

# PLANTA DIDÁCTICA PARA EL ENTRENAMIENTO DE SISTEMAS AUTOMOTRICES

## DIDACTIC PLANT FOR THE TRAINING OF AUTOMOTIVE SYSTEMS

### **Manuel Alejandro Pérez Martínez**

TecNM / Instituto tecnológico superior del sur de Guanajuato, México  
*E15120261@alumnos.itsur.edu.mx*

### **Oscar Servín Loa**

TecNM / Instituto tecnológico superior del sur de Guanajuato, México  
*Oscarservinloa1996@gmail.com*

### **Heriberto López Raya**

TecNM / Instituto tecnológico superior del sur de Guanajuato, México  
*Heriberto159@hotmail.com*

### **Carlos Alberto Fuentes Hernández**

TecNM / Instituto tecnológico superior del sur de Guanajuato, México  
*ca.fuentes@itsur.edu.mx*

**Recepción:** 14/septiembre/2019

**Aceptación:** 13/noviembre/2019

## **Resumen**

Las plantas didácticas son una herramienta excepcional para entrenamiento en escuelas técnicas. Hoy en día, son pocas las empresas dedicadas a la fabricación de este tipo de prototipos, por ende, son poco accesibles, además de que las existentes puede no cubrir las necesidades requeridas. Por ello, en este artículo, se presenta el diseño de una planta desarrollada por estudiantes de Ingeniería Electrónica: en la cual se implementa un sistema de Freno automotriz, control de movimiento y control de velocidad, así como un sistema de inspección, de esta manera se busca satisfacer los requerimientos relacionados a la práctica que podrán adquirir los estudiantes de otras ingenierías o carreras técnicas como: electrónica, mecatrónica y sistemas automotrices en materias muy específicas.

La funcionalidad de la planta didáctica facilita el análisis: El funcionamiento del sistema de frenado parcial o total y El estudio de las variables generadas como: velocidad, temperatura y vibración.

**Palabras clave:** Transmisión de giro, sistema de frenado, didáctica.

## Abstract

Didactic plants are an exceptional tool for training in technical schools. Today, there are few companies dedicated to the manufacture of this type of prototypes, therefore, they are not very accessible, in addition to the existing ones may not cover the required needs. Therefore, in this article, the design of a plant developed by students of Electronic Engineering is presented: in which an automotive brake, motion control and speed control system is implemented, as well as an inspection system, in this way It seeks to satisfy the requirements related to the practice that students of other engineering or technical careers may acquire such as: electronics, mechatronics and automotive systems in very specific subjects.

The functionality of the teaching plant facilitates the analysis: The operation of the partial or total braking system and The study of the variables generated as: speed, temperature and vibration.

**Keywords:** Turn transmission, break system, didactic

## 1. Introducción

### Sistema de frenado

El sistema de freno es un conjunto de elementos que tienen como propósito reducir proporcional o totalmente la velocidad. El sistema usa como variable de entrada la distancia a recorrer en cilindro maestro con el objetivo de obtener como salida una presión hidráulica. En la figura 1 se muestra la secuencia de funcionamiento que sigue el sistema de frenado de un automóvil.



Fuente: Elaboración propia

Figura 1 Secuencia de funcionamiento del sistema de frenado automotriz.

### Frenos Hidráulicos

En un circuito de frenos hidráulicos se encuentran conectados por mangueras un cilindro maestro y cilindros auxiliares.

### **Cilindro maestro y auxiliar**

El cilindro maestro le transmite presión hidráulica al cilindro auxiliar cuando el pedal es presionado, cuando se pisa el pedal de freno, éste presiona un pistón en el cilindro maestro forzando la circulación del aceite a través de las mangueras, el aceite viaja hacia los cilindros auxiliares de cada una de las ruedas, llenándolos y forzando a los pistones a accionar los frenos, la presión del aceite se distribuye uniformemente alrededor del sistema.

### **Freno de disco**

El sistema está conformado por el disco que gira con la rueda. El disco es montado con una pinza o cilindro auxiliar, la cual cuenta con pequeños pistones hidráulicos que funcionan por presión del cilindro maestro o bomba de freno, los pistones presionan las pastillas de freno, que se encuentran sujetas sobre cada lado del disco, cuando el freno es accionado, la presión de aceite empuja a las pastillas contra el disco con el objetivo de reducir proporcional o totalmente la velocidad.

