

# **Propuesta de Entrenamiento de Red Neuronal Artificial Para la Prevención de Accidentes Carreteros**

*Alberto de Jesús Díaz Ortíz, M.T.I.*  
*Juan Manuel Martínez Zaragoza, M.D.*  
*Josué Neftalí García Matías, M.E.C.*  
Universidad Nova Universitas, Oaxaca, México

Doi:10.19044/esj.2019.v15n21p18

[URL:http://dx.doi.org/10.19044/esj.2019.v15n21p18](http://dx.doi.org/10.19044/esj.2019.v15n21p18)

---

## **Resumen**

La Secretaria de Comunicaciones y Transportes (SCT) en promedio reporta 32.5 accidentes diarios en los más de 50 mil kilómetros de carreteras federales en México, lo que implica un promedio de 8 muertes diarias. Buscando minimizar este problema, la presente propuesta pretende definir las relaciones entre diferentes datos para implementar un sistema que intuya y prevenga a los automovilistas sobre incidentes en el camino, y con esto disminuir la cantidad de infortunios que se pudieran presentar. Los avisos que pudiesen ayudar a los usuarios a tomar decisiones oportunas deben ser anunciados de manera automatizada con la implementación de una red neuronal artificial (RNA), al menos los relacionados con el factor humano, problemas en el vehículo, desperfectos del camino y agentes naturales. Con base en la investigación de casos proporcionados por la SCT y la Policía Federal (PF) se calculan los pesos iniciales para la formación de la RNA, esto sirve como fundamento para describir el comportamiento del entorno. El aprendizaje se nutrirá con nuevos hechos ya sea para solidificar los pesos asignados a las entradas de la red neuronal o bien para ajustarlos. Es importante mencionar que los dispositivos tecnológicos responsables de censar los nuevos casos aplicables a la RNA deben tener la capacidad de interactuar con el entorno, esto se puede conseguir a través de vialitas solares autónomas con la capacidad de medir la temperatura, luminosidad y proximidad; y para que lo anterior tome sentido deben tener la característica de emitir alertas dependiendo de las condiciones censadas o predichas. En los países desarrollados existen múltiples propuestas que sirven para la prevención de accidentes carreteros, como las llamadas carreteras solares o los pasos de cebra inteligentes; pero estos no cuentan con mecanismos de aprendizaje continuo y menos aún con una base sólida que con su

implementación garanticen la predicción de percances.

---

**Palabras clave:** Accidente, Carreteras, Prevención, Red Neuronal Artificial, Sensor

---

## **Proposal of Training of an Artificial Neural Network for the Prevention of Road Accidents**

*Alberto de Jesús Díaz Ortiz, M.T.I.*  
*Juan Manuel Martínez Zaragoza, M.D.*  
*Josué Neftalí García Matías, M.E.C.*  
Universidad Nova Universitas, Oaxaca, México

---

### **Abstract**

The Ministry of Communications and Transportation (SCT, Secretaría de Comunicaciones y Transportes) on average reports 32.5 daily accidents in more than 50,000 kilometers of federal highways in Mexico, which equals to approximately 8 deaths daily. To minimize this problem, this proposal attempts to define the relationships between different data in order to implement a system that anticipates and prevents driver from accidents. This would thereby reduce the quantity of mishaps. These notices would help users to make timely decisions should be announced in an automated way with the use of an Artificial Neural Network (ANN), all related to the human factor, problems in the vehicle, road damages and natural agents. Based on the investigation of cases provided by the SCT and the Federal Police (PF, Policía Federal) the initial weights of the ANN are calculated. With new facts the learning will grow and the weights assigned to the inputs of the neural network will be updated. The technological devices that register the new cases must interact with the environment; this can be through autonomous solar raised reflective markers on the highway that measure temperature, luminosity and proximity. And for the above take sense they must have the characteristic of issuing alerts depending on predicted conditions. In developed countries there are multiple proposals that serve to prevent road accidents, such as solar highways or smart zebra crossings; but these don't have continuous learning mechanisms and even less with a solid base that with their implementation guarantee the prediction of mishaps.

