

Research Article

Artificial Intelligence System for Automobile Braking Control

Sistema de Inteligencia Artificial para Control de Frenado de un Automóvil

Iván E. Yáñez and Alex Guzmán

Ingeniería Automotriz, Universidad UTE, Quito, Ecuador

ORCID

Iván E. Yáñez: <https://orcid.org/0000-0002-5970-3021>

IV INTERNATIONAL
CONGRESS OF
ENGINEERING FACULTY OF
MECHANICS (IV COINTI
2021)

Corresponding Author: Iván
E. Yáñez; email:
ivan.yanez@ute.edu.ec

Published: 31 August 2022

Production and Hosting by
Knowledge E

© Iván E. Yáñez and Alex
Guzmán. This article is
distributed under the terms of
the [Creative Commons
Attribution License](#), which
permits unrestricted use and
redistribution provided that
the original author and
source are credited.

Abstract

An Artificial Intelligence (AI) algorithm based on neural networks is developed, which allows controlling the braking system of a car. For this, a simulation model is used that allows for testing the neural network (NN) algorithm. The input parameters to the neural network are the speed of the car and the proximity to the car that is ahead called the safety distance, while an output parameter is the information available to activate the Brake System. Other parameters used in the weighting of the error function associated with the RN are the driving mode, for example, driving fast or slow, or when driving fast, applying the brakes more frequently. In the first instance, the algorithm learns the driving mode, forward speed, braking, and proximity to the front vehicle. Then, the algorithm must be tested in unknown situations and the learning capacity must be verified.

Keywords: *artificial intelligence, braking system, autonomous driving.*

Resumen

Se desarrolla un algoritmo de Inteligencia Artificial (AI) basado en redes neuronales, que permite controlar el sistema de frenos de un auto. Para esto se utiliza un modelo de simulación que permite probar el algoritmo de red neuronal (RN), los parámetros de ingreso a la red neuronal son la velocidad del auto y proximidad al auto que va adelante denominada distancia de seguridad, como parámetro de salida se tiene la información para activar el Sistema de frenos. Otros parámetros utilizados en la ponderación de la función de error asociada a la red neuronal son el modo de manejo, por ejemplo, el hecho de manejar rápido o lento, o cuando se maneja rápido, aplicar los frenos con mayor frecuencia. En primera instancia el algoritmo aprende el modo de manejo, velocidad de avance, frenado, proximidad al vehículo delantero, posteriormente hay que probar el algoritmo en situaciones desconocidas y verificar la capacidad de aprendizaje.

Palabras Clave: *inteligencia artificial, sistema de frenos, conducción autónoma.*

 OPEN ACCESS



1. Introducción

Los vehículos actuales incorporan mucha electrónica en sus sistemas de funcionamiento, la automatización de los procesos mecánicos del vehículo es común en todos los fabricantes de automóviles [1], sobre todo porque el control electrónico de los procesos mecánicos permite la optimización de los recursos, hoy en día se tiene electrónica en los sistemas de alimentación de combustible, sistemas de transmisión, suspensión, frenos, dirección, climatización, iluminación, es decir en todos los sistemas existe electrónica, y en este punto es oportuno el desarrollo de software que permita controlar los sistemas electrónicos, la tendencia es el desarrollo de software y de algoritmos que permitan el control de procesos de forma autónoma, para esto se necesita desarrollar algoritmos de inteligencia artificial que permitan en primer instancia aprender del conductor ciertos hábitos de manejo y luego y mejorando con el aprendizaje [2]. En este trabajo de investigación se desarrolla un algoritmo de redes neuronales que permite controlar de forma autónoma (nivel 2) el sistema de frenos de un auto, usando como variables de ingreso a la red neuronal de frenado (RNF) la velocidad del auto y la proximidad del vehículo que va adelante, también se puede obtener información adicional de otros sensores, como el de posición del pedal de aceleración y frenado. La RN se somete a pruebas utilizando un conjunto de datos aleatorios que simulan el comportamiento del vehículo que va adelante. En un posterior trabajo se integrará esta RNF con la red neuronal del sistema de dirección RND para lograr un sistema básico de conducción autónoma. En la actualidad existen asistentes de manejo instalados en los autos que gracias a la AI permiten controlar de manera segura la velocidad y frenado del auto, uno de ellos es el conocido sistema ADAS (Advanced Driver Assistance Systems) [3] [4], sistemas capaces de frenar de manera autónoma, o detectar peatones y monitoreo permanente de puntos ciegos, ya se aplica estos sistemas de conducción inteligentes en algunos vehículos, la idea es reducir drásticamente la accidentabilidad en el mundo. Para la simulación se considera un microciclo que inicia a 0 km/h, llega a 60 km/h y luego el vehículo otra vez se detiene, existen algunas estrategias en lo que se refiere al diseño de micro ciclos [5]. En la actualidad existen sistemas que permiten el monitoreo permanente de parámetros del vehículo usando sistemas de localización avanzados (AVL).