### **Sistema de transmisión de giro**

El sistema de transmisión es un conjunto de elementos que tiene la misión de hacer llegar el giro del motor hasta las ruedas motrices. La junta homocinética, tiene como finalidad conectar dos ejes discontinuos dispuestos longitudinalmente, de modo que la velocidad de giro entre ellos sea igual en todo momento. Esta transmisión está sometida a los movimientos oscilatorios de la suspensión y los movimientos giratorios de la dirección, y por lo tanto debe ser articulada. La junta homocinética es una unión articulada, una especie de rótula compleja, que permite estos movimientos sin que por ello las ruedas pierdan tracción ni sufran las transmisiones. En la figura 2 se muestra la secuencia de funcionamiento que sigue el sistema de transmisión de giro de un automóvil.



*Fuente: Elaboración propia*

Figura 2 Secuencia de funcionamiento del sistema de transmisión de giro.

## 2. Métodos

En un punto inicial, la propuesta que se planteó, fue integrar en la planta didáctica dos de los principales sistemas que operan en un automóvil, así los sistemas seleccionados fueron:

- El sistema de frenado (SF)
- Sistema de transmisión de giro (ST)

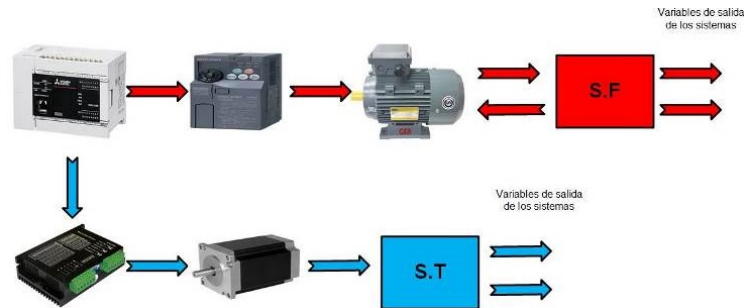
Con la finalidad de integrar ambos sistemas, se hizo el diseño y construcción de la estructura para ensamblar cada uno de los componentes de los sistemas en base a las condiciones reales del automóvil, para lograr el control de dichos sistemas se implementaron dos controles para la manipulación de las variables de entrada de cada uno de los sistemas de esta manera es posible controlar las variables de salida de los mismos. Para el control del sistema de freno se desarrolló un sistema de control de movimiento lineal (SCML), así como también se realizó un sistema de control de velocidad (SCV) para el sistema de transmisión de giro. Para realizar estos sistemas de control, se utilizó un PLC Mitsubishi FX5U el cual tiene la tarea de controlar los sistemas. Para el sistema de control de movimiento (SCM) se utilizó un motor a pasos T34-7E, un *DRIVER NATIONAL INSTRUMENTS* SMD-7612 y un *encoder* de cuadratura para el motor a pasos. Mientras que para el control de velocidad (SCV) se utilizó un *variador* de frecuencia Mitsubishi E700 y un motor trifásico de  $\frac{3}{4}$  hp. Para la comunicación hombre maquina se utilizó una HMI Mitsubishi GOT-2000 con la cual el usuario puede mandar las señales al PLC y así controlar los dos sistemas de control.

La figura 3 muestra un diagrama de las conexiones tanto del sistema de control de movimiento (SCM) como el Sistema De Control De Velocidad (SCV).

### Sistema de control del sistema de frenado

Como primer paso se realizó la comunicación entre los componentes, después de obtener la comunicación exitosa, se desarrolló la lógica de programación en lenguaje escalera en software GX Works 3, para después cargarlo al PLC, el programa se configuró con un numero de vueltas n que realizara el motor a pasos

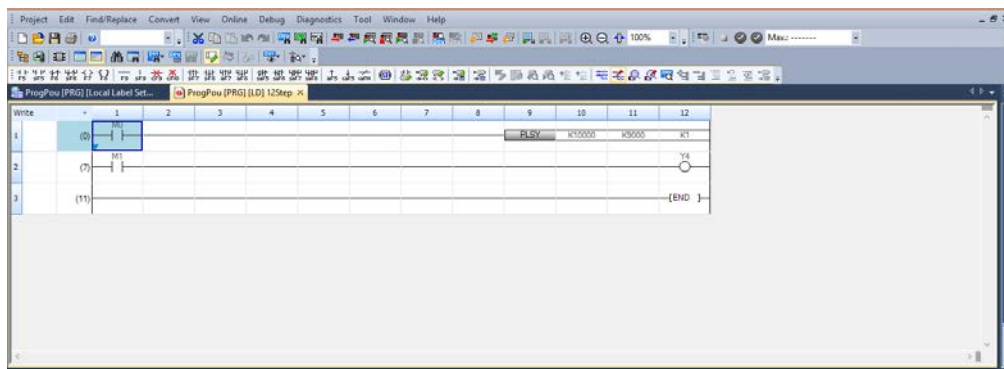
hasta lograr la distancia requerida en bomba de freno para frenar proporcional o totalmente la rueda, para el accionamiento se implementó un programa en GT-Designer 3 para después cargar a HMI en el cual son configurados los botones digitales para la generación de señales al PLC.