---

**Keywords:** Accident, Highways, Prevention, Artificial Neural Network, Sensor

## **Introducción**

La tecnología proporciona soluciones a problemas cotidianos; constituye un conjunto de conocimientos técnicos, ordenados científicamente, que permite diseñar y crear bienes y/o servicios que facilitan la adaptación al medio ambiente y satisfacen tanto las necesidades esenciales como los deseos de las personas (Sandoval Salazar, 2012).

La actividad tecnológica no solo influye en el progreso social y económico sino también puede ser aplicada a la seguridad y bienestar, como es el caso de la actual propuesta que con la intención de disminuir la cantidad de accidentes ocurridos en las carreteras define un mecanismo automatizado para detectar y avisar a los conductores sobre riesgos en el camino.

En la búsqueda de una base sólida de conocimiento sobre cualquier tema, el uso de la tecnología en la simulación de un proceso neuronal es significativamente relevante cuando a través de hardware y software se obtienen y analizan datos. El sentido del entrenamiento de la red neuronal toma fuerza cuando su finalidad es para cuidar la integridad de las personas, contrarrestando el mal uso del vehículo, la falta de precaución y las condiciones del camino. Esto también ayuda a reducir los costos producto de estos percances.

El aprendizaje continuo del entorno a través de una red neuronal artificial es de gran importancia para analizar, valorar y actuar oportunamente; mejor aún si este monitoreo y almacenamiento de la información se realiza a través de mecanismos tecnológicos de bajo costo, fácil reproducción y mínimo mantenimiento.

En 2018 se anunciaron tecnologías aplicadas a las denominadas “carreteras del futuro”, dentro de las que destacan: Semáforos inteligentes que se adaptan a las necesidades del camino, pasos de cebra inteligentes que se activan cuando el peatón se acerca a él, pinturas luminiscentes y otras formas de alumbrar la calzada, un sistema para evitar atascos en rotondas y las carreteras solares y transparentes.

Es indiscutible el hecho de que por las condiciones del país: México; toda esta tecnología tardará en llegar a las calles debido al costo que su implementación involucra. Por tal motivo, se debe buscar una alternativa factible en tecnología, mantenimiento y costo.

De éste interés surge la curiosidad y necesidad de implementar elementos tecnológicos con las características mínimas para identificar un suceso que ponga en riesgo la integridad y seguridad de los conductores que circulen por un área en específico, su transporte y sus acompañantes.

## Desarrollo

Gracias a los aportes de Warren McCulloch y Walter Pitts (McCulloch & Walter , 1943) al proponer uno de los primeros modelos matemáticos de la neurona hoy se cuenta con modelos informáticos para redes neuronales artificiales. Como es el caso del algoritmo de propagación hacia atrás que resuelve eficazmente el problema de entrenamiento rápido de redes neuronales multicapas, (Werbos, 1974). En estos modelos la neurona artificial es un elemento de procesamiento simple que a partir de un vector de entradas produce una única salida.

Con base en el conjunto de entradas  $x_j(t)$ , los pesos sinápticos  $w_{ij}$ , las reglas de propagación  $\sigma_i(w_{ij}, x_j(t))$ , la función de activación  $f_i(a_i(t - 1), h_i(t))$  y la función de salida  $F_i(a_i(t))$  se puede calcular de forma general la salida producida por la neurona  $i$  para un determinado instante de tiempo  $t$ ; esto se representa de la siguiente manera:

$$y_i(t) = F_i(f_i[a_i(t - 1), \sigma_i(w_{ij}, x_j(t))])$$

Los pesos sinápticos  $w_{ij}$  definen la fuerza de la conexión sináptica entre dos neuronas, la neurona presináptica  $i$  y la neurona postsináptica  $j$ . Todos los pesos sinápticos propuestos actúan como excitadores y con éste ajuste inicial la RNA será capaz de adaptarse de una mejor manera al entorno carretero y predecir con un mínimo margen de error los resultados al analizar todas las variables involucradas.