1.1. La inteligencia artificial

El origen de la Inteligencia Artificial data del año de 1956 en Estado Unidos, en una reunión en donde participaron entre otros científicos McCarthy, Minsky, Rochester, por



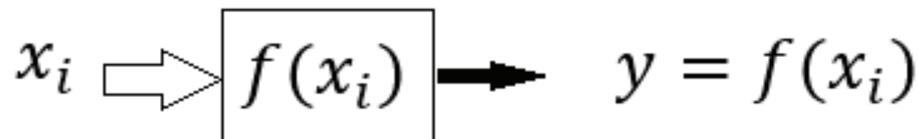
primera vez se acuñó el término inteligencia Artificial y obviamente se da una definición básica: la inteligencia artificial es un sistema o máquina que en sus acciones no se diferencia en nada de un humano [6].

Para el diseño de un sistema de Inteligencia Artificial se utiliza como herramienta fundamental una Red Neuronal Artificial (RNA), que es un conjunto de unidades de procesamiento denominadas neuronas conectadas entre sí de manera paralela, la neurona recibe, procesa y emite información [7]. Una neurona se define matemáticamente de la siguiente forma:

$$y = \sum_{i=1}^N W_i x_i + b;$$

Ecuación 1: Modelo de red neuronal.

x_i , son entradas a la neurona y puede ser información del exterior o salida de otra neurona. W_i son los pesos de las señales de entrada, por ejemplo, según el modo de conducción el peso está relacionado con el parámetro de velocidad, o con el parámetro de proximidad del auto que va adelante en el caso de un vehículo de turismo, por ejemplo. En un vehículo de competencia ambos parámetros son importantes, alta eficiencia de frenado en condiciones de manejo extremas a alta velocidad. Un esquema gráfico de una neurona sería el siguiente:



Para que el procesamiento de datos sea semejante a una red neuronal biológica, las neuronas son procesadores informáticos dispuestos de manera paralela, capaces de realizar acciones de aprendizaje [3].

1.2. Sistema de frenos

Básicamente, el sistema de frenos de un auto tiene como objetivo fundamental regular la velocidad, el sistema debe ser muy eficiente de tal manera que permita detener el vehículo en el menor tiempo y distancia posible, si se presenta una situación imprevista como el cruce de un peatón, o que el vehículo que va adelante frene de forma brusca. El sistema de frenos es un sistema de seguridad activa, por tanto es un sistema fundamental en el auto, de ahí que la automatización del mismo es primordial, se dice que el 93% de accidentes en el mundo es por causa humana [8], por tanto el



complementar la acción humana de frenado mediante un asistente de inteligencia artificial de frenado es de singular importancia. El tema es que el humano no reacciona inmediatamente para frenar ante un evento, tarda cierto tiempo en hacerlo y este tiempo no es el mismo para diferentes conductores, depende del estado de ánimo, de la salud y de muchos factores propios de la condición humana esta distancia que recorre el auto mientras el conductor actúa sobre el pedal de freno se le denomina distancia de reacción. En ese momento el vehículo frena por acción mecánica y tampoco frena el auto inmediatamente, lo hace luego de cierto tiempo y recorre mientras tanto una distancia adicional denominada distancia de frenado, la suma de estas dos distancias se denomina distancia de detención [9]. Por tanto, la automatización del sistema de frenado eliminaría completamente la distancia de reacción [10].

El sistema de frenado convencional utiliza en forma general tambores de frenos y zapatas en las ruedas posteriores, discos y pastillas en las ruedas delanteras [11]. La mayor parte de vehículos utiliza sistema de frenado con accionamiento hidráulico que en las mejores tecnologías cuenta con un módulo de control de antibloqueo (ABS), que permite frenar de forma independiente las cuatro ruedas. Es en este módulo electrónico que se realizará las pruebas del sistema de Inteligencia Artificial de Frenado (AISB) en un trabajo posterior.

1.3. Materiales y Métodos

El auto que tiene inteligencia artificial de frenado se lo denominará de aquí en adelante vehículo de prueba con Inteligencia Artificial (VPAISB). Para desarrollar el sistema de frenado con Inteligencia Artificial se considera que existe un vehículo delante y que se mueve con una velocidad variable en el tiempo, en el caso real un sensor de proximidad será utilizado para informar a la RN de la cercanía del auto delantero. La red neuronal de frenado se implementa mediante el algoritmo conocido como ANN-Back propagation. La integración del algoritmo de AI con el ABS se la implementará mediante una interface de hardware no descrita en este artículo.