Fuente: Elaboración propia

Figura 3 Diagrama de las conexiones de los sistemas de control.

En la figura 4, se muestra la lógica como se desarrolló para el control del sistema de freno y el de transmisión de giro. Para este programa se utilizaron unas series de instrucción **embebidas** del PLC.



Fuente: Elaboración propia

Figura 4 Lógica utilizada para el control de los sistemas.

### Sistema de transmisión de giro

Para el control de giro se hizo la interconexión entre PLC, variador de frecuencia y motor trifásico para la manipulación del giro se incluyó en la lógica anteriormente mencionada la lógica para el control de la frecuencia de manera digital, por lo que es posible el control de la velocidad en la rueda mediante un botón digital, la

velocidad es proporcional a la frecuencia. Para calcular el valor proporcional de Hz a km/h se realizaron diferentes pruebas, resultando que 1 Hz es igual a 3 km/h.

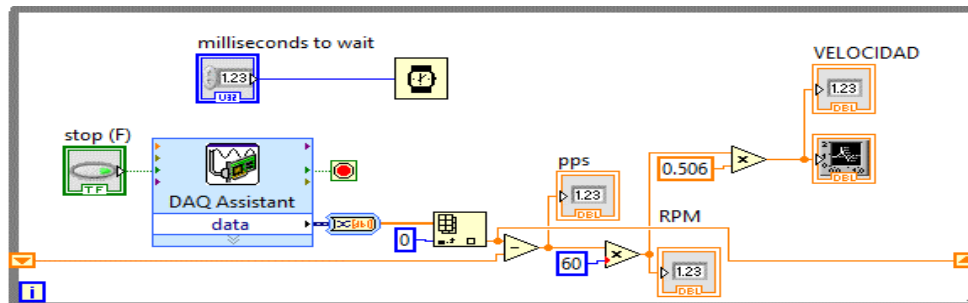
### Sistema de inspección

Con la finalidad de poder monitorear algunas de las variables de salida de los sistemas se implementó un sistema de inspección que permite la medición de velocidad de la rueda con la ayuda de un sensor BARNER inductivo laser, el cual proporciona un número “n” de flancos de subida los cuales se deben convertir a revoluciones por minuto (RPM) para posteriormente convertirlos a km/h. Para poder calcular el valor de la velocidad se utilizó una Tarjeta De Adquisición De Datos (DAQ) para lograr adquirir los flancos que el sensor estaba detectando, posteriormente se desarrolló un programa en el software de Labview donde se utilizan ecuaciones 1 y 2 para calcular velocidad a que se encuentra girando rueda.

$$RPM = (Num. de flancos * 60) \quad (1)$$

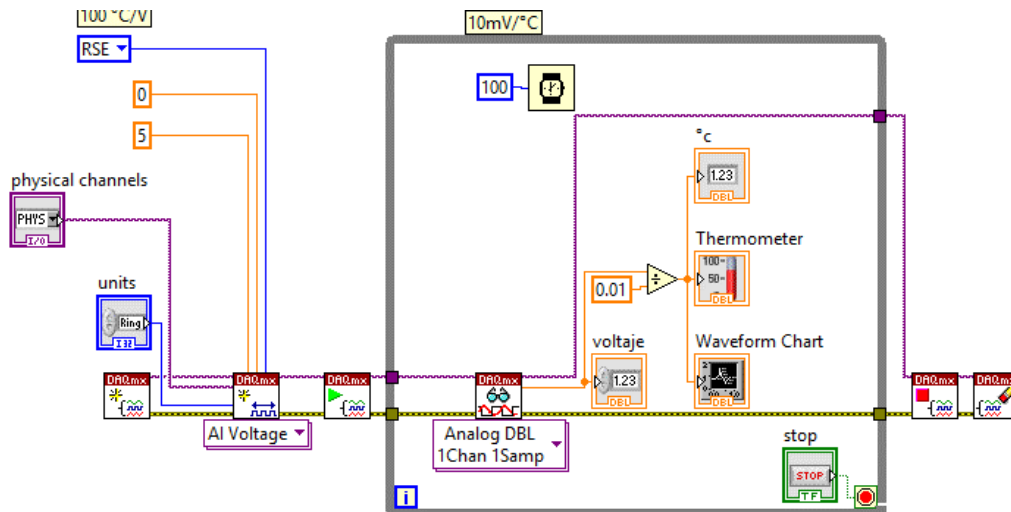
$$Velocidad \left( \frac{km}{h} \right) = (RPM * 0.506) \quad (2)$$

