

# SISTEMA DE INFLADO AUTONOMO DE NEUMATICOS POR MEDIO DE CONTROL DIFUSO

R. Sanchez· W. Rodriguez<sup>2</sup>, Sixth Semester Students Ricardo Palma University-Lima, sanchez.rafael16@gmail.com<sup>1</sup>, wromella@gmail.com<sup>2</sup>

**Abstract-- Our product is aimed at interprovincial ground transportation companies. It is an automatic inflation system which solves the problem that exists when a tire air inappropriate. It comprises suitable devices easily installed on buses (vehicles) and designed to maintain constant air pressure in each tire as set by the user (driver). Its purpose is the benefits of cost savings, improved safety.**

Palabras Clave: Inflado automático - Presión - Adquisición de datos

## I. NOMENCLATURA

TPMS: Sistema de monitoreo de presión de neumáticos.

OPAMP: Amplificador operacional.

PSI: (del inglés **pounds-force per square inch**) es una unidad de presión en el sistema anglosajón de unidades.

## II. Introducción

**E**l sistema tiene el objetivo de mantener a un nivel establecido la presión de aire en los neumáticos del vehículo y a sea que este detenido o en movimiento mediante dispositivos instalados de fácil adaptación en cada uno de los rines (aros) y todos ellos conectados a una central de monitoreo instalado en el vehículo que envía o expulsa aire a una o más llantas para mantenerlo en su nivel establecido.

Este sistema es creado para resolver el problema que se ocasiona cuando hay un inapropiado inflado de aire en los neumáticos el cual, si no se regula genera gastos innecesarios como un incremento en el consumo de combustible y la disminución de la vida útil de los neumáticos.

Los beneficios que se obtienen además de solucionar el inadecuado inflado, es la generación de un eficiente traslado al reducir riesgos de estabilidad, frenado; seguridad vial y mejorar la experiencia de manejo. [1]

## IMPORTANCIA DE LA PRESION EN LOS NEUMATICOS

Los fabricantes de buses están a la vanguardia de la mejora de sus vehículos en materia de seguridad. Los dos tipos de seguridad que funcionan en los vehículos para la protección de los ocupantes son, la activa y la pasiva.

El proyecto incide directamente en la seguridad activa del vehículo ya que en si proporciona una medida para evitar un accidente, en la medida de lo posible. [2]

## III. METODOLOGÍA

Para la formación de todo el sistema, se ha tenido que dividir en 3 áreas:

### 1. Adaptador de rines al neumático

Este elemento consta con introducir al rin un sistema mecánico que se adaptará justo en el eje central, tal como se muestra en la figura 1, cuya finalidad es el transporte de aire desde el tanque de aire, hasta el neumático.



Figura 1. Diseño en SolidWorks rotor de sistema mecánico

### 2. Tablero de control para monitoreo de Presión

Elemento más importante de todo el sistema el cual se encargara de la parte de operaciones y toma de decisiones con respecto a la presión de cada uno de los neumáticos

### 3. Interfaz HMI de piloto

Elemento que tiene como misión informar y advertir al usuario lo que está ocurriendo en cada uno de los neumáticos, la cual se muestra en la figura 2.

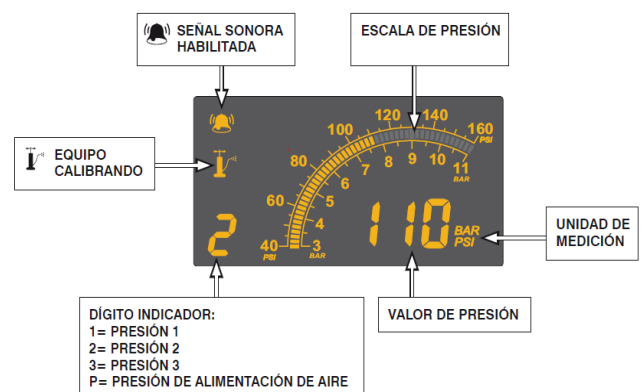


Figura 2. Diseño en ADOBE ILLUSTRATOR de Interfaz HMI

## III. DESARROLLO

### 1er Proceso: Análisis de la llanta.

Se analizó el inflado de la llanta que se realiza ya sea cuando el carro este detenido o se encuentre en pleno movimiento. Esto quiere decir que las mangueras que suministraran de aire a la llanta, tendrán que tener un sistema el cual haga que mientras giren las llantas, estas no se perjudiquen en su giro, tal como se muestra en la figura 3.