Para implementar el AISB se sigue los siguientes pasos:

1. Se utiliza una función Gaussiana para simular la información proveniente del sensor de proximidad del vehículo delantero.
2. Se considera que límite máximo de velocidad para este estudio es de 60 km/h. Y el límite mínimo de cercanía se obtiene dividiendo la velocidad para 2, pero en metros.



3. La velocidad (posición del pedal del acelerador) es el otro parámetro que alimentará la RN.
4. La salida de la RN es la información que se utiliza para controlar el sistema de frenado del auto.
5. La ponderación depende del modo de manejo, conducción moderada, o conducción agresiva.

2. Resultados

2.1. Desarrollo del modelo AI de frenado

Sea la variable x_1 la velocidad, $x_1 = x_1(t)$ es paramétrica en el tiempo, para la simulación se ha escogido de tipo Gaussiano, la unidades de velocidad son [km/h].

$$x_1(t) = 60e^{-0.1(t-7)^2}$$

Ecuación 2: Función Gaussiana.

Los límites de la función son 0 km/h y 60 km/h, que es el rango de velocidad en el cual se va a simular, en un microciclo.

$$0 < x_1 < 60\left(\frac{km}{h}\right)$$

Sea x_2 la distancia de seguridad, en el presente trabajo se lo simula mediante un conjunto de números aleatorios entre 2 y 30 [m]. Los parámetros de ponderación de cada variable son funciones lineales de valor real entre 0 y 1 en pasos de 0.1.

$$0 < W_1 < 1; \text{ para velocidad}$$

$$0 < W_2 < 1; \text{ para proximidad}$$

$$y = W_1x_1 + W_2x_2 + b;$$

Ecuación 3: Red de 2 variables.

El grafo de la RN que simula el sistema de frenado del auto se lo presenta en la Figura 1, para dibujar la RN existen algunas alternativas de software, por ejemplo, en el internet existe una herramienta en línea para simulación de redes neuronales denominada "A Neural Network Playground", que permite simular todos los parámetros de la RN.

La salida de la RN tiene dos estados: 1 es frenar y 0 es no frenar. No frenar se entiende en el caso del auto, como no aplicar el freno y no acelerar, o también puede

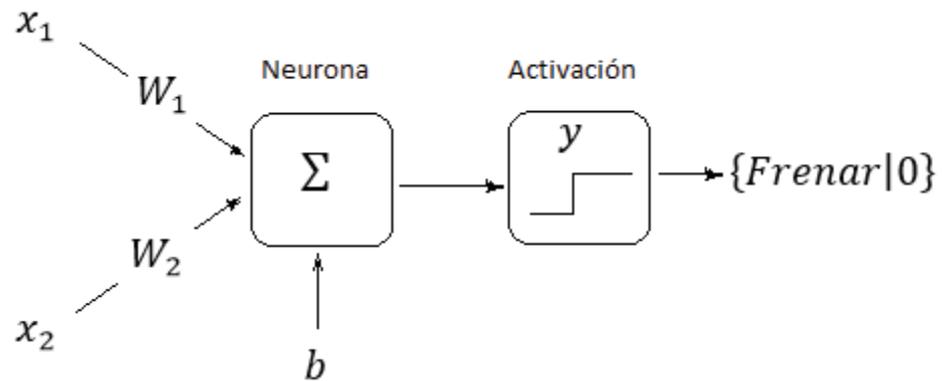


Figure 1

Modelo de RN de frenado.

ser no frenar y acelerar, la ordenada en el origen o perturbación en este estudio se supone $b=0$, esto debido a que el auto siempre inicia a una velocidad de 0 km/h, es decir para frenar el auto primero hay que ponerlo en movimiento, el caso cuando se frena para evitar el movimiento del auto se controla con el freno de estacionamiento.

2.2. Pruebas de la RN de frenado

En primera instancia se utiliza un micro ciclo lineal, para la prueba de la red neuronal, y se obtiene una señal de respuesta de la red de las siguientes características, ver Figura 2.

Hay que tomar en cuenta que la activación del sistema de frenos se hace usando una función sigmoidea o de salto, que se programa con una sentencia lógica SI.

$$\{1, 0\} = SI(y > 30; 1; 0)$$

Ecuación 4: Función de decisión.

Si la salida de la red neuronal (y) es mayor que 30 entonces se activa los frenos (1), caso contrario no (0). En la Tabla 1 se observa el resumen de la simulación de la red Neuronal con una velocidad de tipo lineal.

