



**DISEÑO DE UN ALGORITMO MEDIANTE REDES NEURONALES
PARA EL CONTROL DE UN VEHÍCULO EN LÍNEA RECTA**

Nota de Autor

Daniel Santiago Cañadas Ortiz, Facultad de Ingeniería Mecánica, Universidad Internacional SEK; Director Ingeniero Gustavo Moreno.

Cualquier correspondencia referente a este trabajo puede dirigirse a:

dani_canadas@hotmail.com

Declaración Juramentada

Yo, DANIEL SANTIAGO CAÑADAS ORTIZ con número de cédula de identidad 172135290-2, declaro bajo juramento que el trabajo desarrollado es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional, y que todo lo que se ha consultado tiene sus referencias bibliográficas respectivas que incluyen en este documento. A través de la presente declaración, cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondiente a este trabajo, a la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.

DANIEL SANTIAGO CAÑADAS ORTIZ

C.I.: 1721352902-2

RESUMEN

Este Proyecto tiene como objetivo desarrollar un Algoritmo de control mediante el uso de Redes Neuronales Artificiales para el control de la velocidad de los Motores de un vehículo en Línea Recta.

Mediante la aplicación de la Teoría del Perceptrón Simple, la cual en su arquitectura cuenta con 2 neuronas y dos sensores en su capa de entrada. Este Algoritmo fue implementado en el Programa de Arduino y se realizó diversas pruebas de su funcionamiento con un vehículo de pruebas montando en un soporte el cual aplica frenos en las llantas para ver el comportamiento del algoritmo y como este recalibra hasta llegar a un punto de estabilización en el cual las velocidades de los motores se igualan.

Dentro de los resultados obtenidos se podrá observar tablas de datos obtenidas en las cuales se muestra la activación de las neuronas, así como la velocidad de los motores en las diferentes pruebas realizadas.

ABSTRACT

This Project aims to develop a Control Algorithm through the use of Artificial Neural Networks to control the speed of the Motors of a Straight Line vehicle.

Through the application of the Simple Perceptron Theory, which in its architecture has 2 neurons and two sensors in its input layer. This Algorithm was implemented in the Arduino Program and various tests of its operation were carried out with a test vehicle mounted on a support which applies brakes on the tires to see the behavior of the algorithm and how it recalibrates until it reaches a stabilization point in which the engine speeds equalize.

Among the results obtained, it will be possible to observe tables of data obtained in which the activation of the neurons is shown, as well as the speed of the motors in the different tests performed.

PALABRAS CLAVE

Mecánica Automotriz, Red Neuronal Artificial, Perceptrón Simple.

Contenido

DISEÑO DE UN ALGORITMO MEDIANTE REDES NEURONALES PARA EL CONTROL DE UN VEHÍCULO EN LÍNEA RECTA	1
Declaración Juramentada.....	2
RESUMEN	3
ABSTRACT	4
ÍNDICE DE ECUACIONES	8
ÍNDICE DE FIGURAS	8
ÍNDICE DE TABLAS.....	9
ÍNDICE DE DIAGRAMAS DE FLUJO.....	10
INTRODUCCIÓN.....	11
Marco Teórico	12
Fundamentos Biológicos de las Redes Neuronales	12
Red Neurona Artificial	13
Arquitectura de la Red Neuronal	15
Redes de una capa:	16
Redes Multicapa	17
Aprendizaje de una Red Neuronal.....	18
Historia de las Redes Neuronales	19
Perceptrón.....	20
Planteamiento del Proyecto	24
MÉTODO	25

Diseño de Control.....	25
Diseño de la Red Neuronal.....	25
Arquitectura de la Red Neuronal.....	28
Electrónica.....	28
Diseño Físico.....	31
Software.....	32
Algoritmo de las Redes Neuronales Artificiales	32
Diagrama de Flujo	34
Software de la Aplicación.....	37
RESULTADOS	39
Pruebas de Funcionamiento Normal.....	43
Prueba 1	43
Prueba 2	44
Prueba 3	44
Pruebas Aplicando Freno a la Rueda Derecha	45
Prueba 1	45
Prueba 2	46
Pruebas Aplicando Freno a la Rueda Izquierda	47
Prueba 1	47
Prueba 2	48
Pruebas Aplicando Freno en Ambas Ruedas en diferentes tiempos	49

Prueba 1	49
Prueba 2	50
Prueba 3	51
Resumen de Resultados	52
DISCUSIÓN	54
CONCLUSIONES	54
RECOMENDACIONES	54
BIBLIOGRAFÍA	55
ANEXOS	58
Anexo 1 Esquema Electrico de Vehiculo	58
Anexo 2 Esquema del soporte de Pruebas	58
Anexo 3 Codigo de bloques de la Aplicación de Celular	60
Anexo 4 Codigo del Algoritmo en Arduino	63
Anexo 5 Tablas Completas de las Pruebas	73
Prueba 1 Funcionamiento Normal	73
Prueba 2 Funcionamiento Normal	74
Prueba 3 Funcionamiento Normal	76
Prueba 4 Freno Izquierdo	77
Prueba 5 Freno Izquierdo	80
Prueba 6 Freno Derecho	83
Prueba 7 Freno Derecho	87

Prueba 8 Freno Izquierdo y Derecho	90
Prueba 9 Freno Izquierdo y Derecho	92
Prueba 10 Freno Izquierdo y Derecho	95

ÍNDICE DE ECUACIONES

[1]	21
[2]	22
[3]	22
[4]	22
[5]	22
[6]	24
[7]	25
[8]	26
[9]	26
[10]	26
[11]	26
[12]	27

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>FIGURA 1.</i> COMPARACIÓN ENTRE UNA NEURONA BIOLÓGICA Y UNA NEURONA ARTIFICIAL. TOMADO DE: (MATICH, 2011) 14	14
<i>FIGURA 2.</i> ARQUITECTURA DE UNA RED NEURONAL. TOMADO DE: (ORTEGA CONSTANTINE, 2011).....	15
<i>FIGURA 3.</i> GRAFICA DE UNA RED DE UNA CAPA. TOMADO DE: (GUINOT MARTINEZ & ORTI DEL TORO, 2013)	16
<i>FIGURA 4.</i> GRAFICA DE UNA RED MULTI CAPAS. TOMADO DE: (GUINOT MARTINEZ & ORTI DEL TORO, 2013)	18
<i>FIGURA 5.</i> ARQUITECTURA GENERAL DE UN PERCEPTRÓN SIMPLE	21
<i>FIGURA 6.</i> IMAGEN DE LA DISCRIMINACIÓN ENTRE CLASES MEDIANTE LA TEORÍA DEL PERCEPTRÓN. (AVELLANO, 2019)	23
<i>FIGURA 7.</i> DIAGRAMA DE LA ARQUITECTURA DE LA RNA.....	28
<i>FIGURA 8.</i> DIAGRAMA GENERAL DE FUNCIONAMIENTO.....	28

<i>FIGURA 9.</i> DIAGRAMA DE LA CONEXIÓN DE BLUETOOTH HC-06	29
<i>FIGURA 10.</i> DIAGRAMA DE CONEXIÓN DE LOS SENSORES FC-03	30
<i>FIGURA 11.</i> DIAGRAMA DE CONEXIÓN DEL PUENTE H.....	30
<i>FIGURA 12.</i> DISEÑO DEL SOPORTE DEL VEHÍCULO EN 3D	32
<i>FIGURA 15.</i> IMAGEN DE LA CREACIÓN DE LA APLICACIÓN Y LOS DIFERENTES COMPONENTES QUE TIENE.....	37
<i>FIGURA 16.</i> PROGRAMACIÓN MEDIANTE BLOQUES DE LA CONEXIÓN POR MEDIO BLUETOOTH ENTRE EL VEHÍCULO Y LA APLICACIÓN.	38
<i>FIGURA 17.</i> PROGRAMACIÓN POR BLOQUES DE PROCESAMIENTO DE DATOS	38
<i>FIGURA 18.</i> PROGRAMACIÓN DE LA TOMA DE DATOS PARA LA ACTIVACIÓN DE LAS NEURONAS Y DE LA GRAFICA DE VELOCIDADES DE LOS MOTORES	39
<i>FIGURA 19.</i> SOPORTE DEL VEHÍCULO DE PRUEBAS	39
<i>FIGURA 20.</i> VEHÍCULO DE PRUEBAS MONTADO EN EL SOPORTE	40
<i>FIGURA 21.</i> VEHÍCULO DE PRUEBAS	40
<i>FIGURA 22.</i> CONEXIONES ELÉCTRICAS DEL VEHÍCULO	41
<i>FIGURA 23.</i> APLICACIÓN MOSTRANDO LA RED EN ESTADO DE ENTRENAMIENTO EN EL CELULAR	42
<i>FIGURA 24.</i> APLICACIÓN MOSTRANDO LA RED CALIBRADA EN EL CELULAR	42

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1	43
TABLA 2	44
TABLA 3	45
TABLA 4	46
TABLA 5	47
TABLA 6	48
TABLA 7	49
TABLA 8	50
TABLA 9	51
TABLA 10	52
TABLA 11	53

ÍNDICE DE DIAGRAMAS DE FLUJO

<i>DIAGRAMA DE FLUJO 1</i> DIAGRAMA DEL SOFTWARE DEL ALGORITMO DE CONTROL IMPLEMENTADO EN ARDUINO	34
<i>DIAGRAMA DE FLUJO 2</i> <i>DIAGRAMA DE LA FUNCION SUMA LLAMADA DESDE EL PROGRAMA PRINCIPAL EN ARDUINO</i>	35
<i>DIAGRAMA DE FLUJO 3</i> <i>DIAGRAMA DE LA FUNCION ERROR LLAMADA DESDE EL PROGRAMA PRINCIPAL EN ARDUINO</i>	36
<i>DIAGRAMA DE FLUJO 4</i> <i>DIAGRAMA DE FLUJO DE LA FUNCION DE ENTRENAMIENTO LLAMADA DESDE EL PROGRAMA PRINCIPAL EN ARDUINO</i>	36

INTRODUCCIÓN

En la actualidad la investigación en el campo de las Redes Neuronales Artificiales es de gran interés, estas ayudan a diversas situaciones, como el desarrollo de soluciones de procesos, cuyo control mediante técnicas convencionales son difíciles de aplicar. Las RNA busca imitar el comportamiento de las neuronas de manera tal que estas se organicen y logren emular al funcionamiento del cerebro, dando así paso a la inteligencia artificial.

Se han hecho grandes avances en este tema y existen diversas aplicaciones de las RNA en diferentes campos uno de estos son carros autónomos de Google, el cual en su concepto más básico es que estos puedan ir de un lugar a otro sin la ayuda de un conductor. En la actualidad existe una empresa la cual brinda el servicio de taxi, la cual se llama Waymo la misma que oferta carros totalmente autónomos. (Vanguardia, 2017)

Otro ejemplo de estos es un software con Redes Neuronales Artificiales para el tratamiento de agua en una zona alta de Perú (Peña Rojas & Flores del Pino, 2014). También se han desarrollado programas con el uso de RNA para la validación de cálculos para el diseño estructural de puentes (Casanova del Angel & Atilus Louissaint, 2013), un último ejemplo de las diversas aplicaciones se da en la parte financiera, como el desarrollo de un programa mediante RNA en la predicción de la insolvencia de las empresas (VALDES & ALEAGA, 2014).

El desarrollo de las Redes Neuronales Artificiales es un gran aporte a la sociedad ya que estas nos ayudan a solventar diferentes tipos de problemas que son muy complicados de solucionar en la actualidad y a medida que esta evolucione podremos ver grandes aportes en todas las áreas ya que como vimos no solo involucra la parte de

la ingeniería, estas RNA son capaces de involucrarse en todas las áreas de la vida del ser humano.

Marco Teórico

A lo largo de la historia se ha tratado de construir máquinas, las cuales puedan realizar diferentes tipos de tareas con cierta inteligencia, el funcionamiento de estas máquinas se basa en distintos procesos que realiza el ser humano. (ANDRADE TEPÁN, 2013)

Las redes neuronales artificiales tienen por objetivo llegar a diseñar máquinas con elementos de inteligencia artificial, de tal manera que el comportamiento de esta red emule de la forma más parecida a los sistemas neuronales de los animales, para esto se ha ido realizando a través de los años, múltiples estudios acerca de los mecanismos que rigen el comportamiento de los sistemas neuronales. (Isasi Viñuela & Galván León, 2004).

Las RNA han dado una solución alternativa a aquellos problemas cuyos métodos normales no han dado resultados muy convincentes. Las máquinas procesan la información en una forma secuencial, un computador por lo general posee un solo procesador, el cual puede manipular instrucciones y datos que se localizan en la memoria, este los lee, procesa y ejecuta alguna de las intrusiones. Este sistema es secuencial, todo pasa en una sola secuencia determinada. Las RNA por lo contrario responden de forma paralela a las entradas que hay. La red no se basa en instrucciones, esta se basa en su topología y en los valores de las conexiones también conocidos como pesos entre las neuronas. (Tanco)

Fundamentos Biológicos de las Redes Neuronales

Desde un punto de vista biológico, estructurar un esquema de redes neuronales artificiales, está fundamentada en el funcionamiento neuronal biológico del sistema

nervioso animal. En el año de 1889 en el congreso de la sociedad anatómica alemana en Berlín, Santiago Ramón y Cajal, médico y Premio Nobel español; explica mediante sus estudios investigativos el esquema y funcionamiento de los sistema neuronales, Están conformadas de pequeñas unidades independientes y debidamente interconectadas entre sí que colaboran para el proceso de transmisión unidireccional de los impulsos nerviosos que trabajan a manera de un concepto denominado potencial de acción. (Ortega Constantine, 2011)

“Los elementos básicos de un sistema neuronal biológico son las neuronas, que se agrupan en conjuntos compuestos por millones de ellas organizadas en capas, constituyendo un sistema con funcionalidad propia.”. (Flores López & Miguel Fernández, 2008)

Red Neurona Artificial

Conociendo acerca del funcionamiento de una red neuronal biológica su comportamiento y la función que cumple ahora podemos simular este proceso mediante las Redes Neuronal Artificial.

Las Redes Neuronales Artificiales son la representación artificial de las propiedades del sistema neuronal biológico, diseñada con mecanismos artificiales para tratar que los ordenadores den una respuesta similar a las del cerebro. (Ortega Constantine, 2011)

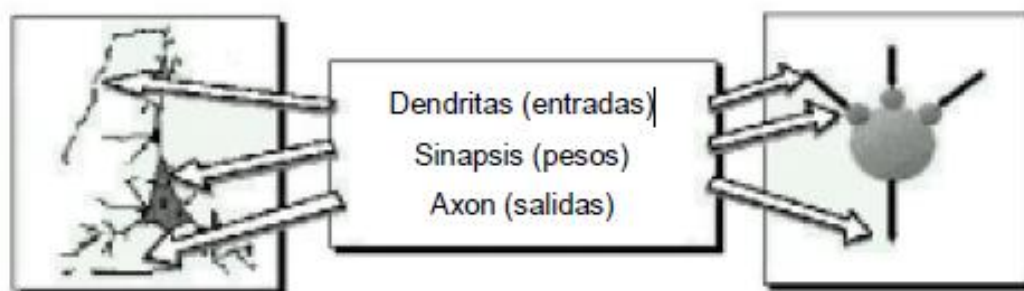


Figura 1. Comparación entre una Neurona biológica y una Neurona artificial. Tomado de:
(Matich, 2011)

La neurona, al igual que la neurona artificial consta de tres partes principales, como en; la célula o el cuerpo de la neurona, el axón que es la salida de la información proveniente de la neurona, mientras que las dendritas son las entradas de impulsos hacia el cuerpo de la neurona. A la vez estas se conectan con otras neuronas mediante la sinapsis y transmiten la información de una a otras y la procesan hasta generar una respuesta adecuada la cual es canalizada a través del axón. Se podría ver esto de manera general como una enorme red de transmisión de señales electroquímicas entre unas células a otras. Siguiendo este mismo comportamiento, es lo que se busca incorporar en este esquema de red neuronal artificial. (Isasi Viñuela & Galván León, 2004)

Una Red Neuronal Artificial está formada por unidades elementales llamadas neuronas, que procesan la información que reciben para así emitir una respuesta, esta es realizada mediante; los cálculos de la suma ponderada de sus entradas, multiplicada por el valor representativo de los pesos de sus conexiones, para luego mediante una función de activación, modificar este valor para procesar una salida. La inteligencia de la red reside en las conexiones que cada neurona tiene, por la representación de pesos en cada enlace, representando las dendritas del cerebro. (Ortega Constantine, 2011)

Arquitectura de la Red Neuronal

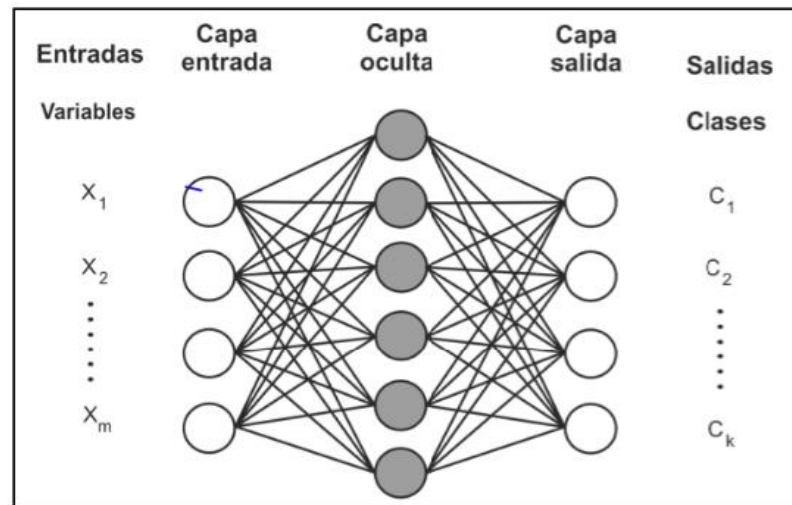


Figura 2. Arquitectura de una Red Neuronal. Tomado de: (Ortega Constantine, 2011)

En la *figura 2* se muestra un ejemplo de la estructura básica que posee una red neuronal artificial. En la parte de la izquierda se puede observar las entradas hacia la red las cual se la denomina capa de entrada, este conjunto de neuronas trasmite a la capa oculta la cual está encargada de procesar toda la información.

En esta capa puede haber un numero infinito de capas y neuronas las necesarias para que estas puedan realizar el proceso necesario para generar una respuesta satisfactoria, luego estas propagan señales hacia la capa de salida, la cual se encarga de transmitir la respuesta procesada.

Capa de Entrada

La capa de entrada recibe de manera directa la información procedente de fuentes que se encuentran fuera de la Red, por ejemplo, de sensores.

Capa Oculta

Las capas Ocultas están al interior de la red y no poseen contacto directo con el exterior, en esta capa puede haber un sin número de capas ocultas, como puedo que no

exista ni una, las neuronas en esta capa se encuentran interconectadas de varias maneras.

Capa de Salida

La capa de salida transmite la información fuera de la red una vez toda la información fue procesada.