La regla de propagación determina el potencial resultante de la interacción de la neurona  $i$  con las  $N$  neuronas vecinas. El potencial resultante  $h_i$  se puede expresar de la siguiente forma:

$$h_i(t) = \sigma_i(w_{ij}, x_j(t))$$

La manera más simple de representar la regla de propagación consiste en realizar una suma de las entradas ponderadas con sus pesos sinápticos correspondientes:

$$h_i(t) = \sum_j w_{ij} * x_j(t)$$

Para simplificar la programación, la función de activación que determina el estado de activación actual de la neurona en base al potencial resultante  $h_i$  y al estado de activación anterior de la neurona  $a_i(t - 1)$  deberá ser una función sigmoidea de la forma:

$$y = \frac{1}{1 + e^{-x}}$$

ya que el rango de valores en los pesos iniciales es entre 0 y 1. Mientras que la función que en base al estado de activación de la neurona proporciona su estado de salida es:

$$y_i(t) = F_i(a_i(t)) = a_i(t)$$

Con lo anterior, se distingue que durante el procesamiento de la RNA existen dos fases: la de aprendizaje o entrenamiento y la de operación o ejecución. Y a pesar de que hay otros caminos que permiten a una neurona aprender, el procedimiento anterior conlleva a una implementación más rápida y eficiente. Todo el tema desarrollado en este documento se basa en el proceso de aprendizaje o entrenamiento de la RNA; en donde los pesos de la neurona alcanzarán un óptimo para el conjunto de entrenamiento conforme la red neuronal se “nutre” y “educa” con los nuevos casos que se vayan presentando. Es importante resaltar que las entradas y salidas de una neurona entran en el grupo de las binarias o digitales, admitiendo solo dos valores posibles: 0 o 1. Para dotar a la red neuronal de valores en los pesos iniciales se hace uso de información recabada de fuentes oficiales que traten acerca del problema que se aborda. De esta manera, existe un primer acercamiento al comportamiento del entorno y se obtiene una predicción ante nuevas situaciones.

Para activar la neurona, se definen los pesos con datos históricos de la SCT, que en su último reporte anual declara que los kilómetros totales de carretera federales que existen en México hasta el año 2017 son de aproximadamente 50 mil, sobre los cuáles atraviesan en promedio 146 mil millones de vehículos-kilómetro (Veh-km) y en donde se suscitaron 11,883 accidentes carreteros que dejaron un saldo de 2,921 personas muertas y 8,910 lesionadas; con daños materiales que ascienden a 1,062.1 millones de pesos considerando un costo promedio de 6,514,897 pesos por muerto y 1,628,733 pesos por lesionado.

Gracias al desglose por entidad y a la suma nacional que presenta el Anuario Estadístico de Accidentes en Carreteras Federales y las estadísticas de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes se puede observar de manera global las afectaciones y obtener una solución a partir de un criterio inicial para los pesos de la RNA. La SCT desglosa los siguientes puntos:

- Accidentes por carretera y tramo
- Accidentes y saldos por mes
- Accidentes por día de la semana y condiciones de luz
- Accidentes en periodos festivos
- Causante principal del accidente
- Datos del lugar del accidente y control del tránsito
- Circunstancias que contribuyeron al accidente
- Accidentes por tipo de vehículo
- Tipo de vehículos involucrados

Para construir la base del conocimiento se consideran cuatro aspectos importantes los cuales se detallan a continuación junto con las variables a tomar en cuenta y que son sustanciales para el desarrollo de la RNA.

### Circunstancias que contribuyen al accidente

Los datos históricos desglosan el factor humano, el camino, el vehículo y los agentes naturales como causas asociadas a un evento. La distribución de los factores que contribuyen al momento de ocurrir un accidente se dividen como se muestra en la Tabla 1.

**Tabla 1.-** Distribución de accidentes (por causante) y circunstancias que lo provocan (Fuente: Anuario estadístico de Accidentes en Carreteras Federales)

Causa							
Del conductor/peatón		Del vehículo		Del camino		Agentes naturales	
Causante	Número de causas	Causante	Número de causas	Causante	Número de causas	Causante	Número de causas
Imprudencia	1175	Neumáticos	342	Resbaloso	552	Lluvia	612
Velocidad Excesiva	2915	Frenos	109	Objetos en el camino	109	Niebla	106
Invadió Carril Contrario	1359	Condiciones mecánicas	256	Desperfectos	60	Vientos fuertes	19
No guardó distancia	972	Dirección	16	Irrupción de ganado	110	Otros del clima	32
No cedió el paso	578	Otros del vehículo	71	Mojado	722		
Otros del conductor	1178			Otros del camino	81		

### Temporalidad de las colisiones

El mes del año, el día de la semana y la hora del día son datos a considerar al momento de calcular la probabilidad de que ocurra un accidente carretero; la Tabla 2 muestra el promedio nacional de la cantidad de colisiones ocurridas en cada mes del año. En la Tabla 3 se observan las relaciones de estos accidentes con el horario y día de la semana.