En la Figura 3. Se presenta la simulación de la RN usando un conjunto de datos de velocidad que tienen una tendencia de campana de Gauss.

La ponderación para ambas simulaciones es mediante un criterio de conducción agresivo, es decir se maneja rápido y la distancia de seguridad es mínima, los pesos son:

$$W_1 = 0.8; W_2 = 0,4;$$

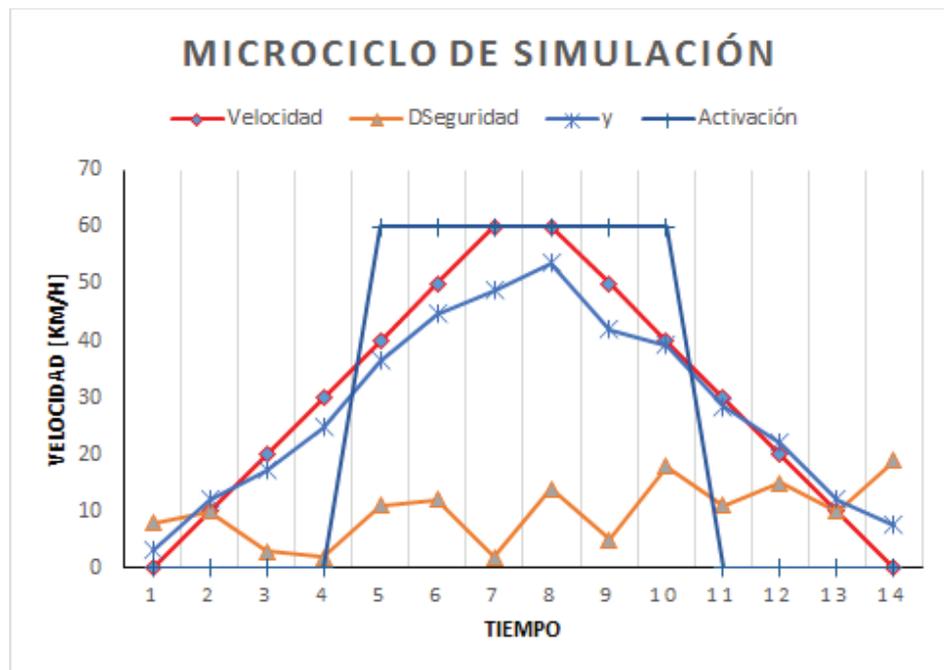


Figure 2

Micro ciclo lineal.

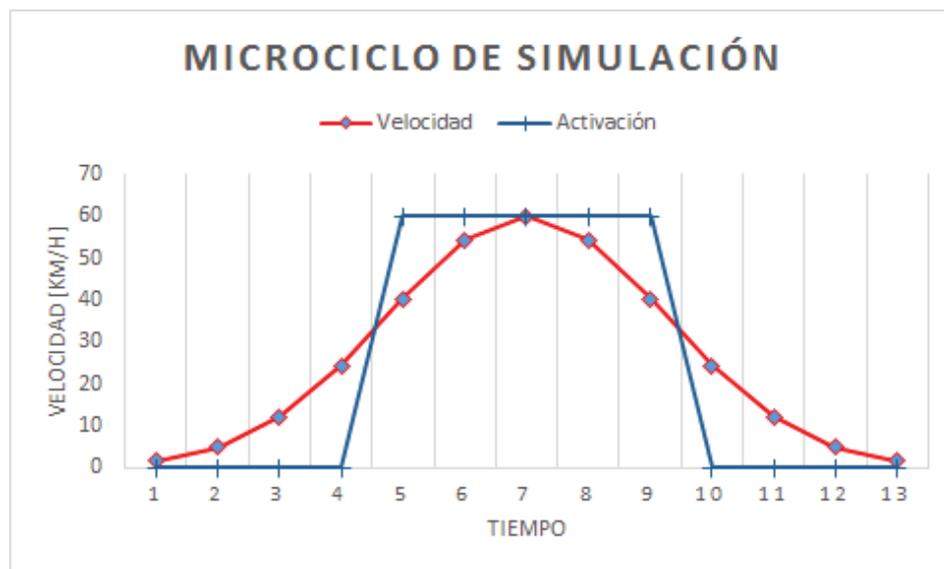


Figure 3

Microciclo con velocidad Gaussiana.

La distancia de seguridad x_2 son un conjunto de valores aleatorios que no dependen de nuestro vehículo, son valores que surgen al azar según sea la distancia al vehículo que va adelante.

$$x_2 = \text{aleatorio.entre}(2; 20)$$



Table 1

Valores de la simulación lineal de la RN, AISB.