Redes de una capa:

Son aquellas formadas por una sola capa de neuronas que reciben varias entradas y emiten una salida. (Ortega Constantine, 2011)

Esta Red Neuronal se usa generalmente para realizar trabajos relacionados con lo que se conoce como la auto asociación que consiste en regenerar información de entrada que es encuentra en la red de forma distorsionada. (Guinot Martinez & Orti del Toro, 2013)

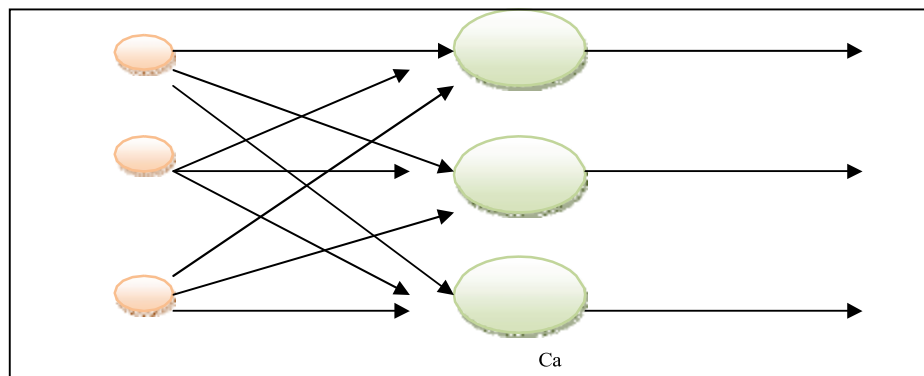


Figura 3. Grafica de una Red de una capa. Tomado de: (Guinot Martinez & Orti del Toro, 2013)

Redes Multicapa

Este tipo de red está formada por una o varias capas ocultas, una capa de entrada y una de salida, este tipo de red brinda una mejor amplitud a la resolución de problemas. (Ortega Constantine, 2011)

Al disponer de un conjunto de neuronas agrupadas en varias capas, una forma para distinguir la capa a la que pertenece una neurona consiste en observar el origen de las señales que recibe a la entrada y hacia dónde se dirige las señales de salida. (Guinot Martinez & Orti del Toro, 2013)

“Normalmente, todas las neuronas de una capa reciben señales de entrada desde otra capa anterior (la cual está más cerca a la entrada de la red), y envían señales de salida a una capa posterior (que está más cerca a la salida de la red). A estas conexiones se las denomina conexiones hacia adelante o feedforward. Sin embargo, en un gran número de estas redes también existe la posibilidad de conectar la salida de las neuronas de capas posteriores a la entrada de capas anteriores; a estas conexiones se las denomina conexiones hacia atrás o feedback.” (Guinot Martinez & Orti del Toro, 2013)

De esta forma se puede distinguir entre dos tipos de redes con múltiples capas; las redes que poseen conexiones del tipo feedforward y el otro tipo de red que poseen tantas conexiones del tipo feedforward y feedback. (Guinot Martinez & Orti del Toro, 2013)

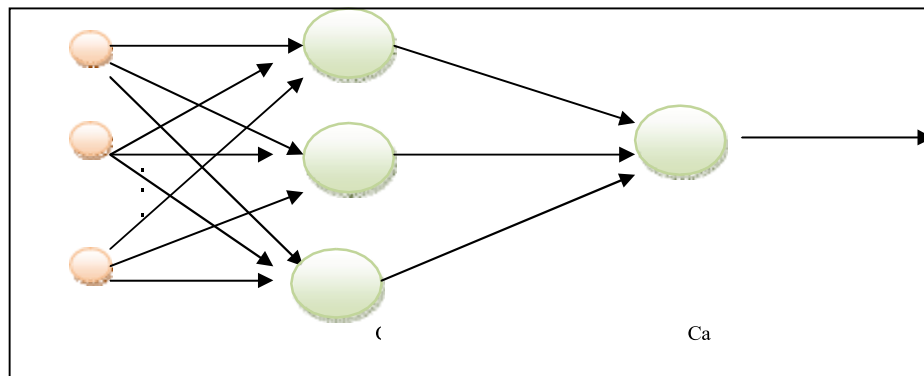


Figura 4. Grafica de una Red multi capas. Tomado de: (Guinot Martinez &

Orti del Toro, 2013)

Aprendizaje de una Red Neuronal

Una vez escogida una arquitectura, es vital definir el tipo de entrenamiento que se aplicará a la Red Neuronal Artificial para que esta sea capaz de aprender, y esto se da en base a la modificación de las conexiones o pesos. Estos pesos cambian de acuerdo con el proceso interactivo de cada patrón de entrenamiento, tomando en cuenta que el patrón de entrenamiento es el conjunto de datos en función de las entradas y salidas, donde se comparan la salida deseada por aquel patrón y la salida real de la red actual. (Ortega Constantine, 2011)

El esquema de aprendizaje es lo que determina los diferentes problemas que esta podrá resolver. Las redes neuronales artificiales están basadas en ejemplos por lo cual, la capacidad de resolución de problemas vendrá dada por los tipos de ejemplos que se dispone en el proceso de aprendizaje. Hay dos características que este proceso debe tener: ser significativos y ser representativos. (Isasi Viñuela & Galván León, 2004)

El aprendizaje de la red de neuronas artificiales consiste básicamente en la determinación de los valores de los pesos para todas sus conexiones. El proceso general consiste en ir introduciendo de poco a poco los ejemplos de aprendizaje, e ir modificando los pesos de las conexiones siguiendo un determinado esquema de

aprendizaje. Una vez concluido esto, se comprueba si se ha logrado cumplir cierto criterio de convergencia, de no ser así se repite el proceso. (Isasi Viñuela & Galván León, 2004)

Historia de las Redes Neuronales

La primera persona que se dedicó a estudiar al cerebro desde un punto de vista computacional fue Alan Turing en el año 1936. En 1943, Warren McCulloch, un neuro fisiólogo, y Walter Pitts, un matemático, dieron los primeros fundamentos de la computación neuronal, explicando una posible forma de trabajar de las neuronas y modelaron una red neuronal simple mediante circuitos eléctricos. (ANDRADE TEPÁN, 2013)

En 1949 Donal Hebb, fue el primero en explicar los procesos del aprendizaje desde un punto de vista psicológico, desarrollando una regla de, cómo el aprendizaje ocurría. Estos trabajos son los que cimentaron las bases de la teoría de redes neuronales artificiales. Entre los años 1950 y 1956, Karl Lashley se percató que la información no era almacenada en forma centralizada en el cerebro, sino que era distribuida encima de él. En 1957 Frank Rosenblatt, comenzó a desarrollar la teoría del Perceptrón, la red neuronal más antigua que se conoce, la cual es usada actualmente en el reconocimiento de patrones. En 1960, Bernard Widrow y Marcial Hoff, desarrollaron la red neuronal ADALINE, el primer modelo que fue utilizado para resolver un problema real, filtros adaptativos para eliminar ecos en las líneas telefónicas. Stephen Grossberg, en 1967, desarrolló la red neuronal Avalancha, que se utilizó para actividades como reconocimiento continuo del habla. (ANDRADE TEPÁN, 2013)

En 1967 Marvin Minsky y Seymour Papert demostraron que el perceptrón era una red, la cual no podía resolver los más simples problemas, tal como; el aprendizaje de una función no lineal, a pesar de esto los estudios acerca de las Redes Neuronales

Artificiales continuaron y en el año de 1974 Paul Werbos, desarrolló la base del algoritmo de BackPropagation pero no fue hasta 1985 que todo su estudio estuvo totalmente claro. (ANDRADE TEPÁN, 2013)

En el año de 1977 Stephen Grossberg, publica la teoría de Resonancia Adaptada, esta teoría posee una red con una arquitectura, la cual se diferencia de las redes hasta esa fecha existentes. Esta red simula habilidades del cerebro como memoria a corto y largo plazo. Luego de este descubrimiento en el año de 1985 John Hopfield fue el encargado de el renacer de las Redes Neuronales con su libro de “Computación Neuronal de decisiones en problemas de optimización”, un año después de esto en 1986 el panorama fue muy bueno con respecto a las investigaciones acerca de Redes Neuronales y fue poco a poco tomando un gran interés en diversos investigadores, en la actualidad existen diversos trabajos, publicaciones acerca de este tema y cada vez siguen suscitando nuevas aplicaciones con este tema. (Matich, 2011)

Perceptrón

Es la red Neuronal Artificial más antigua, fue desarrollada en 1943 por Warren McCulloch y Walter Pitts. Esta red consiste en; sumar las señales de entrada y multiplicarlas por los pesos determinados de manera aleatoria, el resultado de esta operación es comparado con un patrón para determinar si la neurona se encuentra activa o no, si este valor es mayor, la salida será 1, de caso contrario será 0. Luego de esto pasa a la neurona de salida, la misma que realiza una suma ponderada de las entradas y la resta del umbral y pasa el resultado a una función de transferencia de tipo signo. El método de aprendizaje de esta red es el supervisado, es decir que necesita conocer los valores de esperados para cada entrada que esté presente en la red. (ANDRADE TEPÁN, 2013)

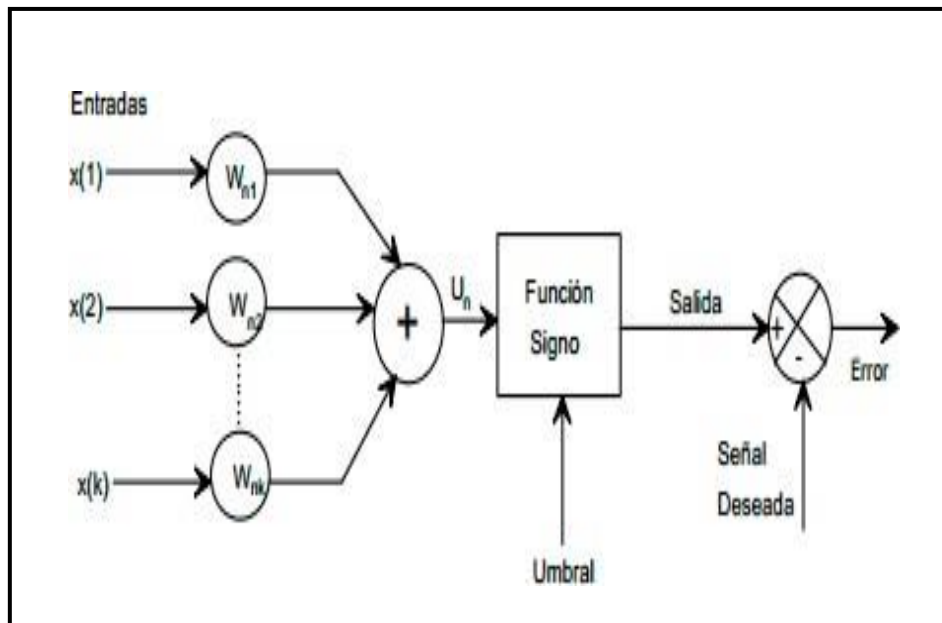


Figura 5. Arquitectura General de un Perceptrón Simple

En la *figura 5* podemos observar la arquitectura básica que poseen los perceptrones.

Lo primero en realizar es calcular la activación de la célula de salida mediante la suma ponderada entre las entradas y los pesos de la red mediante la siguiente ecuación.

(Isasi Viñuela & Galván León, 2004)

$$y' = \sum_{i=1}^n w_i * x_i \quad [1]$$

Siendo w el valor de los pesos, x el valor de las entradas provenientes de los sensores y y' el valor de la salida. (Isasi Viñuela & Galván León, 2004)

La salida definitiva se da al aplicar una funcion de salida al nivel de activación de la célula, en este caso la funcion de salida depende del umbral. (Isasi Viñuela & Galván León, 2004)

$$y = f(y', \theta) \quad [2]$$

$$f(s, \theta) = \begin{cases} 1 & \text{si } s > \theta \\ -1 & \text{caso contrario} \end{cases} \quad [3]$$

Pasando el θ al otro lado, la salida se puede escribir de la siguiente forma:

$$y = f\left(\sum_{i=1}^n w_i * x_i + \theta\right) \quad [4]$$

donde f ya no depende de ningún parámetro por lo cual

$$f(s) = \begin{cases} 1 & \text{si } s > 0 \\ -1 & \text{caso contrario} \end{cases} \quad [5]$$

Esta ecuación, equivale a introducir artificialmente a la salida un nuevo peso θ , que no está conectado a ninguna entrada, más bien es una ficticia que tiene un valor constante de -1. (Isasi Viñuela & Galván León, 2004)

La función f es binaria y al tratarse de un discriminante una salida binaria es fácil de traducir a una clasificación de dos categorías de la siguiente manera:

1. Si la red produce una salida 1, la entrada pertenecerá a la categoría A
(Isasi Viñuela & Galván León, 2004)
2. Si la red produce una salida -1, la entrada pertenece a la categoría B
(Isasi Viñuela & Galván León, 2004)

El algoritmo del perceptrón no podrá converger si los patrones no son linealmente separables. El mismo es incapaz de separar elementos que no se encuentren separados claramente, en otras palabras, no puede categorizar elementos no lineales (Avellano, 2019).

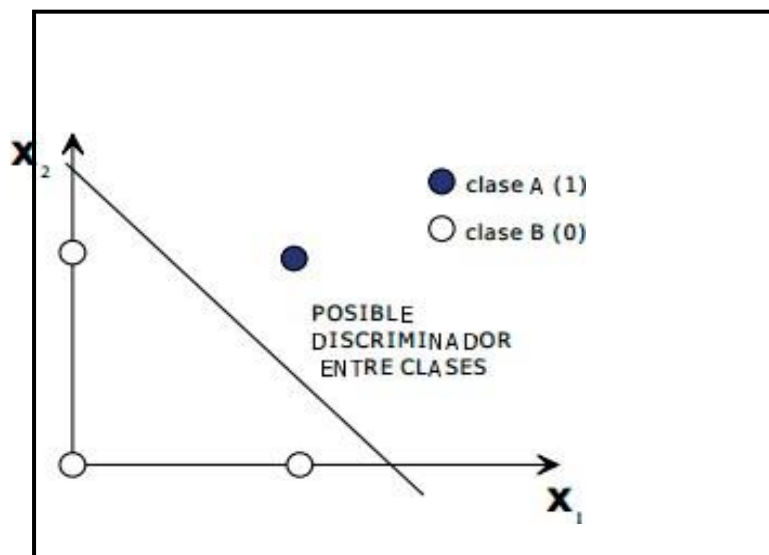


Figura 6. Imagen de la Discriminación entre Clases mediante la Teoría del Perceptrón. (Avellano, 2019)

Regla del Perceptrón

Conocida como Procedimiento de Convergencia del perceptrón, es la primera regla que actualiza los pesos de una red neuronal, esta modifica los pesos de la red de acuerdo con el algoritmo básico de la regla del perceptrón (Oropeza Clavel, 2007).

[6]

$$W_{k+1} = W_k + \alpha \left(\frac{\varepsilon_k}{2} \right) X_k$$

“Esta regla desarrollada por Rosenblatt, actualiza W_k , solo si el error es diferente de 0. El vector de entrada es X_k , el nuevo vector de pesos y α es la tasa de aprendizaje del sistema, que es un valor constante muy pequeño que no cambia en el tiempo” (Oropeza Clavel, 2007).

El perceptrón es un tipo de red supervisada, de manera que necesita de los valores para cada una de las entradas disponibles en la red, por lo que se tiene pares de entrada y salida (Oropeza Clavel, 2007).

Planteamiento del Proyecto

En este trabajo de Titulación, se desarrolla un algoritmo mediante el uso de Redes Neuronales Artificiales, específicamente, mediante la teoría del perceptrón simple, para el control de la velocidad de los motores de un vehículo. El algoritmo consta de dos neuronas, que tendrán todas las funciones pertenecientes al perceptrón, para realizar el control de la velocidad mediante la retroalimentación de dos sensores

colocados en las llantas del vehículo de prueba, este algoritmo también contará con un control mediante una aplicación de celular, la cual controlará el encendido y apagado del vehículo, así como monitoreará la velocidad y activación de las neuronas en tiempo real.

MÉTODO

Diseño de Control

Diseño de la Red Neuronal

Para el trabajo de Titulación a realizar se va a implementar el uso de una Red Neuronal basada en la teoría del Perceptrón Simple, para esto el primer paso es determinar el número de neuronas a utilizar en la red, para este caso se va a utilizar dos neuronas, lo que permitirá implementar el control de velocidad de cada uno de los motores.

Las dos neuronas anteriormente mencionadas, recibirán información procedente de dos sensores, estos enviarán información acerca de la velocidad, a la cual se encuentra cada uno de los dos motores, luego de esto se realizará una suma ponderada de las entradas con los pesos, de acuerdo con la siguiente formula.

$$y' = \sum_{i=1}^n w_i * x_i \quad [7]$$

Siendo w el valor de los pesos, x el valor de las entradas provenientes de los sensores y y' el valor de la salida. (Isasi Viñuela & Galván León, 2004)

La salida definitiva se da al aplicar una función de salida al nivel de activación de la célula, en este caso la función de salida depende del umbral. (Isasi Viñuela & Galván León, 2004)

$$y = f(y', \theta) \quad [8]$$

$$f(s, \theta) = \begin{cases} 1 & \text{si } s > \theta \\ -1 & \text{caso contrario} \end{cases} \quad [9]$$

Pasando el θ al otro lado, la salida se puede escribir de la siguiente forma:

$$y = f\left(\sum_{i=1}^n w_i * x_i + \theta\right) \quad [10]$$

donde f ya no depende de ningún parámetro, así, resultando:

$$f(s) = \begin{cases} 1 & \text{si } s > 0 \\ -1 & \text{caso contrario} \end{cases} \quad [11]$$

Esta ecuación, equivale a introducir artificialmente a la salida un nuevo peso θ que no está conectado a ninguna entrada, más bien es una ficticia que tiene un valor constante de -1. (Isasi Viñuela & Galván León, 2004)

La función f es binaria y al tratarse de un discriminante una salida binaria es fácil de traducir a una clasificación de dos categorías de la siguiente manera:

a) Si la red produce una salida 1, la entrada pertenecerá a la categoría A (Isasi Viñuela & Galván León, 2004) b) Si la red produce una salida -1, la entrada pertenece a la categoría B (Isasi Viñuela & Galván León, 2004)

En la red señalada, la respuesta de 1 significará que la red se encuentra calibrada, y un -1 uno que la red todavía está en fase de calibrar la velocidad de los motores.

Con estas salidas obtenidas de nuestra red se procede a recalculando los valores de la velocidad hasta llegar a una convergencia.

Ya con los valores de velocidad se necesita una forma para verificar que esté correcto y esto se lo efectúa mediante el entrenamiento de la red que viene dada en el caso del perceptrón por el teorema de convergencia del perceptrón.

La cual recalcula los valores de los pesos de nuestra red, mediante la siguiente fórmula:

[12]

$$W_{k+1} = W_k + \alpha \left(\frac{\varepsilon_k}{2} \right) X_k$$

Una vez con el recalcado de los pesos se repite todos los pasos descritos anteriormente hasta la que la red este perfectamente calibrada.

Arquitectura de la Red Neuronal

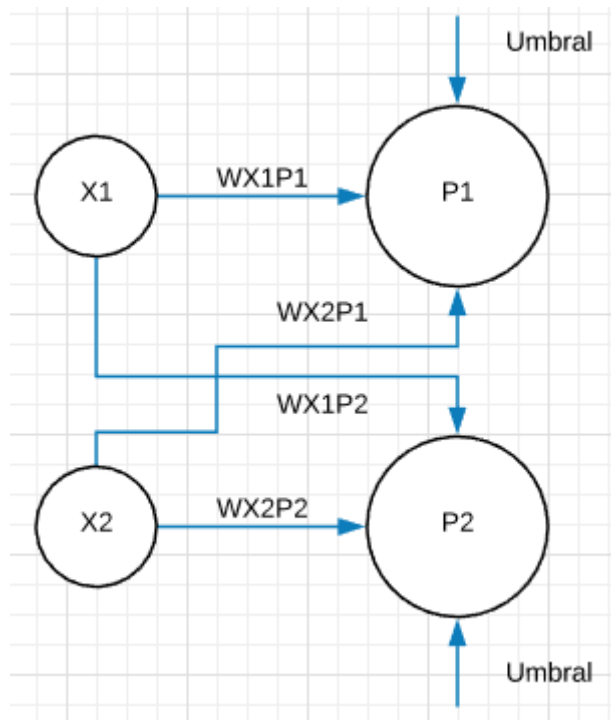


Figura 7. Diagrama de la Arquitectura de la RNA

Electrónica

Una vez planteado el modelo a seguir para desarrollar el algoritmo para el control de velocidad, se esquematiza el funcionamiento global de todo el conjunto tomando en cuenta cómo se va a controlar el vehículo.

