

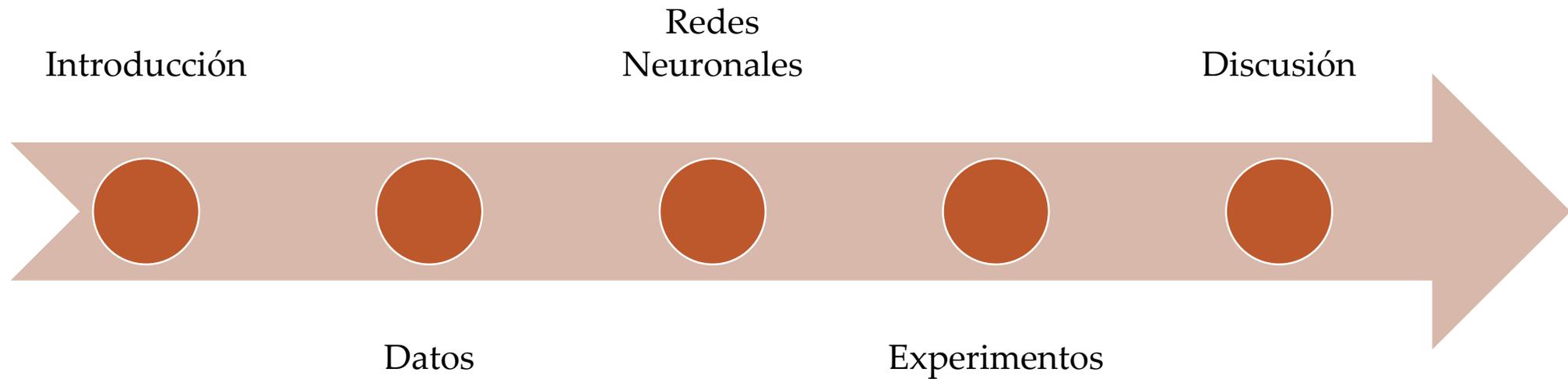


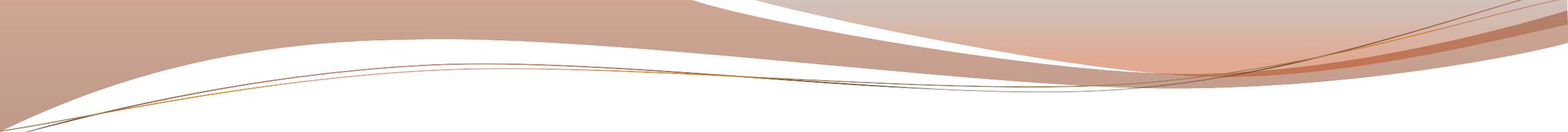
Universidad de los Andes
Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas

Modelo de seguimiento vehicular de dos dimensiones basado en redes neuronales

Juan Pablo Suazo A.
Rafael Delpiano C. PhD

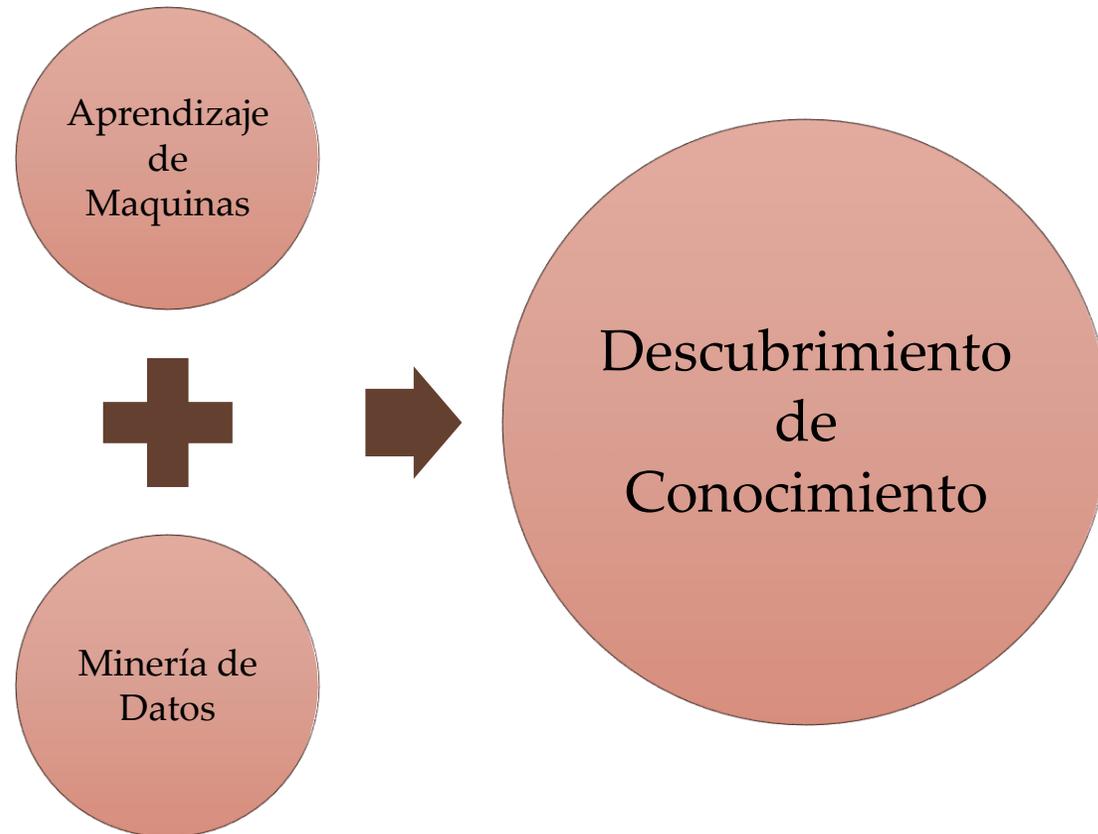
Estructura de la presentación



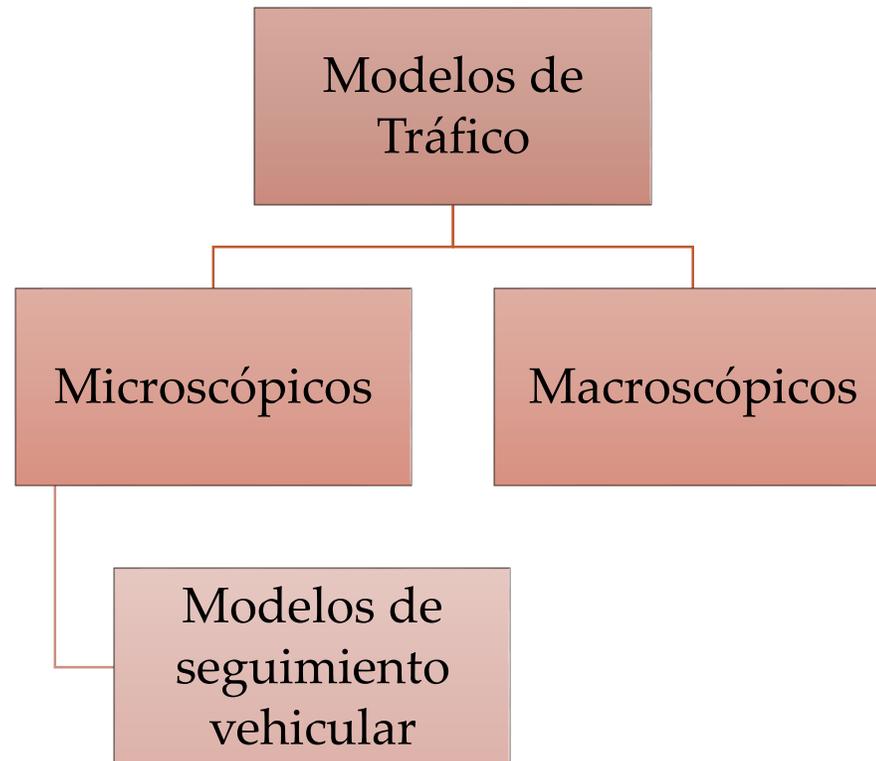


Introducción

Introducción



Introducción

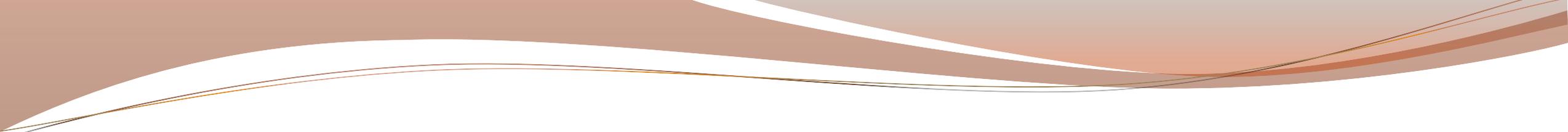


Introducción

- Los modelos convencionales de seguimiento vehicular establecen un conjunto de reglas *a priori*.
- En los últimos años se han ido aplicando modelos de aprendizaje de maquina, estableciendo un conjunto de reglas *a posteriori*.
- La dimensión lateral ha comenzado paulatinamente a ser objeto de interés para estudiar fenómenos del tráfico que incorporan la segunda dimensión.