	Velocidad	modo de manejo, rapidez	Distancia de Seguridad	modo de manejo, frenado	Salida Neuronal	Función de activación (Sigmoidea)	Activación	Acción de Frenado
	$0 < x_1 < 60$		$2 < x_2 < 20$		$y = w_1x_1 + w_2x_2$			
t	x_1	w_1	x_2	w_2	y		$\{1,0\} = \text{SI}(y > 30)$	
0	0	0,8	15	0,4	6	0	0	
1	10	0,8	9	0,4	11,6	0	0	
2	20	0,8	3	0,4	17,2	0	0	
3	30	0,8	19	0,4	31,6	1	60	FRENAR
4	40	0,8	12	0,4	36,8	1	60	FRENAR
5	50	0,8	20	0,4	48	1	60	FRENAR
6	60	0,8	8	0,4	51,2	1	60	FRENAR
7	60	0,8	6	0,4	50,4	1	60	FRENAR
8	50	0,8	9	0,4	43,6	1	60	FRENAR
9	40	0,8	8	0,4	35,2	1	60	FRENAR
10	30	0,8	19	0,4	31,6	1	60	FRENAR
11	20	0,8	13	0,4	21,2	0	0	
12	10	0,8	19	0,4	15,6	0	0	
13	0	0,8	9	0,4	3,6	0	0	

Elaborado por: Autor.

Ecuación 5: Función para generar números aleatorios.

En la Tabla 2 se observa el resumen de la simulación de la red Neuronal, es de destacar que la salida de la red (y) son valores dinámicos que cambian con el tiempo, de ahí que las figuras presentadas son como fotografías de la simulación, debido a que en el micro ciclo de conducción la distancia del vehículo que va adelante es un valor aleatorio.

En la Figura 4, se presenta las gráficas de la simulación de velocidad (x_1), distancia de seguridad (x_2), la salida de la RN (y) y la curva de activación que es una función de salto o Booleana.

2.3. Pruebas de la RN para reconocer una curva diferente de conducción

Para probar la RN AISB se utiliza una curva de prueba que representa un micro ciclo de manejo de acuerdo a un conjunto de datos de velocidad que tienen una tendencia parabólica, ver Figura 5.



Table 2

Valores de la simulación Gaussiana de la RN, AISB.

	Velocidad	Distancia de Seguridad	de Salida Neuronal	Activación	Acción de Frenado
	$0 < x_1 < 60$	$2 < x_2 < 20$	$y = w_1x_1 + w_2x_2$		
t	x_1	x_2	y	$\{1,0\} = SI(y > 30; 1; 0)$	
0	2	8	4,5	0	
1	5	2	4,7	0	
2	12	5	11,7	0	
3	24	15	25,5	0	
4	40	18	39,4	60	FRENAR
5	54	17	50,2	60	FRENAR
6	60	19	55,6	60	FRENAR
7	54	13	48,6	60	FRENAR
8	40	18	39,4	60	FRENAR
9	24	5	21,5	0	
10	12	14	15,3	0	
11	5	8	7,1	0	
12	2	6	3,7	0	
13	0	10	4,4	0	

Elaborado por: Autor.