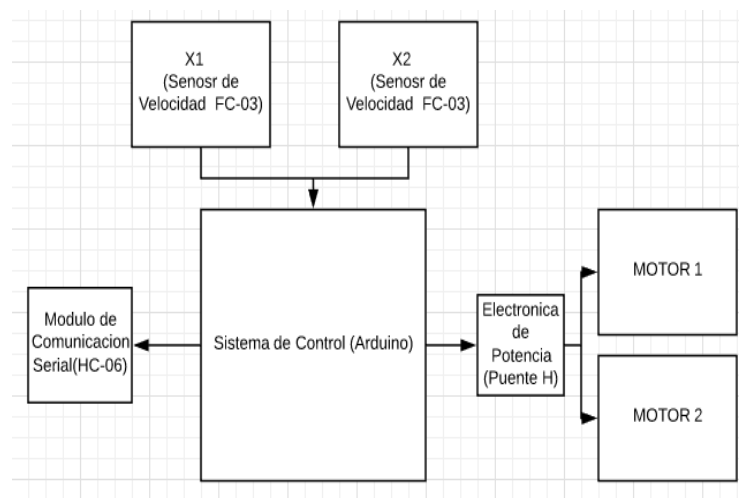


Figura 8. Diagrama General de Funcionamiento

El Control del vehículo está dado mediante una aplicación, la que se comunica vía bluetooth con el vehículo, esta envía y recibe datos para el control de este, el esquema de conexión del módulo bluetooth HC-06 se puede observar en el siguiente diagrama.

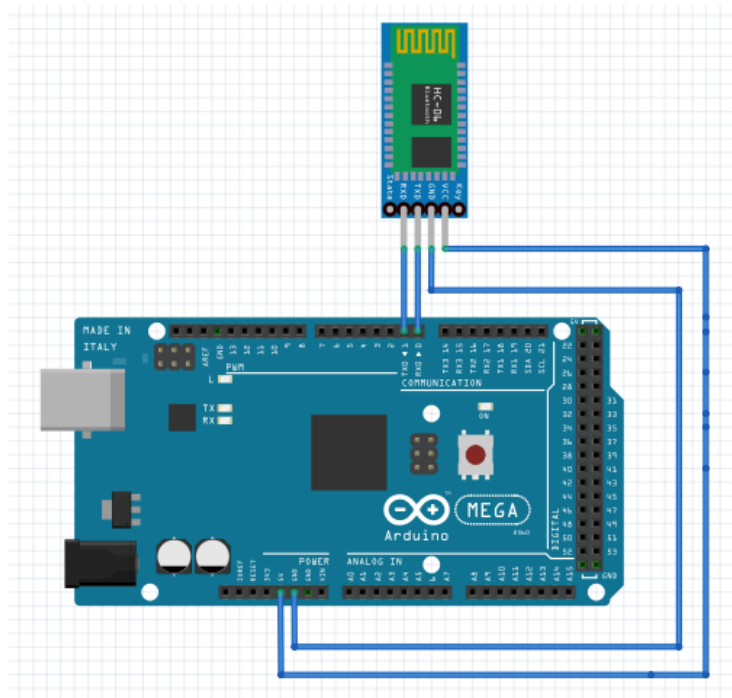


Figura 9. Diagrama de la Conexión de Bluetooth HC-06

Una vez la aplicación envía la señal de encender, el vehículo entra en funcionamiento. Todo el programa desarrollado en Arduino, el cual recibe el valor proveniente los Encoder FC-03. La conexión de estos sensores de velocidad se puede apreciar en la *figura 10*.

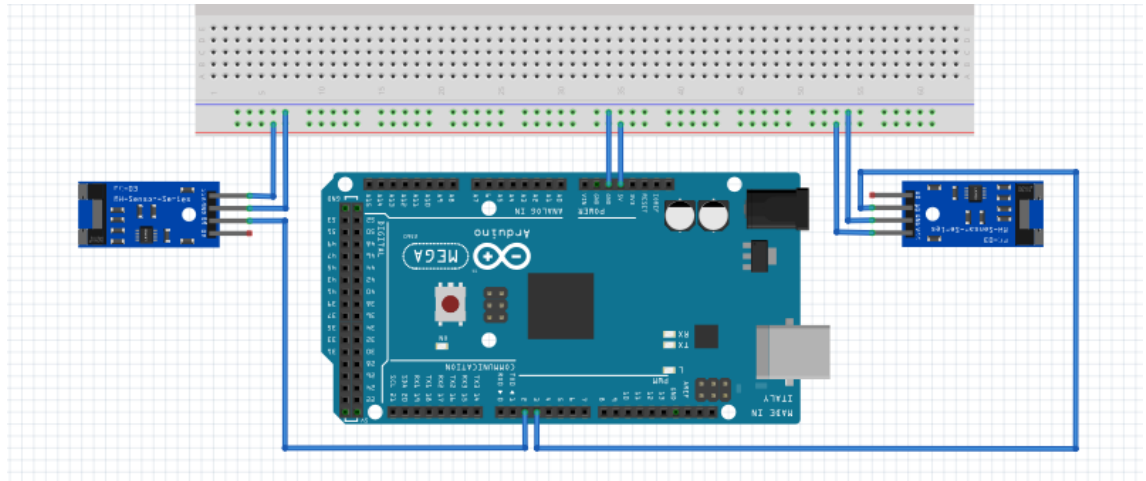


Figura 10. Diagrama de Conexión de los Sensores FC-03

Con los valores de los sensores, el programa realiza los cálculos pertinentes, como el cálculo de la nueva velocidad de los motores y la activación de las neuronas.

Ya terminado los cálculos, Arduino envía al puente H señales para la activación de los motores del vehículo mediante los pines 10 y 13, los cuales son pines PWM y envían valores entre 0 y 255, los pines 4,5,6,7 de la misma forma son pines PWM, pero estos dan valores fijos de 0 o 255 para el control de movimiento de la rueda en sentido horario o antihorario según convenga.

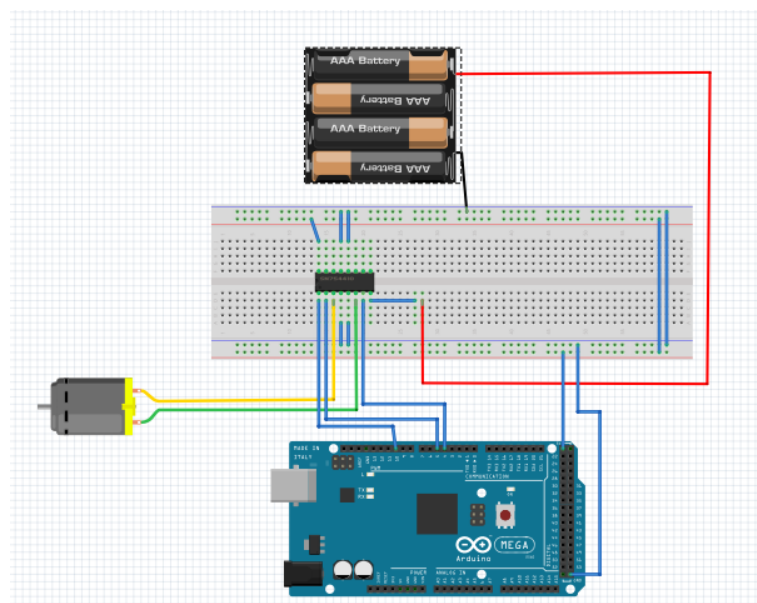


Figura 11. Diagrama de Conexión del Puente H

En el Anexo 1 se Encuentra el diagrama general del conexionado de todo el Proyecto de titulación.

Diseño Físico

Para la construcción del vehículo en el cual se hará pruebas del algoritmo para el control de velocidad, se necesitarán los siguientes materiales:

- Chasis en acrílico
- 2 ruedas de goma
- 2 motores DC con caja de cambio
- 2 Encoder FC-03
- Arduino MEGA 2560
- Protoboard pequeño
- Baterías
- Modulo Bluetooth

Como primer paso para la construcción del vehículo de pruebas; se va a colocar los 2 motores DC con sus respectivas ruedas en el chasis de acrílico, una vez colocados, se va a instalar los Encoder FC-03. Ya instalados esto se colocarán el Arduino y el Protoboard en la parte superior del chasis, y luego de esto se procederá a realizar la conexión de nuestros sensores FC-03 y el módulo Bluetooth como se indicó.

Por medio del vehículo de pruebas se realizó el diseño del soporte de pruebas, el mismo que constará de 2 columnas las cuales soportaran al vehículo y dos columnas colocadas a los costados en las que se implementará los frenos para las pruebas.

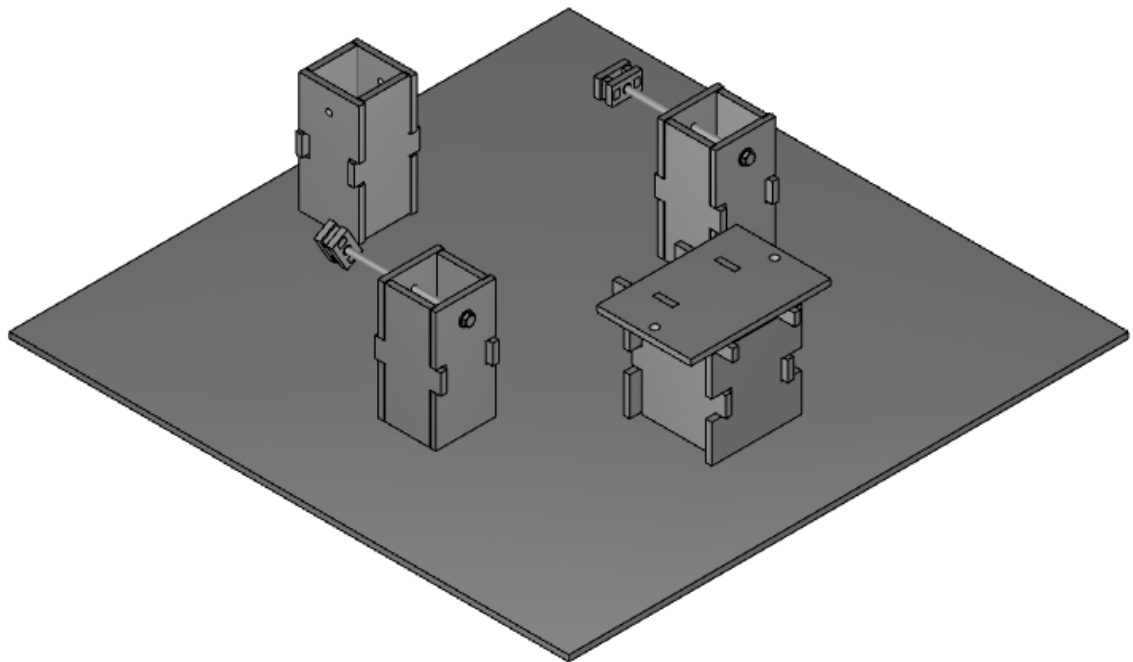


Figura 12. Diseño del Soporte del Vehículo en 3D

Una vez finalizado el diseño del soporte se procede a construir el mismo, para el proyecto se usó material acrílico de 3 milímetros y se realizó mediante corte laser. Con ello se procedió a montar el vehículo en el soporte.

En el Anexo 2 se encuentra los planos del soporte de Pruebas.

Software

Algoritmo de las Redes Neuronales Artificiales

Para el desarrollo del proyecto de titulación, se va a desarrollar un programa con la ayuda del programa de Arduino aplicado a un Arduino MEGA, el cual contiene un microcontrolador ATmega2560 con 54 pines digitales de entrada y salida de los que solo 15 dan una salida PWM y 16 pines análogos.

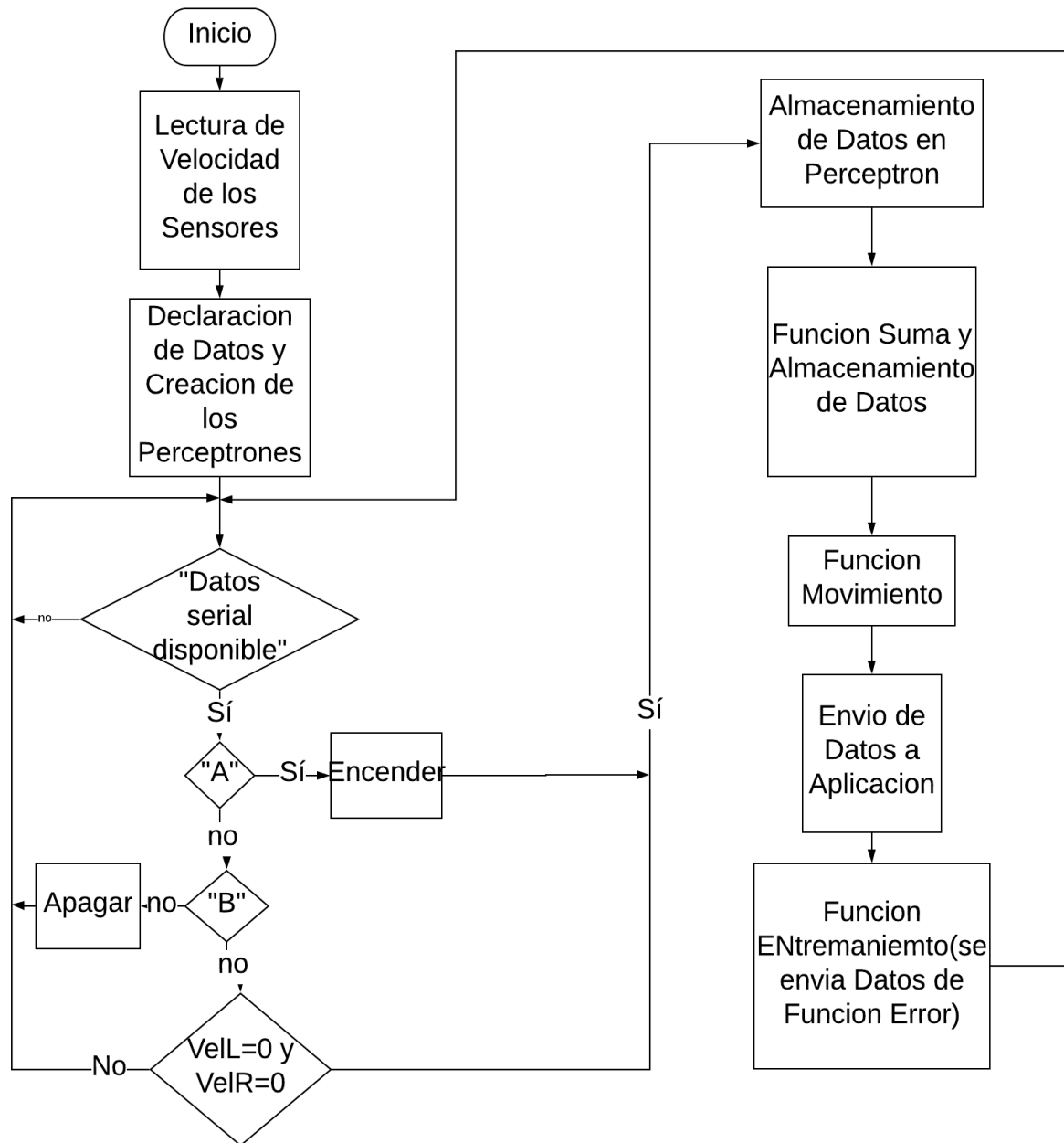
Como primer paso para el desarrollo del programa, se va a crear un algoritmo para el control de los Encoder FC-03, estos son nuestros sensores de velocidad. El

sensor se utiliza principalmente para medir la cantidad de pulsos que son registrados dentro de un contador. Los sensores de ranura emiten un haz de luz directo entre el emisor y el receptor. Al ser este haz de luz interceptado por un objeto se activa la detección. Este módulo contiene un sensor de herradura infrarrojo, consta de un LED emisor y otro receptor en cada costado de la ranura, al interrumpirse el rayo de luz el voltaje de salida lógico cambia a 0 lógico, y cuando el rayo pasa con normalidad el módulo arroja una salida de 1 lógico, permitiendo calcular la velocidad mediante un programa en el microcontrolador.

Para el cálculo de la velocidad, se generó un programa que cuenta el número de veces que el sensor detecta una interrupción en la generación de su haz de luz y utilizando un simple cálculo se obtiene la velocidad del motor, asignando variables $x1$, $x2$. Una vez hecho esto, se procede a calibrar estos sensores, para lo cual se realizó una serie de pruebas usando la máxima capacidad que los motores pueden emitir, estos datos son tomados y se hace un mapeo de 0 a la velocidad máxima, alcanzada por los motores a 0-255 siendo este el máximo valor emitido por los puertos PWM.

Con las velocidades de los motores vamos a desarrollar dentro del Arduino usando el comando “class”, vamos a introducir todo lo que respecta a la teoría del perceptrón, como viene a ser la iniciación de los pesos, el entrenamiento de la red con su respectivo cálculo de nuevos pesos y la función de activación de las neuronas.

Una vez creada nuestra clase llamada perceptrón, se procede a programar el *loop* del Arduino, de esta manera se llama a la clase perceptrón, se le envía los datos requeridos por la misma y una vez se reciba los valores provenientes del perceptrón, se realizan los movimientos de los motores y se evalúa estos movimientos y se vuelve a enviar a la clase perceptrón.