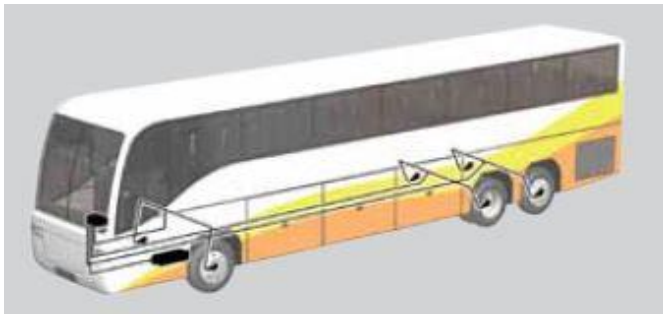


Figura 3. Esquemático del diseño en Software INVENTOR

La solución fue crear una adaptación al eje para que la manguera de entrada del eje se mantenga en su lugar y la salida gire a la par con la llanta y estará conectada al pitón de la llanta tal como se muestra en la figura 4.

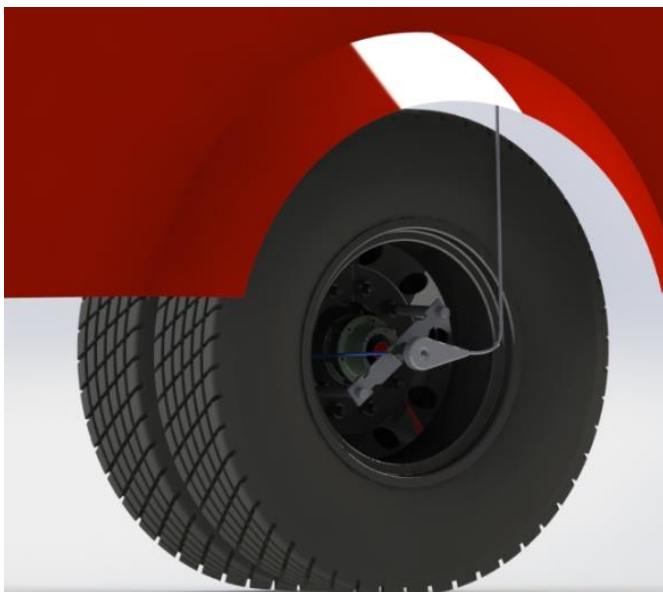


Figura 4. Diseño en Software INVENTOR

### 2do proceso: Sensor de presión MPX 2200

En la entrada del eje adaptado estará adaptado un conector tipo "T" y una de las salidas (S1) del conector, estará conectado al sensor de presión MPX2200.

La finalidad de usar este sensor, es convertir la manifestación de energía (presión) en una señal eléctrica (mV) cuyo fin es la digitalización de la información.

El sensor detectara la presión de aire de la llanta y el dispositivo a su vez emitirá una señal en milivoltios que esta escalada con respecto a la presión de aire de la llanta. El sensor de presión será nuestra señal de entrada para la formación de nuestro sistema de lazo cerrado. [3]

### 3ro Proceso: conversión de Milivoltios a Voltaje

Para que el microcontrolador (Arduino) pueda procesar la señal analógica que envía el sensor de presión (milivoltios), debe ser amplificada mediante un convertor de Milivoltios a Voltaje.

De acuerdo al datasheet del sensor de presión. Este dispositivo tiene un rango entre 0 a 40 mv que escalada a PSI es de (0 a 29PSI). La conversión analizada será para que se obtenga una salida entre 0 a 5 voltios.

### 4to Proceso: Sistema de lazo cerrado

Se redujo la impedancia de la señal emitida del sensor de presión para que la medición tenga mayor exactitud.

Luego como el Datasheet de este sensor nos dice que es necesario obtener la variación de los voltajes, se realiza un arreglo con opamps llamado restador de inversión.

Luego se compara el voltaje con la resta obtenida con un voltaje de entrada regulada con un potenciómetro de 100k para calibrar a que PSI nominal podemos proporcionarle al sistema. [4]

Con esto hacemos que cuando la llanta siente disminución de presión de aire con respecto a su presión nominal, se activara la compresora hasta llegar a la presión de aire nominal y apagando la compresora hasta otro nuevo evento en que se requiera.