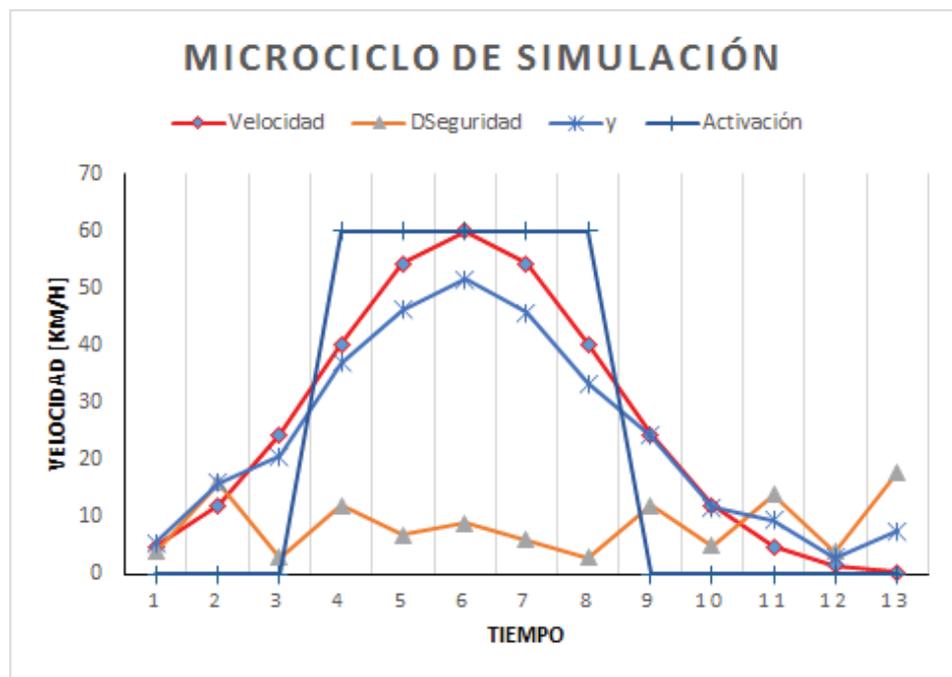


Figure 4

Espectro de simulación de la RN AISB Gaussiano.

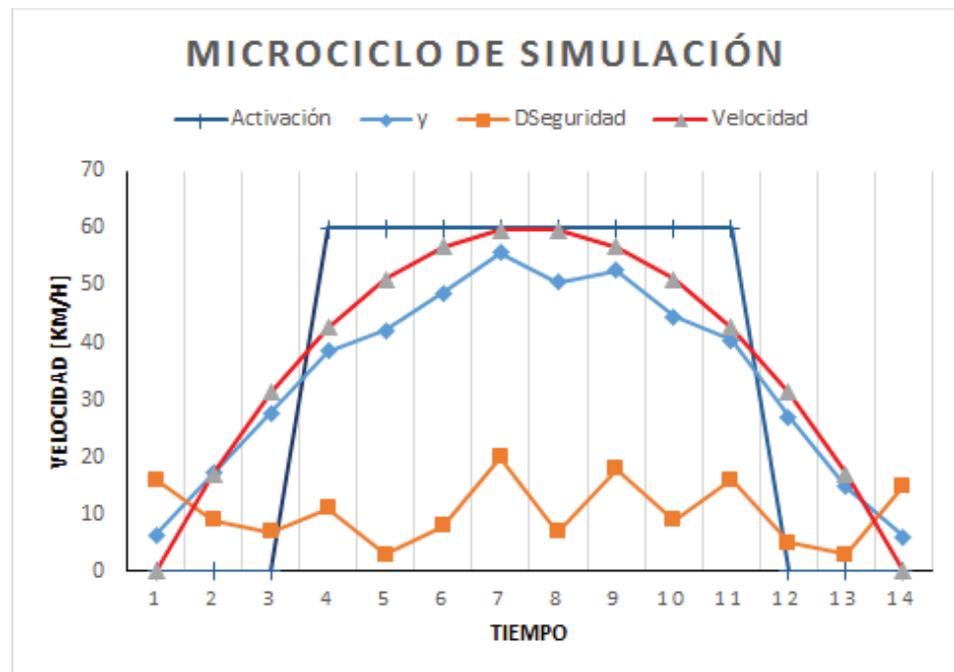


Figure 5

Micro ciclo con velocidad parabólica.

La ponderación para ambas simulaciones es mediante un criterio de conducción agresivo, es decir se maneja rápido y la distancia de seguridad es mínima, los pesos son los mismos usados en la simulación Gaussiana:

$$W_1 = 0.8; W_2 = 0.4;$$

La distancia de seguridad x_2 son un conjunto de valores aleatorios que no dependen de nuestro vehículo, son valores que surgen al azar según sea la distancia al vehículo que va adelante.

$$x_2 = \text{aleatorio.entre}(2; 20)$$

Ecuación 6: Generación de números aleatorios.

En la Tabla 3 se observa el resumen de la simulación de la red Neuronal con una velocidad de tipo parabólico.

2.4. Discusión

Para controlar el sistema de frenado del vehículo mediante la RN AISB se necesita automatizar el sistema de frenado, un sistema de más acción que el ABS, en primer lugar, el pedal de freno debe convertirse en un elemento de control, debe ser un



Table 3

Valores de la simulación parabólica de la RN, AISB.