Diagrama de Flujo*Diagrama de Flujo 1* Diagrama del Software del Algoritmo de Control Implementado en Arduino

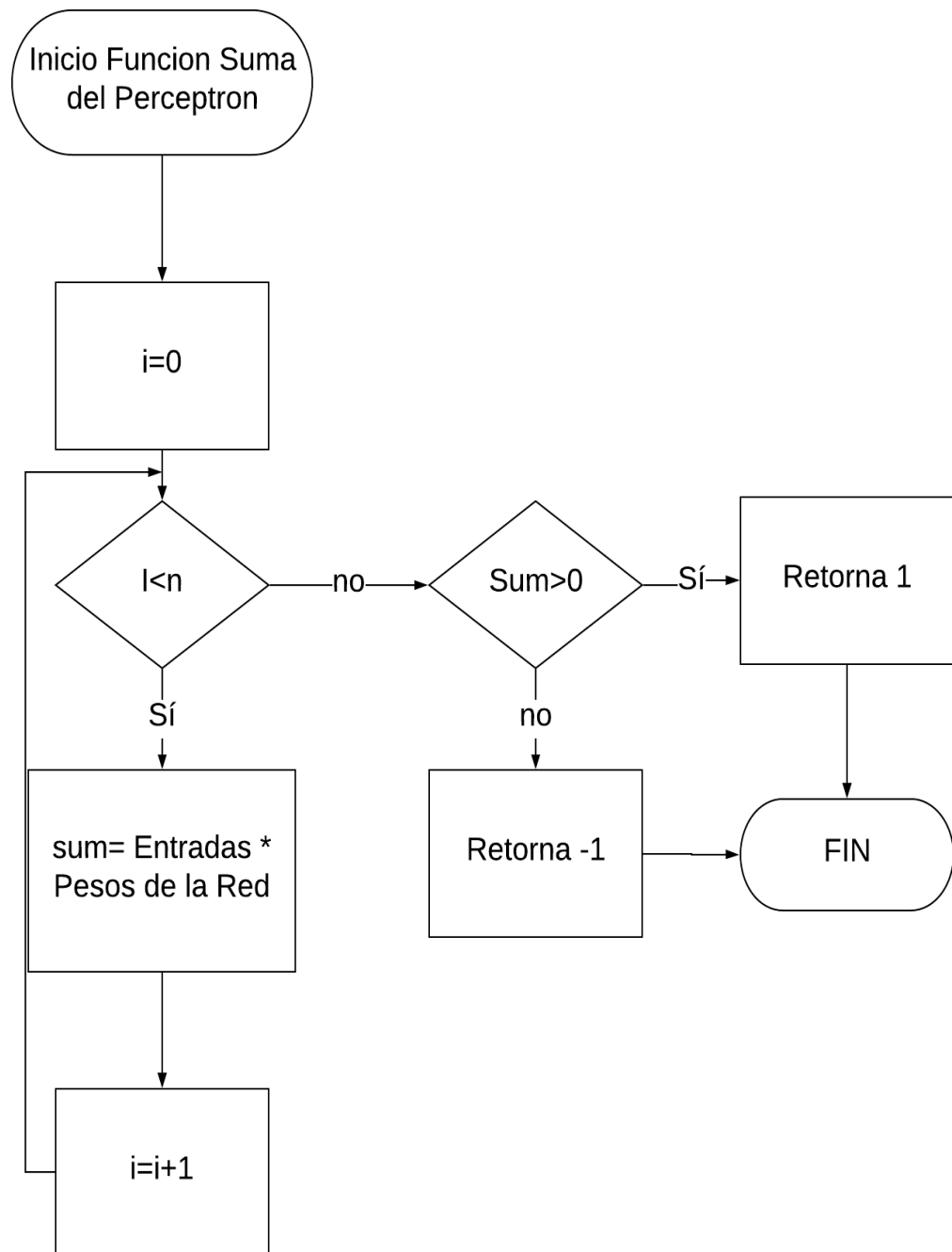


Diagrama de Flujo 2 Diagrama de la Funcion Suma llamada desde el Programa Principal en

Arduino

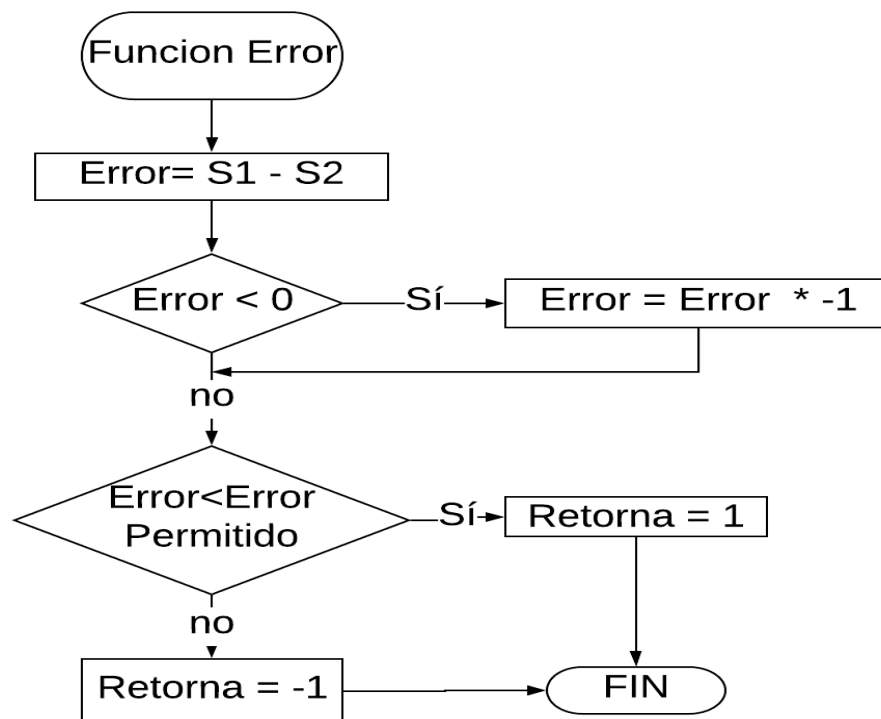


Diagrama de Flujo 3 Diagrama de la Funcion Error llamada desde el programa Principal en

Arduino

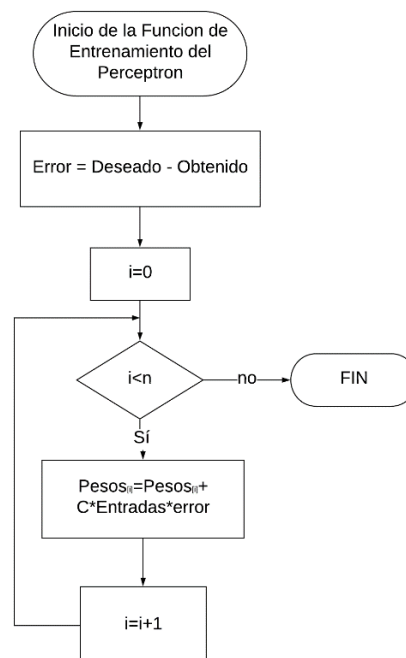


Diagrama de Flujo 4 Diagrama de Flujo de la Funcion de Entrenamiento llamada desde el

Programa Principal en Arduino

Software de la Aplicación

Para el desarrollo de la aplicación, encargada del apagado y encendido del vehículo, así como de monitorear la velocidad de los motores y la activación de las neuronas, se la ha creado usando el programa MIT APP INVENTOR.

Una vez con la información requerida para comenzar a crear nuestra aplicación, se comienza diseñando la parte visual de la aplicación, para esto se creó botones para apagado y prendido del vehículo, se implementó también dos botones para la conexión y desconexión del bluetooth y campos, en los cuales se mostrarán la velocidad de los motores, así como una zona que se muestra en la gráfica de la velocidad de los motores.

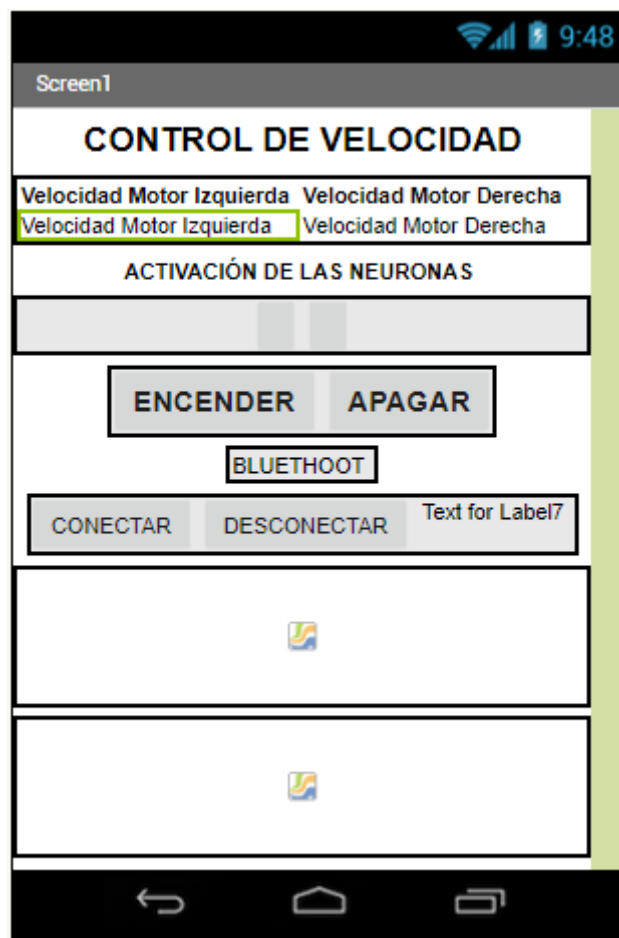


Figura 13. Imagen de la creación de la Aplicación y los diferentes componentes que tiene

Finalizada esta sección se procede a la programación mediante bloques de la aplicación, lo primero en programar fue la conexión del bluetooth entre el vehículo y la aplicación.

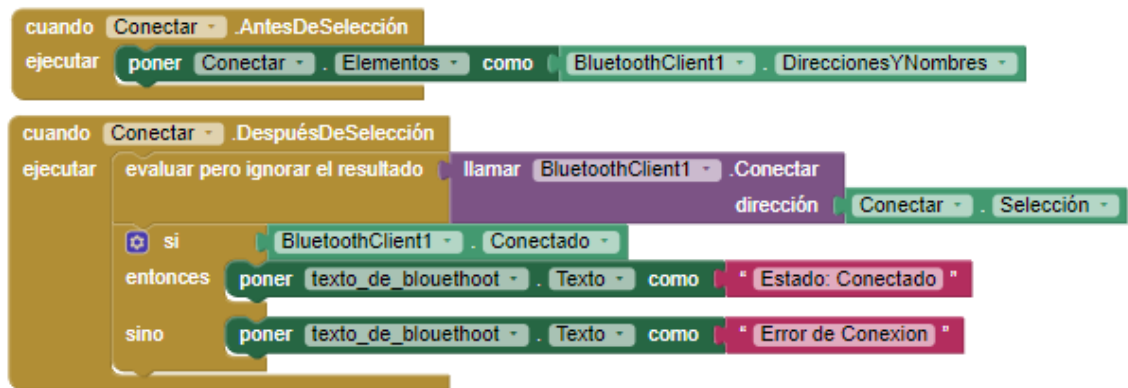


Figura 14. Programación Mediante Bloques de la conexión por medio bluetooth entre el vehículo y la aplicación.

Luego se comienza programando los botones de apagado y encendido del vehículo, así como el procesamiento de datos entrantes a la aplicación, como son la velocidad de los motores y la activación de las neuronas.

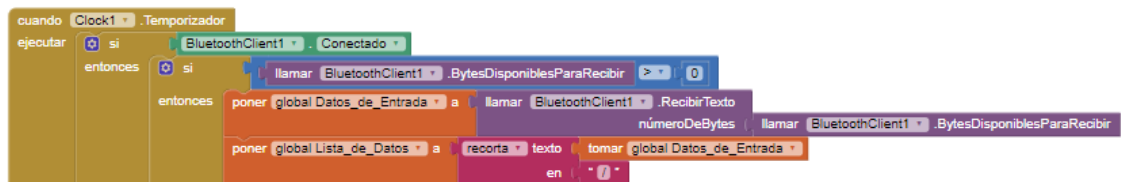


Figura 15. Programación por Bloques de procesamiento de datos

Con los datos procesados se programa la visualización de estos, Así, se va a mostrar la velocidad de ambos motores y se graficará cada una de estas velocidades, y para la activación de las neuronas se visualizará como dos leds, los cuales se ponen en color rojo cuando las neuronas esta todavía calibrando la red y verde cuando las mismas estén ya calibradas.



Figura 16. Programación de la Toma de datos para la activación de las neuronas y de la Grafica de Velocidades de los Motores

En el Anexo 3 se encuentra el código de bloques completo para su apreciación.

RESULTADOS

Una vez finalizada la fase de diseño del vehículo, soporte, algoritmo y desarrollo de la aplicación, se procede a construir e implementar todo.



Figura 17. Soporte del Vehículo de Pruebas

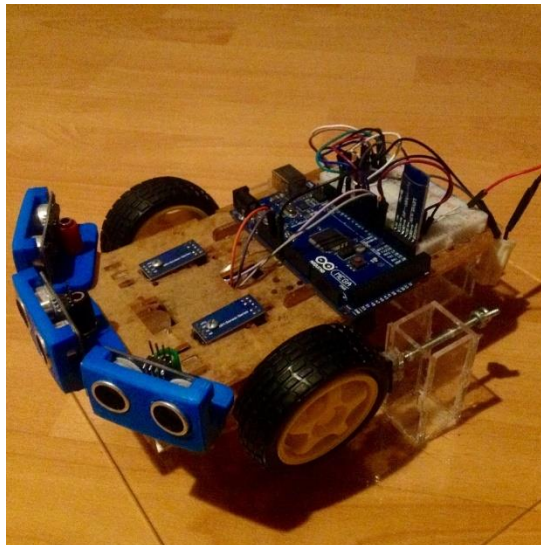


Figura 18. Vehículo de Pruebas Montado en el Soporte

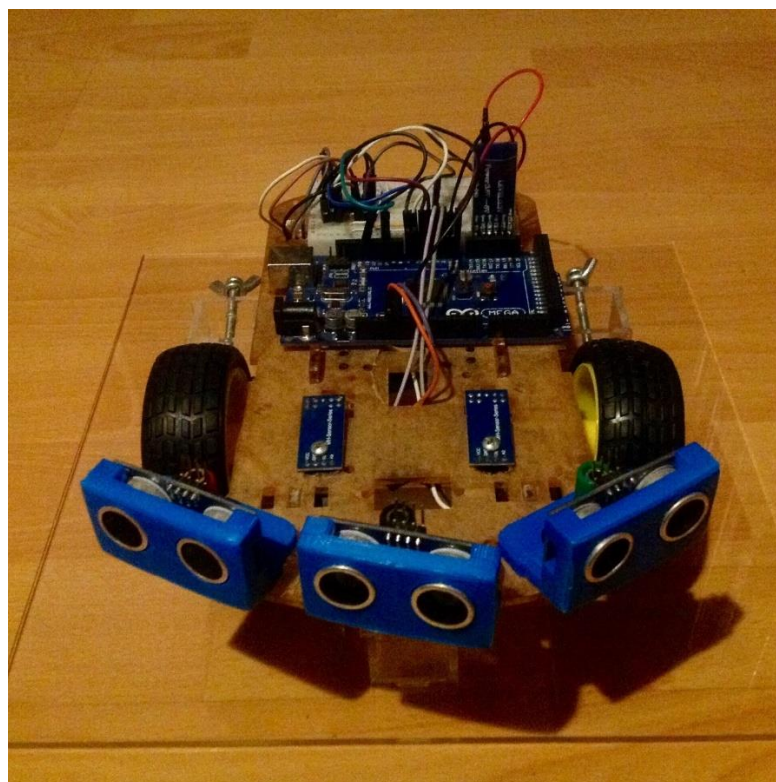


Figura 19. Vehículo de Pruebas

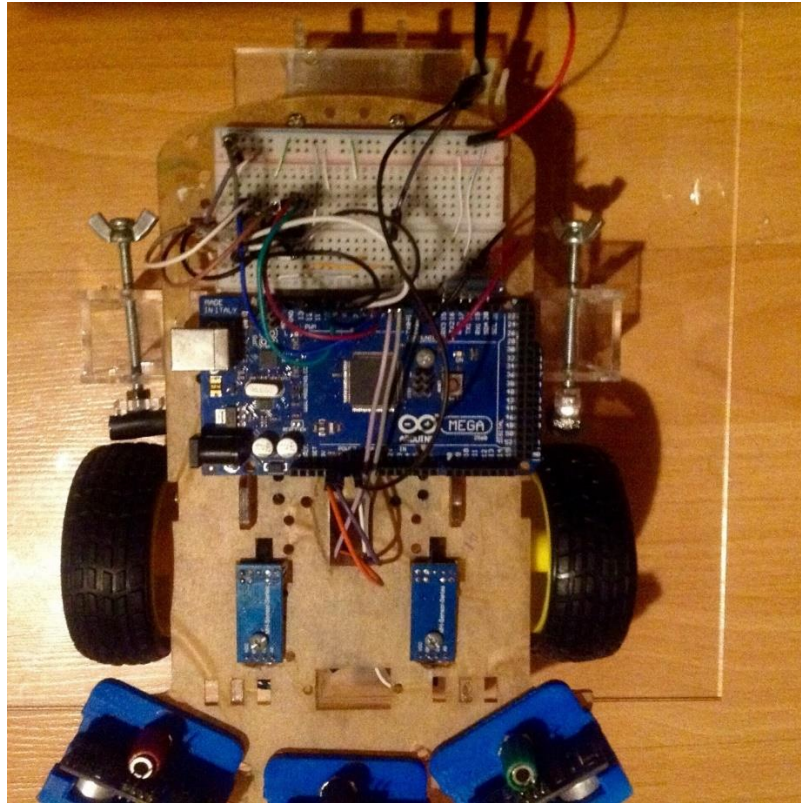


Figura 20. Conexiones Eléctricas del Vehículo

Una vez con el programa en Arduino y el prototipo construido, se realiza las pruebas. En este proyecto de titulación se tomó 10 pruebas diferentes realizadas de manera estática.

Mediante el uso de la aplicación se puede observar el estado de la activación de las neuronas y la velocidad de los motores, como se puede ver en las imágenes siguientes, como se explicó el color verde indica la estabilización de la Red y el Rojo que se encuentra en estado de entrenamiento.

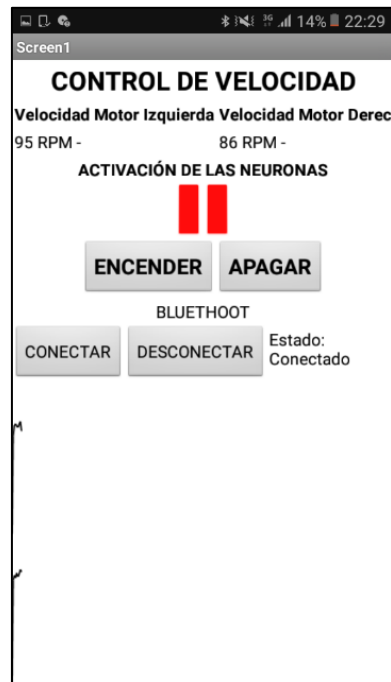


Figura 21. Aplicación Mostrando la Red en estado de Entrenamiento en el Celular

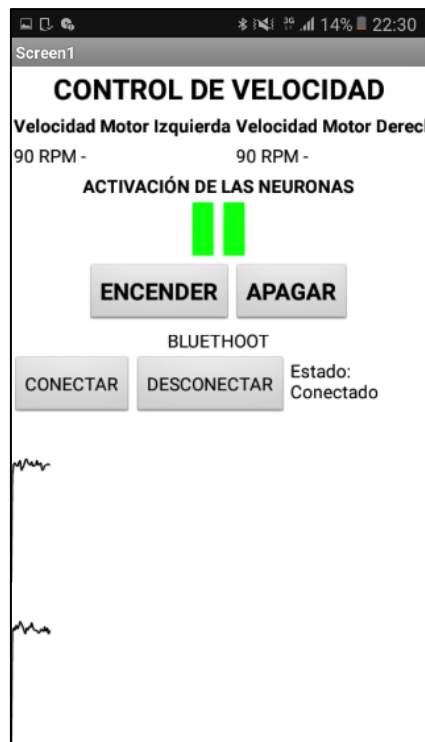


Figura 22. Aplicación Mostrando la Red Calibrada en el Celular

Pruebas de Funcionamiento Normal

Se tomó 3 muestras para ver el funcionamiento que se obtiene de la RENA desarrollada.

Prueba 1

Esta prueba se realizó en un tiempo de 1 minuto, en ella como podemos observar en la *tabla 1*, la RNA se demoró en estabilizar la velocidad de los motores 21 segundos, pasado este tiempo, la red sufrió unas pocas alteraciones en la velocidad, pero se mantuvo estable y dentro del rango de error que se puso dentro de la red hasta el fin de la prueba.

Tabla 1

Tabla de Datos del Comportamiento del Vehículo en Condiciones Normales

Tiempo (sec)	RPM Motor 1	RPM Motor 2	Activación Neuronas	
17	112	117	-1	-1
18	109	114	-1	-1
19	109	112	1	1
20	112	117	-1	-1
21	114	115	1	1
22	113	115	1	1
23	112	122	-1	-1
24	115	114	1	1
25	115	120	-1	-1
26	113	116	1	1
27	115	112	1	1
28	116	118	1	1
29	115	113	1	1
30	116	114	1	1
31	116	115	1	1

Nota: Parte de la Tabla de la Prueba Número 1 del Comportamiento del Vehículo en

Condiciones normales, Tabla completa se encuentra en el Anexo 5.

Prueba 2

En la prueba número dos, al igual que en la primera se realizó en un lapso de un minuto, en el cual la RNA se encuentra en etapa de entrenamiento hasta el segundo 19, a partir de los 20 segundos, la RNA se estabiliza y en los siguientes segundos sufre pocas variaciones fuera del rango de error permitido.