Objetivo general

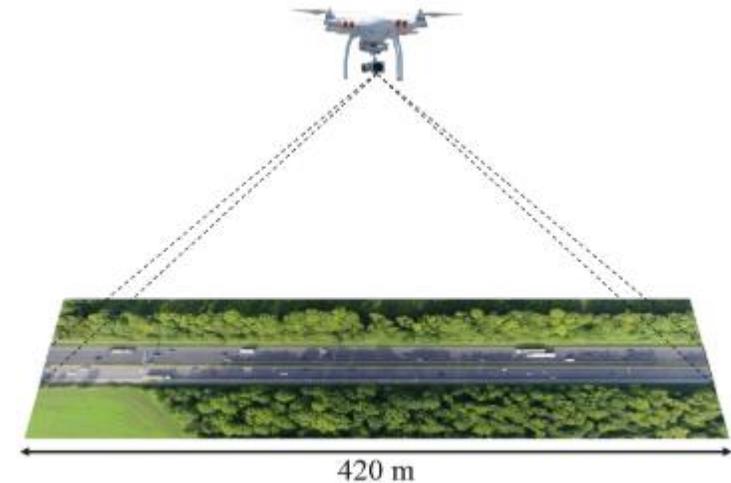
“El objetivo general de esta investigación es obtener un **modelo de seguimiento vehicular** basado en **redes neuronales artificiales** que **incorpore la dimensión lateral del tráfico**”



Datos

Descripción de los datos

- Los datos se obtuvieron de *HighD Data Set*
 - Contiene las trayectorias de más de 110 500 vehículos.
 - En ella se obtienen datos cada 0.04 s de las trayectorias de cada vehículo, por ejemplo:
 - Velocidad
 - Posición
 - Aceleración



Segmento de pista captado por el *drone*.
Fuente: <https://www.highd-dataset.com/>

Creación de nuevos atributos

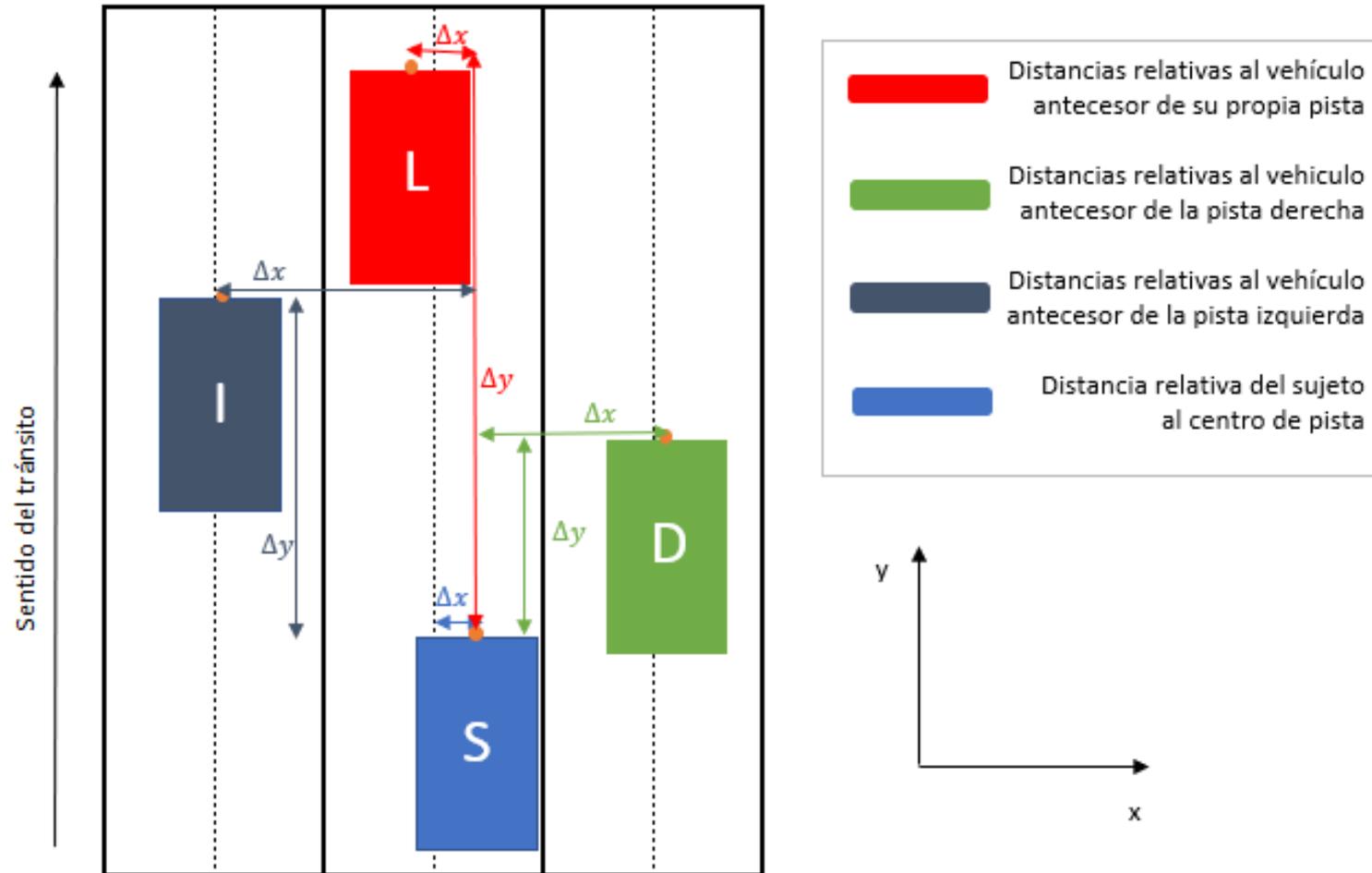


Figura 1. Relación entre el sujeto y sus vecinos

Creación de nuevos atributos

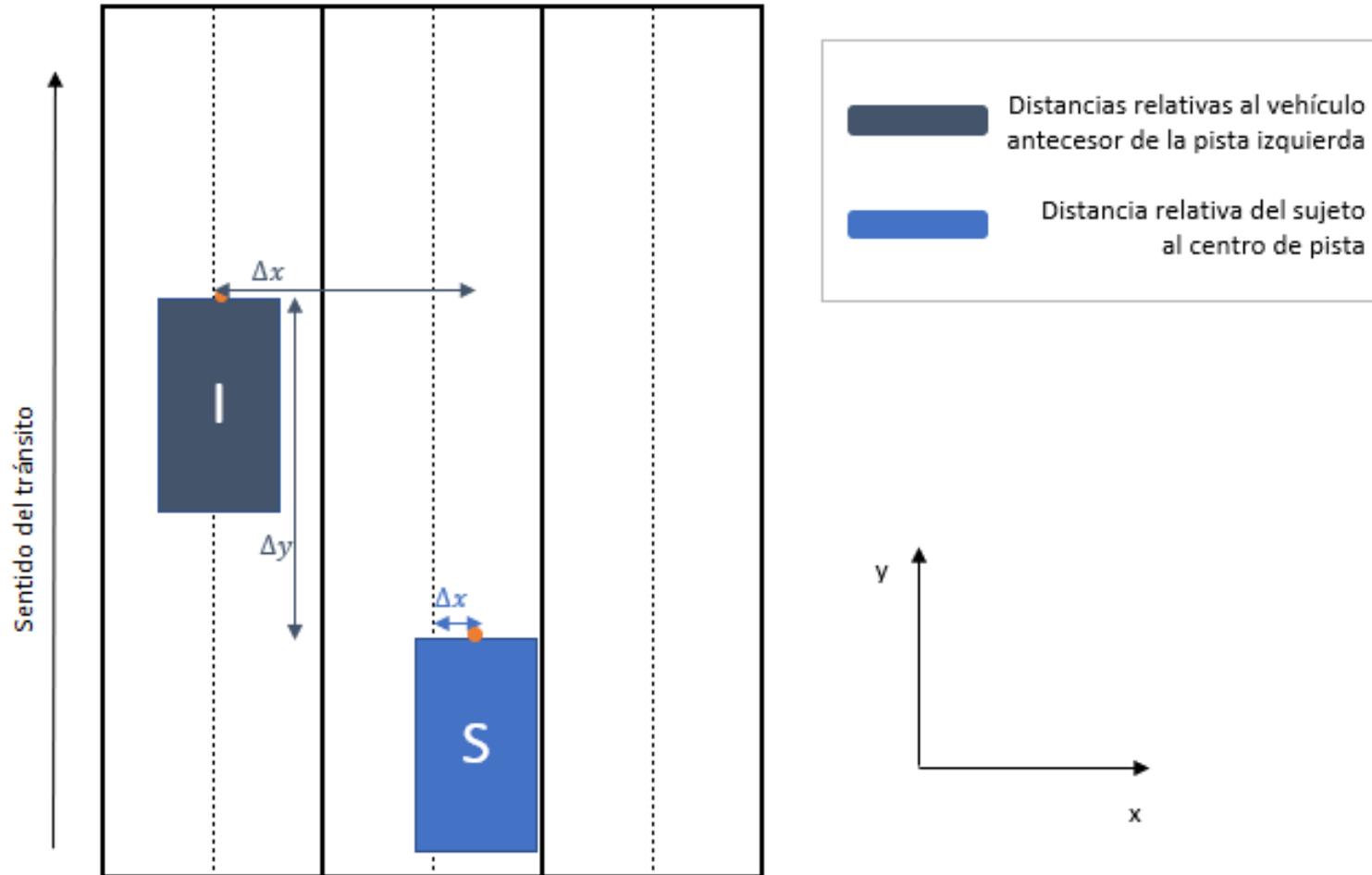


Figura 1.1. Relación entre el sujeto y sus vecinos

Transformación

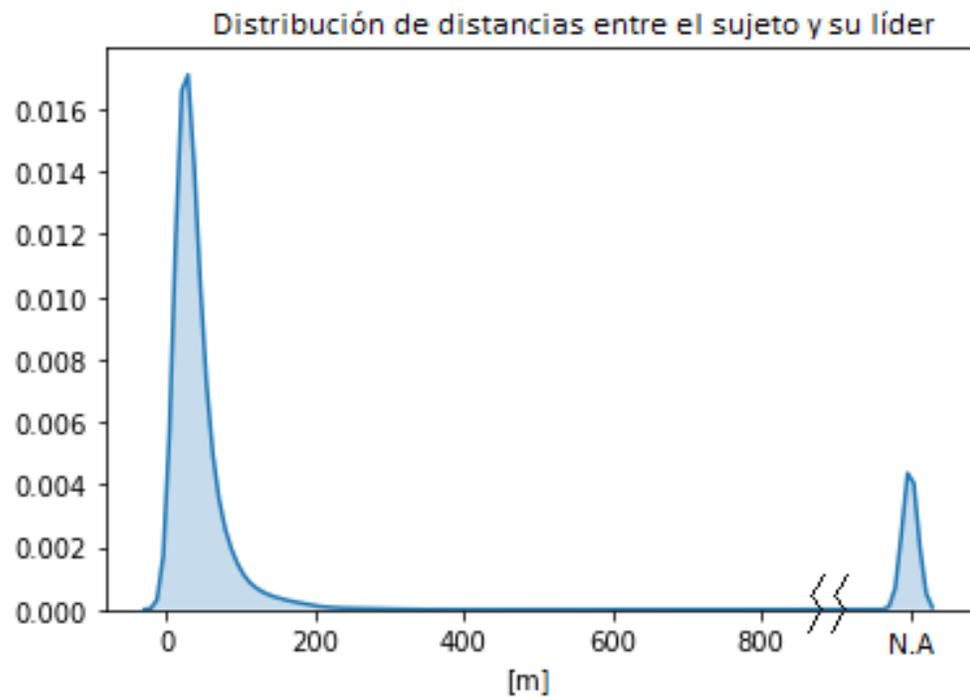


Figura 2. Distribución de la distancia relativa entre el líder y el sujeto de interés