El sistema electrónico se diseña en Proteus, tal como se muestra en la figura 5.

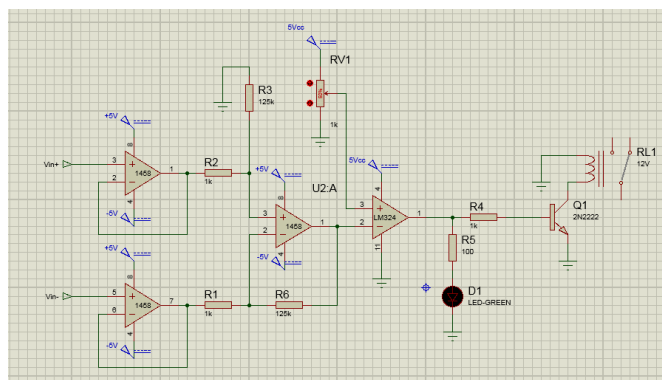


Figura 5. Simulación de Circuito en software PROTEUS

El sistema completo del sistema de inflado automático, el cual se muestra en la figura 6.



Figura 6. Implementación del sistema de inflado automático

**5to Proceso: ADQ- Adquisición de datos:**

Para este proceso de adquisición de datos se usara el arduino como herramienta de interfaz la cual enviara la información al software MATLAB la cual será el entorno final de trabajo:

A continuación detallaremos el trabajo de interfaz:

- Interfaz : Arduino UNO
- Programación TOOLBOX ARDUINO IO
- Entrada: AnalogRead(0) - (1 - 5 )V
- Conversor analógico digital (Resolución del sistema de 10 bits)
- (0 a 2023) Valores

**6to Proceso: Control Difuso Usando el comando FUZZY MATLAB**

Este último proceso, será realizado utilizando el Toolbox Fuzzy del Matlab, cuyo entorno se muestra en la Figura 7, toma la señal analógica de entrada que además será simulada con entradas provenientes de perturbaciones que están sometidas estas llantas cuando realizan su trabajo.

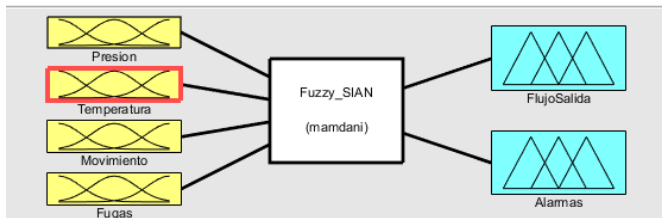


Figura 7. Diagrama en entorno Fuzzy

Entrada de la Presión en la llanta, tomándola como presión ideal de 100 PSI, lo cual se muestra en la figura 8.

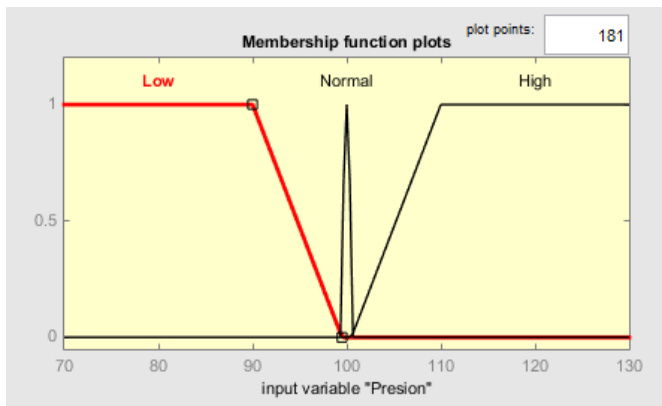


Figura 8. Diagrama Presión

Las perturbaciones insertadas son las siguientes:

- Temperatura, la que se muestra en la figura 9.