Tabla 2

Tabla de Datos del Comportamiento del Vehículo en Condiciones Normales

Tiempo (sec)	RPM Motor 1	RPM Motor 2	Activacion Neuronas	
17	113	121	-1	-1
18	114	120	-1	-1
19	114	122	-1	-1
20	119	123	1	1
21	119	121	1	1
22	118	122	1	1
23	118	123	-1	-1
24	119	118	1	1
25	116	119	1	1
26	119	124	-1	-1
27	116	123	-1	-1
28	120	120	1	1
29	117	116	1	1
30	118	118	1	1
31	118	119	1	1

Nota: Parte de la Tabla de la Prueba Número 2 del Comportamiento del Vehículo en

Condiciones normales, Tabla completa se encuentra en el Anexo 5.

Prueba 3

En esta prueba, al igual que las anteriores se toma una muestra de 1 minuto, en la cual, se puede observar en la *tabla 3*, la red comienza a entrar dentro del rango de error permitido a partir del segundo 17, pero nunca se logra estabilizar por completo ya que en los siguientes tiempos tenemos lapsos en los cuales se estabiliza y viceversa, así hasta finalizar la prueba.

Tabla 3

Tabla de Datos del Comportamiento del Vehículo en Condiciones Normales

Tiempo (sec)	RPM Motor 1	RPM Motor 2	Activacion Neuronas	
15	104	98	-1	-1
16	108	95	-1	-1
17	99	95	1	1
18	99	101	1	1
19	104	92	-1	-1
20	98	96	1	1
21	105	100	-1	-1
22	102	96	-1	-1
23	103	97	-1	-1
24	90	94	1	1
25	96	91	-1	-1
26	100	95	-1	-1
27	94	91	1	1
28	94	96	1	1
29	90	88	1	1

*Nota: Parte de la Tabla de la Prueba Número 3 del Comportamiento del Vehículo en**Condiciones normales, Tabla completa se encuentra en el Anexo 5.***Pruebas Aplicando Freno a la Rueda Derecha**

En las siguientes dos pruebas, vamos a aplicar un diferente método en el cual vamos a dejar que nuestra RNA se estabilice un corto periodo de tiempo y luego se procederá a aplicar un freno en la llanta derecha, para observar cuanto tiempo toma a la RNA se recalibrar.

Prueba 1

En esta primera prueba aplicando un freno en la llanta derecha se tomó una muestra de 3 minutos, a los 43 segundos de la prueba una vez que la red se estabilizó se aplica el freno y nuestra red al segundo 77 se comienza a estabilizar.

Tabla 4

Tabla de Datos del Comportamiento del Vehículo aplicando un Freno a la Rueda Derecha

Tiempo (sec)	RPM Motor 1	RPM Motor 2	Activacion Neuronas	
74	77	86	-1	-1
75	76	85	-1	-1
76	76	87	-1	-1
77	81	78	1	1
78	79	83	1	1
79	81	69	-1	-1
80	80	71	-1	-1
81	76	79	1	1
82	78	76	1	1
83	77	88	-1	-1
84	77	82	-1	-1
85	78	84	-1	-1
86	80	81	1	1
87	78	78	1	1
88	81	81	1	1

Nota: Parte de la Tabla de la Prueba Número 1 del Comportamiento del Vehículo Aplicando un Freno a la Rueda Derecha, Tabla completa se encuentra en el Anexo 5.

Prueba 2

Esta prueba, aplicando un freno en la llanta derecha se tomó una muestra de 2 minutos, como se observa en la *tabla 5*. Una vez se estabilizó la red, en el segundo 45 aplicamos el freno y pasan 35 segundos para que nuestra red al segundo 80 se comienza a estabilizar la red y pasados los 97 segundos de la prueba nuestra red se encuentra totalmente calibrar y estable.

Tabla 5

Tabla de Datos del Comportamiento del Vehículo aplicando un Freno a la Rueda Derecha

Tiempo (sec)	RPM Motor 1	RPM Motor 2	Activacion Neuronas	
73	93	74	-1	-1
74	90	60	-1	-1
75	90	73	-1	-1
76	89	80	-1	-1
77	90	77	-1	-1
78	85	80	-1	-1
79	88	74	-1	-1
80	82	86	1	1
81	82	83	1	1
82	84	80	1	1
83	84	74	-1	-1
84	83	80	1	1
85	86	84	1	1
86	83	84	1	1
87	85	83	1	1

Nota: Parte de la Tabla de la Prueba Número 2 del Comportamiento del Vehículo Aplicando un Freno a la Rueda Derecha, Tabla completa se encuentra en el Anexo 5.

Pruebas Aplicando Freno a la Rueda Izquierda

Al igual que las dos anteriores pruebas en estas se aplicará un freno en la llanta izquierda una vez la RNA se encuentre estable en un funcionamiento normal.

Prueba 1

En esta primera prueba, aplicando un freno en la llanta izquierda se tomó una muestra de 2 minutos, una vez nuestra red se estabiliza el freno es aplicado en el segundo 49 y en el segundo 66 nuestra red comienza a calibrarse hasta que en el segundo 69 se estabiliza totalmente.

Tabla 6

Tabla de Datos del Comportamiento del Vehículo aplicando un Freno a la Rueda Izquierda

Tiempo (sec)	RPM Motor 1	RPM Motor 2	Activacion Neuronas	
60	61	78	-1	-1
61	62	82	-1	-1
62	63	79	-1	-1
63	67	78	-1	-1
64	68	77	-1	-1
65	74	80	-1	-1
66	74	76	1	1
67	76	81	-1	-1
68	74	80	-1	-1
69	78	76	1	1
70	77	80	1	1
71	80	76	1	1
72	80	81	1	1
73	78	74	1	1
74	79	75	1	1

Nota: Parte de la Tabla de la Prueba Número 1 del Comportamiento del Vehículo Aplicando un Freno a la Rueda Izquierda, Tabla completa se encuentra en el Anexo 5.

Prueba 2

En la segunda prueba, aplicando un freno en la llanta izquierda se tomó una muestra de 2 minutos, una vez que nuestra red se estabilizó se aplica el freno en el segundo 48 y se logra estabilizar al segundo 81, sin embargo, la red durante el resto de la prueba aplicando el freno se mantiene fluctuando entre valores dentro del error permitido y valores cercanos al error permitido por la red.

Tabla 7

Tabla de Datos del Comportamiento del Vehículo aplicando un Freno a la Rueda Izquierda

Tiempo (sec)	RPM Motor 1	RPM Motor 2	Activacion Neuronas	
80	92	84	-1	-1
81	87	91	1	1
82	87	89	1	1
83	87	93	-1	-1
84	86	87	1	1
85	87	93	-1	-1
86	85	98	-1	-1
87	88	87	1	1
88	86	95	-1	-1
89	86	94	-1	-1
90	86	87	1	1
91	92	83	-1	-1
92	87	86	1	1
93	89	86	1	1
94	87	91	1	1

Nota: Parte de la Tabla de la Prueba Número 2 del Comportamiento del Vehículo Aplicando un

Freno a la Rueda Izquierda, Tabla completa se encuentra en el Anexo 5.

Pruebas Aplicando Freno en Ambas Ruedas en diferentes tiempos

En las siguientes 3 pruebas se va a efectuar un método, para lo que se dejará estabilizar la red como primer paso, luego se aplicará el freno de uno de los dos lados y por último se aplicará el freno del lado contrario y se retirará el freno del lado anterior, para así poder observar los diferentes comportamientos que nuestra red muestra frente a diversos efectos de frenado en una misma prueba.

Prueba 1

En esta primera prueba se tomó una muestra de 2 minutos, en ella se obtuvo los siguientes valores que se muestran en la *tabla 8*, una vez la red se estabiliza el freno izquierdo es aplicado en el segundo 32 logrando estabilizarse al segundo 52, pasado

esto se retira el freno, se deja recalibrar a la red, una vez se estabilizó en el segundo 87, se aplicó el freno derecho y la red volvió a recalibrar los valores hasta que en el segundo 101 se estabilizó otra vez.

Tabla 8

Tabla de Datos del Comportamiento del Vehículo aplicando un Freno a la

Rueda Izquierda y Derecha en Diferentes Tiempos

IZQUIERDA					DERECHA				
Tiempo (sec)	RPM Motor 1	RPM Motor 2	Activacion Neuronas		Tiempo (sec)	RPM Motor 1	RPM Motor 2	Activacion Neuronas	
47	107	111	1	1	96	110	94	-1	-1
48	106	114	-1	-1	97	112	94	-1	-1
49	108	117	-1	-1	98	107	101	-1	-1
50	107	113	-1	-1	99	108	97	-1	-1
51	108	113	-1	-1	100	111	105	-1	-1
52	109	112	1	1	101	107	104	1	1
53	111	111	1	1	102	108	104	1	1
54	108	108	1	1	103	108	104	1	1
55	108	107	1	1	104	105	99	-1	-1
56	111	114	1	1	105	109	107	1	1
57	108	110	1	1	106	107	105	1	1
58	111	110	1	1	107	111	105	-1	-1
59	113	112	1	1	108	110	104	-1	-1
60	108	110	1	1	109	109	107	1	1
61	114	114	1	1	110	107	106	1	1

Nota: Parte de la Tabla de la Prueba Número 1 del Comportamiento del Vehículo Aplicando un Freno a la Rueda Izquierda y Derecha, Tabla completa se encuentra en el Anexo 5.

Prueba 2

En esta segunda prueba se tomó una muestra de 2 minutos, como primer paso se deja que la red se estabilice y una vez logrado esto se aplica el freno derecho en el segundo 35, la red recalibra sus pesos y se logra estabilizar al segundo 53, pasado esto se retira el freno y se dejó de recalibrar la red, una vez se estabilizo la red, en el segundo

90 se aplicó el freno izquierdo y la red comienza a estabilizarse hasta el segundo 113 que comienza a estabilizarse y termina de hacerlo en el segundo 122.

Tabla 9

Tabla de Datos del Comportamiento del Vehículo aplicando un Freno a la Rueda Izquierda y Derecha en Diferentes Tiempos

IZQUIERDA				DERECHA			
Tiempo (sec)	RPM Motor 1	RPM Motor 2	Activacion Neuronas	Tiempo (sec)	RPM Motor 1	RPM Motor 2	Activacion Neuronas
111	86	102	-1 -1	48	94	86	-1 -1
112	87	99	-1 -1	49	92	83	-1 -1
113	92	95	1 1	50	91	86	-1 -1
114	90	106	-1 -1	51	90	84	-1 -1
115	91	102	-1 -1	52	95	87	-1 -1
116	89	101	-1 -1	53	86	84	1 1
117	92	99	-1 -1	54	88	92	1 1
118	89	102	-1 -1	55	85	92	-1 -1
119	89	99	-1 -1	56	85	91	-1 -1
120	93	98	-1 -1	57	87	93	-1 -1
121	93	99	-1 -1	58	93	93	1 1
122	95	99	1 1	59	93	89	1 1
123	95	98	1 1	60	94	92	1 1
124	93	96	1 1	61	92	95	1 1
125	90	93	1 1	62	93	92	1 1

Nota: Parte de la Tabla de la Prueba Número 1 del Comportamiento del Vehículo Aplicando un

Freno a la Rueda Izquierda y Derecha, Tabla completa se encuentra en el Anexo 5.

Nota: Parte de la Tabla de la Prueba Número 2 del Comportamiento del Vehículo Aplicando un

Freno a la Rueda Derecha

Prueba 3

En esta tercera y última prueba se tomó una muestra de 2 minutos con 23 segundos, una vez se estabiliza la red, el freno derecho es aplicado ligeramente en el segundo 19 y se logra estabilizar al segundo 34, se retira el freno y se deja que la red se estabilice, pasado esto en el segundo 42 se aplica el freno izquierdo y la red recalibra

los valores hasta que en el segundo 81 se estabiliza, por último en el segundo 88 se aplica el freno derecho y la red es recalibrada hasta conseguir en el segundo 141 volver a estabilizarse.

Tabla 10

Tabla de Datos del Comportamiento del Vehículo aplicando un Freno a la Rueda Izquierda y Derecha en Diferentes Tiempos

IZQUIERDA				DERECHA			
Tempo (sec)	RPM Motor 1	RPM Motor 2	Activacion Neuronas	Tempo (sec)	RPM Motor 1	RPM Motor 2	Activacion Neuronas
111	86	102	-1 -1	48	94	86	-1 -1
112	87	99	-1 -1	49	92	83	-1 -1
113	92	95	1 1	50	91	86	-1 -1
114	90	106	-1 -1	51	90	84	-1 -1
115	91	102	-1 -1	52	95	87	-1 -1
116	89	101	-1 -1	53	86	84	1 1
117	92	99	-1 -1	54	88	92	1 1
118	89	102	-1 -1	55	85	92	-1 -1
119	89	99	-1 -1	56	85	91	-1 -1
120	93	98	-1 -1	57	87	93	-1 -1
121	93	99	-1 -1	58	93	93	1 1
122	95	99	1 1	59	93	89	1 1
123	95	98	1 1	60	94	92	1 1
124	93	96	1 1	61	92	95	1 1
125	90	93	1 1	62	93	92	1 1

Nota: Parte de la Tabla de la Prueba Número 1 del Comportamiento del Vehículo Aplicando un Freno a la Rueda Izquierda y Derecha, Tabla completa se encuentra en el Anexo 5.

Resumen de Resultados

En la *tabla 11* se muestran los resultados de cada una de las 10 pruebas que se realizó, en esta se muestra el tiempo en que cada una de las pruebas se calibra, en primera instancia hasta llegar a que ambos motores se estabilizaron, las primeras 3 pruebas únicamente se usó para realizarlas sin frenos y en promedio la red se demora en calibrar 15.6 segundos.

A partir de la 4ta prueba se aplican los frenos tanto en la izquierda y la derecha y como tiempo promedio se obtuvo que se demora 23.6 segundos en recalibrar la red para estabilizar los motores y al aplicar el freno derecho se demora en 25 segundos en promedio en realizarlo.

Tabla 11

Tabla de Datos Generales de Todas las Pruebas Realizadas, Mostrando las Diferencias de Tiempos de Estabilización de la Red

Prueba	Estabilizacion sin Freno (Sec)	Aplica Freno Izquierdo (Sec)	Estabilizacion (Sec)	Diferencia (Sec)	Aplica Freno Derecho (Sec)	Estabilizacion (Sec)	Diferencia (Sec)
1	19						
2	20						
3	17						
4	17				34	77	43
5	19				45	80	35
6	20	49	66	17			
7	15	48	81	33			
8	19	32	47	15	87	101	14
9	6	90	113	23	35	53	18
10	4	42	72	30	19	34	15
Promedio	15.6			23.6			25

DISCUSIÓN

CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos en el proyecto se puede concluir que el algoritmo desarrollado para el control de velocidad de un vehículo en línea recta, el cual consta de dos perceptrones, resuelve de manera satisfactoria el planteamiento del este proyecto de Titulación.

El Algoritmo desarrollado es muy robusto en cuanto a adaptación, ya que este logra recalcular de manera efectiva la velocidad a pesar de que se apliquen frenos diversos a cada una de las llantas.

Se concluye en base a los resultados obtenidos, que el mínimo tiempo para la estabilización de la red es de 4 segundos y máximo de 43 segundos.

Al Analizar los resultados, se observa que la estabilización es menor en el comportamiento normal sin frenos, teniendo valores de 4 segundos y como máximo de 20 segundos, por el contrario, en una segunda recalibración de la red estas tienen tiempos superiores.

RECOMENDACIONES

Como recomendación para disminuir el margen de error en la precisión del control de velocidad del Algoritmo, se pueden incluir capas ocultas las cuales ayuden en el procesamiento de datos.

Otra recomendación sería cambiar la Arquitectura de la Red Neuronal Artificial, y buscar una teoría de retro propagación más efectiva.

Para tener resultados más confiables se necesita tener una presión en el freno constante e igual en todas las pruebas, por ello se recomienda implementar un sistema de control de presión.

BIBLIOGRAFÍA

- ANDRADE TEPÁN, E. (2013). ESTUDIO DE LOS PRINCIPALES TIPOS DE REDES NEURONALES Y LAS HERRAMIENTAS PARA SU APLICACIÓN. *ESTUDIO DE LOS PRINCIPALES TIPOS DE REDES NEURONALES Y LAS HERRAMIENTAS PARA SU APLICACIÓN*, 152.
- Avellano. (12 de Julio de 2019). *Redes Neuronales*. Obtenido de <http://avellano.usal.es/~lalonso/RNA/index.htm>
- Basogain Olabe, X. (s.f.).
- Casanova del Angel, F., & Atilus Louissaint, W. (2013). *Desarrollo de una red neuronal artificial para validar*. Merida: Universidad Autónoma de Yucatán.
- Cevallos Ampuero, J. (2008). Redes Neuronales de Base Radial aplicadas a la mejora de la calidad. *Industrial Data*, 11 (2), 63-72.
- Flores López, R., & Miguel Fernández, J. (2008). *Redes Neuronales Artificiales. Fundamentos Teóricos y Aplicaciones Prácticas*. La Coruña: NETBIBLO, S.L.
- Gomez Quesada, F., Fernandez Graciani, M., Lopez Bonal, M., & Diaz-Marta, M. (s.f.). *Aprendizaje con Redes NEuronales Artificiales*. Castilla: Universidad de Castilla-La Mancha.

- Guinot Martinez, P., & Orti del Toro, M. (2013). *INTRODUCCION A LAS REDES NEURONALES APLICADAS AL CONTROL INDUSTRIAL*. VALENCIA: Centro Adscrito a la Universidad Politécnica de Valencia.
- Isasi Viñuela, P., & Galván León, I. (2004). Redes de Neuronas Artificiales Un Enfoque Práctico. En P. Isasi Viñuela, & I. Galván León, *Redes de Neuronas Artificiales Un Enfoque Práctico* (pág. 248). Madrid: PEARSON EDUCACIÓN, S.A.
- Matich, D. (2011). *Redes Neuronales: Conceptos Básicos y Aplicaciones*. Rosario: Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Rosario Departamento de Ingeniería Química Grupo de Investigación Aplicada a la Ingeniería Química.
- Oropeza Clavel, C. (2007). *Modelado y Simulación de un Sistema de Detección de Intrusos Utilizando Redes Neuronales Recurrentes*. Puebla: Departamento de Computación, Electrónica y Mecatrónica. Escuela de Ingeniería y Ciencias, Universidad de las Américas Puebla.
- Ortega Constantine, J. (2011). Prototipo de aprendizaje automático con el uso de redes neuronales artificiales aplicado. *PROTOTIPO DE APRENDIZAJE AUTOMÁTICO CON EL USO DE REDES NEURONALES ARTIFICIALES APLICADO AL ESTABLECIMIENTO DE LÍMITE DE CRÉDITO*, 185.
- Peña Rojas, A., & Flores del Pino, L. (2014). *Redes neuronales para el tratamiento de agua*. Bogota.
- Simple, E. P. (S.F. de S.F. de S.F.). *LENGUAJES Y CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN*. Obtenido de LENGUAJES Y CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN:
http://www.lcc.uma.es/~munozp/documentos/modelos_computacionales/temas/Tema4MC-05.pdf

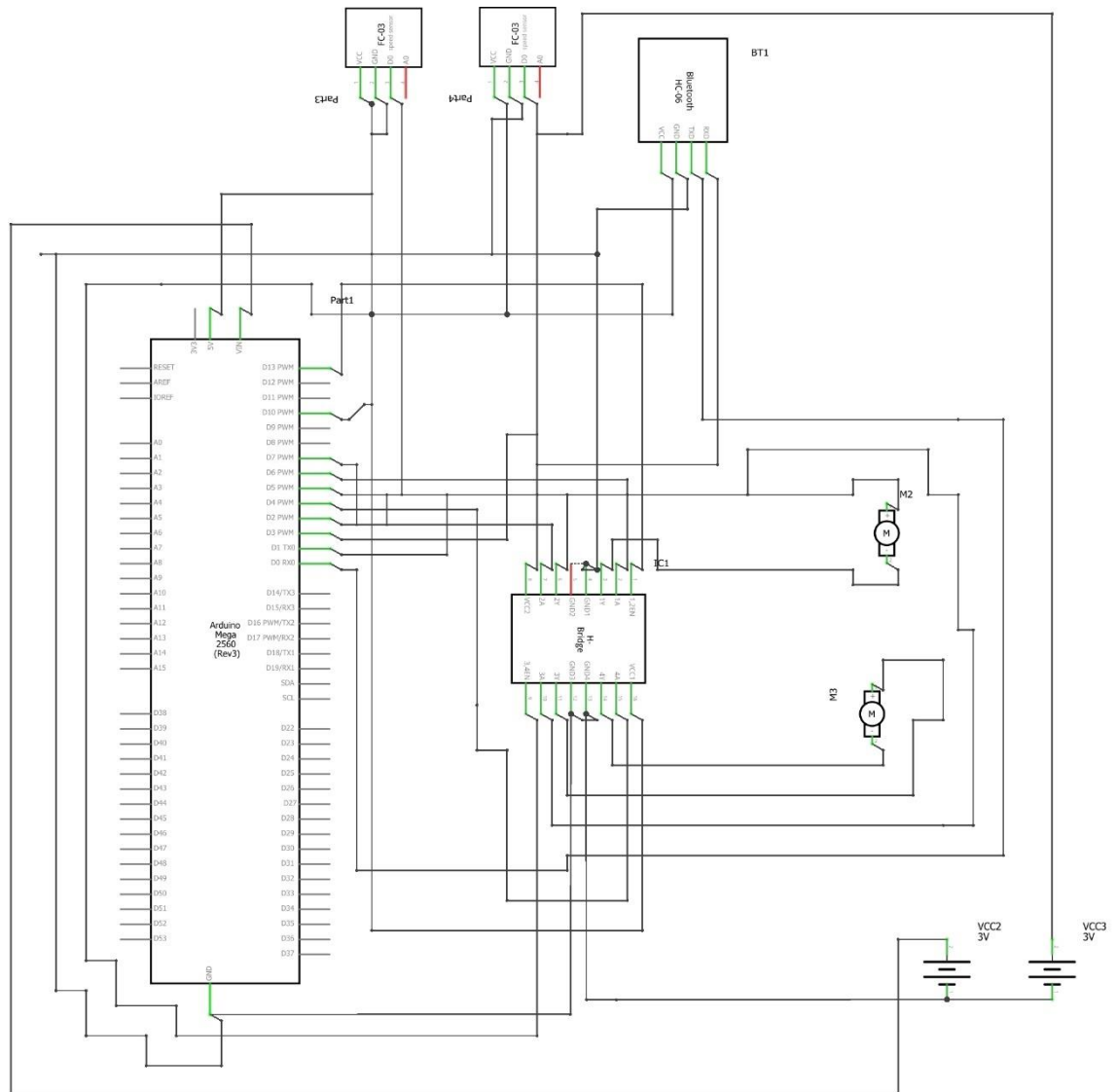
Tanco, F. (s.f.). *INTRODUCCION A LAS REDES*. Buenos Aires: UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL.

