EIEI ACOFI 2025
5º Congreso Latinoamericano de Ingeniería
Más Información: www.acofi.edu.co/eiei
Ingeniería de impacto para cuidar y transformar la vida
ACOFI: 50 años por la excelencia de la educación en ingeniería.

Análisis de viabilidad de construcción de modelos predictivos de accidentes viales en la ciudad de La Rioja

Marcelo Martínez

Universidad Nacional de La Rioja
Argentina

Resumen

Este proyecto, en desarrollo desde diciembre de 2024 hasta diciembre de 2025, tiene como objetivo evaluar la viabilidad de la elaboración de modelos predictivos orientados a fortalecer la seguridad vial preventiva. Para ello, se emplearán datos históricos y en tiempo real proporcionados por sistemas de monitoreo, considerando variables dinámicas como el clima, la temperatura, la fecha, el día de la semana, la hora y la ocurrencia de eventos relevantes, entre otros.

Se implementará una metodología exploratoria-descriptiva, iniciando con un análisis de los recursos actualmente en funcionamiento y aquellos planificados para ser incorporados en el período 2024-2025, según la planificación del Gobierno de la provincia de La Rioja. En particular, se analizará la infraestructura y operatividad del sistema 911, dependiente del Ministerio de Seguridad, Justicia y Recursos Humanos.

En la primera etapa del estudio, se examinará la distribución geográfica de las cámaras de vigilancia en funcionamiento, evaluando sus características tecnológicas y los datos que pueden generar (como resolución de imagen, visión infrarroja y captura de sonido), en relación con la red vial de la Ciudad. A partir de esta información, se determinará el modelo predictivo más adecuado a desarrollar, combinar o activar, en caso de que ya exista uno pertinente.

Con base en los resultados preliminares del análisis de datos y los modelos aplicados, se establecerán conclusiones preliminares. Posteriormente, se aplicarán métodos analíticos sobre casos de estudio para diseñar un tablero de control que identifique las zonas de mayor riesgo en la ciudad. Este tablero permitirá fortalecer la seguridad vial a nivel preventivo, proporcionando información clave para la toma de decisiones.

El análisis de datos se apoyará en herramientas estadísticas descriptivas univariadas y multivariadas, utilizando software especializado como InfoStat y R, así como cualquier otro recurso

DOI: https://doi.org/10.26507/paper.4242

tecnológico necesario para validar o refutar la hipótesis del estudio. Además, las estadísticas en seguridad vial serán fundamentales para dimensionar la problemática, identificar los segmentos de mayor riesgo y analizar la evolución de las tendencias a lo largo del tiempo.

Palabras clave: modelos predictivos; IA; seguridad vial

Abstract

This project, running from December 2024 to December 2025, aims to assess the feasibility of developing predictive models to enhance preventive road safety. To achieve this, historical and real-time data from monitoring systems will be used, considering dynamic variables such as weather, temperature, date, day of the week, time, and the occurrence of relevant events, among others.

An exploratory-descriptive methodology will be implemented, beginning with an analysis of the resources currently in operation and those planned for incorporation during the 2024-2025 period, according to the Government of the Province of La Rioja. In particular, the infrastructure and operational capacity of the 911 system, under the Ministry of Security, Justice, and Human Resources, will be examined.

In the initial phase of the study, the geographic distribution of operational surveillance cameras will be analyzed, evaluating their technological features and the data they can generate (such as image resolution, infrared vision, and sound capture). Based on this information, the most suitable predictive model will be determined, whether it needs to be developed, combined, or activated if an existing model is already applicable.

Preliminary conclusions will be drawn from the analysis of data and the predictive models applied. Subsequently, analytical methods will be applied to case studies to design a control dashboard that identifies high-risk areas within the city. This dashboard will strengthen preventive road safety by providing key information for decision-making.

Data analysis will rely on univariate and multivariate descriptive statistical tools, utilizing specialized software such as InfoStat and R, as well as any other necessary technological resources to validate or refute the study hypothesis. Additionally, road safety statistics will be essential to measure the problem, identify high-risk segments, and analyze the evolution of trends over time.

Keywords*: predictive models; AI; road safety*

1. Introducción

Un modelo predictivo utilizando inteligencia artificial (IA) combina técnicas estadísticas tradicionales y algoritmos de aprendizaje automático para predecir eventos futuros o valores basados en datos históricos. Este enfoque aprovecha tanto el análisis matemático como la capacidad de los modelos de IA para aprender patrones complejos en los datos.