**Tabla 2.-** Distribución de accidentes por mes del año (Fuente: Anuario estadístico de Accidentes en Carreteras Federales)

Saldo/mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Colisiones	951	869	1,037	1,083	1,045	967	1,030	985	919	949	940	1,108

**Tabla 3.-** Distribución de accidentes por horario y día de la semana  
(Fuente: Anuario estadístico de Accidentes en Carreteras Federales)

Saldo/día	Horario	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
Colisiones	00:00-06:59	480	328	341	476	307	541	715
	07:00-18:59	917	784	765	841	856	1050	1001
	19:00-23:59	281	259	278	307	385	485	486

### Tipo de vehículo

De todos los accidentes registrados intervinieron casi 20 mil vehículos, en la Tabla 4 se enlista el tipo de vehículo que participó y en cuantas colisiones aparece. Dentro de la categoría de vehículo ligero, una cuarta parte corresponde a camionetas pick-up y el resto a automóviles.

**Tabla 4.-** Distribución de accidentes por tipo de unidad  
(Fuente: Anuario estadístico de Accidentes en Carreteras Federales)

Cantidad/Tipo de vehículo	Vehículo ligero	Camión unitario	Articulado	Motocicleta	Camión de pasajeros	Doble articulado	Bicicleta	Otros
Unidades	11,976	1,663	2,378	849	694	1,005	86	737
Responsable	7305	1014	1688	484	340	703	51	295
Involucrado	4671	649	690	365	354	302	35	442

### Edades de los conductores

Con la identificación y clasificación de los tipos de unidades involucradas en un accidente carretero; aproximadamente dos terceras partes de estos vehículos eran conducido por hombres, el 5% por mujeres y del resto no existen datos que aporten información al respecto. En la Tabla 5 se contabiliza a los responsables de un accidente en relación a su edad y sexo.

**Tabla 5.-** Distribución de conductores implicados en un accidente por rango de edad y sexo  
(Fuente: Anuario estadístico de Accidentes en Carreteras Federales)

Responsable	Rango de edad												Sin datos	
	<16	16-20	21-25	26-30	31-35	36-40	41-45	46-50	51-55	56-60	61-65	66-70		>70
Hombre	8	270	810	1115	985	926	781	610	464	341	212	119	100	4675
Mujer	1	14	66	90	68	69	52	43	29	18	4	3	10	2031

Con la información anterior se observa que solo se consideran 4 aspectos debido a la falta de datos que traten ejemplos específicos de accidentes carreteros. Se ha optado por reunir las variables más recurrentes para lograr la

heurística constructiva aplicable al entrenamiento de la RNA en vez de iniciar con una serie de pesos aleatorios en las variables de entrada.

### **Discusión y análisis de resultados**

Estudios internacionales han demostrado que el marcado y trazo de carreteras con vialetas, son ideales para hacerlas visible en la oscuridad y el mal tiempo, así como para hacerlas perceptibles y audibles cuando se atraviesan. Con base en la norma mexicana oficial PROY-NOM-034-SCT2-2010 que establece los lineamientos para la implementación de señalamientos horizontales y verticales de carreteras y vialidades urbanas se busca automatizar estas señales.

Las vialetas carreteras tienen la naturaleza de estar pegadas al asfalto y ser ajenas a los vehículos y conductores, la que se propone implementar sigue el mismo principio, pero tendrá una intervención tecnológica que le dará la capacidad de aprender sobre el entorno y servirá para detectar la mayoría de los factores de riesgo planteados anteriormente. Con base en esto se establecen los pesos relacionados con los efectos del riesgo carretero para cada condición presente al circular en una vía terrestre: factor humano, problemas en el vehículo, desperfectos del camino, agentes naturales, temporalidad, tipo de vehículo y edades de los conductores; lo que permite pronosticar sobre cuándo es inminente que se produzca un accidente, cuando es medianamente probable, o cuando el peligro es mínimo.

