

Tipo de artículo: Artículo original

Árboles de Decisión para el análisis de los defectos técnicos de los ómnibus Yutong

Decision trees for technical defect analysis of Yutong buses

Hugo Arnaldo Martínez Noriega^{1*} , <https://orcid.org/0000-0003-4303-5185>

Pedro Monteagudo Azcuy² 

¹ Departamento de Inteligencia Computacional. Facultad de Ciencias y Tecnologías Computacionales. Universidad de las Ciencias Informáticas, Carretera a San Antonio Km 2 ½, Torrens, La Lisa, La Habana, Cuba. CP: 19370. hugomn@uci.cu

² Laboratorio de Logística y Sistemas de Producción Logespro. Facultad de Ingeniería Industrial. Universidad Tecnológica de la Habana José Antonio Echeverría, Calle 114 # 11901 / Ciclovía y Rotonda, Marianao, La Habana, Cuba. CP: 19390.

* Autor para correspondencia: hugomn@uci.cu

Resumen

Los accidentes del tránsito, anualmente cobran 1,3 millones de vidas a nivel mundial. Los factores que más inciden en la accidentabilidad son: el humano, la infraestructura y los defectos técnicos. Los defectos técnicos representan un 8% del total de los accidentes de tránsito. En Cuba con el objetivo de disminuir los accidentes por defectos técnicos, se realiza una Inspección Técnica Automotor, mediante un sistema automatizado que detecta cualquier defecto técnico que constituya riesgo a la circulación vial, el cual solo permite evaluar un vehículo cada vez, no pudiéndose valorar de manera sistémica la incidencia de los defectos en un grupo de vehículos, lo que no permite tomar decisiones fundamentadas. El no aprovechamiento de la información que brinda este sistema, desde un enfoque sistémico, es la contradicción fundamental, imposibilitando la toma de decisiones debidamente argumentadas a partir de la información guardada en su Sistema de Gestión de Bases de Datos. En el presente trabajo se buscan alternativas para solucionar la contradicción planteada, se aplican las técnicas de Árboles de Decisión, específicamente el modelo CHAID, a través del cual se extraen conocimientos no explícitos sobre los defectos técnicos que están afectando al parque vehicular en estudio. Se tomó una muestra de 222 ómnibus Yutong, modelo HB 6100 ZK, obteniéndose cinco modelos que identifican la afectación del parque vehicular, brindando una solución novedosa que contribuye a argumentar adecuadamente la toma de decisiones.

Palabras clave: vehículos; Árboles de Decisión; defectos técnicos; toma de decisiones; seguridad vial.

Abstract

The accidents of transit, annually charge 1.3 million worldwide lives. The factors that have the greatest impact on the accident rate are: human, infrastructure and technical defects. Technical defects represent 8% of the total number of traffic accidents. In Cuba, in order to reduce accidents due to technical defects, an Automobile Technical Inspection is carried out by means of an automated system that detects any technical defect that constitutes a risk to road circulation, which only allows evaluating one vehicle at a time, not being able to assess in a systemic way the incidence of defects in a group of vehicles, which does not allow making informed decisions. The failure to take advantage of the information provided by this system, from a systemic approach, is the fundamental contradiction, making it impossible to make properly argued decisions based on the information stored in its Database Management System. In the present work, alternatives are sought to solve the contradiction, applying Decision Trees techniques, specifically the CHAID model, through which non-explicit knowledge is extracted about the technical defects that are affecting the vehicle fleet under study. A sample of 222 Yutong buses, model HB 6100 ZK, was taken, obtaining five models that identify the affectation of the vehicle fleet, providing a novel solution that contributes to adequately argue the decision making process.



Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo **Atribución 4.0 Internacional** (CC BY 4.0)

Keywords: *Vehicles; Decision trees; Technical defects; Take from decisions; Road safety.*

Recibido: 08/11/2020
Aceptado: 20/02/2021

Introducción

El desarrollo de la humanidad trajo consigo necesidades de desplazamientos masivos de personas, así como el traslado de productos y bienes de servicio. El transporte se convirtió en una actividad imprescindible para la sociedad actual, pues por una parte, satisface las necesidades de desplazamiento comunitario y por otra, satisface las necesidades de desplazamiento de las personas de manera particular. El transporte como sujeto está estrechamente relacionado la economía, la política y lo social de los países, pudiéndose tomar como un indicador tangible de la calidad de vida de sus habitantes. El transporte terrestre se puede considerar como el conjunto de medios de transporte que operan mediante vehículos terrestres, o sea, vehículos que se desplazan sobre la superficie sólida de la Tierra. La mayoría de ellos involucran vehículos dotados de ruedas, por una parte se tienen a los trenes que se desplazan sobre rieles y por otra a los vehículos que se desplazan sobre la superficie.