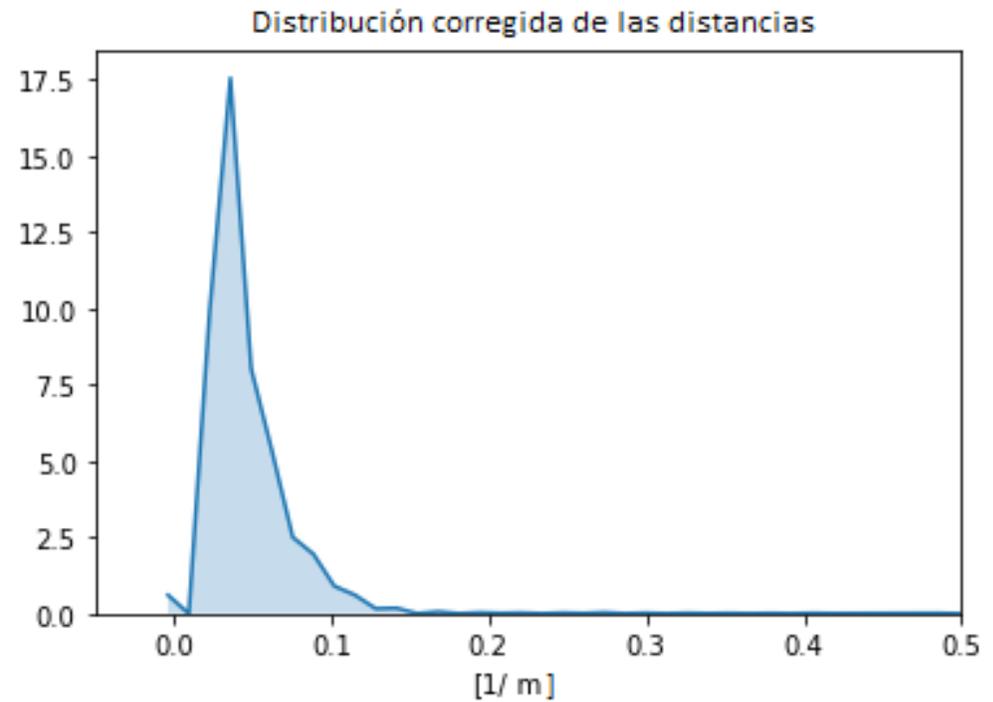


Figura 3. Distribución corregida de la distancia relativa entre el líder y el sujeto de interés

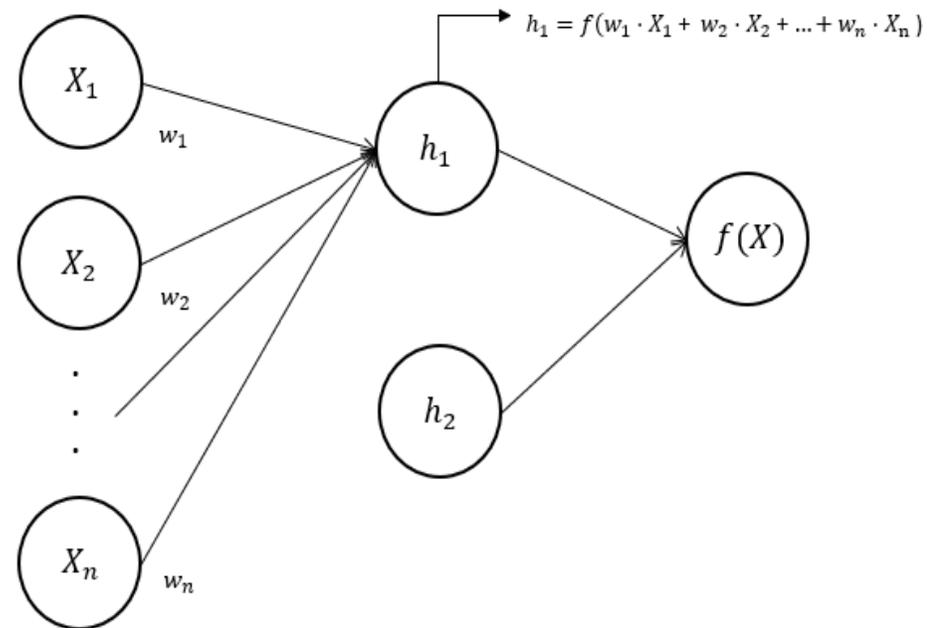
Limpieza

- Se eliminaron los valores incongruentes:
- Se eliminaron valores *outliers*.
- Además, no se consideraron:
 - Vehículos pesados.
 - Vehículos que transitan a una velocidad superior a 35 m/s.
 - Vehículos que se cambiaron de pista.

Redes Neuronales

Descripción del modelo

- En este caso, se utilizó un perceptrón multicapa.
- El modelo predice la aceleración longitudinal y lateral del vehículo de estudio.



Arquitecturas propuestas

Arquitectura	n° neuronas en la capa oculta
ARQ1	(50,50,20)
ARQ2	(300, 50)
ARQ3	(200, 50)
ARQ4	(25,25)
ARQ5	(20)

Validación del modelo

- Se realizó una validación cruzada de 4 *fold*s.

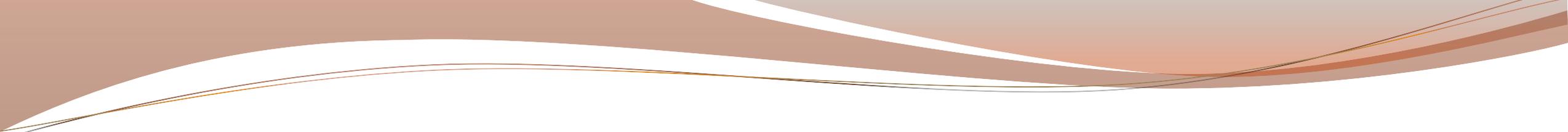


Figura 5. Diagrama de una validación cruzada de 4 *fold*s.

Validación cruzada

Arquitectura	MSE Entrenamiento	MSE Prueba
ARQ1	0.0713	0.0807
<u>ARQ2</u>	<u>0.0697</u>	<u>0.0795</u>
ARQ3	0.0701	0.0811
ARQ4	0.0728	0.0822
ARQ5	0.0734	0.0816

Se seleccionó aquella red de 2 capas ocultas con 300 y 50 neuronas respectivamente y utiliza una función de activación sigmoide.

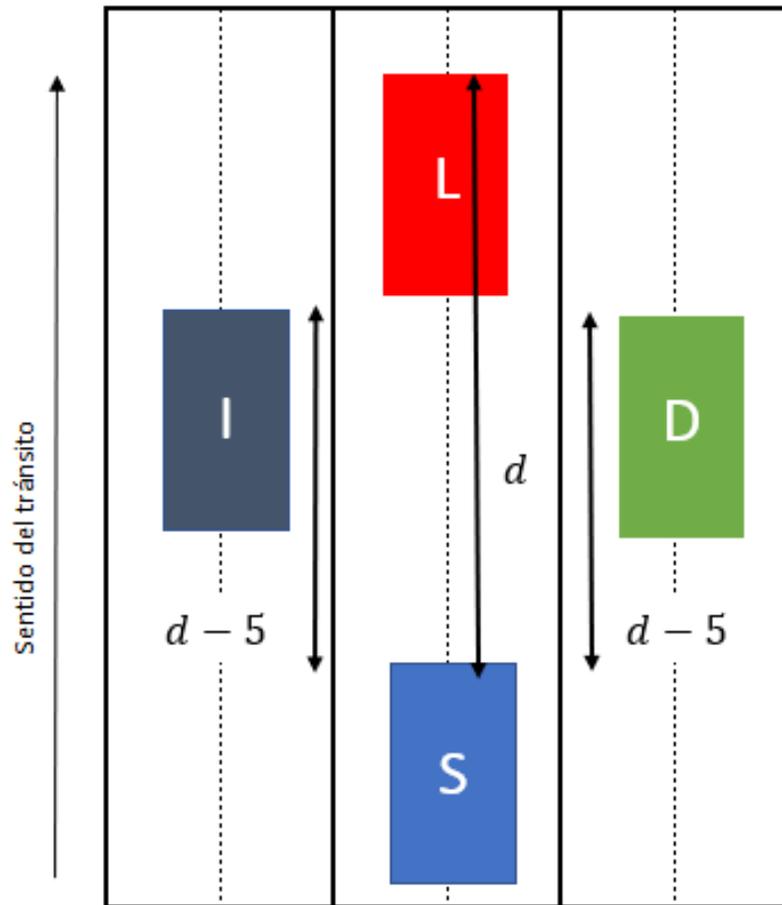


Experimentos

Experimentos

- Se realizarán 4 experimentos para analizar el poder predictivo del modelo:
 - Caso Base
 - Variación del Ancho de Pista
 - Variación del Ancho de los Vehículos
 - Fenómeno de la Fricción Lateral