Basados en que los señalamientos carreteros existen del tipo informativo, preventivo y restrictivo, es necesario delimitar los resultados que la RNA provee con base en los pesos propuestos y las nuevas condiciones que se irán aprendiendo con el paso del tiempo; sus posibles salidas son:

Rango de 0 a 0.59 = de bajo riesgo (informativo)

Rango de 0.6 a 0.79 = riesgo medio (preventivo)

Rango de 0.8 a 1.0 = alto riesgo (restrictivo)

sabiendo que el conjunto de entradas para cada condición solo cuenta con dos estados:

0 = ausencia

1 = presencia

Al indicarle a la red neuronal que inicie su proceso de entrenamiento, los pesos asignados a cada variable se resumen a continuación, esto gracias al análisis de la información obtenida de las distintas fuentes de conocimiento.

### **Del conductor**

Si se hablase del conductor y su comportamiento, los pesos asignados a cada uno de los 5 eventos probables se enlistan en la Tabla 6.

**Tabla 6.- Pesos asignados al conductor y su comportamiento (Fuente Propia)**

Causante	Peso
Imprudencia	0.059223790
Velocidad Excesiva	<b>0.146925403</b>
Invadió Carril Contrario	0.068497984
No guardó distancia	0.048991935
No cedió el paso	0.029133065

Se observa que el mayor peso lo tiene la velocidad excesiva, siendo esta la principal causa registrada en una colisión; esto implica que si un conductor supera los límites de velocidad permitidos en la carretera el riesgo de un accidente aumenta.

### Del vehículo

En la tabla 7 se observa que en relación a las condiciones del vehículo se encuentra el mayor peso asignado al estado de los neumáticos; aunque las condiciones de este elemento del auto es relativo, existen normas oficiales como la NOM-086-SCFI-2010, Industria hulera-Llantas nuevas de construcción radial que rigen la seguridad y métodos de prueba (Secretaría de Gobernación, 2010).

**Tabla 7.- Pesos asignados al vehículo (Fuente Propia)**

Causante	Peso
Neumáticos	<b>0.017237903</b>
Frenos	0.005493952
Condiciones mecánicas	0.012903226
Dirección	0.000806452

Aunque la dirección del vehículo no represente un riesgo tan significativo como el resto de los elementos, ésta aporta seguridad al vehículo ya que es fundamental para su equilibrio.

### Del camino

En repetidas ocasiones se menciona entre los ciudadanos y a través de los medios de comunicación sobre las condiciones de las carreteras, la mayoría de estas al poco tiempo de construcción sufren desperfectos y esto pone en riesgo la vida de los que en ellas circulan. Aparte de la mala calidad de los materiales con las que son hechas, se le suma la mala planeación y los errores en su diseño. Los pesos propuestos para cada uno de los puntos con los que se cuenta en el historial quedan como se muestra en la Tabla 8.

**Tabla 8.- Pesos asignados al camino (Fuente Propia)**

Causante	Peso
Resbaloso	0.027822581
Objetos en el camino	0.005493952
Desperfectos	0.003024194
Irrupción de ganado	0.005544355
Mojado	<b>0.036391129</b>

Al encontrar el camino mojado el riesgo de sufrir un accidente aumenta en mayor proporción que con el resto de los elementos involucrados ya que se presenta el fenómeno llamado hidroplaneo, que es la pérdida de tracción que presenta un vehículo al circular a cierta velocidad por una superficie cubierta de agua; las llantas dejan de rodar y comienzan a patinar anulando la capacidad de frenado.

### Agentes naturales

Los elementos dentro del entorno sobre los cuales no se tiene control son los agentes naturales. México no presenta condiciones extremas de clima como en algunos otros lugares, por eso solo se han considerado tres factores y los pesos asignados a éstos se proponen como se muestra en la Tabla 9.

**Tabla 9. Pesos asignados a agentes naturales (Fuente Propia)**

Causante	Peso
Lluvia	<b>0.030846774</b>
Niebla	0.005342742
Vientos fuertes	0.000957661

Los vientos fuertes solo afectan zonas muy particulares del país; por ejemplo en la Ventosa, Oaxaca, donde constantemente se presenta el cierre de la circulación vehicular por parte de Protección Civil

### Mes del año

No todos los meses representan el mismo riesgo al circular por las carreteras del país, en cada mes se cuenta con diferente afluencia y diferente clima, lo que conlleva a establecer diferentes pesos a cada uno (ver Tabla 10).