VALDES, M. M., & ALEAGA, A. M. (2014). *Redes neuronales artificiales en la predicción de insolvencia. Un cambio de paradigma ante recetas tradicionales de prácticas empresariales*. Quito: UTE.

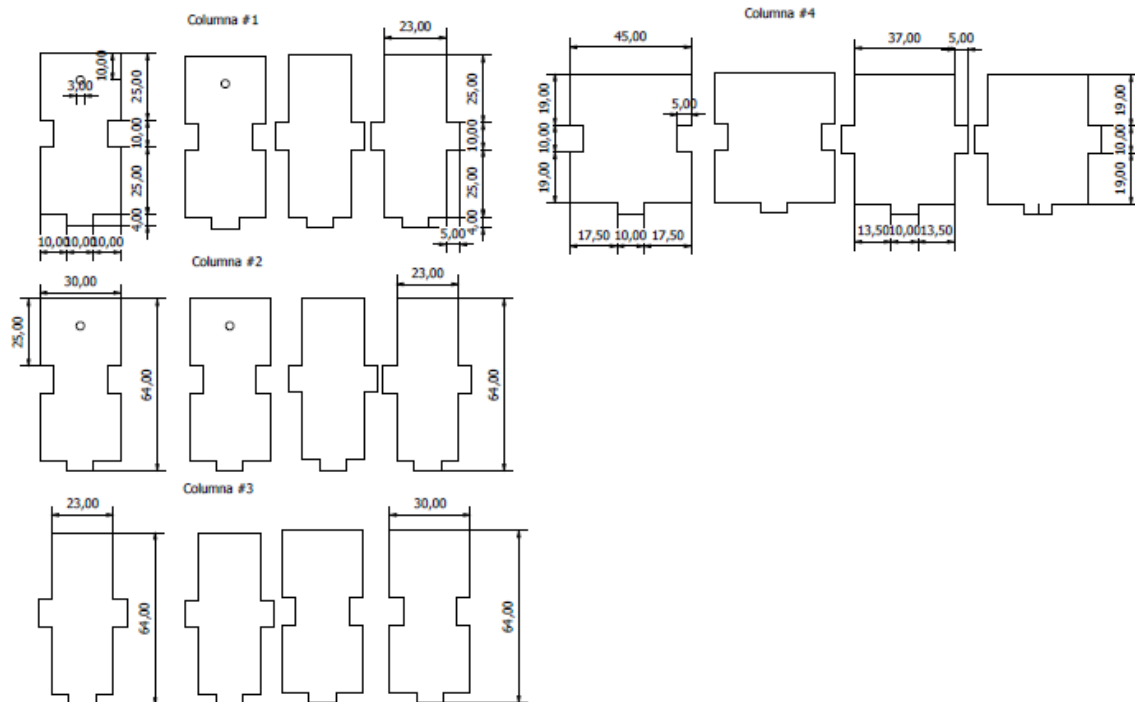
Vanguardia, L. (8 de Noviembre de 2017). *La Vanguardia*. Obtenido de La Vanguardia: <https://www.lavanguardia.com/motor/actualidad/20171108/432714890712/coche-autonomo-google-circula-sin-conductor-de-seguridad-volante-waymo.html>

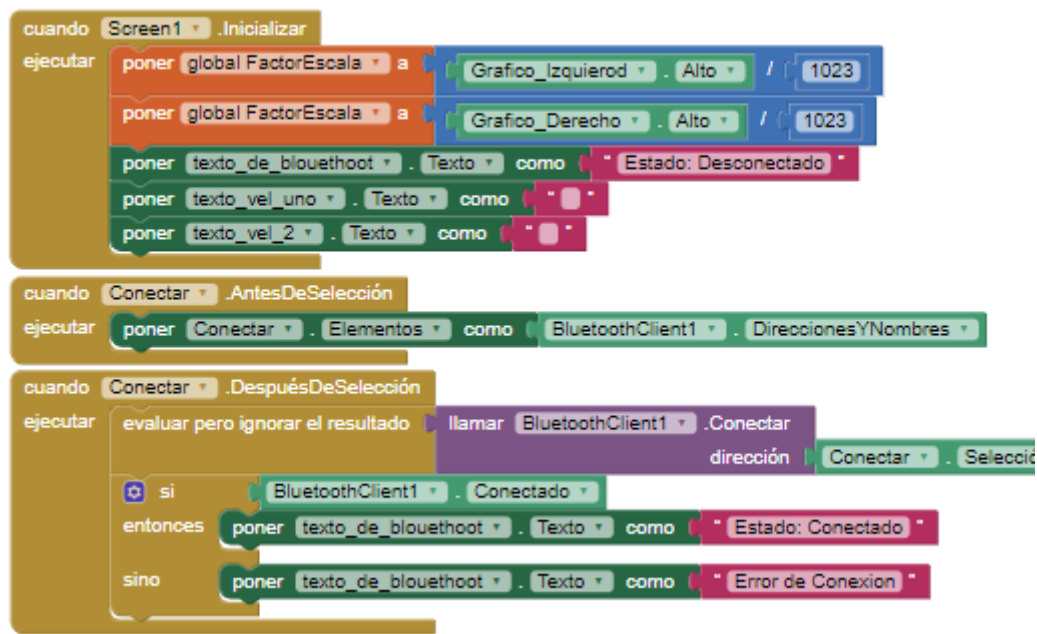
ANEXOS

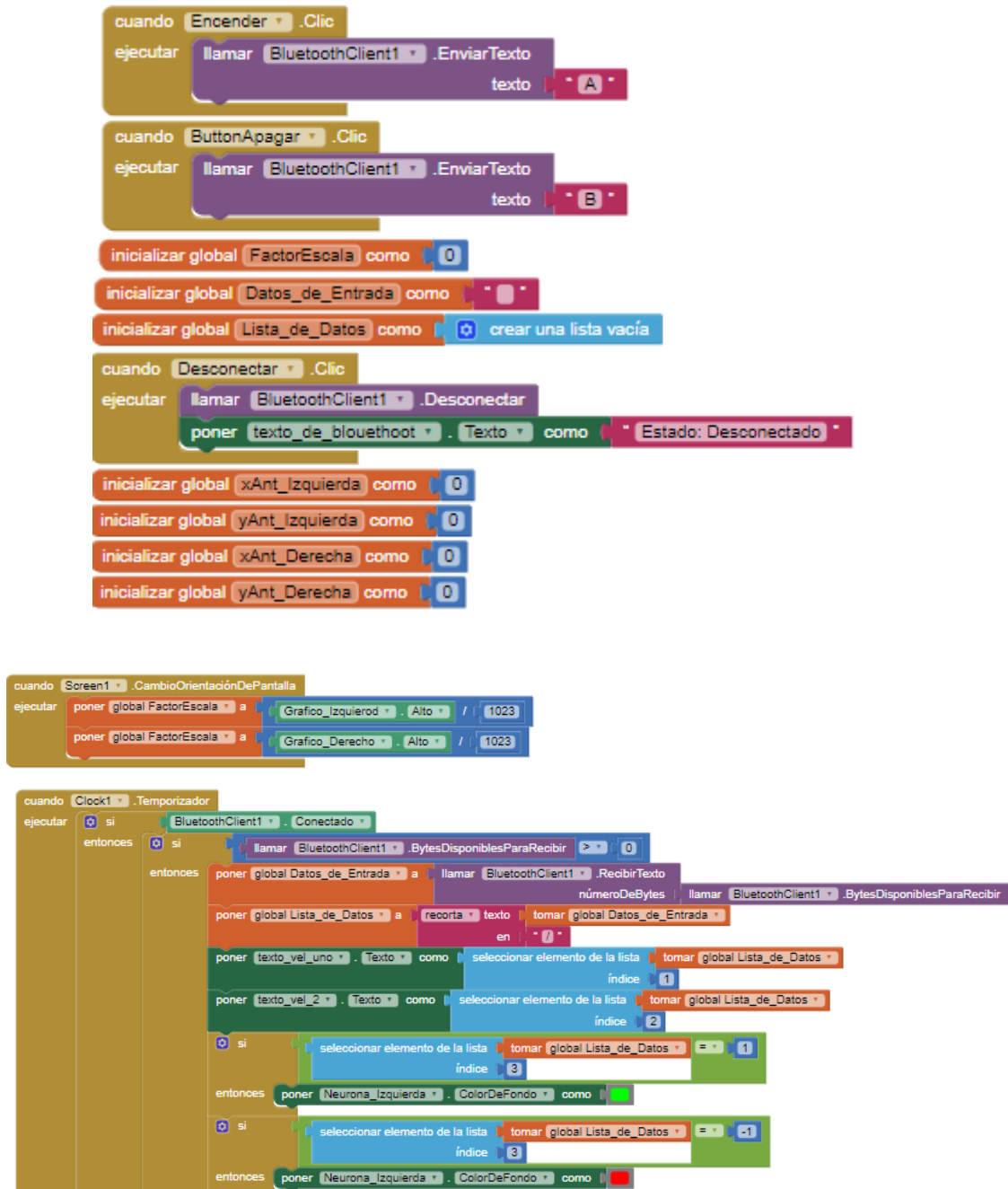
Anexo 1 Esquema Electrico de Vehiculo

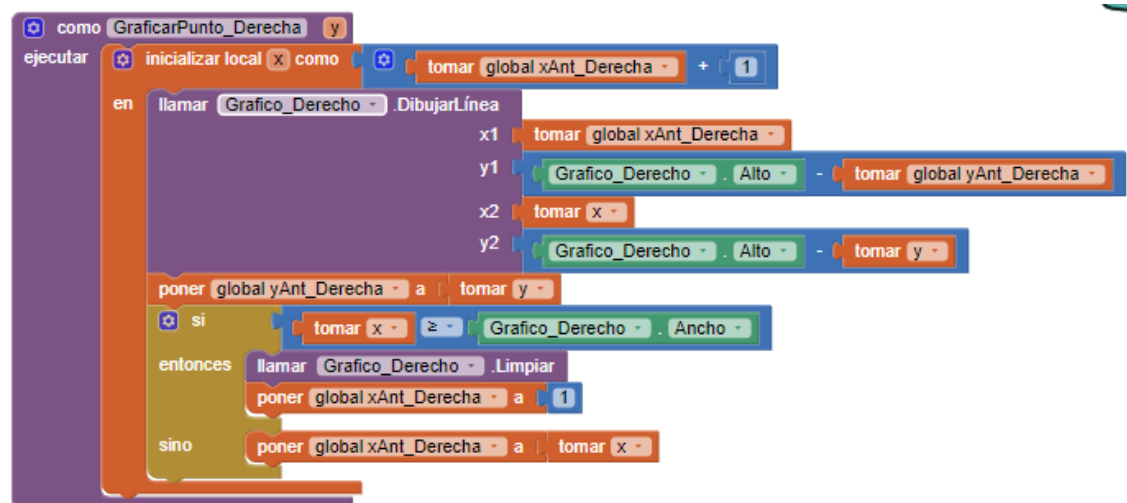
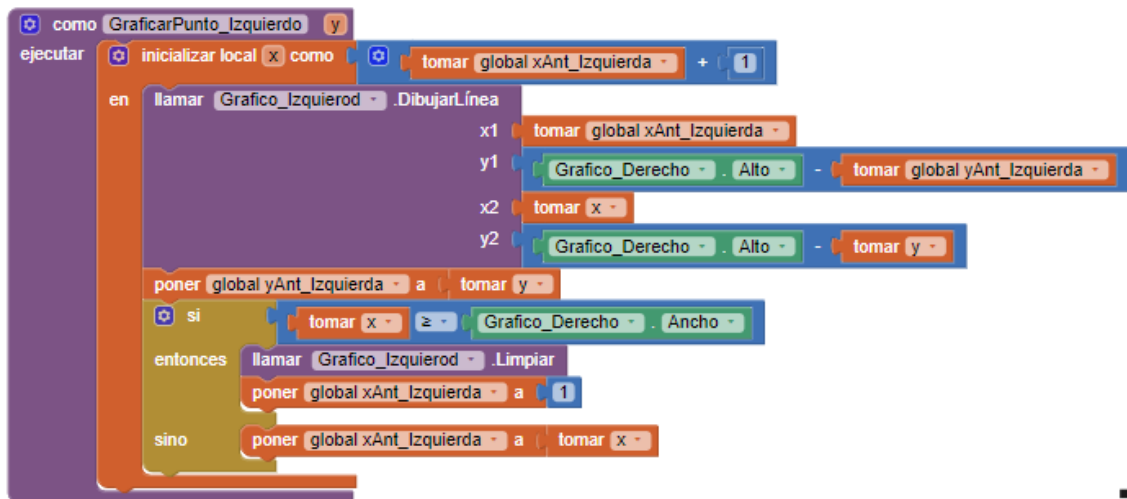
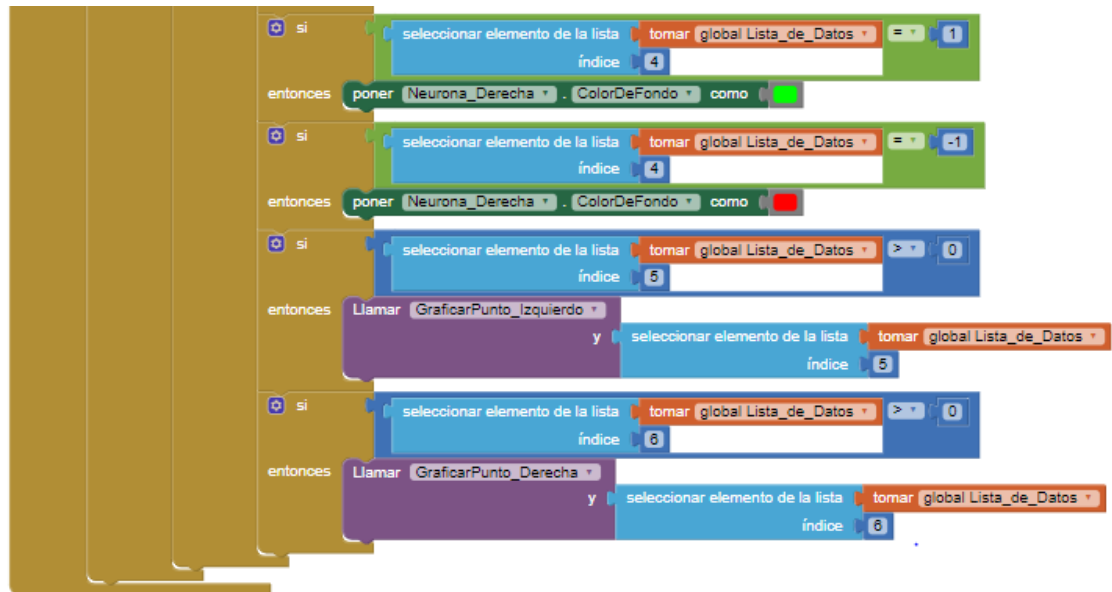


Anexo 2 Esquema del soporte de Pruebas









Anexo 4 Código del Algoritmo en Arduino

```

#include "TimerOne.h"

// Constants for Interrupt Pins

const byte MOTOR1 = 2; // Motor 1 Interrupt Pin - INT 0

const byte MOTOR2 = 3; // Motor 2 Interrupt Pin - INT 1

// Integers for pulse counters

unsigned int counter1 = 0;

unsigned int counter2 = 0;

// Float for number of slots in encoder disk

float diskslots = 20; // Change to match value of encoder disk

int RPM1;

int RPM2;

int VelM1;

int VelM2;

int VFinalM1;

int VFinalM2;

void ISR_count1()

{

    counter1++; // increment Motor 1 counter value

}

// Motor 2 pulse count ISR

void ISR_count2()

{

    counter2++; // increment Motor 2 counter value

}

// TimerOne ISR

void ISR_timerone()

{

    Timer1.detachInterrupt(); // Stop the timer

    //Serial.print("Motor Speed 1: ");

```

```

float rotation1 = (counter1 / diskslots) * 60.00; // calculate RPM for Motor 1

VelM1 = map(rotation1,0,2150,0,255);

//Serial.print(rotation1);

//Serial.print(VelM1);

//Serial.print(" RPM -");

//Serial.print("");

counter1 = 0; // reset counter to zero

//Serial.print("Motor Speed 2: ");

float rotation2 = (counter2 / diskslots) * 60.00; // calculate RPM for Motor 2

VelM2 = map(rotation2,0,2150,0,255);

//Serial.print(rotation2);

//Serial.print(VelM2);

//Serial.print(" RPM");

//Serial.println("");

counter2 = 0; // reset counter to zero

Timer1.attachInterrupt( ISR_timerone ); // Enable the timer
}

class perceptron
{
    const float c = 0.008;

public:
    //arrays that hold inputs and weights

    float* inputs;

    float* weights;

    int n;

    perceptron(int ninputs) {

        n = ninputs;

        inputs = new float[n];

        weights = new float[n];

        inputs[n - 1] = 1;

```



```

for (int i = 0; i < n; i++) {

    //conversion valores entre -1 to 1

    weights[i] = (float)random(-1000, 1000) / 1000;

}

}

//reseteo de pesos a nuevos valores

void randomize() {

    for (int i = 0; i < n; i++) {

        weights[i] = (float)random(-1000, 1000) / 1000;

    }

}

//Funcion de Entrenamiento

void train(int desired, float f) {

    int guess = f;

    float error = desired - guess;

    for (int i = 0; i < n; i++) {

        weights[i] += c * error * inputs[i];

    }

}

//Funcion de Suma

float funcionSuma () {

    float sum = 0;

    for (int i = 0; i < n; i++) {

        sum += inputs[i] * weights[i];

    }

    return activate(sum);

}

// Funcion de Activacion

int activate (float sum) {

    //regresa 1 si es positivo, -1 si negativo.