En (Maldonado y Neira, 2019) se manifiesta que los países en desarrollo adquieren y utilizan vehículos más antiguos y menos confiables para las personas, lo cual hace que se incremente el riesgo de accidentes ocasionados por defectos técnicos; en Cuba específicamente debido al bloqueo económico-financiero impuesto por el gobierno de los Estados Unidos de Norte América se agudiza aún más la situación, teniendo en cuenta, que una parte importante de su parque vehicular es de procedencia estadounidense y desde el año 1960 no entran partes y piezas al país para estos vehículos. Los accidentes de tránsito por carretera representan en el mundo una grave problemática, debido al gran número de personas lesionadas y muertas, que a su vez, provocan fuertes impactos económicos y emocionales a las familias de las víctimas, a pesar de los cuantiosos recursos que destinan los países para la atención de estos lamentables sucesos. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) los accidentes de tránsito causan, aproximadamente, como promedio 1,3 millones de muertes en el mundo al año; entre 20 y 50 millones de personas sufren traumatismos no mortales y muchos de esos traumatismos provocan discapacidad. Los accidentes de tránsito le cuestan a la mayoría de los países entre el 1 y el 3% de su PIB. Se aprecia una tendencia al aumento de las colisiones en las vías de tránsito para 2030, convirtiéndose en la quinta causa de mortalidad a nivel mundial (WHO, 2018).

En Cuba los accidentes de tránsito constituyen la quinta causa de muerte, con un promedio diario de 31 siniestros (Gómez, Leiva, González, Paz, y Barreto, 2020). Las víctimas de mayor incidencia en los accidentes de tránsito de la



Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo **Atribución 4.0 Internacional** (CC BY 4.0)

isla la conforman personas jóvenes menores de 35 años de edad, seguido de las personas con edad entre 36 y 49 años, las personas de la tercera edad y los niños (ONEI, 2019).

La Organización de las Naciones Unidas (ONU) en el año 2015 aprobó la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, que comprende los 17 Objetivos que reemplazan a los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM). En los Objetivos de Desarrollo Sostenible 2030 (ODS), se definen dos metas relacionadas con la seguridad vial, ver en (PNUD, 2015).

Meta 3.6: Para 2020, reducir a la mitad el número de fallecidos y lesiones causadas por accidentes de tránsito en el mundo.

Meta 11.2: Para 2030, proporcionar acceso a sistemas de transportes seguros, asequibles, accesibles y sostenibles para todos y mejorar la seguridad vial, en particular mediante la ampliación del transporte público, prestando especial atención a las necesidades de las personas en situación vulnerable, las mujeres, los niños, las personas con discapacidad y las personas de edad.

Según (Uzcátegui, 2016) se debe procurar tener sistemas y modelos de transporte rápidos, confiables, oportunos y seguros que contribuyan al más eficiente desarrollo de las ciudades o países.

Los desperfectos técnicos son fallas mecánicas que se producen en los sistemas de los medios de transporte cuando estos se encuentran en funcionamiento, se pueden presentar fallas por distintos factores como por ejemplo: mantenimiento poco frecuente, empleo no adecuado, sobreexplotación en la utilización, instalación de partes y piezas no recomendadas por los fabricantes, entre otros; es importante que el conductor del vehículo conozca cuáles son los sistemas que no pueden fallar durante la conducción y que serían causantes de accidentes automovilísticos (Campos, 2010).

Materiales y métodos

El Ministerio del Transporte en Cuba (MITRANS) es el organismo regulador de las políticas de transporte en el país y para determinar los defectos técnicos de los vehículos automotores se emplean plantas de revisión técnica fijas y móviles que se habilitan por el MITRANS en las diferentes provincias del país. De los vehículos que se someten a las revisiones técnicas se obtiene un resultado que puede ser favorable o desfavorable, en el primer caso se emite un certificado de Revisión Técnica que se le entrega al poseedor legal del vehículo autorizando que puede transitar por la red vial del país, en el otro caso, no se expide el certificado de Revisión Técnica, en su lugar se conforma un dictamen de revisión técnica en el que se hace constar todas las deficiencias detectadas, prohibiendo la circulación del vehículo (MINJUS, 2011).