**Tabla 10.** Pesos asignados con relación al mes del año (Fuente Propia)

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Peso	0.0479334	0.0438004	0.0522681	0.0545866	0.0526713	0.0487399	0.0519153	0.0496471	0.0463205	0.0478326	0.0473790	<b>0.0558467</b>

El mes de Diciembre es el más accidentado aunque su valor comparado con el resto no esta tan distanciado, esto se debe a que a pesar de que hay más afluencia también se activan campañas de concientización y mayores controles y monitoreo en toda la red carretera; o al menos en las principales.

### Horario y día

Al dividir el horario en 3 partes se tiene una mejor distribución del día. Con la valoración del día, la hora y el mes del año se obtiene una mejor aproximación al riesgo. Los pesos para el día y el rango de horas se enlistan en la Tabla 11.

**Tabla 11.** Pesos asignados con relación al horario del día (Fuente Propia)

Día	Horario		
	00:00 a 06:59	07:00 a 18:59	19:00 a 23:59
Lunes	0.024193548	0.046219758	0.014163306
Martes	0.016532258	0.039516129	0.013054435
Miércoles	0.017187500	0.038558468	0.014012097
Jueves	0.023991935	0.042389113	0.015473790
Viernes	0.015473790	0.043145161	0.019405242
Sábado	0.027268145	<b>0.052923387</b>	0.024445565
Domingo	0.036038306	0.050453629	0.024495968

Se deben recorrer las carreteras con mucha mayor precaución los días sábado de Diciembre en el horario en donde se encuentra el Sol iluminando el camino.

### Tipo de vehículo

El distribuir el tipo de vehículo con relación a su tamaño, capacidad de carga, espacio para pasajeros, característica de motor, entre otros; se obtiene un mejor análisis de la información. El peso asignado al vehículo toma dos valores, existe un peso que define la probabilidad de que seas el responsable de provocar un accidente y un peso asignado cuando se resultó involucrado.

En la Tabla 12 se definen los pesos para ambos casos y en toda la gama de vehículos identificados:

**Tabla 12.** Pesos asignados por tipo de vehículo (Fuente Propia)

Tipo de vehículo	Responsable	Involucrado
Vehículo ligero	<b>0.368195565</b>	0.235433468
Camión unitario	0.051108871	0.032711694
Articulado	0.085080645	0.034778226
Motocicleta	0.024395161	0.018397177
Camión de pasajeros	0.017137097	0.017842742
Doble articulado	0.035433468	0.015221774
Bicicleta	0.002570565	0.001764113

Por su valor, se hará uso de los pesos asignados a: Vehículo ligero (responsable), Camión unitario (responsable), Articulado (responsable), Motocicleta (responsable), Camión de pasajeros (involucrado), Doble articulado (responsable) y Bicicleta (responsable).

### Edad y sexo

En muchas ocasiones la edad y el sexo del conductor van ligados con algunas habilidades útiles al momento de estar detrás del volante; existen algunas destrezas que se van adquiriendo o mejorando con el tiempo y otras que se van perdiendo, también por la propia naturaleza del ser humano el sexo define características propias de cada género. En la Tabla 13 se muestran los pesos propuestos a estos factores.

