al 10%.

Analizando los efectos marginales se obtuvo el Cuadro 11.

Cuadro 11. Efectos Marginales de la Regresión Probit. Causas al cruzar en amarillo vs la probabilidad de sufrir un siniestro vial. Fuente: elaboración propia.

Estados	dy/dx	Error Estándar	z	P>z	[ 95% C.I. ]	X
APU***	0,1528583	0,05177	2,95	0,003	0,051382	0,235955
CGV*	0,1021746	0,06734	1,52	0,129	-0,029819	0,105939
EME	0,0248304	0,06022	0,41	0,68	-0,093202	0,104334
DIS**	0,0989621	0,05261	1,88	0,06	-0,004149	0,200642
VEL	0,1001498	0,07687	1,3	0,193	-0,050514	0,075441

PSV = Probabilidad sufrir un siniestro vial

\* = 10% Nivel de significancia

\*\* = 5% Nivel de significancia

\*\*\* = 1% Nivel de significancia

Como se puede visualizar en el Cuadro 11, la probabilidad más alta de accidentarse en un cruce semaforizado se da cuando los conductores estaban apurados (APU) equivalente a 15,28%, mientras que, porque tuvo una emergencia (EME), es la razón con menor porcentaje, siendo 2,48%.

Para determinar la frecuencia con la que las personas cruzan el semáforo en rojo y amarillo, se empleó la escala de Likert con estados como “muy frecuentemente”, “frecuentemente”, “ocasionalmente”, “casi nunca” y “nunca”. Este método se seleccionó por su practicidad y facilidad de diseño y aplicación. Se tomó como referencia un estudio realizado en Santiago de Chile, el cual utilizó esta escala para establecer el porcentaje de individuos que cometen una infracción (Moyano, 2017).

A lo largo de este estudio, se ha observado que los estados con mayor significancia de la variable “Frecuencia al cruzar el semáforo” (ver Figura 1) son “muy frecuentemente” y “frecuentemente” cuando los conductores cruzan el semáforo en rojo (ver Cuadro 4), mientras que, cuando la luz del semáforo es amarilla, solo se da “muy frecuentemente” (ver Cuadro 8).

En un estudio realizado para reducir los accidentes de tránsito en la ciudad de Loja, se determinaron las causas que ocasionan siniestros viales, como el estado de embriaguez del conductor, la impericia/imprudencia del conductor, el exceso de velocidad, la negligencia del conductor, la imprudencia del peatón, los daños mecánicos-frenos, los casos fortuitos, entre otras. La principal razón fue la negligencia del conductor en los años 2014 y 2015, y en 2016 fue el exceso de velocidad (Jaramillo *et al.*, 2017).

Estudio de los infractores de tránsito en...

E. P. DURÁN AGUILAR, J. D. FEBRES, Y. GARCÍA RAMÍREZ Y S. OCHOA MORENO

Las causas mencionadas coinciden con dos estados de la variable “Causas al cruzar el semáforo” (ver Figura 1) de la presente investigación. Sin embargo, los estados con mayor significancia son “porque había congestión vehicular” (CGV) y “porque estaba apurado” (APU) cuando los conductores cruzan el semáforo en rojo (ver Cuadro 6). Este último estado (APU) también coincide cuando la luz del semáforo es amarilla (ver Cuadro 10).

Es importante destacar que para enriquecer esta investigación, la implementación de un sistema inteligente es fundamental, como la visión artificial. Esta tecnología busca igualar o mejorar la capacidad de percibir una imagen, entenderla y actuar en consecuencia.

En su investigación sobre la “Detección automática de infracciones de matrícula y tráfico de motociclistas” (Valencia *et al.*, 2020), se señala que la implementación de sistemas inteligentes para reducir el congestionamiento vehicular es un gran avance para solucionar este problema de salud pública. Se ha empleado la visión artificial como mecanismo para detectar las potenciales infracciones de tránsito a través del diseño de un sistema instalado en el teléfono celular y una aplicación móvil para que los policías de tránsito puedan dar seguimiento y controlar el uso de mototaxis en Colombia.

Bances y Ramos (2015), en su estudio realizado para la regulación del tráfico con semáforos inteligentes, proponen la implementación de la visión artificial como mecanismo para el procesamiento y análisis de las imágenes digitales obtenidas en los cruces semaforizados. Los semáforos de la ciudad Chiclayo, Perú, solo brindan un control estático de la intersección y no cubren la variación del flujo en su totalidad, siendo este un factor determinante en los congestionamientos, pérdidas de tiempo, lenta circulación, etc. Esta propuesta pretende mejorar la fluidez y reducir las masas vehiculares.