Experimentos



$$d = \max(20, 2.2v_0)$$

- Se simula durante 2 minutos
- El experimento se repite para v_0 entre 0 y 35 m/s

Experimento 1: Caso Base

Antecesor	$y[m]$	$x[m]$	$v_y[m/s]$	$v_x[m/s]$	Largo [m]	Ancho [m]	Ancho de pista [m]
Líder (L)	$Máx(20, 2.2v_0)$	0	v_0	0	4.5	2.3	3.6
Derecho (D)	$Máx(20, 2.2v_0) - 5$	0	v_0	0	4.5	2.3	3.6
Izquierdo (I)	$Máx(20, 2.2v_0) - 5$	0	v_0	0	4.5	2.3	3.6

Resultados

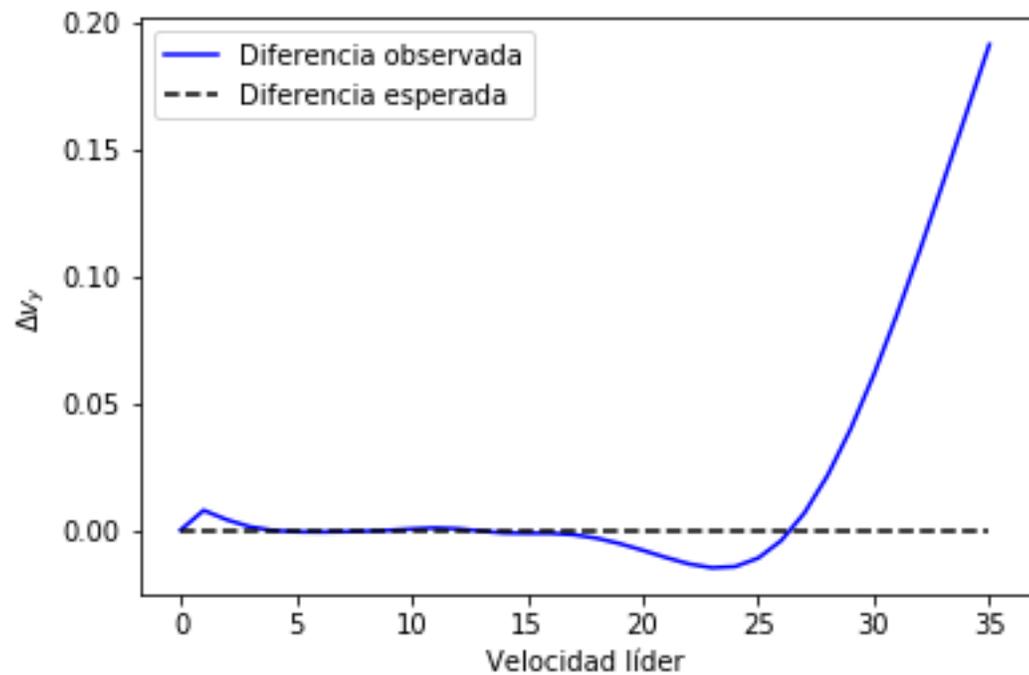


Figura 6. Equilibrio de tráfico

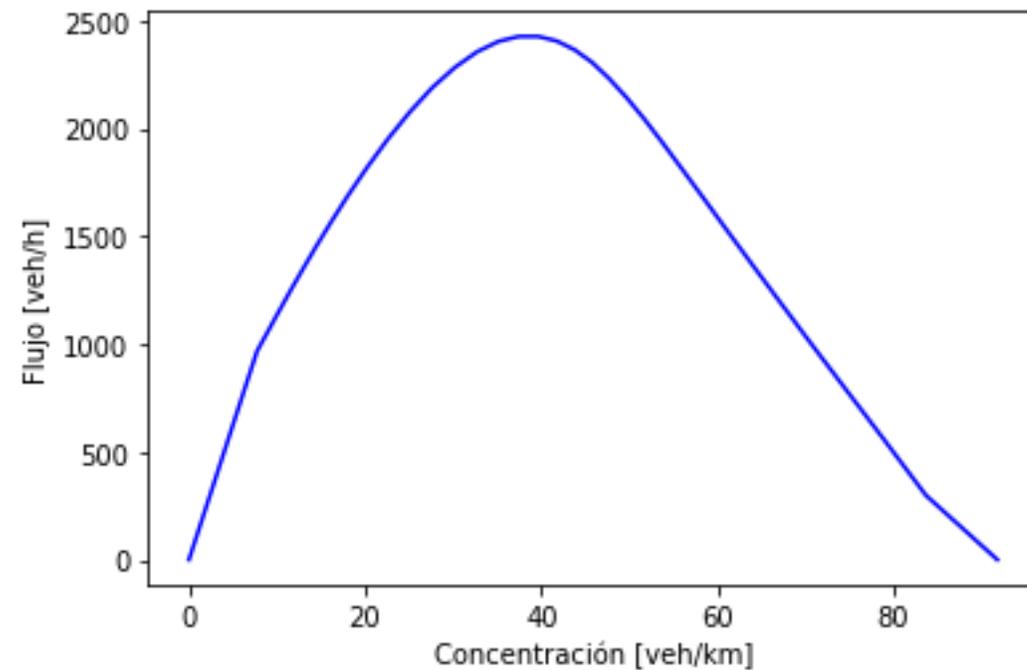


Figura 7. Aproximación del diagrama fundamental

Experimento 2: Variación del ancho de pista

Antecesor	$y[m]$	$x[m]$	$v_y[m/s]$	$v_x[m/s]$	Largo [m]	Ancho [m]	Ancho de pista [m]
Líder (L)	$Máx(20, 2.2v_0)$	0	v_0	0	4.5	2.3	p_i
Derecho (D)	$Máx(20, 2.2v_0) - 5$	0	v_0	0	4.5	2.3	p_i
Izquierdo (I)	$Máx(20, 2.2v_0) - 5$	0	v_0	0	4.5	2.3	p_i

Se define el ancho $p_i \in \{3.6, 3.8, 4.2\}$.