Las Características principales del modelo predictivo utilizando inteligencia artificial (IA):

a. Base en datos históricos: los modelos predictivos utilizan conjuntos de datos históricos para identificar patrones o relaciones entre variables independientes (entrada) y dependientes (resultado).
b. Componentes estadísticos: utilizan técnicas como regresión lineal, análisis de series temporales o estadística inferencial para establecer relaciones cuantificables y significativas entre variables.
c. Inteligencia artificial: se emplean algoritmos de aprendizaje automático (como redes neuronales, árboles de decisión, bosques aleatorios, etc.) para manejar relaciones no lineales, datos no estructurados o grandes volúmenes de información. Los modelos basados en IA pueden adaptarse y mejorar con el tiempo mediante el entrenamiento continuo en nuevos datos.
d. Capacidad de generalización: Los modelos predictivos intentan predecir con precisión en nuevos datos (no vistos previamente). Esto se logra equilibrando la precisión del modelo en los datos de entrenamiento y su capacidad de evitar el sobreajuste.

Los aspectos para considerar en el presente proyecto deben considerar el proceso de creación de un modelo predictivo con IA, de esta forma es necesario:

Definición del problema: Determinar qué se quiere predecir, en nuestro caso los siniestros viales.
Recopilación de datos: Obtener datos relevantes y limpios que contengan información histórica relacionada con el problema.
Almacenamiento de los datos: Este debe permitir un fácil acceso, manipulación y escalabilidad según el volumen de información requerido.
Preprocesamiento de datos: limpieza de datos (manejo de valores perdidos, eliminación de ruido), normalización o escalamiento de variables y selección y extracción de características relevantes.
Entrenamiento del modelo: se selecciona el/los algoritmo/s, se constituye/n el modelo predictivo, se entrena con un conjunto de datos etiquetados, donde se conoce el resultado esperado.
Evaluación y ajuste: se valida el modelo con datos independientes, se ajustan hiperparámetros o se optimiza el modelo para mejorar su precisión.
Despliegue: Una vez validado, el modelo se implementa en entornos reales para realizar predicciones.
Monitoreo y actualización: Los modelos predictivos requieren actualizaciones continuas para mantenerse precisos frente a cambios en los datos o en las condiciones del entorno.

De esta forma, se está en condiciones de avanzar para determinar si es o no viable la construcción de modelos predictivos de siniestros viales en la ciudad de La Rioja, República Argentina.

2. Desarrollo

Considerando el presente trabajo como **"Avances en Investigación" y que el Comité Evaluador de ACOFI** en su notificación con fecha 19 de marzo del presente año, indica que se ajusta a los objetivos de la convocatoria, se procede en consecuencia a informar el estado de avance.

En la etapa actual del proyecto, luego de haberse realizado las gestiones pertinentes, se llevaron a cabo dos reuniones con los diferentes actores involucrados en lo referido a la seguridad Vial en la Municipalidad de la ciudad de la Rioja y en la Subsecretaria de seguridad vial de la provincia de La Rioja, a fin de plantear la problemática de cada área y como cada una de ellas identifica sus necesidades y aporte de posibles soluciones.

Se accedió también a una entrevista con el director del 911de la provincia de La Rioja, a fin de obtener un primer contacto en su oficia relatando desde el origen del 911 a la fecha.

En diciembre 2024, se realizó una reunión con el ministro de seguridad, justicia y derechos humanos de la provincia de La Rioja, donde manifestó su intención de permitir el acceso total al 911 a partir del mes de marzo del 2025.

Teniendo en cuenta los contextos y las estadísticas, es importante destacar que, según un estudio de la consultora internacional Compare The Market, Argentina se encuentra en el sexto lugar a nivel mundial en cuanto a países con peor manejo, reflejando altos índices de siniestros viales.

En el contexto nacional, aunque las cifras de siniestralidad vial en Argentina muestran una tendencia decreciente en los últimos años, la problemática persiste, especialmente entre los motociclistas y los jóvenes, lo que resalta la necesidad de continuar implementando políticas públicas efectivas en materia de seguridad vial.

Según el informe preliminar para el presente año, de la Agencia Nacional de Seguridad Vial (ANSV) actualizado a febrero de 2025, se observa una tendencia decreciente en la cantidad de víctimas fatales desde 2017.

El perfil de las víctimas indica que los motociclistas son los más afectados, representando el 43% del total de fallecidos; este porcentaje es aún mayor en las provincias del norte del país (entre las cuales se contempla a La Rioja), donde 6 de cada 10 víctimas son usuarias de motos. Además, los hombres constituyen el 78% de las víctimas fatales, y el 41% de las mismas se concentra en el rango etario de 15 a 34 años.