La información que se recoge de cada vehículo que se revisa en las plantas de revisión técnica, se almacena en el Sistema General de Bases de Datos (SGBD) de la Empresa Nacional de Revisión Técnica Automotor (MITRANS, 2012). Este SGBD presenta insuficiencias para realizar una clasificación argumentada de los defectos técnicos, que con mayor frecuencia se manifiestan en un determinado lote de vehículos o en una marca específica, pues como resultado de las inspecciones individuales se emite solo si el vehículo presenta un estado favorable o desfavorable para la circulación vial por las carreteras del país. Entre las deficiencias que muestra el SGBD se destacan las siguientes:

- pobre representación de las variables que describen el proceso de revisión, siendo necesario descomponerlas para almacenarlas en varias tablas y tener que realizar muchos ajustes para recuperarlas;
- las tablas que soportan las variables tienen una sobrecarga semántica, porque se utilizan para almacenar tanto las entidades como relaciones, sin que haya la posibilidad de distinguir, qué representa cada tabla, sin la asistencia de un experto. En el caso de las relaciones no se expresa lo que representa la relación, ni su significado;
- el modelo relacional tiene un conjunto fijo de operaciones, que viene dado por la especificación del estándar de SQL. Esto resulta muy restrictivo para modelar el comportamiento de las entidades en el sistema;
- se hace difícil el manejo de consultas recursivas;
- el esquema de la base de datos no se adecua para la realización de tratamientos estadísticos, por lo que sería necesario realizar cambios en dicho esquema, cuestión que tomaría mucho tiempo y se tendrían que desarrollar programas de aplicación;
- solo permiten generar información resumida de una manera previamente establecida, poco flexible y sobre todo poco escalable a grandes volúmenes de datos;
- no permiten obtener ninguna información acerca de las relaciones existentes entre las variables, perdiéndose la oportunidad de conocer más a fondo los datos, su estructura y relaciones;
- dificultad en conocer cuáles de las variables están relacionadas, para ello se debe realizar cierto proceso por un experto en el tema y requiere de tiempo;
- no está orientado al análisis para dar soporte a la toma de decisiones, debido a que son sistemas optimizados para la gestión y no para el análisis en función de dar soporte a la toma de decisiones.

Para lograr una fundamentación basada en modelos que establezcan la relación, entre los defectos técnicos detectados en la inspección y los vehículos que presentan una mayor incidencia en la seguridad vial, desde un enfoque sistémico, que posibilite realizar un análisis integral, facilitando la extracción de conocimiento no explícito en los datos, que



sirva como apoyo a la toma de decisiones en función de aumentar la seguridad vial y la disminución de los accidentes del tránsito por defectos técnicos, será necesario el uso de las técnicas de Inteligencia Artificial (IA) y sobre todo de los Árboles de Decisión para clasificar el estado técnico del vehículo, en base a los defectos técnicos que presente el mismo.

Las técnicas de IA a mediados del siglo pasado comenzaron a utilizarse y aplicarse en diferentes áreas de la vida cotidiana de las personas, apoyando la toma de decisiones de los individuos en problemas que requieren de asistencia en tiempo real. El área del transporte es una de las principales áreas de aplicación de la IA, pues existen diferentes proyectos industriales en los cuales el objetivo principal es conseguir una mayor seguridad y menor dependencia del ser humano para la conducción de autos, navegación de embarcaciones y el pilotaje de aviones (Lepage, 2016); además, en la predicción de accidentes de tránsito (Montt, Rubio, y Lanata, 2013), la detección de infracciones de tránsito (Rocha y Escorcía, 2010), la detección de matrículas de vehículos (Perdomo, Amaral, Monsanto, y Pérez, 2018), la fabricación de vehículos autónomos (Li, Díaz, Morantes, y Dorati, 2018), la detección de somnolencia en conductores de vehículos para alertar la ocurrencia de accidentes de tránsito (Mayon y Limaquispe, 2018), la localización de vehículos (Arce, Goderich, y Hernández, 2012) y entre otras múltiples aplicaciones en las cuales se podría aplicar la IA a la rama del transporte.