Resultados

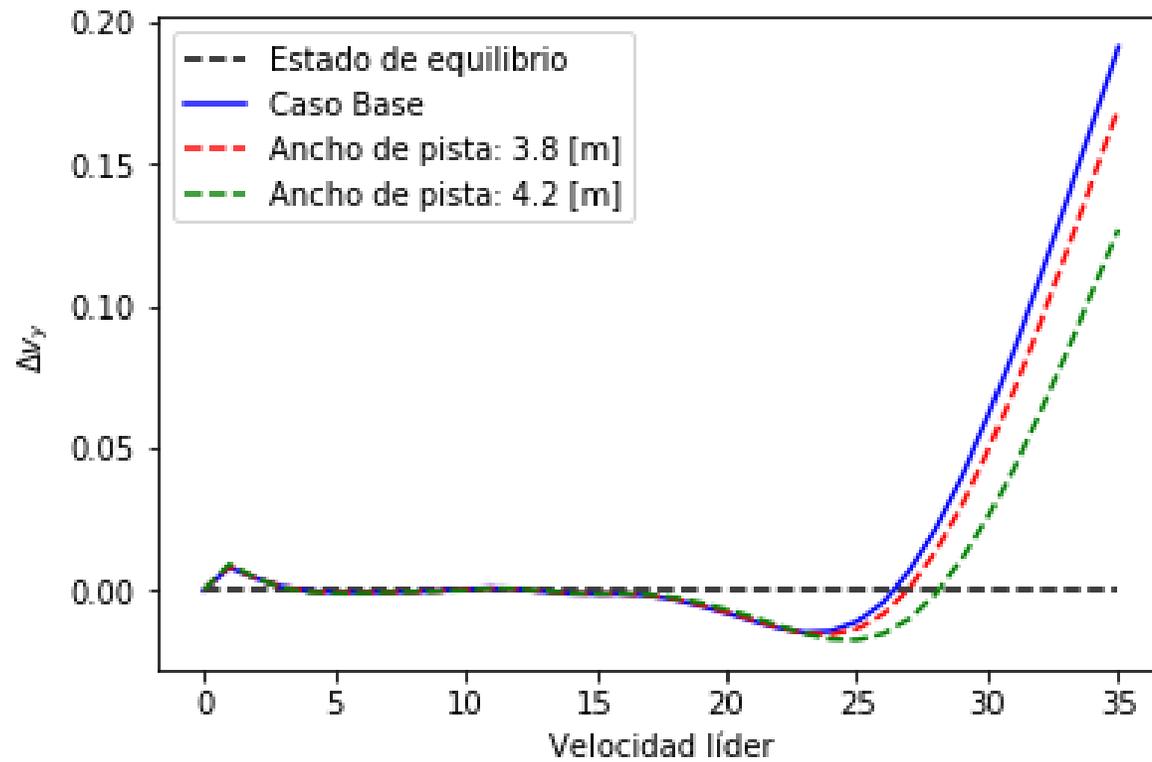


Figura 6. Equilibrio de tráfico

Resultados

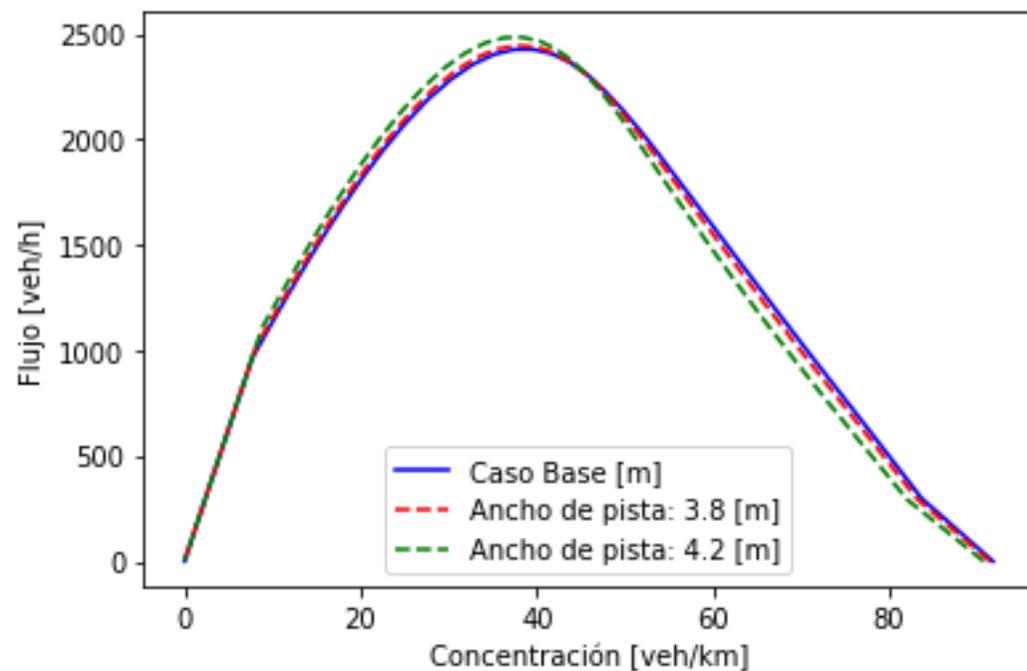


Figura 7. Aproximación del diagrama fundamental

Caso	Capacidad [veh/h]	Velocidad [m/s]
CASO BASE	2426	17
Ancho= 3.8 m	2444	18
Ancho= 4.2 m	2484	18

Caso	Concentración de taco [veh/km]	Espaciamiento [m]
CASO BASE	91.8	10.9
Ancho= 3.8 m	91.4	10.9
Ancho= 4.2 m	90.7	11

Experimento 3: Variación del ancho de los vehículos

Antecesor	$y[m]$	$x[m]$	$v_y[m/s]$	$v_x[m/s]$	Largo [m]	Ancho [m]	Ancho de pista [m]
Líder (L)	$\text{Máx}(20, 2.2v_0)$	0	v_0	0	4.5	A_i	3.6
Derecho (D)	$\text{Máx}(20, 2.2v_0) - 5$	0	v_0	0	4.5	A_i	3.6
Izquierdo (I)	$\text{Máx}(20, 2.2v_0) - 5$	0	v_0	0	4.5	A_i	3.6

Se definen los anchos de los vehículos $A_i \in \{2.2, 2.3, 2.4\}$.

Resultados

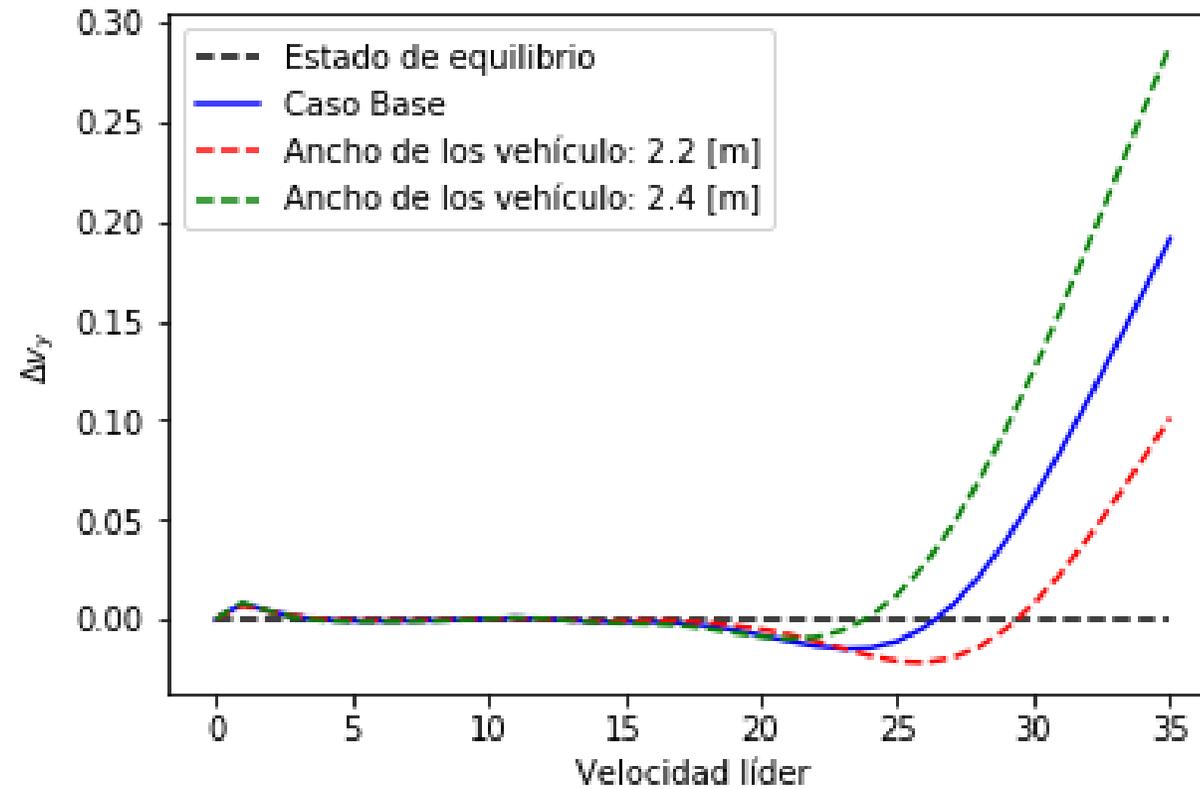


Figura 11. Equilibrio de tráfico

Resultados

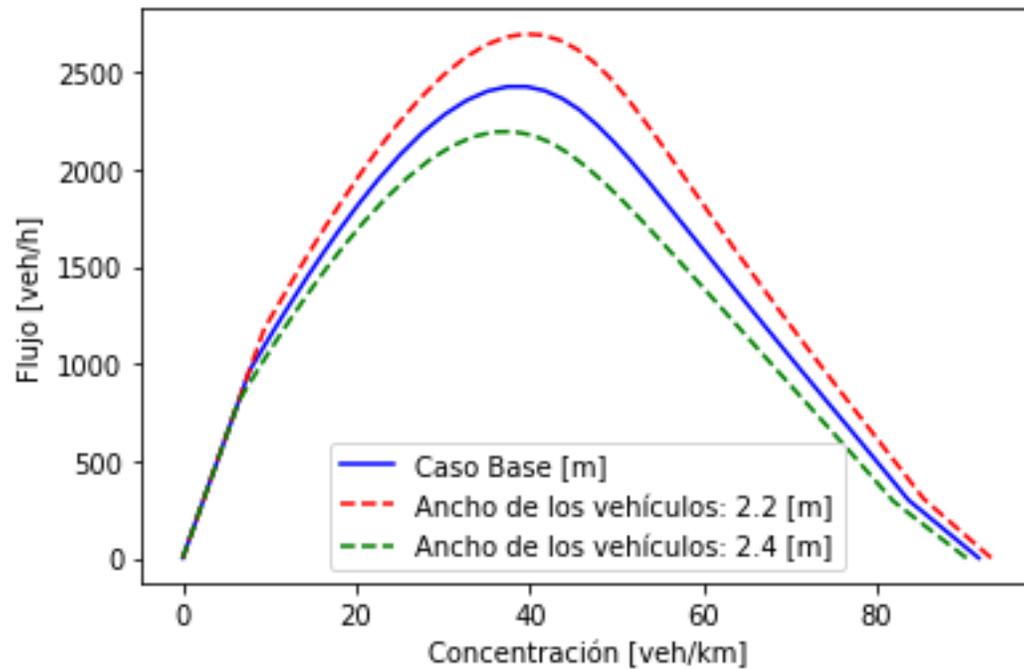


Figura 12. Aproximación del diagrama fundamental

Caso	Capacidad [veh/h]	Velocidad [m/s]
CASO BASE	2426	17
Ancho= 1.9 m	2697	19
Ancho= 2.1 m	2195	16

Caso	Concentración de taco [veh/km]	Espaciamiento [m]
CASO BASE	91.8	10.9
Ancho= 1.9 m	93.2	10.7
Ancho= 2.1 m	90.3	11.1

Experimento 5: Fricción Lateral

- Los parámetros de la simulación son los mismos al Caso Base.
- El antecesor de la pista en uso conduce a 35 m/s, al igual que el vecino de la pista izquierda.
- Existe una pista lenta (pista derecha) en donde los vehículos viajan a una velocidad fija v_0
- Cada vez que el vehículo de estudio adelanta a un vecino en su pista derecha se encontrará con otro vecino en dicha pista a un *headway* de 1.5 s.
- El experimento se repite para v_0 entre 0 y 35 m/s.