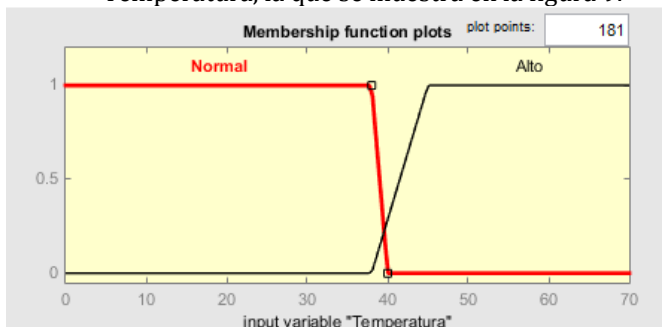


Figura 9. Diagrama Temperatura

- Movimiento, el que se muestra en la figura 10.

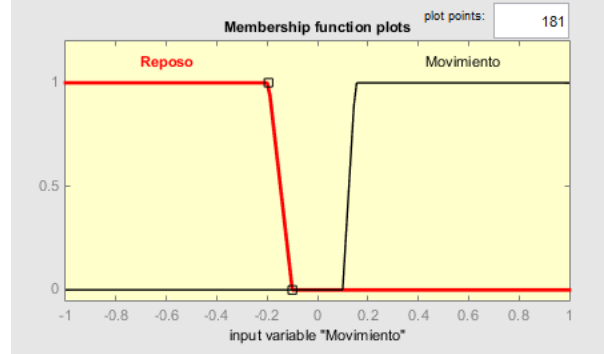


Figura 10. Diagrama movimiento

- Fugas, el que se muestra en la figura 11.

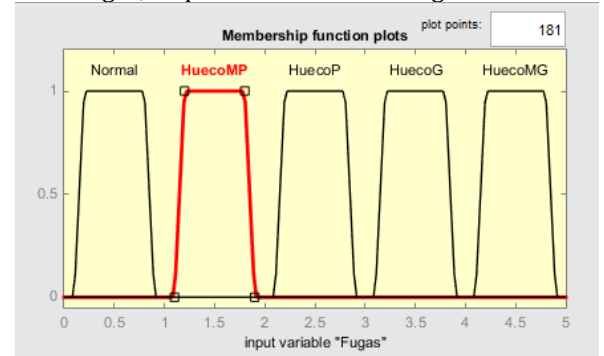


Figura11. Diagrama Fugas

Por último se obtendrá las salidas de acción:

- FlujoSalida, la que se muestra en la figura 12.

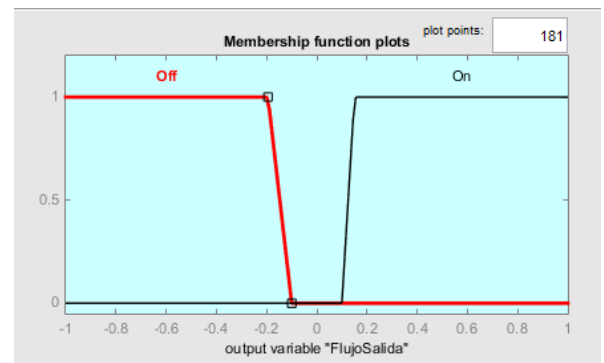


Figura 12. Diagrama Flujo de Salida

- Alarmas, la que se muestra en la figura 13.

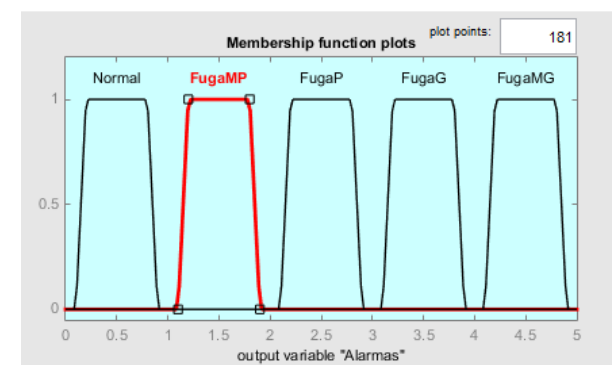


Figura 13. Diagrama Alarmas

### Valores Lingüísticos

Los valores lingüísticos se definen de la siguiente manera:

Presión is Normal = PN

Presión is Low = PL

Presión is High = PH

Temperatura is Normal = TN

Temperatura is Alto = TA

Movimiento is Reposo MR

Movimiento is Movimiento =MM

Fugas is Normal = FN

Fugas is Hueco MP = FMP

Fugas is Hueco P = FP

Fugas is Hueco G = FG

Fujo de Salida is ON = FON

Flujo de Salida is OFF = FOF

Alarmas is Normal = AN

Alarmas is FugaMP = AFMP

Alarmas is FugaG = AFG

Alarmas is FugaMG = AFMG

### Reglas:

Las reglas del tipo If-Then se define a continuación:

	<b>IF</b>	PN	<b>AND</b>	TN	<b>AND</b>	MR	<b>AND</b>	FN	<b>THEN</b>	FOF	AN
	<b>IF</b>	PN	<b>AND</b>	TN	<b>AND</b>	MR	<b>AND</b>	FMP	<b>THEN</b>	FON	AMP
	<b>IF</b>	PN	<b>AND</b>	TN	<b>AND</b>	MR	<b>AND</b>	FP	<b>THEN</b>	FON	AP
	<b>IF</b>	PN	<b>AND</b>	TN	<b>AND</b>	MR	<b>AND</b>	FG	<b>THEN</b>	FON	AG
	<b>IF</b>	PN	<b>AND</b>	TN	<b>AND</b>	MR	<b>AND</b>	FN	<b>THEN</b>	FON	AMG
	<b>IF</b>	PL	<b>AND</b>	TN	<b>AND</b>	MR	<b>AND</b>	FMP	<b>THEN</b>	FON	AN
	<b>IF</b>	PL	<b>AND</b>	TN	<b>AND</b>	MR	<b>AND</b>	FP	<b>THEN</b>	FON	AMP
	<b>IF</b>	PL	<b>AND</b>	TN	<b>AND</b>	MR	<b>AND</b>	FG	<b>THEN</b>	FON	AP
	<b>IF</b>	PL	<b>AND</b>	TN	<b>AND</b>	MR	<b>AND</b>	FN	<b>THEN</b>	FON	AG
	<b>IF</b>	PL	<b>AND</b>	TN	<b>AND</b>	MR	<b>AND</b>	FMP	<b>THEN</b>	FON	AMG
	<b>IF</b>	PH	<b>AND</b>	TN	<b>AND</b>	MR	<b>AND</b>	FP	<b>THEN</b>	FON	AN
	<b>IF</b>	PH	<b>AND</b>	TN	<b>AND</b>	MR	<b>AND</b>	FG	<b>THEN</b>	FOF	AMP
	<b>IF</b>	PH	<b>AND</b>	TN	<b>AND</b>	MR	<b>AND</b>	FN	<b>THEN</b>	FOF	AP
	<b>IF</b>	PH	<b>AND</b>	TN	<b>AND</b>	MR	<b>AND</b>	FMP	<b>THEN</b>	FOF	AG
	<b>IF</b>	PH	<b>AND</b>	TN	<b>AND</b>	MR	<b>AND</b>	FP	<b>THEN</b>	FOF	AMG
	<b>IF</b>	PH	<b>AND</b>	TA	<b>AND</b>	MR	<b>AND</b>	FG	<b>THEN</b>	FOF	AN
	<b>IF</b>	PH	<b>AND</b>	TA	<b>AND</b>	MR	<b>AND</b>	FN	<b>THEN</b>	FOF	AMP
	<b>IF</b>	PH	<b>AND</b>	TA	<b>AND</b>	MR	<b>AND</b>	FMP	<b>THEN</b>	FOF	AP
	<b>IF</b>	PH	<b>AND</b>	TA	<b>AND</b>	MR	<b>AND</b>	FP	<b>THEN</b>	FOF	AG
	<b>IF</b>	PH	<b>AND</b>	TA	<b>AND</b>	MR	<b>AND</b>	FG	<b>THEN</b>	FOF	AMG
	<b>IF</b>	PH	<b>AND</b>	TA	<b>AND</b>	MM	<b>AND</b>	FN	<b>THEN</b>	FOF	AN
	<b>IF</b>	PH	<b>AND</b>	TA	<b>AND</b>	MM	<b>AND</b>	FMP	<b>THEN</b>	FON	AMP
	<b>IF</b>	PH	<b>AND</b>	TA	<b>AND</b>	MM	<b>AND</b>	FP	<b>THEN</b>	FON	AP
	<b>IF</b>	PH	<b>AND</b>	TA	<b>AND</b>	MM	<b>AND</b>	FG	<b>THEN</b>	FON	AG
	<b>IF</b>	PH	<b>AND</b>	TA	<b>AND</b>	MM	<b>AND</b>	FN	<b>THEN</b>	FON	AMG
	<b>IF</b>	PH	<b>AND</b>	TA	<b>AND</b>	MM	<b>AND</b>	FMP	<b>THEN</b>	FON	AN
	<b>IF</b>	PH	<b>AND</b>	TA	<b>AND</b>	MM	<b>AND</b>	FP	<b>THEN</b>	FON	AMP
	<b>IF</b>	PH	<b>AND</b>	TA	<b>AND</b>	MM	<b>AND</b>	FG	<b>THEN</b>	FON	AG
	<b>IF</b>	PH	<b>AND</b>	TN	<b>AND</b>	MM	<b>AND</b>	FN	<b>THEN</b>	FOF	AN
	<b>IF</b>	PH	<b>AND</b>	TN	<b>AND</b>	MM	<b>AND</b>	FMP	<b>THEN</b>	FOF	AMP