	Velocidad	Distancia de Seguridad	Salida Neuronal	Activación	Acción de Frenado
	$0 < x_1 < 60$	$2 < x_2 < 20$	$y = w_1x_1 + w_2x_2$		
t	x_1	x_2	y	$\{1,0\} = SI(y > 30; 1; 0)$	
0	0	5	2,0	0	
1	17	3	14,8	0	
2	31	14	30,6	60	FRENAR
3	43	2	34,9	60	FRENAR
4	51	3	42,1	60	FRENAR
5	57	14	51,0	60	FRENAR
6	60	17	54,5	60	FRENAR
7	60	4	49,3	60	FRENAR
8	57	13	50,6	60	FRENAR
9	51	15	46,9	60	FRENAR
10	43	7	36,9	60	FRENAR
11	31	18	32,2	60	FRENAR
12	17	12	18,4	0	
13	0	8	3,2	0	

Elaborado por: Autor.

interruptor, o un potenciómetro de aquí en adelante se lo llamará pulsador de frenado. Estos son sensores que determinan la posición del pedal de frenado, puede ser pedal de frenado o un pulsador en el volante (El pedal o un pulsador en el volante). El pulsador de frenado tiene dos opciones por seguridad:

1. Frenado Manual
2. Frenado Automático

Frenado Manual: El pulsador envía la señal a la ECU y la computadora habilita las válvulas hidráulicas para que se realice la acción de frenado mecánica (Discos y Tambores).

Frenado Automático: En este modo de frenado, el sistema se encarga del frenado, aquí el comando del sistema de frenado es responsabilidad del AISB la señal de frenado proveniente del sistema de inteligencia artificial (y) es entrada para la ECU, de tal manera que la ECU activa las electroválvulas hidráulicas para realizar la acción de frenado (Discos, Tambores), ver la Figura 6.

El sistema hidráulico mantiene la presión de trabajo adecuada para el funcionamiento de las electroválvulas, y obviamente la presión hidráulica para que las bombas en

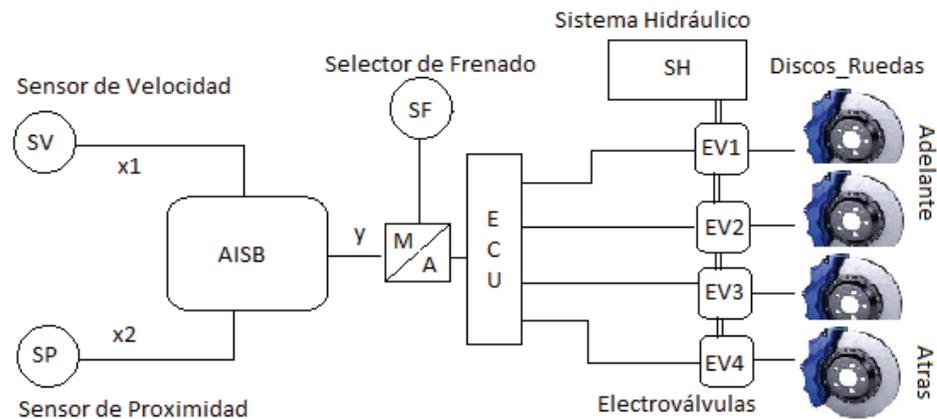


Figure 6

Esquema del sistema de frenado Autónomo/Manual.

las mordazas ejecuten la acción de frenado. La ECU descrita en el esquema anterior hace referencia a una ECU del sistema de frenado, por tanto, integra el ABS, en el gráfico no se muestra los sensores de velocidad de cada rueda, el sensor de velocidad mencionado en el esquema informa a la red neuronal de la velocidad del auto, puede provenir de un sensor o directamente del velocímetro. El sistema ofrece al usuario dos modos de frenado del automóvil: manual (M) o automático (A), para esto se dispone en el volante de un pulsador de selección, si seleccionó manual, el Sistema de Frenado usa la información del selector de frenado (Pedal de Freno, o pulsador en el volante), si seleccionó automático el AISB comanda el sistema.

Los modelos de redes neuronales se están aplicando en la industria de los vehículos [12] en este artículo por ejemplo se aplica algunos algoritmos de Inteligencia Artificial al muelle de la suspensión. Todas estas estrategias se agrupan en lo que se conoce como Inteligencia Artificial para Vehículos (AIV), que a su vez se divide en Inteligencia Artificial Práctica (PAI) e Inteligencia Artificial Avanzada (AAI) [13] que describe los algoritmos de conducción autónoma. Sin embargo el éxito de la Inteligencia Artificial aplicada a los autos reside en factores como reducir la accidentabilidad, reducir el consumo de combustible lo que implica reducir la contaminación, aumentar la seguridad de los ocupantes del vehículo y de terceros, liberar al conductor de tiempo y responsabilidad al conducir [14]. Finalmente decir que todo esto es posible gracias a la interacción con el entorno lograda a través de sensores y actuadores, que generan los datos para la gestión inteligente de la computadora y de los algoritmos de control.



3. Conclusiones

Los micro ciclos de conducción permitieron modelar el AISB de una manera simple, primero se demuestra que el modelo de RN se comporta bien para un conjunto de datos lineal, luego se hace una prueba de datos de comportamiento estadístico tipo campana de Gauss y responde bien, finalmente se prueba el modelo de RN para un aprendizaje, se somete a prueba la RN con un conjunto de datos de tipo parabólico y el sistema frena de acuerdo a lo esperado.