## Conclusiones

Como se mencionó al inicio de este estudio, las infracciones de tránsito en cruces semaforizados, específicamente las relacionadas con el cruce indebido de un vehículo durante la luz de semáforo en rojo o amarillo, representan un factor determinante en la ocurrencia de accidentes de tránsito, sobre todo en los países en desarrollo como es el caso de Ecuador. Por este motivo, este estudio abordó la frecuencia y las causas por las que los conductores cometen infracciones de tránsito relacionadas con los cruces semaforizados y su impacto en la generación de los siniestros viales en el cantón Loja de Ecuador.

Bajo este contexto, se ha determinado que las acciones de los conductores en los cruces semaforizados son un elemento relevante en el estudio de las relaciones entre la accidentabilidad y las infracciones de tránsito, dado que las acciones de los conductores influyen en la generación de infracciones. El incremento de la frecuencia al cruzar el semáforo en luz roja o amarilla aumenta la probabilidad de accidentabilidad frente a la probabilidad *a priori* de sufrir un siniestro vial.

Finalmente, el estudio pone de manifiesto que las causas más relevantes en el aumento de la probabilidad de sufrir un siniestro vial en cruces semaforizados, debido a que el conductor cometió una infracción (cruzar el semáforo en luz roja y/o amarilla), son el

Estudio de los infractores de tránsito en...

E. P. DURÁN AGUILAR, J. D. FEBRES, Y. GARCÍA RAMÍREZ Y S. OCHOA MORENO

encontrarse apurado, la existencia de congestión vehicular y estar distraído. Además, es importante señalar que más de una tercera parte de los infractores de tránsito en cruces semaforizados es consciente de que es el causante de los accidentes en los que se ha visto involucrado, lo que pone de manifiesto la necesidad latente de estudiar más a fondo el comportamiento de los conductores y su entorno con el objetivo de reducir la siniestralidad vial.

## Financiamiento

Los autores recibieron financiamiento de la Universidad Técnica Particular de Loja mediante el proyecto “Estudio de los infractores de tránsito en cruces semaforizados en la ciudad de Loja y su relación con los siniestros viales” perteneciente al Observatorio de Seguridad vial de esta misma Universidad.

## Declaración de conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de interés en la investigación.

Estudio de los infractores de tránsito en...

E. P. DURÁN AGUILAR, J. D. FEBRES, Y. GARCÍA RAMÍREZ Y S. OCHOA MORENO

## Referencias bibliográficas

- » Agencia Nacional de Tránsito del Ecuador (ANT). (2022, Abril). *Estadísticas siniestros de tránsito*. Estadísticas de Siniestros de Tránsito. <https://www.ant.gob.ec/estadisticas-siniestros-de-transito/>
- » Agencia Nacional de Tránsito del Ecuador (ANT). (2023, Agosto). *Estadísticas siniestros de tránsito*. Estadísticas de Siniestros de Tránsito. <https://www.ant.gob.ec/estadisticas-siniestros-de-transito/>
- » Baltazar, J.; Gaviño, G. y Sánchez, A. (2014). *Un modelo de respuesta cualitativa aplicado a las carreras económico-sociales del CU UAEM valle de México*. s/d. <http://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/67390>
- » Bances, S. y Ramos, M., (2015). *Semáforos inteligentes para la regulación del tráfico vehicular*. <https://revistas.uss.edu.pe/index.php/ING/article/view/113/215>
- » Espinoza Freire, E. (2018). *Las variables y su operacionalización en la investigación educativa*, s/d, 1–11.
- » Faraldo, P. y Pateiro, B. (2013). *Estadística y metodología de la investigación. Universidad de Santiago de Compostela, Estadística Descriptiva*, s/d, 1–15.
- » Fernández, S.; Cordero, J. M. y Córdoba, A. (2022). *Estadística descriptiva*. s/d, 1–567.
- » García, D. S. A. (2018). *Estadística inferencial*. <https://repositorio.konradlorenz.edu.co/handle/001/328>
- » INEC (2001). *Datos censales cantón Loja*. s/d.
- » INEC (2010a). *Población y Demografía I*. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/censo-de-poblacion-y-vivienda/>
- » INEC (2010b). *Resultados del Censo 2010 de población y vivienda del Ecuador*.
- » Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. (2023). *Siniestros de tránsito I Trimestre, 2023*.
- » Jaramillo, W.; Verónica, S. y Sotomayor, A. M. (2017). Método aplicado en la disminución de accidentes de tránsito en el cantón Loja. *INNOVA Research Journal*, 2(5), 1–13. <https://doi.org/10.33890/innova.v2.n5.2017.150>
- » Lema, C. y Pedreira, L. (2009). *Estudio de la optimización del tr... preview & related info | Mendeley*. <https://www.mendeley.com/catalogue/7404f517-7208-385b-9abf-357039e2a4e4/>
- » *Ley Orgánica de Transporte Terrestre, Tránsito y Seguridad Vial*, (2021). <https://www.ant.gob.ec/ley-de-transito/>
- » Llinás, H. y Rojas, C. (2006). *Estadística descriptiva y distribuciones de probabilidad*. s/d, 1-66.
- » Maldonado, S. (2017). *Manual práctico para el diseño de la Escala Likert*. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4953744.pdf>
- » Moyano, E. (2017). *Teoría del Comportamiento Planificado e intención de infringir normas de tránsito*. <https://www.scielo.br/jj/epsic/a/btQsMpdHX4YDztxrZCyFDBf/?format=pdf&lang=es>

Estudio de los infractores de tránsito en...