**Tabla 13.** Pesos asignados con relación a la edad del conductor/a (Fuente Propia)

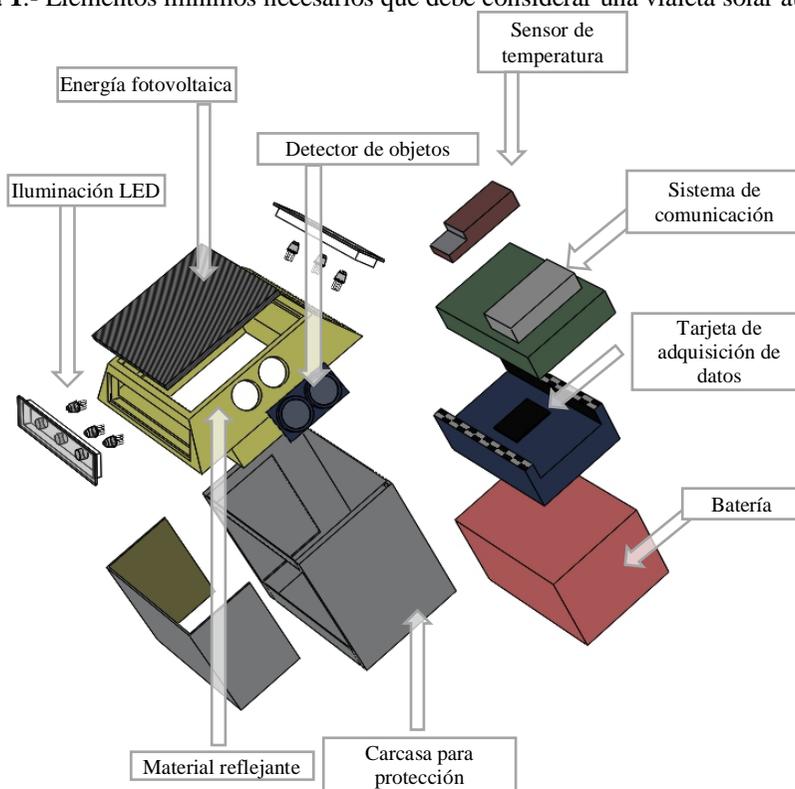
Edad	Hombre	Mujer
menor a 16 años	0.000403226	5.04032E-05
entre 16 y 20 años	0.013608871	0.000705645
entre 21 y 25 años	0.040826613	0.003326613
entre 26 y 30 años	<b>0.056199597</b>	0.004536290
entre 31 y 35 años	0.049647177	0.003427419
entre 36 y 40 años	0.046673387	0.003477823
entre 41 y 45 años	0.039364919	0.002620968
entre 46 y 50 años	0.030745968	0.002167339
entre 51 y 55 años	0.023387097	0.001461694
entre 56 y 60 años	0.017187500	0.000907258
entre 61 y 65 años	0.010685484	0.000201613
entre 66 y 70 años	0.005997984	0.000151210
mayor a 70 años	0.005040323	0.000504032

Tanto en hombres como en mujeres, los pesos más altos están asignados a los conductores con edades entre los 26 y 30 años. A pesar de que

son edades en donde el ser humano ésta en condiciones ideales de reflejos, en muchas ocasiones les falta prudencia y pericia para resolver de manera oportuna problemas en la carretera.

Una vez propuestos los pesos se puede implantar una Red Neuronal Artificial y someterla a nuevas entradas para observar el resultado. Es un hecho que todos los pesos anteriores dependen de entradas muy puntuales; estas entradas deberán ser detectadas por elementos inteligentes en el camino, como una vialeta solar autónoma con los elementos tecnológicos mínimos mostrados en la Figura 1. Y aunado a esto, a través de datos proporcionados por el conductor al momento de circular por una carretera; por ejemplo sería de gran utilidad crear una aplicación en donde el conductor del vehículo se registre antes de iniciar su viaje, indicando su edad y sexo; esta aplicación podría ser como se observa en la Figura 1.

**Figura 1.-** Elementos mínimos necesarios que debe considerar una vialeta solar autónoma.



**Figura 2.-** Aplicación complemento de la RNA, a) para emitir alertas y configurar datos del conductor y del vehículo y b) conectarse a las vialitas solares autónomas.



A modo de ejemplo: Aplicando los pesos a un nuevo caso en donde se suponga que va conduciendo un vehículo ligero un hombre de entre 26 y 30 años de edad, siendo sábado a mediodía, en el mes de Diciembre, a una velocidad por arriba del límite superior, con neumáticos en mal estado, se encuentra lloviendo y por consiguiente el piso esta mojado; esto implica una salida de la RNA superior a 0.8, por consiguiente lanzaría una alerta lumínica para advertir sobre el riesgo para él, sus ocupantes y los que circulan a su alrededor.

### Conclusiones

La seguridad de las personas que transitan por las carreteras es de gran importancia; los desperfectos en el camino, las inclemencias del tiempo, la falta de precaución y la ausencia de señalizaciones han ocasionado accidentes y cobrado una fuerte suma de dinero por la intensidad de los daños y aún más importante ha ocasionado la pérdida de vidas humanas.