Resultados

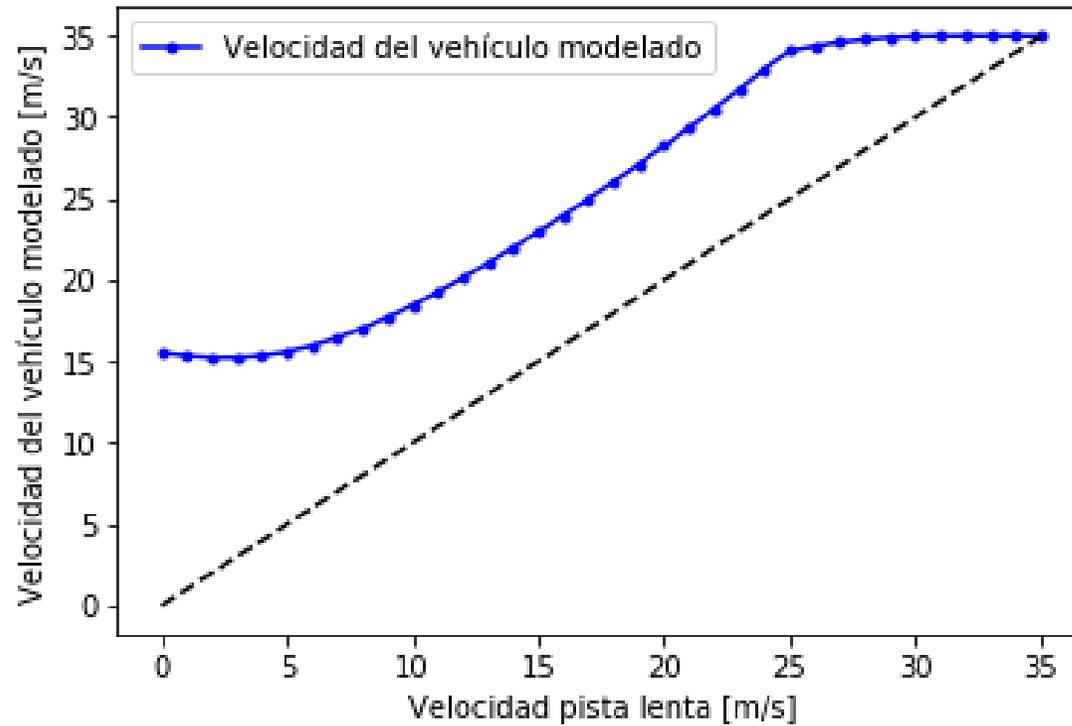


Figura 16. Influencia de la pista lenta sobre la velocidad del vehículo de estudio

Resultados

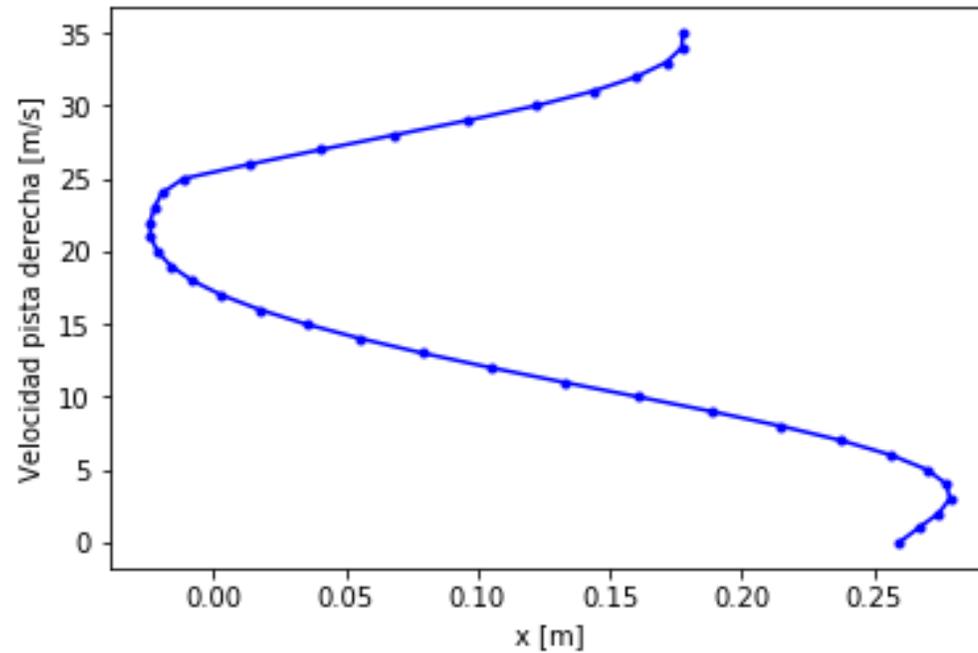


Figura 17. Influencia de la pista lenta sobre la posición del vehículo de estudio

Discusión

Discusión

- El modelo presenta un tiempo de reacción lento. Sin embargo, es capaz de replicar un diagrama fundamental.
- Baja concentración de taco y altas capacidades.
- El modelo es sensible al tráfico de las pistas vecinas.

Esta pendiente:

- Validación de los resultados observados.
- Análisis de nuevos fenómenos del tráfico relacionado a la posición lateral.
- Aplicación de nuevas técnicas de minería de datos.
- Modelo que considere mayores tiempos de reacción.



Universidad de los Andes
Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas

Modelo de seguimiento vehicular de dos dimensiones basado en redes neuronales

Juan Pablo Suazo A.
Rafael Delpiano C. PhD

Transformación

Tabla 1. Valores preestablecidos para vehículos sin vecinos

En ausencia de:	Δy	Δx	Δv_y	Δv_x	Largo	Ancho
Líder (L)	1000 m	0 m	1000 m/s	0 m/s	0 m	0 m
Vecino Derecho (D)	1000 m	1000 m	1000 m/s	1000 m/s	0 m	0 m
Vecino Izquierdo (I)	1000 m	-1000 m	1000 m/s	-1000 m/s	0 m	0 m

Subconjunto de datos

Se realizó un muestreo estratificado para seleccionar vehículos en distintas velocidades.

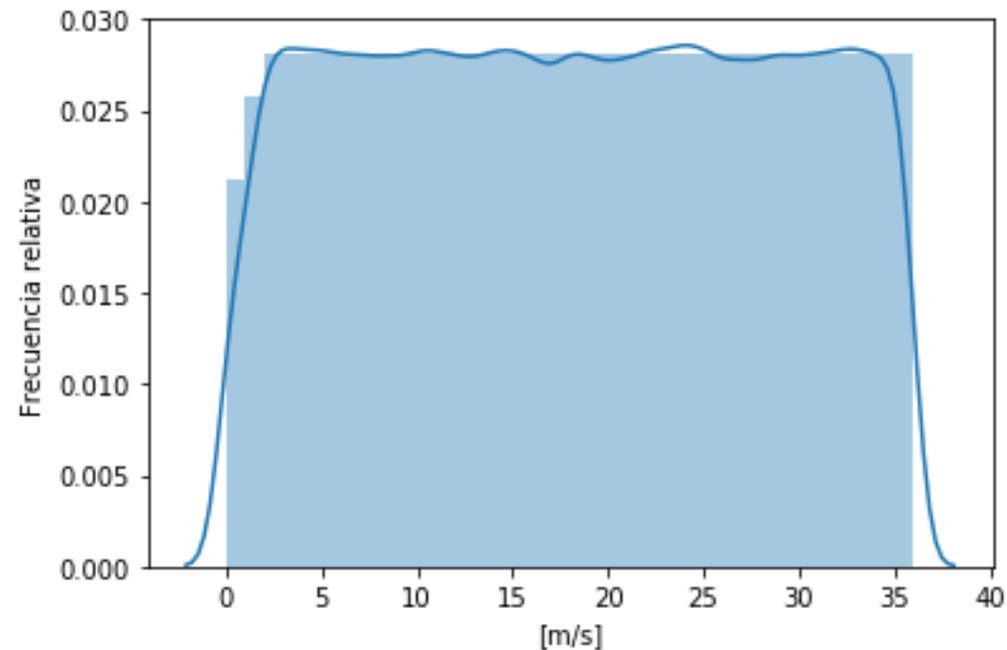


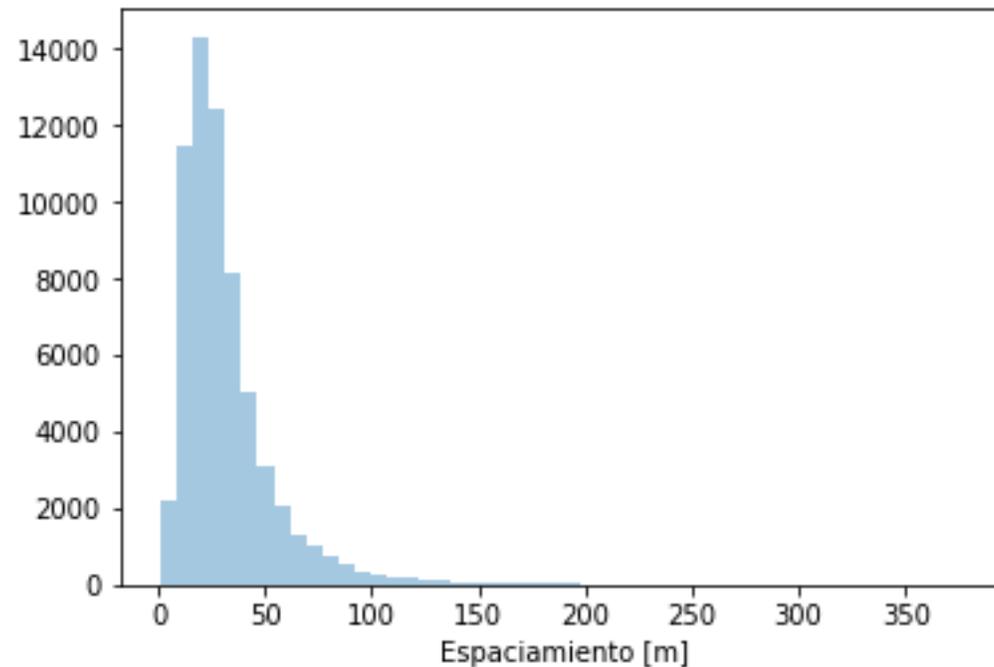
Figura 4. Distribución de velocidades longitudinales del conjunto de entrenamiento

Atributos de entrada del modelo

Vehículo de Estudio	Líder	Vecino Derecho	Vecino Izquierdo
$x_C - x_S$	$y_L - y_S$	$y_D - y_S$	$y_I - y_S$
v_{y_S}	$x_L - x_S$	$x_D - x_S$	$x_I - x_S$
v_{x_S}	$v_{y_L} - v_{y_S}$	$v_{y_D} - v_{y_S}$	$v_{y_I} - v_{y_S}$
Largo del vehículo	$v_{x_L} - v_{x_S}$	$v_{x_D} - v_{x_S}$	$v_{x_I} - v_{x_S}$
Ancho del vehículo	Largo del vehículo	Largo del vehículo	Largo del vehículo
	Ancho del vehículo	Ancho del vehículo	Ancho del vehículo

Donde x_i, y_i son las posiciones de los vehículo $i \in \{S, L, D, I\}$ y v_{y_i}, v_{x_i} son la velocidad longitudinal y lateral respectivamente. Además x_C es el eje que pasa por el centro de la pista.