```

```

    if (sum > 0) {
        return 1;
    }
    else {
        return -1;
    }
}

};

//codigo principal

perceptron brainL (3);

perceptron brainR (3);

//motor 1

int MOTDerecha = 10;

int MOTB1 = 4;

int MOTB2 = 5;

//motor 2

int MOTIzquierda = 13;

int MOTA1 = 6;

int MOTA2 = 7;

char valor;

void setup() {

    // put your setup code here, to run once:

    Timer1.initialize(1000000); // set timer for 1sec

    attachInterrupt(digitalPinToInterrupt (MOTOR1), ISR_count1, RISING); // Increase counter 1
when speed sensor pin goes High

    attachInterrupt(digitalPinToInterrupt (MOTOR2), ISR_count2, RISING); // Increase counter 2
when speed sensor pin goes High

    Timer1.attachInterrupt( ISR_timerone ); // Enable the timer

    pinMode (MOTIzquierda, OUTPUT);

    pinMode (MOTA1, OUTPUT);

```

```
pinMode (MOTA2, OUTPUT);

pinMode (MOTDerecha, OUTPUT);

pinMode (MOTB1, OUTPUT);

pinMode (MOTB2, OUTPUT);

VFinalM1 = 0;

VFinalM2 = 0;

randomSeed(VelM1);

brainL.randomize();

brainR.randomize();

Serial.begin(9600);

}

void loop () {

if (Serial.available()) { //Si el puerto serie (Bluetooth) está disponible

valor = Serial.read(); //Lee el dato entrante via Bluetooth

}

switch (valor) {

case 'A':

//Serial.print("A");

Encender();

valor = "";

break;

case 'B':

//Serial.print("B");

Apagar ();

valor = "";

break;

default:

if( (VFinalM1 == 0) && (VFinalM2 == 0)){

break;

}

}
```

```
//Serial.print("C");

int resvelocidad;

//set inputs

brainL.inputs[0] = VelM1;

brainL.inputs[1] = VelM2;

brainR.inputs[0] = VelM1;

brainR.inputs[1] = VelM2;

//feed forward and calculate weighted sum

int resL = brainL.funcionSuma();

int resR = brainR.funcionSuma();

moveFowardL(resL);

moveFowardR(resR);

Serial.print(VelM1);

Serial.print(" RPM -");

Serial.print("/");

Serial.print(VelM2);

Serial.print(" RPM -");

Serial.println("/");

Serial.print(resL);

Serial.print("/");

Serial.print(resL);

Serial.println("/");

Serial.print(VelM1);

Serial.print("/");

Serial.print(VelM2);

Serial.println("/");

delay(1000);

//train

brainL.train(porcentajeError(VelM1, VelM2), resL);

brainR.train(porcentajeError(VelM2, VelM1), resR);
```

```
    }  
}  
  
int evalVelicidad(int s1, int s2) {  
  
    if (s1 == s2) {  
  
        return 1;  
  
    }  
  
    else {  
  
        return -1;  
  
    }  
}  
  
int porcentajeError(int s1, int s2) {  
  
    //Serial.print("S1: ");  
  
    //Serial.println(s1);  
  
    //Serial.print("S2: ");  
  
    //Serial.println(s2);  
  
    int Porcentaje = s1 - s2;  
  
    if(Porcentaje < 0){  
  
        Porcentaje = Porcentaje * -1;  
  
    }  
  
    //Serial.print("Porcentaje: ");  
  
    //Serial.println(Porcentaje);  
  
    float PorDeseado = 5.0;  
  
    if(Porcentaje < PorDeseado){  
  
        return 1;  
  
    }else{  
  
        return -1;  
  
    }  
}  
  
void moveFowardL(int d) {  
  
    //Serial.print("d: ");
```

```
//Serial.print(d);

//Serial.print("/");

if (d > 0) {

    VFinalM1 = VFinalM1;

    VFinalM2 = VFinalM2;

    analogWrite (MOTIzquierda, VFinalM1);

    analogWrite (MOTDerecha, VFinalM2);

    digitalWrite (MOTA1, LOW);

    digitalWrite(MOTA2,HIGH);

    digitalWrite(MOTB1,LOW);

    digitalWrite(MOTB2,HIGH);

} else {

    if(VelM1 > VelM2){

        //Serial.println("iz-");

        VFinalM1 = VFinalM1 - 1;

        VFinalM2 = VFinalM2 + 1;

        analogWrite (MOTIzquierda, VFinalM1);

        analogWrite (MOTDerecha, VFinalM2);

        digitalWrite (MOTA1, LOW);

        digitalWrite(MOTA2,HIGH);

        digitalWrite(MOTB1,LOW);

        digitalWrite(MOTB2,HIGH);

    }else{

        //Serial.println("iz+");

        VFinalM1 = VFinalM1 + 1;

        VFinalM2 = VFinalM2 - 1;

        analogWrite (MOTIzquierda, VFinalM1);

        analogWrite (MOTDerecha, VFinalM2);

        digitalWrite(MOTA1,LOW);

        digitalWrite(MOTA2,HIGH);

    }

}
```

```
        digitalWrite(MOTB1,LOW);

        digitalWrite(MOTB2,HIGH);

    }

}

}

void moveFowardR(int d) {

    //Serial.print("d2: ");

    //Serial.print(d);

    //Serial.println("/");

    if (d > 0) {

        //izquierda

        VFinalM1 = VFinalM1;

        VFinalM2 = VFinalM2;

        analogWrite (MOTIzquierda, VFinalM1);

        analogWrite (MOTDerecha, VFinalM2);

        digitalWrite (MOTA1, LOW);

        digitalWrite(MOTA2,HIGH);

        digitalWrite(MOTB1,LOW);

        digitalWrite(MOTB2,HIGH);

    } else {

        if(VelM1 > VelM2){

            //Serial.println("de+");

            VFinalM1 = VFinalM1 - 1;

            VFinalM2 = VFinalM2 + 1;

            analogWrite (MOTIzquierda, VFinalM1);

            analogWrite (MOTDerecha, VFinalM2);

            digitalWrite (MOTA1, LOW);

            digitalWrite(MOTA2,HIGH);

            digitalWrite(MOTB1,LOW);
```

```

        digitalWrite(MOTB2,HIGH);

    } else {

        //Serial.println("de-");

        VFinalM1 = VFinalM1 + 1;

        VFinalM2 = VFinalM2 - 1;

        analogWrite (MOTIzquierda, VFinalM1);

        analogWrite (MOTDerecha, VFinalM2);

        digitalWrite (MOTA1, LOW);

        digitalWrite(MOTA2,HIGH);

        digitalWrite(MOTB1,LOW);

        digitalWrite(MOTB2,HIGH);

    }

}

void Encender () {

    VFinalM1 = 120;

    VFinalM2 = 200;

    analogWrite (MOTIzquierda, VFinalM1);

    analogWrite (MOTDerecha, VFinalM2);


    digitalWrite (MOTA1, LOW);

    digitalWrite(MOTA2,HIGH);

    digitalWrite(MOTB1,LOW);

    digitalWrite(MOTB2,HIGH);

}

void Apagar () {

    VFinalM1 = 0;

    VFinalM2 = 0;

    analogWrite (MOTIzquierda, VFinalM1);

    analogWrite (MOTDerecha, VFinalM2);

```



```

digitalWrite (MOTA1, LOW);

digitalWrite(MOTA2,LOW);

digitalWrite(MOTB1,LOW);

digitalWrite(MOTB2,LOW);

}

```

Anexo 5 Tablas Completas de las Pruebas

Prueba 1 Funcionamiento Normal

Tiempo (sec)	RPM Motor 1	RPM Motor 2	Activacion Neuronas	
1	0	0	1	1
2	80	102	-1	-1
3	104	119	-1	-1
4	106	114	-1	-1
5	106	117	-1	-1
6	106	120	-1	-1
7	107	116	-1	-1
8	107	119	-1	-1
9	112	114	1	1
10	109	118	-1	-1
11	110	114	1	1
12	107	117	-1	-1
13	109	120	-1	-1
14	112	115	1	1
15	108	113	-1	-1
16	115	112	1	1
17	112	117	-1	-1
18	109	114	-1	-1
19	109	112	1	1
20	112	117	-1	-1
21	114	115	1	1
22	113	115	1	1
23	112	122	-1	-1
24	115	114	1	1
25	115	120	-1	-1
26	113	116	1	1
27	115	112	1	1
28	116	118	1	1
29	115	113	1	1
30	116	114	1	1
31	116	115	1	1
32	120	113	-1	-1
33	115	112	1	1

34	112	113	1	1
35	118	115	1	1
36	115	115	1	1
37	116	117	1	1
38	114	112	1	1
39	115	118	1	1
40	115	112	1	1
41	114	114	1	1
42	114	115	1	1
43	118	117	1	1
44	115	113	1	1
45	114	115	1	1
46	114	113	1	1
47	114	120	-1	-1
48	118	117	1	1
49	115	114	1	1
50	116	114	1	1
51	120	113	-1	-1
52	117	114	1	1
53	114	118	1	1
54	119	120	1	1
55	115	115	1	1
56	119	119	1	1
57	115	115	1	1
58	117	112	-1	-1
59	118	118	1	1
60	117	112	-1	-1

Prueba 2 Funcionamiento Normal

Tiempo (sec)	RPM Motor 1	RPM Motor 2	Activacion Neuronas	
1	0	0	1	1
2	44	62	-1	-1
3	104	126	-1	-1
4	104	125	-1	-1
5	104	123	-1	-1
6	106	121	-1	-1
7	109	121	-1	-1
8	106	124	-1	-1
9	108	124	-1	-1
10	107	125	-1	-1
11	109	119	-1	-1
12	111	123	-1	-1
13	113	119	-1	-1

14	112	119	-1	-1
15	113	121	-1	-1
16	112	117	-1	-1
17	113	121	-1	-1
18	114	120	-1	-1
19	114	122	-1	-1
20	119	123	1	1
21	119	121	1	1
22	118	122	1	1
23	118	123	-1	-1
24	119	118	1	1
25	116	119	1	1
26	119	124	-1	-1
27	116	123	-1	-1
28	120	120	1	1
29	117	116	1	1
30	118	118	1	1
31	118	119	1	1
32	119	117	1	1
33	116	121	-1	-1
34	120	120	1	1
35	118	117	1	1
36	118	122	1	1
37	119	118	1	1
38	119	119	1	1
39	117	116	1	1
40	114	118	1	1
41	118	120	1	1
42	118	118	1	1
43	119	119	1	1
44	119	117	1	1
45	117	116	1	1
46	120	126	-1	-1
47	121	123	1	1
48	119	115	1	1
49	116	123	-1	-1
50	119	120	1	1
51	120	122	1	1
52	121	120	1	1
53	118	119	1	1
54	119	123	1	1
55	119	120	1	1
56	122	119	1	1
57	118	119	1	1
58	117	120	1	1

59	119	118	1	1
60	119	119	1	1
61	119	120	1	1

Prueba 3 Funcionamiento Normal

Tiempo (sec)	RPM Motor 1	RPM Motor 2	Activacion Neuronas	
1	0	0	1	1
2	95	76	-1	-1
3	111	88	-1	-1
4	105	90	-1	-1
5	108	89	-1	-1
6	109	90	-1	-1
7	96	93	1	1
8	102	91	-1	-1
9	106	96	-1	-1
10	112	93	-1	-1
11	107	95	-1	-1
12	112	95	-1	-1
13	98	99	1	1
14	114	102	-1	-1
15	104	98	-1	-1
16	108	95	-1	-1
17	99	95	1	1
18	99	101	1	1
19	104	92	-1	-1
20	98	96	1	1
21	105	100	-1	-1
22	102	96	-1	-1
23	103	97	-1	-1
24	90	94	1	1
25	96	91	-1	-1
26	100	95	-1	-1
27	94	91	1	1
28	94	96	1	1
29	90	88	1	1
30	95	100	-1	-1
31	95	94	1	1
32	102	95	-1	-1
33	87	95	-1	-1
34	98	92	-1	-1
35	97	96	1	1
36	92	99	-1	-1
37	96	91	-1	-1

38	90	101	-1	-1
39	88	95	-1	-1
40	91	92	1	1
41	99	102	1	1
42	93	95	1	1
43	97	89	-1	-1
44	103	98	-1	-1
45	86	97	-1	-1
46	90	95	-1	-1
47	90	99	-1	-1
48	93	93	1	1
49	98	94	1	1
50	107	93	-1	-1
51	97	99	1	1
52	102	95	-1	-1
53	96	97	1	1
54	92	94	1	1
55	93	92	1	1
56	93	96	1	1
57	94	93	1	1
58	90	102	-1	-1
59	92	97	-1	-1
60	94	94	1	1
61	99	87	-1	-1

Prueba 4 Freno Izquierdo

Tiempo (sec)	RPM Motor 1	RPM Motor 2	Activacion Neuronas	
1	0	0	1	1
2	17	16	1	1
3	102	82	-1	-1
4	104	79	-1	-1
5	104	83	-1	-1
6	102	87	-1	-1
7	99	87	-1	-1
8	96	85	-1	-1
9	101	83	-1	-1
10	98	85	-1	-1
11	98	88	-1	-1
12	98	85	-1	-1
13	94	88	-1	-1
14	93	84	-1	-1
15	91	86	-1	-1
16	91	83	-1	-1
17	90	89	1	1

18	90	91	1	1
19	90	85	-1	-1
20	91	90	1	1
21	90	88	1	1
22	89	92	1	1
23	89	83	-1	-1
24	89	88	1	1
25	87	84	1	1
26	87	89	1	1
27	86	86	1	1
28	87	86	1	1
29	87	88	1	1
30	91	88	1	1
31	86	87	1	1
32	88	94	-1	-1
33	88	90	1	1
34	90	88	1	1
35	86	87	1	1
36	88	86	1	1
37	88	86	1	1
38	89	91	1	1
39	91	88	1	1
40	88	88	1	1
41	88	92	1	1
42	90	87	1	1
43	87	85	1	1
44	87	96	-1	-1
45	87	86	1	1
46	87	85	1	1
47	86	87	1	1
48	70	89	-1	-1
49	28	82	-1	-1
50	37	81	-1	-1
51	41	82	-1	-1
52	34	81	-1	-1
53	45	83	-1	-1
54	47	82	-1	-1
55	47	82	-1	-1
56	49	81	-1	-1
57	55	81	-1	-1
58	54	77	-1	-1
59	59	81	-1	-1
60	61	78	-1	-1
61	62	82	-1	-1
62	63	79	-1	-1

63	67	78	-1	-1
64	68	77	-1	-1
65	74	80	-1	-1
66	74	76	1	1
67	76	81	-1	-1
68	74	80	-1	-1
69	78	76	1	1
70	77	80	1	1
71	80	76	1	1
72	80	81	1	1
73	78	74	1	1
74	79	75	1	1
75	81	74	-1	-1
76	80	74	-1	-1
77	77	77	1	1
78	78	77	1	1
79	77	74	1	1
80	80	81	1	1
81	82	75	-1	-1
82	81	78	1	1
83	78	79	1	1
84	79	78	1	1
85	80	81	1	1
86	79	76	1	1
87	102	77	-1	-1
88	102	78	-1	-1
89	106	81	-1	-1
90	103	83	-1	-1
91	107	83	-1	-1
92	104	80	-1	-1
93	101	80	-1	-1
94	103	81	-1	-1
95	103	81	-1	-1
96	97	83	-1	-1
97	99	89	-1	-1
98	100	80	-1	-1
99	96	83	-1	-1
100	95	85	-1	-1
101	95	80	-1	-1
102	92	82	-1	-1
103	91	86	-1	-1
104	90	86	1	1
105	88	82	-1	-1
106	91	81	-1	-1
107	87	88	1	1

108	88	83	-1	-1
109	87	89	1	1
110	86	82	1	1
111	87	87	1	1
112	86	83	1	1
113	87	81	-1	-1
114	86	83	1	1
115	87	85	1	1
116	85	86	1	1
117	82	83	1	1
118	90	88	1	1
119	84	84	1	1
120	87	86	1	1
121	83	87	1	1

Prueba 5 Freno Izquierdo

Tiempo (sec)	RPM Motor 1	RPM Motor 2	Activacion Neuronas	
1	0	0	1	1
2	74	91	-1	-1
3	106	117	-1	-1
4	104	116	-1	-1
5	107	114	-1	-1
6	107	114	-1	-1
7	106	112	-1	-1
8	107	116	-1	-1
9	106	115	-1	-1
10	107	115	-1	-1
11	107	115	-1	-1
12	108	118	-1	-1
13	109	114	-1	-1
14	110	115	-1	-1
15	110	112	1	1
16	111	113	1	1
17	110	110	1	1
18	109	111	1	1
19	113	116	1	1
20	111	109	1	1
21	114	113	1	1
22	111	111	1	1
23	111	116	-1	-1
24	113	114	1	1
25	112	119	-1	-1
26	112	107	-1	-1
27	111	106	-1	-1

28	109	107	1	1
29	111	112	1	1
30	109	118	-1	-1
31	110	115	-1	-1
32	111	114	1	1
33	110	112	1	1
34	113	111	1	1
35	114	110	1	1
36	114	107	-1	-1
37	111	105	-1	-1
38	111	109	1	1
39	112	109	1	1
40	110	107	1	1
41	114	112	1	1
42	109	108	1	1
43	110	108	1	1
44	111	114	1	1
45	106	112	-1	-1
46	108	110	1	1
47	106	105	1	1
48	96	109	-1	-1
49	93	106	-1	-1
50	101	108	-1	-1
51	103	105	1	1
52	101	107	-1	-1
53	101	108	-1	-1
54	103	105	1	1
55	87	104	-1	-1
56	63	104	-1	-1
57	70	106	-1	-1
58	76	104	-1	-1
59	73	100	-1	-1
60	77	102	-1	-1
61	78	100	-1	-1
62	81	104	-1	-1
63	79	97	-1	-1
64	85	101	-1	-1
65	86	98	-1	-1
66	88	98	-1	-1
67	88	101	-1	-1
68	89	96	-1	-1
69	91	97	-1	-1
70	88	94	-1	-1
71	90	94	1	1
72	88	96	-1	-1

73	89	97	-1	-1
74	87	97	-1	-1
75	87	92	-1	-1
76	85	90	-1	-1
77	90	91	1	1
78	88	92	1	1
79	90	101	-1	-1
80	92	84	-1	-1
81	87	91	1	1
82	87	89	1	1
83	87	93	-1	-1
84	86	87	1	1
85	87	93	-1	-1
86	85	98	-1	-1
87	88	87	1	1
88	86	95	-1	-1
89	86	94	-1	-1
90	86	87	1	1
91	92	83	-1	-1
92	87	86	1	1
93	89	86	1	1
94	87	91	1	1
95	90	83	-1	-1
96	90	81	-1	-1
97	83	88	-1	-1
98	87	89	1	1
99	88	88	1	1
100	87	92	-1	-1
101	86	85	1	1
102	86	86	1	1
103	86	93	-1	-1
104	85	88	1	1
105	90	88	1	1
106	92	86	-1	-1
107	85	91	-1	-1
108	87	87	1	1
109	89	88	1	1
110	95	86	-1	-1
111	91	90	1	1
112	91	85	-1	-1
113	90	92	1	1
114	93	86	-1	-1
115	84	84	1	1
116	87	82	-1	-1
117	86	90	1	1