	<b>IF</b>	PH	<b>AND</b>	TN	<b>AND</b>	MM	<b>AND</b>	FMP	<b>THEN</b>	FOF	AP
	<b>IF</b>	PH	<b>AND</b>	TN	<b>AND</b>	MM	<b>AND</b>	FP	<b>THEN</b>	FOF	AG
	<b>IF</b>	PH	<b>AND</b>	TN	<b>AND</b>	MM	<b>AND</b>	FG	<b>THEN</b>	FOF	AMG
	<b>IF</b>	PH	<b>AND</b>	TA	<b>AND</b>	MM	<b>AND</b>	FN	<b>THEN</b>	FOF	AN
	<b>IF</b>	PH	<b>AND</b>	TA	<b>AND</b>	MM	<b>AND</b>	FMP	<b>THEN</b>	FOF	AMP
	<b>IF</b>	PH	<b>AND</b>	TA	<b>AND</b>	MM	<b>AND</b>	FP	<b>THEN</b>	FOF	AP
	<b>IF</b>	PH	<b>AND</b>	TA	<b>AND</b>	MM	<b>AND</b>	FG	<b>THEN</b>	FOF	AG
	<b>IF</b>	PH	<b>AND</b>	TA	<b>AND</b>	MM	<b>AND</b>	FN	<b>THEN</b>	FOF	AMG
	<b>IF</b>	PH	<b>AND</b>	TA	<b>AND</b>	MM	<b>AND</b>	FMP	<b>THEN</b>	FOF	AN
	<b>IF</b>	PH	<b>AND</b>	TN	<b>AND</b>	MM	<b>AND</b>	FP	<b>THEN</b>	FOF	AMP
	<b>IF</b>	PH	<b>AND</b>	TN	<b>AND</b>	MM	<b>AND</b>	FG	<b>THEN</b>	FOF	AG
	<b>IF</b>	PH	<b>AND</b>	TN	<b>AND</b>	MM	<b>AND</b>	FN	<b>THEN</b>	FOF	AMG
	<b>IF</b>	PH	<b>AND</b>	TN	<b>AND</b>	MM	<b>AND</b>	FMP	<b>THEN</b>	FOF	AN
	<b>IF</b>	PH	<b>AND</b>	TN	<b>AND</b>	MM	<b>AND</b>	FP	<b>THEN</b>	FOF	AMP
	<b>IF</b>	PH	<b>AND</b>	TN	<b>AND</b>	MM	<b>AND</b>	FG	<b>THEN</b>	FON	AP

Finalmente, en la figura 14 se muestran las simulaciones realizadas utilizando el entorno del Toolbox FUZZY del Matlab, obteniendo flujo de salidas promedio estable y nulo, permitiendo controlar el sistema.