Histograma de espaciamiento entre líder y el sujeto cuando $\Delta v_y = 0$.



Espaciamientos a velocidades bajas y altas

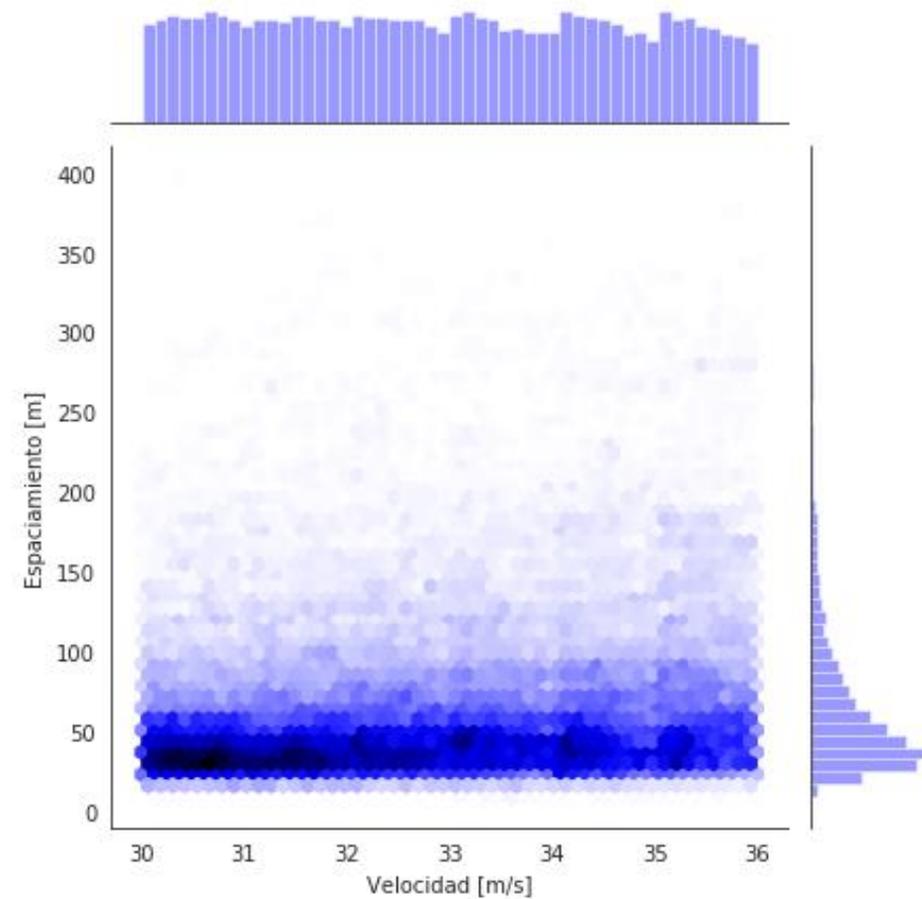
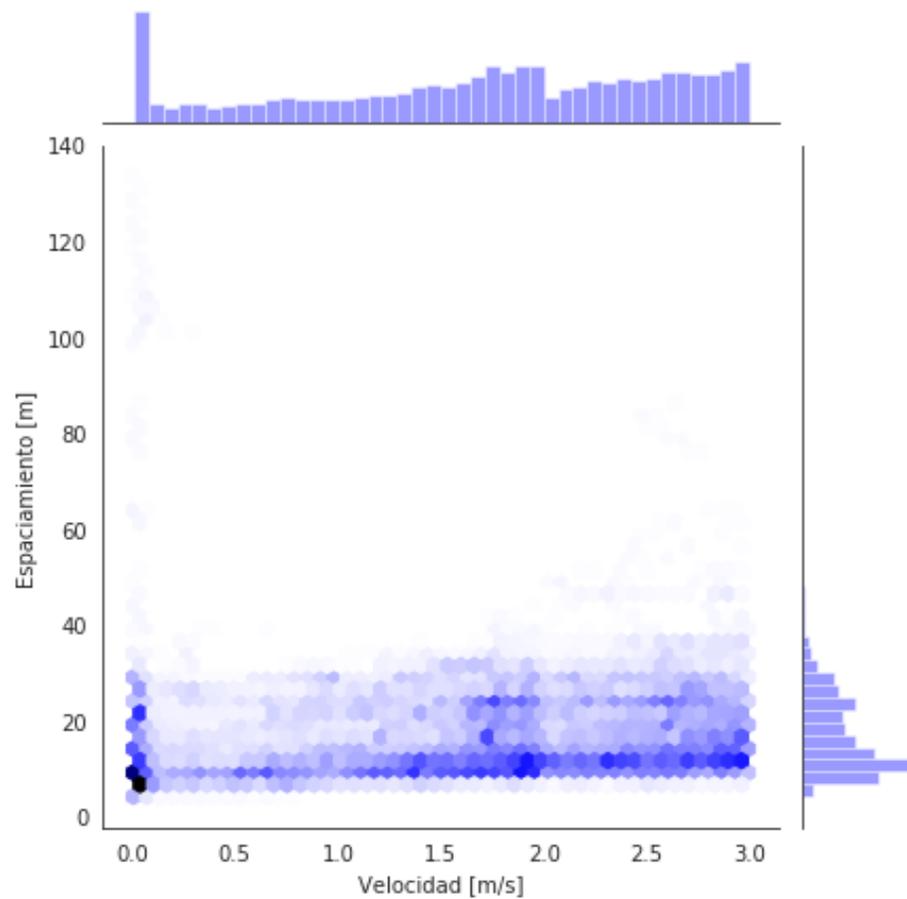


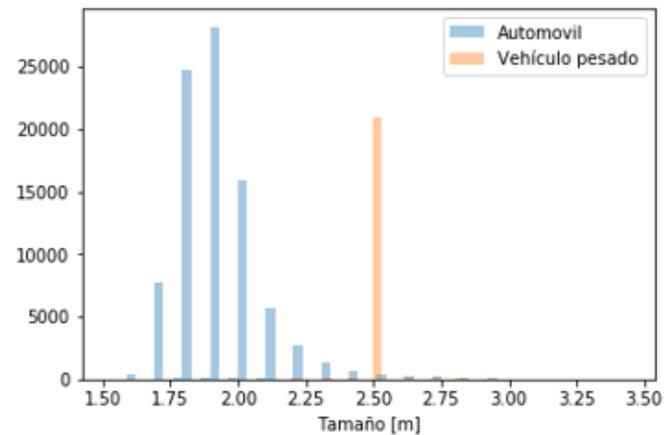
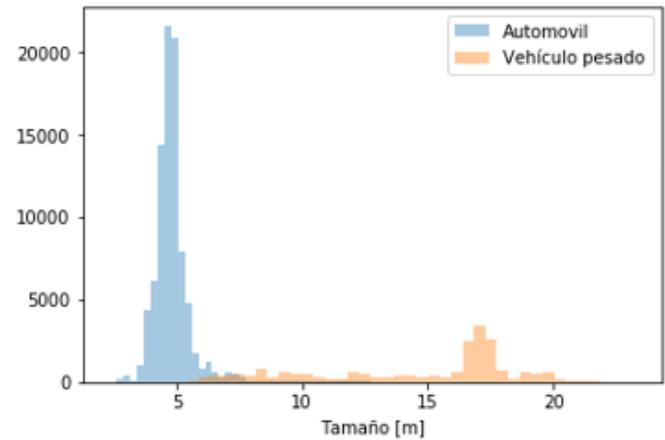
Tabla de espaciamientos a velocidades bajas y altas

Caso	Min.	Media	Desv. Est.	Máy.
Velocidades bajas	4.17 m	17.85 m	10.85 m	133.38 m
Velocidades altas	9.03 m	65.4 m	46.3 m	397.69 m