En el frenado con modelo lineal se frena en una proporción del 43% (6 frenadas en un total de 14 pruebas).

En el frenado con modelo Gaussiano se frena en una proporción del 40% (5 frenadas en un total de 14 pruebas).

En el frenado con modelo Parabólico se frena en una proporción del 57% (8 frenadas en un total de 14 pruebas).

Una aceleración del vehículo pronunciada, lo que se conoce como pique, necesita un alto porcentaje de frenado, esto se puede comprobar en el frenado parabólico, que da el mayor valor de frenado de la RN.

Este modelo de RN del AISB será integrado al sistema de dirección (AISD) con inteligencia artificial. Obteniendo un modelo básico de AI para conducción autónoma. También posteriormente se implementará un prototipo de conducción autónoma basado en estos dos sistemas.

References

- [1] Chin CS, Zhong X, Hamdan M, Cui R, Cano JC, Martinez-de Dios JR. Intelligent autonomous transport systems design and simulation. *Journal of Advanced Transportation*. 2018;2018:1468040.
- [2] Gusikhin O, Rychtyckyj N, Filev D. Intelligent systems in the automotive industry: applications and trends. *Knowledge and Information Systems*. 2006;12:147–168.
- [3] Tzafestas SG. Neural Networks in Robot Control. In: Tzafestas SG, Verbruggen HB, editors. *Artificial intelligence in industrial decision making, control and automation*. Dordrecht, The Netherlands: Springer; 1995. p. 327–387.
- [4] Qiua S, Rachedic N, Sallak M, Vanderhaegen F. A quantitative model for the risk evaluation of driver-ADAS systems under uncertainty. *Reliability Engineering & System Safety*. 2017;167:184–191.



- [5] Fotouhi A. Montazeri-Gh M. Tehran driving cycle development using the k-means clustering method. *Scientia Iranica*. 2013;20:286–293.
- [6] Torra V. La inteligencia artificial. LYCHOS; 2011. p. 14.
- [7] Varela E. Redes Neuronales artificiales: Una revisión del estado del arte, aplicaciones y tendencias futuras. *Investigación y Desarrollo en TIC*. 2011;18–27.
- [8] World Health Organization. Estimaciones de salud mundial (GHE) de la OMS [Internet]. Geneva: WHO; 2017. Available from: <https://www.who.int/features/factfiles/roadsafety/es/>
- [9] Dirección General de Tránsito. Ligero aumento del número de conductores que superan los límites de velocidad establecidos en carretera. [Internet]. Varcancel J. Madrid, España. DGT; 2014. Available from: <https://www.dgt.es/comunicacion/notas-de-prensa/ligero-aumento-del-numero-de-conductores-que-superan-los-limites-de-velocidad-establecidos-en-carretera/>
- [10] Lennon WK, Passino KM. Intelligent control for brake systems. *IEEE Transactions on Control Systems Technology*. 1999;7(2):188–202.
- [11] Halderman JD. Automotive Brake systems. Mexico: Prentice Hall; 2016.
- [12] Kong YS. Design of artificial neural network using particle swarm optimisation for automotive spring durability. *Journal of Mechanical Science and Technology*. 2019;33:5137–5145.
- [13] Li J. Survey on artificial intelligence for vehicles. *Automotive Innovation*. 2018;1:390.
- [14] Khayyam H. Artificial intelligence and internet of things for autonomous vehicles. *Nonlinear Approaches in Engineering Applications*. 2019:39–68.
- [15] Fotouhi A. Montazeri-Gh M. Tehran driving cycle development using the k-means clustering method. *Scientia Iranica*. 2013;20:286–293.
- [16] WHO. Organización Mundial de la Salud. Obtenido de OMS [Internet]. Geneva: WHO; 2017 [cited 01 julio 2017]. Available from: <https://www.who.int/features/factfiles/roadsafety/es/>
- [17] Torra V. La inteligencia artificial. LYCHOS; 2011. p. 14.
- [18] Tzafestas SG. Neural Networks in Robot Control. In: Tzafestas SG, Verbruggen HB, editors. *Artificial intelligence in industrial decision making, control and automation*. Dordrecht, The Netherlands: Springer; 1995. p. 327–387.
- [19] Varcancel J. Dirección general de tráfico [Internet]. DGT; 2014 [cited 01 ENERO 2014]. Available from: http://www.dgt.es/PEVI/documentos/catalogo_recursos/didacticos/did_adultas/velocidad.pdf