Las técnicas de IA han demostrado ser útiles, debido a las potencialidades que presentan para tratar problemas complejos, alcanzando un aceptado grado de certeza en los resultados obtenidos con respecto a la detección y caracterización de los defectos técnicos en vehículos. La aplicación de las técnicas de IA es factible en la resolución de problemas en tiempo real, pues cuentan con la capacidad de procesar velozmente grandes volúmenes de datos, requieren que se cuente con un personal calificado y con experiencia, contribuyendo de esta forma a un apoyo efectivo en la toma de decisiones.

Los argumentos que anteriormente se presentaron justifican la viabilidad de aplicar las técnicas de IA, para detectar cuáles son los defectos técnicos que más pueden afectar a los vehículos en estudio, así como agrupar los mismos por sistemas de funcionamiento, permitiendo que los especialistas de la Empresa Nacional de Revisión Técnica Automotor le recomienden a las entidades inspeccionadas las partes y piezas que deben adquirir para realizar las acciones de reparación y mantenimiento en los vehículos, con el objetivo de garantizar la seguridad vial.

Entre las técnicas de IA más utilizadas para la construcción de sistemas que analicen grandes cantidades de datos, para buscar el comportamiento de los datos en un determinado contexto, se encuentran las Máquinas de Soporte Vectorial (SVM), las Redes Neuronales Artificiales (RNA), las Redes Bayesianas (RB), el Razonamiento Basado en Casos (RBC), los Árboles de Decisión (AD), Reglas de Asociación (RA), entre otras, estas técnicas tienen en común



que aprenden de los datos que van procesando y a su vez mejoran, en cada una de las iteraciones sucesivas la precisión en las clasificaciones o predicciones que realizan, siendo de gran utilidad para el apoyo a la toma de decisiones. En el presente trabajo se utilizan los AD, porque permiten un mejor entendimiento de los resultados debido a la creación de reglas de decisión (sí-entonces), las cuales son comprensibles por cualquier persona no experta en Inteligencia Computacional (Ospina-Mateus y Quintana, 2019).

Los AD son hoy en día ampliamente utilizados, ya sea como herramienta de predicción, de clasificación o simplemente como herramienta de exploración. Su interés radica, principalmente, en su capacidad de detectar y dar cuenta de los efectos no lineales en la variable respuesta, así como las interacciones de orden superior de sus predictores (Solarte y Soto, 2011).

Los AD crean un modelo de clasificación basado en grafos arbóreos y clasifica casos en grupos o pronostica valores de una variable (criterio) dependiente basada en valores de variables independientes (predictores). El procedimiento proporciona herramientas de validación para análisis de clasificación exploratorios y confirmatorios. Se pueden emplear para: segmentación, estratificación, predicción, reducción de datos y clasificación de variables, identificación de interacción, fusión de categorías y discretización de variables continuas. Las variables dependientes e independientes que este procesa pueden ser nominales, ordinales, de intervalo o de razón. Se plantea que los AD son quizás el método más fácil de utilizar y entender para el proceso de toma de decisiones, siendo especialmente apropiados para expresar conocimientos de una base de datos (Bouza & Santiago, 2012).

El AD CHAID se basa en tratar de enfocar el efecto de todas las variables (predictivas o independientes) conjuntamente, incluyendo sus posibles correlaciones; así como sus posibles interacciones sobre la variable dependiente. Brevemente, la técnica CHAID, particiona a los datos en subconjuntos mutuamente excluyentes, que describen mejor la variable dependiente. Los subconjuntos de datos se construyen mediante el uso de pequeños grupos de predictores. El propósito de la selección de estos predictores, es precisamente utilizarlos en otros análisis o que la predicción de la variable dependiente se enfoque en los predictores detectados (Ritschard, 2013).

Con el objetivo de analizar el funcionamiento de los sistemas que se relacionan a continuación:

- de frenos;
- de dirección;
- de suspensión;
- de luces;
- de transmisión y carrocería;
- de neumáticos;



- de electricidad;
- la concentración de monóxido de carbono u opacidad de los gases de escape; y
- el nivel de ruido;

en los vehículos en estudio, se generaron 63 variables que caracterizan los defectos técnicos, dichas variables constituyen el material básico para conformar los árboles de decisión. Teniendo en cuenta la variabilidad de vehículos por tipo y marcas se seleccionaron 222 ómnibus Yutong ZK 6100 HB, pertenecientes a la misma empresa.