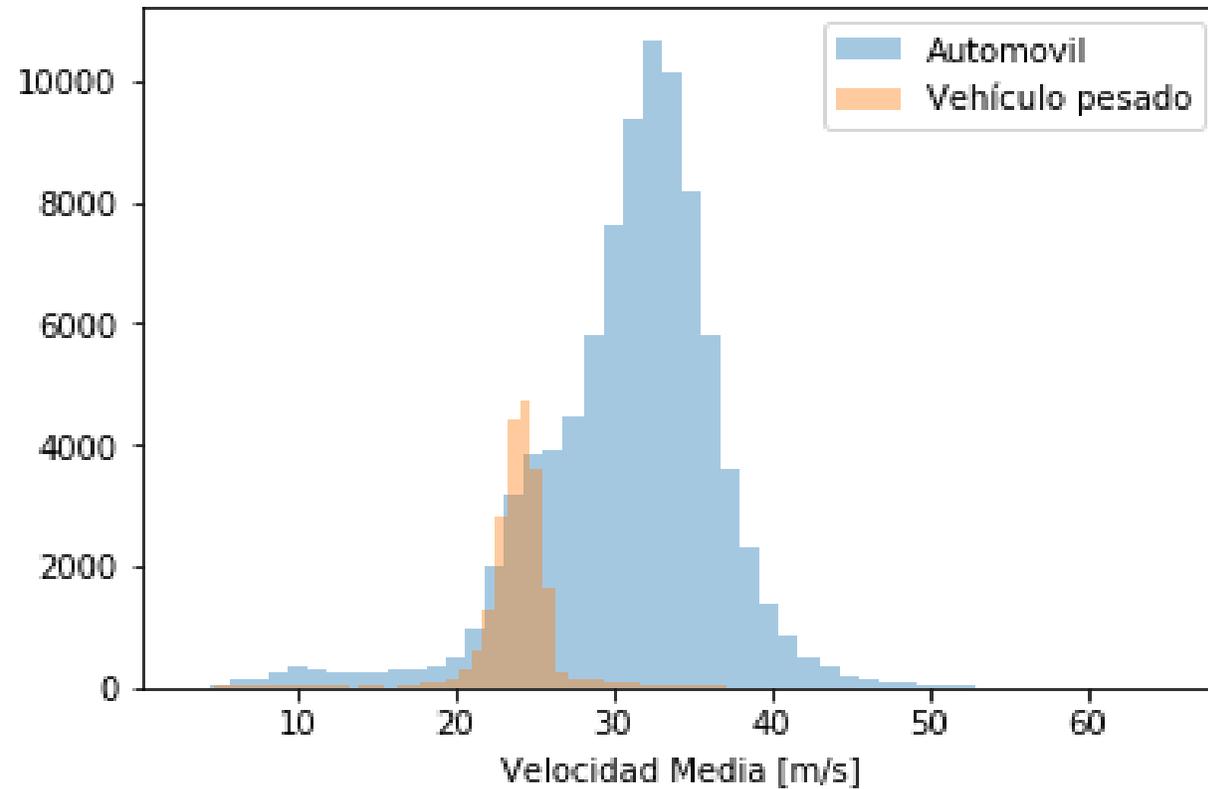
Parámetros de entrenamiento

Parámetro	Valor
Máximo de iteraciones	250 000
Función de activación	Sigmoide
Solver	Adam
Tasa de aprendizaje	0.00001
Tolerancia	0.00001

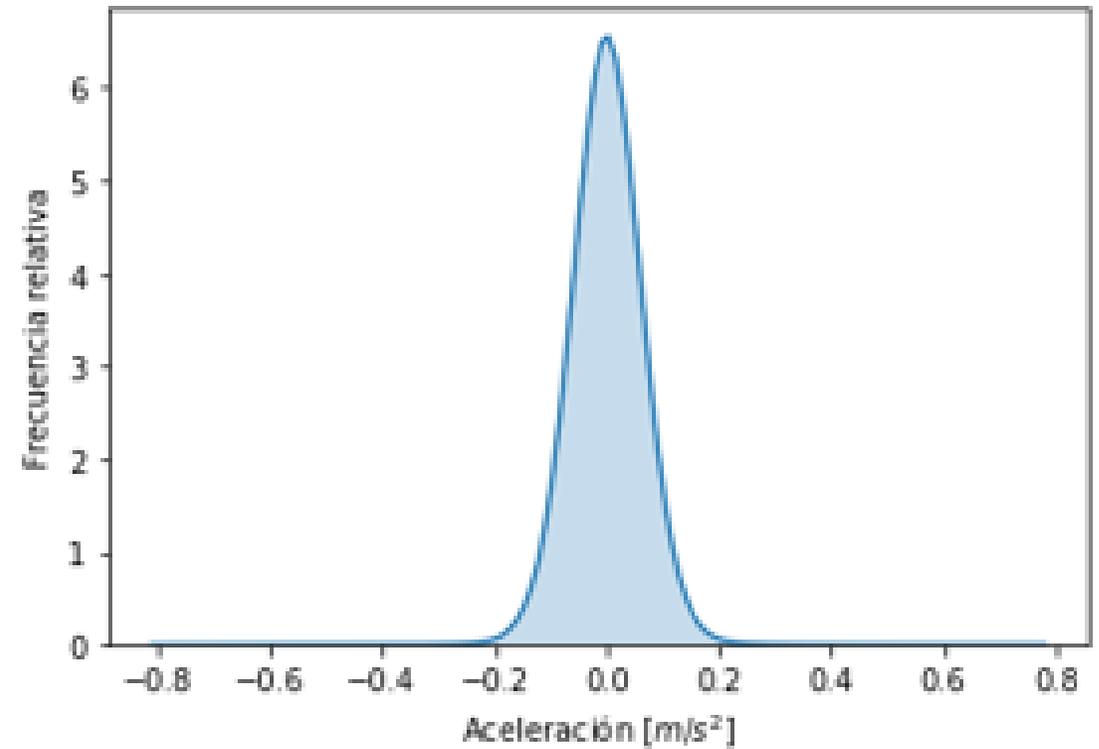
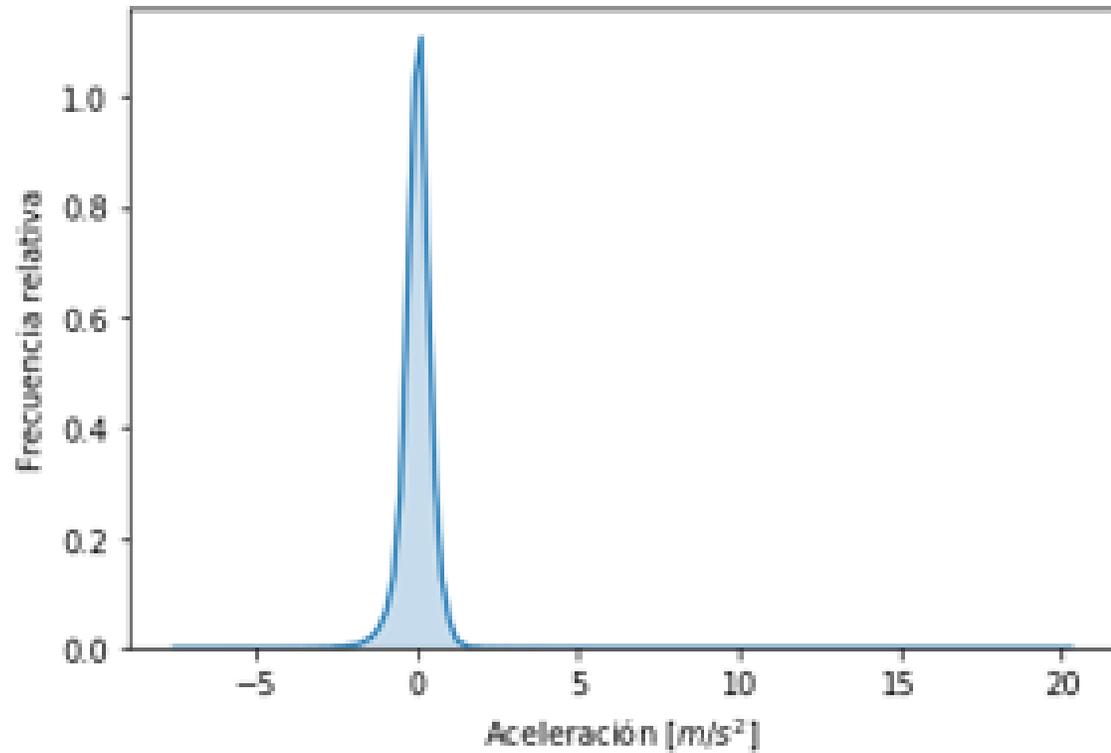
Dimensiones de los vehículos pesados



Velocidades de vehículos pesados



KDE de aceleraciones



Resultados

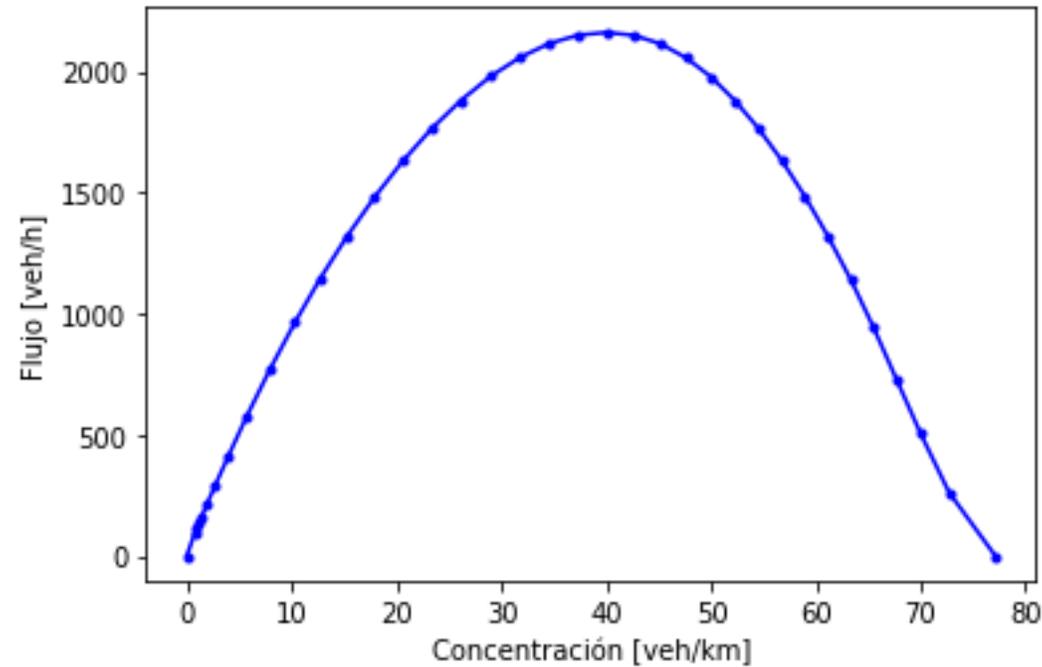


Figura 8. Diagrama fundamental

- El modelo converge al equilibrio, aumentando el tiempo de simulación.