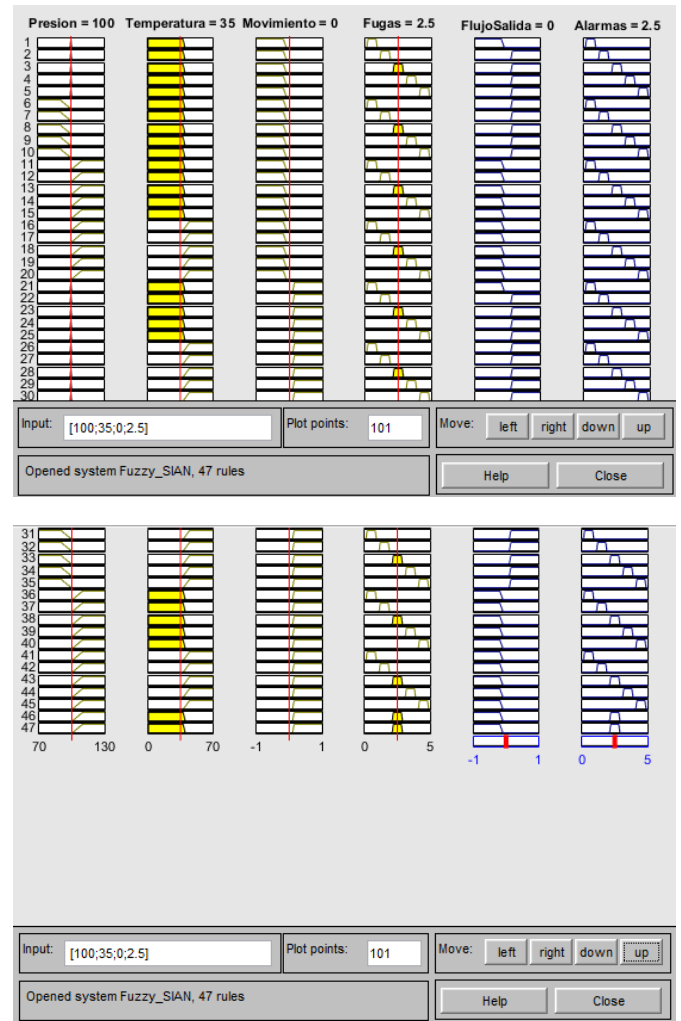


Figura 14. Se muestran las salidas alcanzadas con el software de simulación del Matlab

### V. Conclusiones

Este sistema conllevaría a que las empresas de transporte terrestre obtengan un ahorro económico reflejado principalmente en los beneficios obtenidos por el rendimiento de combustible hasta un 3% y prolongación de la vida útil del neumático hasta en un 20%, basándonos en las pruebas usando una banda tipo patrón en costillas e interactuando con el asfalto a una temperatura entre los 22°C a 55°C.

## VI. Observaciones

Este proyecto se realizó a manera de investigación teórica y en base a un prototipo, con la finalidad de una futura implementación como parte de nuestro proyecto de tesis para optar el grado de Ingeniero Mecatrónico.

## VII. Referencias

- [1] [http://cache.freescale.com/files/sensors/doc/data\\_sheet/MPX2200.pdf](http://cache.freescale.com/files/sensors/doc/data_sheet/MPX2200.pdf)
- [2] <http://tyt.com.mx/reportajes/sistemas-de-inflado-automaticos-soluciones-que-elevan-la-rentabilidad/>
- [3] [http://www.trasa.com.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=127&Itemid=116](http://www.trasa.com.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=127&Itemid=116)
- [4] <http://www.circulaseguro.com/que-es-el-tpms-o-control-de-presion-de-los-neumaticos/>
- [5] <http://www.deautomoviles.com.ar/articulos/tecnologia/auto-inflado-neumaticos.html>

## VIII. Biografía



**Rafael Sánchez:** Nació en Lima Perú en febrero 16, 1992. Se graduó en el colegio Miguel de Cervantes en Puente Piedra; actualmente cursa el 10mo ciclo ingeniería Mecatrónica en la Universidad Ricardo Palma.

Durante sus años de vida en la secundaria se vio atraído por la música en la que más adelante integró la banda escolar de su colegio en la especialidad de clarinete, en el 2009 integró la

Orquesta Peruana de Clarinetes en la que dio diversos conciertos en distintos distritos de Lima posteriormente integró la banda sinfónica de la Universidad Ricardo Palma desde el 2009 hasta el 2015; ha participado en diferentes concursos de robótica en la categoría de Robot Sumo Autónomo la cual ha tenido satisfactorios resultados.



**Walter Jhuniór Rodríguez Molleda**  
Estudiante de la carrera de Ingeniería Mecatrónica en la Universidad Ricardo Palma. Conocimientos en AutoCAD, Proteus, SolidWorks y CIM.