En cuanto a la tasa de mortalidad por cada 100.000 habitantes, si bien se registró una disminución, situándose en 9,6 para 2023, en comparación con 10,2 para 2022 y 9,8 para 2021, en 2024 tuvo un incremento considerable situándose en el segundo lugar para todo el País con un valor de 14,5.

En el contexto provincial y retomando el objetivo de la construcción de un modelo predictivo, podemos asegurar que:

a. Existe disponibilidad de datos e información histórica, en papel y digital.
b. Se accede al Sistema Integral de Gestión de las Información de Seguridad Vial (SIGIVI) en https://sigisvi.seguridadvial.gob.ar/
c. Existe la voluntad política manifiesta de los diversos actores identificados en el proceso de los siniestros viales, tales como: Ministerio de Seguridad, Justicia y Derechos Humanos de la Provincia de La Rioja, Subsecretaria de Seguridad Vial, 911, Policía de la Provincia de La Rioja (Seguridad Vial y Accidentología), Ministerio de Salud, y la Municipalidad de la Ciudad de La Rioja.
d. Se cuenta a la fecha con la infraestructura tecnológica de equipamiento y comunicación: más de 200 cámaras, redes de datos que las interconectan, servidores dedicados y software específico de seguimiento y trazabilidad.
e. Existe un nuevo proyecto en ejecución a cargo del Ministerio de Seguridad, Justicia y Derechos Humanos de la Provincia de La Rioja, en el cual se incorpora tecnología de última generación, junto con reformulaciones en la organización del área 911.
f. Si bien, no se verificó la existencia del uso de la IA a la fecha, se sabe que está disponible para el desarrollo de los modelos predictivos utilizando inteligencia artificial aplicada a la Seguridad Vial.

A la fecha se identificaron los siguientes factores a tener cuenta para la construcción o uso de un modelo predictivo que permite disminuir los siniestros viales utilizando Inteligencia Artificial.

a. Recolección y tratamiento de datos:
Es esencial contar con datos históricos confiables y bien estructurados sobre siniestros viales: lugar, fecha, hora, tipo de siniestro, severidad, condiciones climáticas, estado del vehículo, características del conductor, entre otros. Por ejemplo, en el caso de Trenque Lauquen se propone usar datos municipales con herramientas como R para análisis estadísticos avanzados.

b. Selección de variables relevantes:
- El modelo debe incluir variables que influyen en la ocurrencia de siniestros, como:
- Condiciones climáticas
- Densidad vehicular
- Tipo de vía y señalización
- Iluminación
- Comportamiento del conductor (edad, jornada, alcohol, velocidad)
- Tipo y estado del vehículo

c. Metodología estadística y de machine learning adecuada:
La elección del modelo depende del objetivo
- Para predicción de cantidad de siniestros, se pueden usar modelos como Random Forest, Regresión Poisson o Binomial Negativa

- Para modelar la severidad o probabilidad de siniestro, se han utilizado redes bayesianas, como en el estudio aplicado a Bogotá, donde se logró estimar y predecir severidad de siniestros en distintas redes viales

d. Validación del modelo:
El modelo debe ser validado mediante técnicas como validación cruzada (K-Fold) o uso de conjuntos de test independientes. Esto garantiza que tenga una buena capacidad predictiva fuera de los datos de entrenamiento.

e. Aplicabilidad local y gestión basada en evidencia:
Los modelos no solo deben predecir, sino apoyar decisiones concretas:
- Definir zonas de intervención
- Determinar horarios de mayor riesgo
- Asignar recursos como patrullaje, semáforos, campañas de prevención
- Generar alertas tempranas o mapas de calor para la gestión preventiva

f. Actualización y mantenimiento:
La siniestralidad cambia con el tiempo (por obras, nuevas normativas, cambio de flujo), por lo que el modelo debe ser actualizado periódicamente con datos recientes y reentrenado si es necesario.

g. Interdisciplinariedad y cooperación institucional:
Se requiere de un enfoque integral, donde participen:
- Áreas técnicas (ingeniería de transporte, analítica de datos)
- Actores locales (municipios, policía, salud)
- Comunidad (educación vial, cultura de prevención)

Se identifica, a modo de propuesta, una matriz de diseño de datos para el modelo predictivo de siniestros viales en la ciudad capital de La Rioja, Argentina, organizándola por categorías de variables:

MATRIZ DE DISEÑO DE DATOS PARA MODELO PREDICTIVO

Categoría	Variable	Tipo de dato	Ejemplo / Rango	Fuente sugerida
Tiempo	Día de la semana	Categórica	Lunes a Domingo	Base de siniestros viales municipal o ANSV
	Hora del día	Numérica	0 a 23	Idem anterior
	Mes / estación del año	Categórica	Verano, Invierno, etc.	Fecha del siniestro
	Feriado / evento local	Binaria	0 = no, 1 = sí	Calendario oficial La Rioja / eventos culturales
Ubicación	Latitud y longitud del hecho	Numérica	-29.41, -66.85 (ej.)	Georreferenciación del siniestro
	Tipo de zona	Categórica	Urbana / Periurbana / Escolar / Comercial	GIS + Catastro municipal

Categoría	Variable	Tipo de dato	Ejemplo / Rango	Fuente sugerida
	Intersección / calle específica	Categórica	Av. San Nicolás y Belgrano	Parte policial / app municipal
Condiciones viales	Tipo de vía	Categórica	Avenida, Ruta, Calle	Catastro vial
	Estado de la calzada	Categórica	Bueno, Regular, Malo	Inspección municipal / encuestas
	Iluminación	Binaria	0 = sin luz, 1 = con luz	Infraestructura vial
	Señalización presente	Categórica	Horizontal, vertical, semáforo, ninguna	Relevamiento in situ
Condiciones climáticas	Estado del tiempo	Categórica	Soleado, Lluvia, Niebla	Servicio Meteorológico Nacional
	Hora del amanecer / atardecer	Numérica	Horas	Datos astronómicos INTA o SMN
Conductor	Edad	Numérica	16 - 80 años	Registro del siniestro (si se releva)
	Género	Categórica	Masculino, Femenino	Idem anterior
	Estado (alcohol, drogas, sueño)	Binaria/Categórica	0 = no, 1 = sí / nivel	Test de alcoholemia / informes policiales
	Tipo de licencia	Categórica	A, B, C, etc.	Registro de conducir
Vehículo	Tipo de vehículo	Categórica	Moto, Auto, Camión, Bicicleta	Parte policial
	Antigüedad	Numérica	Años del modelo	RUNT / DNRPA
	Estado del vehículo	Categórica	Bueno, Deficiente	Control policial / inspección técnica
	RTO	Binaria	0 = no, 1 = sí	Parte policial
Siniestro	Tipo de siniestro	Categórica	Colisión, atropello, vuelco	Registro oficial
	Severidad	Ordinal	Sin lesiones, Lesionados, Fallecidos	ANSV / hospitales
	N° de vehículos involucrados	Numérica	1, 2, 3+	Parte policial
	N° de víctimas	Numérica	0, 1, 2...	Registro hospitalario / SISEL
Intervención municipal	Control de tránsito presente	Binaria	0 = no, 1 = sí	Registro operativo municipal
	Radar o cámaras	Binaria	0 = no, 1 = sí	Centro de monitoreo urbano
	Obra vial en curso	Binaria	0 = no, 1 = sí	Secretaría de Obras Públicas

Prioridades para la ciudad de La Rioja:

En ciudades con alrededor de 400.000 habitantes y una superficie urbana de 60km^2, como La Rioja capital, es clave iniciar por:

- **Datos de geolocalización de siniestros** (para mapas de calor)

- **Variables horarias y de clima**
- **Tipo de vía, zona urbana y siniestro y severidad**

Esto permitirá construir un modelo inicial con predicción de:

- **Probabilidad de siniestro por día/hora/zona**
- **Gravedad esperada**
- **Lugares prioritarios para control o intervención vial**

¿Qué sigue?

Un ejemplo de estructura de dataset (en XLS o CSV),
Elegir el tipo de modelo estadístico ideal (Poisson, Random Forest, Redes Bayesianas),
Simular una predicción con datos ficticios,
Diseño de un sistema de alertas o mapa interactivo.

3. Conclusiones preliminares

a. Viabilidad técnica: ALTA

- La implementación de modelos predictivos en La Rioja capital es completamente factible desde el punto de vista técnico:
- Existen antecedentes metodológicos exitosos en municipios similares de Argentina (Trenque Lauquen, CABA, Córdoba).
- Se dispone de herramientas estadísticas y de ciencia de datos como R, Python, QGIS, con licencia libre. La literatura y casos de estudio recomiendan modelos robustos como la Regresión Binomial Negativa con efectos aleatorios, ideales para datos de siniestros con sobre-dispersión.

b. Viabilidad de datos: CONDICIONAL

- Se requiere una base de datos histórica consolidada, con variables clave: fecha, hora, ubicación, tipo de siniestro, gravedad, condiciones viales, estado del tiempo, tipo de vehículo, etc.
- La existencia de bases georreferenciadas o la posibilidad de generarlas (a través de partes policiales o GIS municipal) es un factor determinante.
- Se recomienda un trabajo articulado entre municipio, policía, salud, observatorios viales y universidades.