Se crea una base de datos, donde se almacena la información que se capta de las variables que caracterizan los defectos técnicos, la base de datos conformada forma parte del SGBD de la Empresa Nacional de Revisión Técnica Automotor y los datos acopiados se tomaron de las 12 plantas fijas de revisión técnica automotor del país.

Luego, de almacenarse los datos en la base de datos, los cuales no presentan datos perdidos y a través, de consultas e intercambios con los especialistas de la Empresa Nacional de Revisión Técnica Automotor, se pudo constatar que tampoco presentan valores erróneos, se procede a la aplicación de las técnicas de IA, específicamente los AD.

Los AD permitieron identificar y resumir los defectos técnicos que más afectan a la flota de ómnibus en estudio; además, se pudieron agrupar los defectos técnicos en base a los sistemas de funcionamiento. La herramienta que se emplea en el estudio es el software de cálculo estadístico, SPSS en su versión 23.

Resultados y discusión

A partir de los resultados obtenidos se pudo constatar que con los Árboles de Decisión, de 63 variables que se emplearon inicialmente para caracterizar los defectos técnicos en base a los 9 sistemas de funcionamiento estudiados, se redujo el número de variables a 15, pues fueron las que se seleccionaron por los AD como variables de interés; los defectos técnicos identificados se concentraron en los siguientes sistemas de funcionamiento: alumbrado, frenos, electricidad y dirección. Las variables que resultaron de interés en el estudio se muestran en la tabla 1.

Se obtuvieron 15 reglas de decisión de utilidad del análisis de los árboles de decisión conformados en el estudio, en la figura 1 se muestra uno de los árboles de decisión. Las reglas permitieron adquirir el conocimiento necesario para la toma de decisiones con respecto al parque vehicular de los 222 ómnibus Yutong. La interpretación de las 15 reglas se expone a continuación:

- 42 ómnibus obtuvieron la calificación de favorables, 123 alcanzaron la categoría de favorables con defectos leves y 57 se catalogaron como desfavorables;
- todo el parque vehicular está afectado por el defecto de alumbrado cruce luz derecha, intensidad;
- 45 ómnibus presentaban problemas con el alumbrado cruce luz izquierda, intensidad;



- 82 ómnibus se encontraban afectados por el defecto de instalación eléctrica de batería (obsoleto);
- 124 ómnibus estaban afectados por el defecto freno de estacionamiento eje 2 relación esfuerzo/peso;
- 77 ómnibus tenían afectación en el freno de servicio eje 2% diferencia máximo esfuerzo;
- 93 ómnibus estaban afectados por las rotulas (yoquis), barras y brazos.

Los AD resultan útiles para el apoyo a la toma de decisiones de los especialistas de la Empresa Nacional de Revisión Técnica Automotor y de sus usuarios en cuanto a la identificación de los defectos técnicos en sus respectivos parques de vehículos, detección de los sistemas de funcionamiento que presentan deficiencias; en base a lo anterior, se podrá realizar por parte del usuario una mejor planificación de las reparaciones y los mantenimientos, teniendo en cuenta niveles de prioridad que garanticen una mejor sostenibilidad del parque vehicular y se contribuya a mejorar la seguridad vial .

Tabla 1. Denominación de las variables (defectos técnicos) que afectan al parque vehicular. Fuente: Elaboración propia.

No.	Variables	Etiquetas
1	Alumbrado cruce luz derecha intensidad	A1
2	Alumbrado cruce luz izquierda intensidad	A2
3	Alumbrado cruce luz derecha vertical	A3
4	Alumbrado cruce luz izquierda vertical	A4
5	Alumbrado de carretera luz derecha intensidad	A5
6	Alumbrado de carretera luz izquierda intensidad	A6
7	Instalación eléctrica de batería obsoleto	IE
8	Luces de cruce intensidad y reglaje	LU
9	Freno de servicio eje 1 % variación	FS1
10	Freno de servicio eje 2% diferencia máximo esfuerzo	FS2
11	Freno de servicio eje 2 rueda izquierda esfuerzo residual	FSI
12	Freno de estacionamiento variación dinámica	FEVD
13	Freno de estacionamiento eje 2 relación esfuerzo/peso	FEEP
14	Rotulas (yoqui) barras y brazo	RBB
15	Año de fabricación	AF