118	83	90	-1	-1
119	85	86	1	1
120	88	83	-1	-1
121	91	85	-1	-1

Prueba 6 Freno Derecho

Tiempo (sec)	RPM Motor 1	RPM Motor 2	Activacion Neuronas	
1	0	0	1	1
2	48	63	-1	-1
3	102	115	-1	-1
4	101	118	-1	-1
5	101	107	-1	-1
6	107	115	-1	-1
7	107	112	-1	-1
8	110	115	-1	-1
9	110	108	1	1
10	106	113	-1	-1
11	109	113	1	1
12	111	113	1	1
13	108	110	1	1
14	111	108	1	1
15	110	111	1	1
16	107	112	-1	-1
17	109	111	1	1
18	111	112	1	1
19	113	111	1	1
20	111	111	1	1
21	108	110	1	1
22	108	106	1	1
23	112	112	1	1
24	109	106	1	1
25	108	109	1	1
26	111	112	1	1
27	108	113	-1	-1
28	109	109	1	1
29	109	113	1	1
30	109	108	1	1
31	113	112	1	1
32	107	107	1	1
33	106	111	-1	-1
34	109	93	-1	-1
35	111	95	-1	-1
36	112	94	-1	-1
37	109	105	1	1

38	107	71	-1	-1
39	104	65	-1	-1
40	106	68	-1	-1
41	106	75	-1	-1
42	106	66	-1	-1
43	102	64	-1	-1
44	103	70	-1	-1
45	101	70	-1	-1
46	96	71	-1	-1
47	99	71	-1	-1
48	100	57	-1	-1
49	98	66	-1	-1
50	95	69	-1	-1
51	93	56	-1	-1
52	98	74	-1	-1
53	95	76	-1	-1
54	92	68	-1	-1
55	93	72	-1	-1
56	87	77	-1	-1
57	90	65	-1	-1
58	86	59	-1	-1
59	86	60	-1	-1
60	84	61	-1	-1
61	85	55	-1	-1
62	84	51	-1	-1
63	78	48	-1	-1
64	79	46	-1	-1
65	81	45	-1	-1
66	77	56	-1	-1
67	78	55	-1	-1
68	77	58	-1	-1
69	74	69	-1	-1
70	68	83	-1	-1
71	71	84	-1	-1
72	74	88	-1	-1
73	73	90	-1	-1
74	77	86	-1	-1
75	76	85	-1	-1
76	76	87	-1	-1
77	81	78	1	1
78	79	83	1	1
79	81	69	-1	-1
80	80	71	-1	-1
81	76	79	1	1
82	78	76	1	1

83	77	88	-1	-1
84	77	82	-1	-1
85	78	84	-1	-1
86	80	81	1	1
87	78	78	1	1
88	81	81	1	1
89	78	85	-1	-1
90	79	87	-1	-1
91	84	85	1	1
92	85	77	-1	-1
93	79	78	1	1
94	83	90	-1	-1
95	81	83	1	1
96	82	82	1	1
97	83	82	1	1
98	81	82	1	1
99	83	82	1	1
100	86	67	-1	-1
101	82	74	-1	-1
102	83	80	1	1
103	82	117	-1	-1
104	87	122	-1	-1
105	87	116	-1	-1
106	89	120	-1	-1
107	90	120	-1	-1
108	88	122	-1	-1
109	90	124	-1	-1
110	94	124	-1	-1
111	91	124	-1	-1
112	93	124	-1	-1
113	95	127	-1	-1
114	98	127	-1	-1
115	97	123	-1	-1
116	97	127	-1	-1
117	97	123	-1	-1
118	100	125	-1	-1
119	99	130	-1	-1
120	101	122	-1	-1
121	99	123	-1	-1
122	104	116	-1	-1
123	106	126	-1	-1
124	106	119	-1	-1
125	107	124	-1	-1
126	107	119	-1	-1
127	106	118	-1	-1

128	109	120	-1	-1
129	111	117	-1	-1
130	107	124	-1	-1
131	107	120	-1	-1
132	111	114	1	1
133	108	115	-1	-1
134	112	122	-1	-1
135	111	122	-1	-1
136	109	117	-1	-1
137	113	113	1	1
138	113	122	-1	-1
139	114	114	1	1
140	114	112	1	1
141	114	119	-1	-1
142	112	118	-1	-1
143	114	116	1	1
144	117	117	1	1
145	117	114	1	1
146	113	120	-1	-1
147	119	117	1	1
148	114	114	1	1
149	115	111	1	1
150	113	115	1	1
151	110	81	-1	-1
152	116	75	-1	-1
153	119	74	-1	-1
154	112	75	-1	-1
155	114	75	-1	-1
156	114	75	-1	-1
157	115	83	-1	-1
158	111	90	-1	-1
159	112	98	-1	-1
160	110	106	1	1
161	110	112	1	1
162	110	108	1	1
163	108	114	-1	-1
164	110	109	1	1
165	114	110	1	1
166	113	109	1	1
167	111	111	1	1
168	112	110	1	1
169	111	110	1	1
170	112	116	1	1
171	112	116	1	1
172	107	107	1	1

173	114	115	1	1
174	111	113	1	1
175	113	110	1	1
176	109	113	1	1
177	112	114	1	1
178	115	113	1	1
179	111	115	1	1
180	112	115	1	1

Prueba 7 Freno Derecho

Tiempo (sec)	RPM Motor 1	RPM Motor 2	Activacion Neuronas	
1	0	0	1	1
2	76	107	-1	-1
3	101	128	-1	-1
4	102	122	-1	-1
5	102	119	-1	-1
6	104	119	-1	-1
7	104	128	-1	-1
8	105	119	-1	-1
9	105	122	-1	-1
10	107	120	-1	-1
11	107	125	-1	-1
12	107	122	-1	-1
13	111	120	-1	-1
14	107	119	-1	-1
15	109	120	-1	-1
16	109	126	-1	-1
17	111	122	-1	-1
18	113	119	-1	-1
19	114	117	1	1
20	111	121	-1	-1
21	114	117	1	1
22	112	120	-1	-1
23	112	118	-1	-1
24	115	115	1	1
25	116	117	1	1
26	118	116	1	1
27	117	120	1	1
28	113	120	-1	-1
29	114	124	-1	-1
30	115	116	1	1
31	117	120	1	1
32	119	120	1	1
33	113	114	1	1

34	117	118	1	1
35	117	116	1	1
36	115	118	1	1
37	117	119	1	1
38	119	122	1	1
39	117	117	1	1
40	119	119	1	1
41	118	109	-1	-1
42	112	114	1	1
43	114	116	1	1
44	116	108	-1	-1
45	116	88	-1	-1
46	113	86	-1	-1
47	112	80	-1	-1
48	112	70	-1	-1
49	110	61	-1	-1
50	108	62	-1	-1
51	108	68	-1	-1
52	109	61	-1	-1
53	106	68	-1	-1
54	106	63	-1	-1
55	106	65	-1	-1
56	104	70	-1	-1
57	103	66	-1	-1
58	104	70	-1	-1
59	103	73	-1	-1
60	103	66	-1	-1
61	100	72	-1	-1
62	101	72	-1	-1
63	98	76	-1	-1
64	97	81	-1	-1
65	99	81	-1	-1
66	97	80	-1	-1
67	95	80	-1	-1
68	99	76	-1	-1
69	94	83	-1	-1
70	93	77	-1	-1
71	94	75	-1	-1
72	93	74	-1	-1
73	93	74	-1	-1
74	90	60	-1	-1
75	90	73	-1	-1
76	89	80	-1	-1
77	90	77	-1	-1
78	85	80	-1	-1

79	88	74	-1	-1
80	82	86	1	1
81	82	83	1	1
82	84	80	1	1
83	84	74	-1	-1
84	83	80	1	1
85	86	84	1	1
86	83	84	1	1
87	85	83	1	1
88	83	88	-1	-1
89	87	86	1	1
90	85	84	1	1
91	86	81	-1	-1
92	83	81	1	1
93	82	81	1	1
94	85	76	-1	-1
95	82	78	1	1
96	84	78	-1	-1
97	78	77	1	1
98	81	80	1	1
99	80	78	1	1
100	82	71	-1	-1
101	82	81	1	1
102	80	80	1	1
103	77	76	1	1
104	79	80	1	1
105	80	76	1	1
106	77	78	1	1
107	80	80	1	1
108	78	78	1	1
109	78	77	1	1
110	80	77	1	1
111	78	75	1	1
112	78	78	1	1
113	76	77	1	1
114	76	70	-1	-1
115	79	76	1	1
116	79	76	1	1
117	79	72	-1	-1
118	75	78	1	1
119	75	77	1	1
120	77	75	1	1
121	77	80	1	1

Prueba 8 Freno Izquierdo y Derecho

Tiempo (sec)	RPM Motor 1	RPM Motor 2	Activacion Neuronas	
1	0	0	1	1
2	31	50	-1	-1
3	101	125	-1	-1
4	107	123	-1	-1
5	103	123	-1	-1
6	110	122	-1	-1
7	107	124	-1	-1
8	109	120	-1	-1
9	109	124	-1	-1
10	106	118	-1	-1
11	107	119	-1	-1
12	111	123	-1	-1
13	108	122	-1	-1
14	109	126	-1	-1
15	113	122	-1	-1
16	115	120	-1	-1
17	115	120	-1	-1
18	117	123	-1	-1
19	115	119	1	1
20	118	122	1	1
21	115	111	1	1
22	115	121	-1	-1
23	119	119	1	1
24	117	118	1	1
25	118	121	1	1
26	112	118	-1	-1
27	118	123	-1	-1
28	115	118	1	1
29	117	120	1	1
30	117	118	1	1
31	112	118	-1	-1
32	98	125	-1	-1
33	97	114	-1	-1
34	98	118	-1	-1
35	97	115	-1	-1
36	97	117	-1	-1
37	102	115	-1	-1
38	100	117	-1	-1
39	104	119	-1	-1
40	99	114	-1	-1
41	106	110	1	1
42	104	114	-1	-1

43	103	114	-1	-1
44	104	121	-1	-1
45	106	113	-1	-1
46	102	114	-1	-1
47	107	111	1	1
48	106	114	-1	-1
49	108	117	-1	-1
50	107	113	-1	-1
51	108	113	-1	-1
52	109	112	1	1
53	111	111	1	1
54	108	108	1	1
55	108	107	1	1
56	111	114	1	1
57	108	110	1	1
58	111	110	1	1
59	113	112	1	1
60	108	110	1	1
61	114	114	1	1
62	123	114	-1	-1
63	124	110	-1	-1
64	125	113	-1	-1
65	119	113	-1	-1
66	120	115	-1	-1
67	119	109	-1	-1
68	123	110	-1	-1
69	121	115	-1	-1
70	120	115	-1	-1
71	123	119	1	1
72	120	117	1	1
73	120	115	-1	-1
74	120	112	-1	-1
75	122	114	-1	-1
76	121	114	-1	-1
77	120	116	1	1
78	117	116	1	1
79	119	119	1	1
80	118	115	1	1
81	123	113	-1	-1
82	119	113	-1	-1
83	121	117	1	1
84	120	119	1	1
85	118	115	1	1
86	117	115	1	1
87	115	87	-1	-1

88	115	92	-1	-1
89	114	90	-1	-1
90	116	92	-1	-1
91	115	95	-1	-1
92	114	94	-1	-1
93	116	95	-1	-1
94	114	99	-1	-1
95	113	97	-1	-1
96	110	94	-1	-1
97	112	94	-1	-1
98	107	101	-1	-1
99	108	97	-1	-1
100	111	105	-1	-1
101	107	104	1	1
102	108	104	1	1
103	108	104	1	1
104	105	99	-1	-1
105	109	107	1	1
106	107	105	1	1
107	111	105	-1	-1
108	110	104	-1	-1
109	109	107	1	1
110	107	106	1	1
111	105	109	1	1
112	108	108	1	1
113	108	109	1	1
114	106	110	1	1
115	109	107	1	1
116	106	107	1	1
117	107	110	1	1
118	108	112	1	1
119	106	114	-1	-1
120	106	112	-1	-1
121	108	113	-1	-1

Prueba 9 Freno Izquierdo y Derecho

Tiempo (sec)	RPM Motor 1	RPM Motor 2	Activacion Neuronas	
1	0	0	1	1
2	18	18	1	1
3	0	0	1	1
4	46	54	-1	-1
5	104	104	1	1
6	108	112	1	1
7	113	104	-1	-1

8	111	102	-1	-1
9	110	106	1	1
10	108	93	-1	-1
11	110	101	-1	-1
12	107	99	-1	-1
13	107	96	-1	-1
14	109	105	1	1
15	106	108	1	1
16	106	109	1	1
17	109	107	1	1
18	106	101	-1	-1
19	100	102	1	1
20	104	107	1	1
21	99	106	-1	-1
22	106	102	1	1
23	103	112	-1	-1
24	109	106	1	1
25	110	112	1	1
26	104	109	-1	-1
27	114	104	-1	-1
28	102	109	-1	-1
29	104	111	-1	-1
30	106	112	-1	-1
31	109	108	1	1
32	110	108	1	1
33	109	107	1	1
34	106	113	-1	-1
35	104	99	-1	-1
36	109	96	-1	-1
37	104	107	1	1
38	110	95	-1	-1
39	103	78	-1	-1
40	97	74	-1	-1
41	104	76	-1	-1
42	102	74	-1	-1
43	104	80	-1	-1
44	97	83	-1	-1
45	99	74	-1	-1
46	96	82	-1	-1
47	96	83	-1	-1
48	94	86	-1	-1
49	92	83	-1	-1
50	91	86	-1	-1
51	90	84	-1	-1
52	95	87	-1	-1

53	86	84	1	1
54	88	92	1	1
55	85	92	-1	-1
56	85	91	-1	-1
57	87	93	-1	-1
58	93	93	1	1
59	93	89	1	1
60	94	92	1	1
61	92	95	1	1
62	93	92	1	1
63	96	91	-1	-1
64	91	97	-1	-1
65	88	97	-1	-1
66	95	121	-1	-1
67	99	114	-1	-1
68	96	118	-1	-1
69	96	123	-1	-1
70	98	122	-1	-1
71	101	113	-1	-1
72	101	112	-1	-1
73	104	122	-1	-1
74	106	117	-1	-1
75	102	114	-1	-1
76	102	111	-1	-1
77	102	113	-1	-1
78	106	114	-1	-1
79	108	120	-1	-1
80	113	118	-1	-1
81	109	105	1	1
82	114	112	1	1
83	118	105	-1	-1
84	114	107	-1	-1
85	109	113	1	1
86	109	110	1	1
87	100	108	-1	-1
88	98	104	-1	-1
89	102	107	-1	-1
90	74	113	-1	-1
91	68	103	-1	-1
92	69	102	-1	-1
93	75	106	-1	-1
94	71	109	-1	-1
95	80	110	-1	-1
96	80	108	-1	-1
97	78	111	-1	-1

98	86	103	-1	-1
99	87	107	-1	-1
100	87	106	-1	-1
101	82	111	-1	-1
102	87	112	-1	-1
103	90	107	-1	-1
104	87	105	-1	-1
105	88	103	-1	-1
106	82	102	-1	-1
107	89	105	-1	-1
108	85	104	-1	-1
109	86	102	-1	-1
110	87	103	-1	-1
111	86	102	-1	-1
112	87	99	-1	-1
113	92	95	1	1
114	90	106	-1	-1
115	91	102	-1	-1
116	89	101	-1	-1
117	92	99	-1	-1
118	89	102	-1	-1
119	89	99	-1	-1
120	93	98	-1	-1
121	93	99	-1	-1
122	95	99	1	1
123	95	98	1	1
124	93	96	1	1
125	90	93	1	1

Prueba 10 Freno Izquierdo y Derecho

Tiempo (sec)	RPM Motor 1	RPM Motor 2	Activacion Neuronas	
1	0	0	1	1
2	85	99	-1	-1
3	109	114	-1	-1
4	111	114	1	1
5	105	109	1	1
6	105	111	-1	-1
7	112	111	1	1
8	110	108	1	1
9	108	112	1	1
10	109	107	1	1
11	111	115	1	1

12	110	112	1	1
13	109	115	-1	-1
14	112	116	1	1
15	111	111	1	1
16	112	109	1	1
17	114	111	1	1
18	120	100	-1	-1
19	123	90	-1	-1
20	120	92	-1	-1
21	117	92	-1	-1
22	113	96	-1	-1
23	113	85	-1	-1
24	114	91	-1	-1
25	112	90	-1	-1
26	104	92	-1	-1
27	103	95	-1	-1
28	108	92	-1	-1
29	107	93	-1	-1
30	104	92	-1	-1
31	108	94	-1	-1
32	111	97	-1	-1
33	103	95	-1	-1
34	107	106	1	1
35	102	101	1	1
36	101	97	1	1
37	101	94	-1	-1
38	99	93	-1	-1
39	94	101	-1	-1
40	92	95	1	1
41	99	110	-1	-1
42	69	95	-1	-1
43	25	102	-1	-1
44	0	97	-1	-1
45	19	90	-1	-1
46	45	99	-1	-1
47	44	94	-1	-1
48	44	92	-1	-1
49	45	92	-1	-1
50	50	93	-1	-1
51	53	101	-1	-1
52	55	93	-1	-1
53	58	92	-1	-1
54	59	91	-1	-1
55	64	91	-1	-1
56	58	90	-1	-1

57	72	98	-1	-1
58	64	100	-1	-1
59	66	94	-1	-1
60	64	95	-1	-1
61	71	97	-1	-1
62	67	92	-1	-1
63	69	86	-1	-1
64	68	83	-1	-1
65	66	89	-1	-1
66	72	92	-1	-1
67	72	85	-1	-1
68	77	83	-1	-1
69	72	84	-1	-1
70	75	88	-1	-1
71	77	86	-1	-1
72	85	83	1	1
73	73	97	-1	-1
74	74	94	-1	-1
75	83	92	-1	-1
76	80	91	-1	-1
77	80	88	-1	-1
78	81	89	-1	-1
79	81	88	-1	-1
80	82	89	-1	-1
81	80	84	1	1
82	81	84	1	1
83	82	90	-1	-1
84	78	76	1	1
85	82	82	1	1
86	84	78	-1	-1
87	78	82	1	1
88	88	81	-1	-1
89	126	86	-1	-1
90	128	78	-1	-1
91	134	83	-1	-1
92	127	53	-1	-1
93	130	49	-1	-1
94	129	49	-1	-1
95	121	48	-1	-1
96	125	47	-1	-1
97	119	53	-1	-1
98	132	42	-1	-1
99	120	41	-1	-1
100	131	51	-1	-1
101	123	59	-1	-1

102	122	57	-1	-1
103	120	50	-1	-1
104	122	51	-1	-1
105	120	57	-1	-1
106	115	57	-1	-1
107	112	61	-1	-1
108	120	67	-1	-1
109	115	65	-1	-1
110	115	68	-1	-1
111	111	70	-1	-1
112	118	60	-1	-1
113	115	66	-1	-1
114	104	65	-1	-1
115	104	50	-1	-1
116	100	52	-1	-1
117	100	54	-1	-1
118	96	56	-1	-1
119	93	56	-1	-1
120	96	49	-1	-1
121	104	53	-1	-1
122	93	53	-1	-1
123	97	56	-1	-1
124	88	54	-1	-1
125	96	53	-1	-1
126	86	64	-1	-1
127	84	60	-1	-1
128	90	63	-1	-1
129	91	62	-1	-1
130	95	67	-1	-1
131	90	62	-1	-1
132	88	65	-1	-1
133	89	60	-1	-1
134	85	75	-1	-1
135	74	62	-1	-1
136	81	67	-1	-1
137	80	68	-1	-1
138	85	83	1	1
139	90	72	-1	-1
140	78	71	-1	-1
141	81	77	1	1
142	72	77	-1	-1
143	69	77	-1	-1
144	72	73	1	1
145	68	70	1	1
146	71	76	-1	-1