La propuesta de implementar una red neuronal artificial en la red carretera satisface la necesidad de asegurar un tránsito más seguro; con la valoración de las 61 entradas a la red neuronal provenientes de datos del conductor, del vehículo, del camino, de los agentes naturales, del mes del año, del horario, el tipo de vehículo, la edad y sexo de los conductores se obtienen notificaciones importantes que a través de vialitas autónomas solares que iluminan el camino notifican al conductor sobre el riesgo existente. La valoración estratégicamente seleccionada entre los rangos de 0-0.59, 0.6-0.79 y 0.8-1.0 a

la salida de la RNA permite advertir si se trata de un bajo riesgo, riesgo medio o alto riesgo; lo que orienta al conductor a tomar las medidas pertinentes.

Este primer acercamiento al pronóstico de percances para advertir al conductor es de gran utilidad, pero debe seguir aprendiendo con el paso del tiempo ya que ese es el objetivo de la RNA; los nuevos casos se irán agregando después de verificar la certeza o no de la predicción. Los ajustes de pesos en las entradas de la RNA aumentarán su fiabilidad y en cada caso agregado aunque el ajuste sea mínimo será suficiente para mejorar los resultados.

Se pronostica que la cantidad de entradas adicionadas a la RNA cada minuto será de 5 casos por vialeta; y para que la certeza en el pronóstico de la RNA aumenten es importante la labor del usuario ya que como se propone es necesario que a través de una plataforma ligada a las vialetas describa su situación en cuanto a edad, género y tipo de auto. Sería de gran ayuda agregar más factores como padecimientos, estado de ánimo, tipo de viaje, cantidad de pasajeros, mantenimiento del auto, tiempo de experiencia conduciendo, motivo del viaje, frecuencia de uso de redes carreteras, ocupación, entre otros datos que a simple vista no parecieran importantes podrían formar parte de un conjunto de variables de entrada que sumarían valor al momento de advertir sobre riesgos carreteros.

Con la adición de sensores a una vialeta con los que se puedan obtener más datos sobre el entorno la capacidad de obtener salidas más fiables de la RNA aumenta. Por ejemplo, sería interesante captar la cantidad de humedad en el ambiente, el nivel de presión atmosférica, la cantidad de agua de lluvia por metro cuadrado, entre otros datos importantes. Pero no se debe dejar pasar el hecho que mientras más información se analice el sistema será más lento en cuanto al procesamiento de la información y la capacidad de almacenamiento también debe aumentar en la misma proporción que la adición de nuevas variables.

Se asume que el aprendizaje constante que se pueda tener acerca del comportamiento de los tramos carreteros será de gran ayuda para reducir el porcentaje de accidentes y en lo posible administrar y priorizar el mantenimiento del camino; buscando en todo momento la protección de las vidas humanas.

## References:

1. Cuevas Colunga, A. C., Mayoral Grajeda, E. F., & Mendoza, D. A. (2018). *Anuario Estadístico de Accidentes en Carreteras Federales*. Querétaro: Secretaria de Comunicaciones y Transportes.
2. Gómez Martínez, R., Cruz Vargas, J. G., Dávalos Arriaga, D., & Arenas García, L. M. (2017). *Recopilación de carreteras, puentes y estaciones meteorológicas, para el desarrollo del proyecto de*

- vulnerabilidad de estructuras de puentes en zonas de gran influencia de ciclones tropicales*. México: Instituto de Ingeniería UNAM.
3. McCulloch, W., & Walter , P. (1943). A Logical Calculus of Ideas Immanent in Nervous Activity. *Bulletin of Mathematical Biophysics* 5, 115-133.
  4. McMahan, K., & Dahdah, S. (2008). The True Cost of Road Crashes: Valuing Life and the Cost of a Serious Injury. *International Road Assessment Programme*.
  5. Rumelhart, D. E. (1986). Learning representations by back-propagating errors. *Nature* 323, 533-536.
  6. Sandoval Salazar, R. (2012). *Ser social y sociedad*. México: Secretaría de Educación Pública.
  7. Secretaría de Gobernación. (12 de 08 de 2010). Diario Oficial de la Federación. *NORMA Oficial Mexicana NOM-086-SCFI-2010*. México, México.
  8. Transportes, S. d. (2017). Estadísticas - Accidentes de Tránsito, Oaxaca. Oaxaca: SCT.
  9. Werbos, P. J. (1974). *Beyond Regression: New Tools for Prediction and Analysis in the Behavioral Sciences*. Harvard University: PhD thesis.