c. Viabilidad institucional: POSIBLE

- Existen capacidades institucionales para recolectar y utilizar la información, aunque se debe fortalecer el uso de datos para la toma de decisiones.
- El modelo puede integrarse a plataformas de gestión urbana o tránsito.
- Necesita respaldo político y técnico sostenido para funcionar como herramienta operativa (no solo académica).

d. Valor agregado e impacto: ALTO

- Permite reducir la siniestralidad mediante la prevención, no la reacción.
- Optimiza la asignación de recursos (control, educación vial, obras).
- Facilita la transparencia y eficiencia en la gestión municipal.
- Tiene alto potencial de replicabilidad en otras ciudades de la provincia.

e. Modelo estadístico recomendado

- Se propone utilizar un modelo de regresión binomial negativa multivariado con efectos aleatorios (MNBRE), dada su eficacia con datos de conteo sobredispersos y alta interpretabilidad.
- Puede complementarse con técnicas de machine learning supervisado (Random Forest) para validar resultados y ajustar predicciones.

f. Sistema de alertas predictivo y mapa interactivo

- El modelo se puede integrar a un sistema de alertas proactivas por zona, horario y tipo de riesgo.
- Se recomienda el desarrollo de un dashboard georreferenciado tipo mapa de calor con filtros por hora, día, tipo de siniestro y variables contextuales (clima, zona, control).
- Estas herramientas permiten tomar decisiones basadas en evidencia y generar una cultura institucional de gestión predictiva del riesgo vial.

4. Bibliografía

4.1. Fuentes electrónicas

- Luchemos por la vida. http://luchemos.org.ar/es/estadisticas?gclid=Cj0KCQjw1_SkBhDwARIsANbGpFsO9WGiuR0a32VBpKoKI8QO7jhWrWm1BFakDB9O3uM8hh7OOEUXHEUaAjNiEALw_wcB
- Herramientas de investigación aplicada en seguridad vial. Seguridad vial. Informes estadísticos. Presidencia de La Nación Argentina. https://www.argentina.gob.ar/seguridadvial/observatoriovialnacional/estadisticas-observatorio
- What Is a Smart City? How AI Is Going Uptown Around the Globe. https://resources.nvidia.com/en-us-metropolis-smart-cities
  - ROCO - a real-world roundabout traffic conflict dataset. https://arxiv.org/pdf/2303.00563v2.pdf
- Modelos predictivos de accidentes de tráfico en Madrid. Universidad Internacional de La Rioja. Escuela de Ingeniería. https://reunir.unir.net/bitstream/handle/123456789/6472/CRUZ%20BELLAS%2C%20LUIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y - Cruz Bellas, Luis 2017 "Modelos predictivos de accidentes de tráfico en Madrid"

4.2. Autores

- Cruz Bellas Luis y Madariaga Merino, Sara. (2017). Modelos predictivos de accidentes de tráfico en Madrid. UNIR. Escuela de Ingeniería.

- Área de Seguridad de los Motociclistas y Dirección de Investigación Accidentológica del Observatorio Vial – (2021) – Seguridad Vial – República Argentina. - Estudio Observacional del comportamiento de motociclistas en el municipio de Mercedes.
- Juan G. Corvalán y Enzo María Le Fevre Cervini. (2021). Inteligencia artificial en accidentes de tránsito: primera aplicación predictiva en el mundo para la Justicia Civil
- Metodología para el análisis accidentológico de áreas con concentración de siniestros viales con víctimas en ámbitos urbanos. (2023). Dirección de Investigación Accidentológica de la Dirección Nacional de Observatorio Vial. Ministerio de transporte. República Argentina.
- Metodología basada en reportes de siniestros para la optimización de la gestión Municipal sobre seguridad vial. (2020). Perez, Angueira Luciana; Marcos, Carlos; Gasselle, Gonzalo; Martinez Micakoski, Fernanda; Enrietti, Adhemar Raul. Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Trenque Lauquen.
- Predicción de siniestros viales en C.A.B.A. (2022). Jennifer Mercy Novello. Universidad Torcuato Di Tella. Buenos Aires. Argentina y Universidad de Antioquia. Medellín. Colombia.

4.3. Otras fuentes electrónicas

- Modelo Predictivo de Siniestralidad - Equipo 22 - https://www.youtube.com/watch?v=w1RU9SBKJH8
- Predicción de accidentes viales y análisis de datos. https://www.youtube.com/watch?v=ULrn5rvHNOE

Sobre los autores

- **Marcelo Martínez**, UNLaR, mmartinez@unlar.edu.ar

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2025 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)