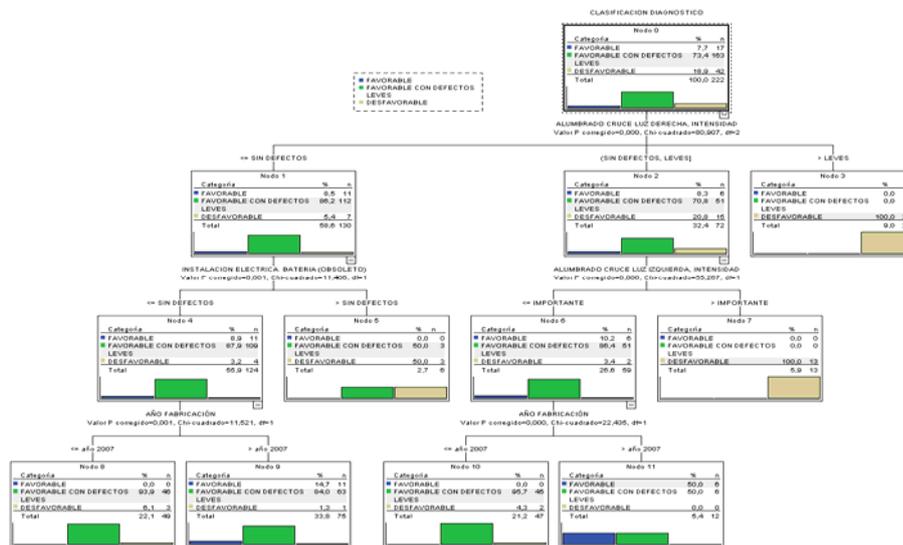


Figura 1. Árbol de decisión I. Fuente: Elaboración propia.

Conclusiones

El estudio desarrollado permitió valorar de forma sistémica la incidencia de los defectos técnicos en un grupo de vehículos, lo que ha contribuido a la toma de decisiones argumentadas a partir de la información almacenada en el SGBD de la Empresa Nacional de Revisión Técnica Automotor.

Se describieron las deficiencias que presenta el SGBD de la Empresa Nacional de Revisión Técnica Automotor, para realizar una clasificación argumentada de los defectos técnicos que se presenten en un determinado lote de vehículos y para el apoyo de la toma de decisiones de los especialistas de la Empresa Nacional de Revisión Técnica Automotor. El análisis realizado contribuye a seleccionar los defectos técnicos que resultan de interés y los sistemas de funcionamiento que presentan deficiencias en el grupo de vehículos en estudio. Las entidades y personas jurídicas que posean vehículos para inspeccionar por la Empresa Nacional de Revisión Técnica Automotor, podrán una vez realizada la inspección, planificar de una forma eficiente los recursos para: las reparaciones, los mantenimientos y ayudar al mejoramiento de la seguridad vial de su parque vehicular.

La aplicación de las técnicas de IA, basadas específicamente en los AD, extrajeron conocimientos no explícitos en los datos, a través de la combinación de cinco árboles de decisión, que resumiendo los mismos se pudieron obtener reglas de decisión de importante utilidad para la toma de decisiones.



Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo **Atribución 4.0 Internacional** (CC BY 4.0)

Conflictos de intereses

Los autores declaran que no poseen conflictos de intereses.

Contribución de los autores

Conceptualización: Hugo Arnaldo Martínez Noriega, Pedro Monteagudo Azcuy.

Curación de datos: Hugo Arnaldo Martínez Noriega, Pedro Monteagudo Azcuy.

Análisis formal: Hugo Arnaldo Martínez Noriega.

Investigación: Hugo Arnaldo Martínez Noriega, Pedro Monteagudo Azcuy.

Metodología: Hugo Arnaldo Martínez Noriega.

Recursos: Hugo Arnaldo Martínez Noriega.

Software: Hugo Arnaldo Martínez Noriega.

Supervisión: Hugo Arnaldo Martínez Noriega.

Validación: Pedro Monteagudo Azcuy.

Visualización: Hugo Arnaldo Martínez Noriega, Pedro Monteagudo Azcuy.

Redacción – borrador original: Hugo Arnaldo Martínez Noriega, Pedro Monteagudo Azcuy.

Redacción – revisión y edición: Hugo Arnaldo Martínez Noriega, Pedro Monteagudo Azcuy.

Financiamiento

La investigación no requirió fuente de financiamiento externa.