E. P. DURÁN AGUILAR, J. D. FEBRES, Y. GARCÍA RAMÍREZ Y S. OCHOA MORENO

- » Municipio de Loja. (2017, March 25). *Vista de Método aplicado en la disminución de accidentes de tránsito en el cantón Loja*. <https://revistas.uide.edu.ec/index.php/innova/article/view/150/274>
- » Organización Mundial de la Salud. (2017). Tendencias de los accidentes de tránsito en Ecuador: 2000-2015. *Revista Gerencia y Políticas de Salud*, 16(33), 52–58. <https://doi.org/10.11144/JAVERIANA.RGPS16-33.TATE>
- » Organización Mundial de la Salud. (2021, June 21). *Traumatismos causados por el tránsito*. Traumatismos Causados Por El Tránsito. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/road-traffic-injuries>
- » Porras, A. (2013). *Estadística Inferencial*. s/d, 1-30.
- » Ruíz, J.; Gómez, I.; Beltrá, Í.; Lamus, D. y Leal, L. (2014). *Representaciones sociales de normas de tránsito, agresividad, facilidad percibida en la conducción, accidentes y multas en conductores de Bogotá, DC*. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1794-31082014000200008](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-31082014000200008)
- » Valencia, J.; Ramirez, T.; Castañeda, L. y Toro, M. (2020). *Detección automática de infracciones de matrícula y tráfico de motociclistas*. <https://scielo.pt/pdf/rist/n37/n37a02.pdf>
- » Wang, Y. G.; Chen, K. M.; Pei, Y. L. y Wang, Y. (2011). Integrating before and after crash features into measuring the effectiveness of intersection safety improvement project in Harbin. *Transport*, 26(1), 111–120. <https://doi.org/10.3846/16484142.2011.565599>
- » Wooldridge, J. M.; Enfoque Moderno, U.; del Carmen, M.; Hano, E.; Érika, R.; Jasso, M.; D'borneville, H.; Profesionales, T.; Pacheco, R. P. y Benavides, D. R. (2015). *Introducción a la econometría Traducción Revisión técnica*. s/d.

**Emily Durán Aguilar / [epduran2@utpl.edu.ec](mailto:epduran2@utpl.edu.ec)**

Estudiante en formación en Ingeniería Industrial en la Universidad Técnica Particular de Loja. Pasante en el Departamento de Proyectos en Banco de Loja (2020) y en el Departamento de Seguridad y Salud Ocupacional en la Sociedad Civil Minera Goldmins (2021).

**Juan Diego Febres / [jdfebres@utpl.edu.ec](mailto:jdfebres@utpl.edu.ec)**

Ingeniero Industrial y magíster en Administración de la Construcción especializado en el área de optimización. Ph.D. en Tecnologías Industriales e Ingeniería Civil, con énfasis en el estudio de accidentabilidad de tráfico con uso de herramientas de Machine Learning. Profesor investigador desde 2015 en el área de industrialización, manejo de la productividad, metodología de la investigación e investigación de operaciones; actual director del Departamento de Producción de la Universidad Técnica Particular de Loja.

**Yasmany García-Ramírez / [ydgarcia1@utpl.edu.ec](mailto:ydgarcia1@utpl.edu.ec)**

Ingeniero Civil en la Universidad Técnica Particular de Loja (Ecuador) en el 2006. Especialista en Ingeniería de Caminos de Montaña en la Universidad Nacional de San Juan (Argentina) en el 2009. Doctor en Ingeniería Civil en la Universidad Nacional de San Juan (Argentina) en el 2014. Docente de pregrado y posgrado en la UTPL. Director



Estudio de los infractores de tránsito en...

E. P. DURÁN AGUILAR, J. D. FEBRES, Y. GARCÍA RAMÍREZ Y S. OCHOA MORENO

del programa de maestría en Ingeniería Civil con mención en carreteras de montaña, grupo de investigación en ingeniería vial y observatorio de seguridad vial de la UTPL.

**Santiago Ochoa Moreno / [wsochoa@utpl.edu.ec](mailto:wsochoa@utpl.edu.ec)**

Máster en Economía Urbana y Regional, por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). PhD por la Universidad Técnica de Munich (Alemania). Ganador del premio a la investigación en el III Encuentro de Ecuatorianos en Europa. Economista por la Universidad Técnica Particular de Loja (UTPL)-Ecuador. Docente Universitario en la UTPL por 17 años en las materias de, Teoría de Juegos, Estadística y Econometría.