Referencias

- Arce, A., Goderich, R. E., y Hernández, Y. (2012). FE-AVL sistema automático de localización vehicular. *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, 6(4), 70-81.
- Bouza, C. N., y Santiago, A. (2012). La Minería de Datos: Árboles de Decisión y su aplicación en estudios médicos. *Revista Modelación Matemática de fenómenos del Medio Ambiente y la Salud*, 2, 64-78.
- Campos, A. (2010). *Violencia Social* (Primera Edición, Vols. 1–19). San José, Costa Rica: Editorial Universidad Estatal a Distancia.
- Gómez, R., Leiva, Y., González, J. M., Paz, O., y Barreto, E. (2020). Mortalidad por accidente de tránsito en el adulto mayor en la Provincia de Villa Clara. *Acta Médica del Centro*, 14(2), 201-209.



Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo **Atribución 4.0 Internacional** (CC BY 4.0)

- Lepage, C. (2016). *Aplicaciones actuales de la inteligencia artificial y su uso con la tecnología IBM Watson* (Tesina). Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima - Perú.
- Li, Y., Díaz, M., Morantes, S., y Dorati, Y. (2018). Vehículos autónomos: Innovación en la logística urbana. *Autonomous vehicles: Innovation in urban logistics. Ric*, 4(I), 34-39. <https://doi.org/10.33412>
- Maldonado, R. O., y Neira, E. M. (2019). *Análisis de accidentes de tránsito provocados por fallas mecánicas en los vehículos de la categoría N1 y de la subcategoría M3 tipo BUS, en el Cantón Cuenca-Ecuador* (Ingeniería Mecánica Automotriz). Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, Cuenca-Ecuador.
- Mayon, E., y Limaquispe, R. (2018). *Sistema de detección de somnolencia mediante Inteligencia Artificial en conductores de vehículos para alertar la ocurrencia de accidentes de tránsito* (Tesis optar por el título de Ingeniero Eléctrico). Universidad Nacional de Huancavelica, Peru.
- MINJUS. Gaceta Oficial de la República de Cuba, Pub. L. No. 14, Resolución No. 151/11 51 (2011).
- MITRANS. (2012). *Informe de revisión técnica automotor* (Técnico No. 107). La Habana, Cuba: Ministerio del Transporte.
- Montt, C., Rubio, J. M., y Lanata, S. (2013). Análisis de accidentes de tránsito con inteligencia computacional. Presentado en XVI Congreso Chileno de Ingeniería de Transporte, Santiago de Chile.
- ONEI. (2019). *Anuario Estadístico de Cuba 2019. Capítulo 23: Accidentes de tránsito*. (Anuario Estadístico) (pp. 1-10). Cuba: Oficina Nacional de Estadísticas e Información.
- Ospina-Mateus, H., y Quintana, A. (2019). Predicción de accidentes viales en Cartagena, Colombia, con Árboles de Decisión y Reglas de Asociación. *Economía & Región*, 13(2), 83-115.
- Perdomo, E. A., Amaral, O., Monsanto, D., y Pérez, J. (2018). Algoritmo para la detección e identificación de matrículas cubanas sobre Raspberry Pi (pp. 1-10). Presentado en Informática 2018, Habana.
- PNUD. (2015). *Transformas nuestro mundo: La Agenda 2030 para el desarrollo sostenible*. Naciones Unidas.
- Ritschard, G. (2013). CHAID and Earlier Supervised Tree Methods. *Contemporary Issues in Exploratory Data Mining in Behavioral Sciences*, 48-74.
- Rocha, Casimiro, A., y Escorcía, J. R. (2010). Sistema de Visión Artificial para la Detección y el Reconocimiento de Señales de Tráfico basado en Redes Neuronales (pp. 1-10). Presentado en 8th Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology, Arequipa, Perú.
- Solarte, G. R., y Soto, J. A. (2011). Arboles de decisiones en el diagnóstico de enfermedades cardiovasculares. *Scientia et Technica Año*, XVI(49), 104-109.



Uzcátegui, J. (2016). Sustentabilidad organizacional de los sistemas de transporte público masivo en México.

Presentado en XVIII Congreso Latinoamericano de Transporte Público y Urbano, Montevideo, Uruguay.

WHO. (2018). *Global status report on road safety 2018* (Oficial) (pp. 1-424). Italia: World Health Organization.



Esta obra está bajo una licencia *Creative Commons* de tipo **Atribución 4.0 Internacional**
(CC BY 4.0)