Otra de las variables que se pueden monitorear son las vibraciones que se producen en la estructura, para ello se implementó un acelerómetro de una My rio, para después tomar los datos arrojados por este y poder mostrarlos en una gráfica en el programa realizado en labview. Otra de las variables que se pudo medir la temperatura que se genera en la balata, esta variable se mide a través de un sensor de temperatura lm35. En las figuras 5, 6 y 7 se muestran los diagramas de bloques del programa que se realizó para el monitoreo de las variables.



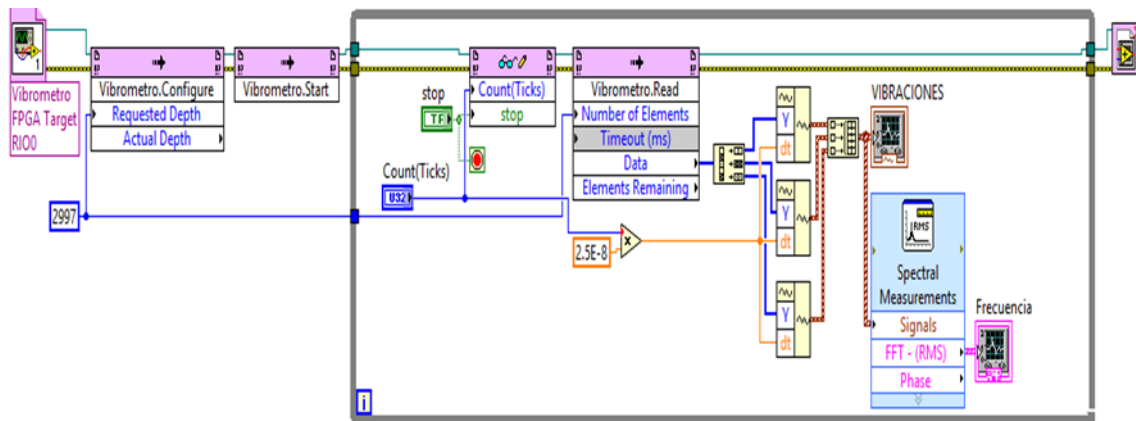
Fuente: Elaboración propia

Figura 5 Programa utilizado para el monitoreo de la velocidad.



Fuente: Elaboración propia

Figura 6 Programa utilizado para el monitoreo de la temperatura.



Fuente: Elaboración propia

Figura 7 Programa utilizado para el monitoreo de las vibraciones.

### 3. Resultados

El uso de la HMI beneficia la manipulación de los sistemas, ya que se desarrolló una interfaz con la cual el usuario puede interactuar con el prototipo de una forma más sencilla, segura y fácil de comprender. Esta interfaz consta de un botón digital con el cual se puede activar el funcionamiento del sistema de control de velocidad, así como también se tiene un dimmer para variar la velocidad del motor, incluso, ésta interfaz cuenta con un par de botones digitales con los cuales se puede activar el freno para detener la rueda y el otro para regresar el freno a su lugar de inicio. En la figura 8 se muestra la interfaz de la HMI usada para controlar la planta didáctica.



Fuente: Elaboración propia

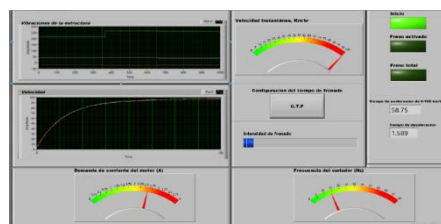
Figura 8 Interfaz utilizada para controlar la planta.

En la fase final se ha logrado llegar a una aceleración hasta los 150 km/h, logrando que al activar el sistema de freno se detenga por completo en 1.5 segundos. El uso del software de Labview facilita el análisis de las variables que se deseaban analizar, ya que se pueden observar más claras a través de indicadores, para el sistema de monitoreo de variables para lo cual se utiliza una computadora con NI Labview 2015 con características con procesador i5 Intel y sistema operativo Windows 10/64 bits. En la figura 9 y 10 se muestra el programa utilizado para el monitoreo de las variables de los sistemas, logrando observar la velocidad a la que se encuentra girando la rueda, además de conocer las revoluciones por minuto (RPM) a las que se encuentra el motor, así mismo se puede observar las vibraciones que se producen en la estructura.



Fuente: Elaboración propia

Figura 9 Interfaz utilizada para el monitoreo de las variables.

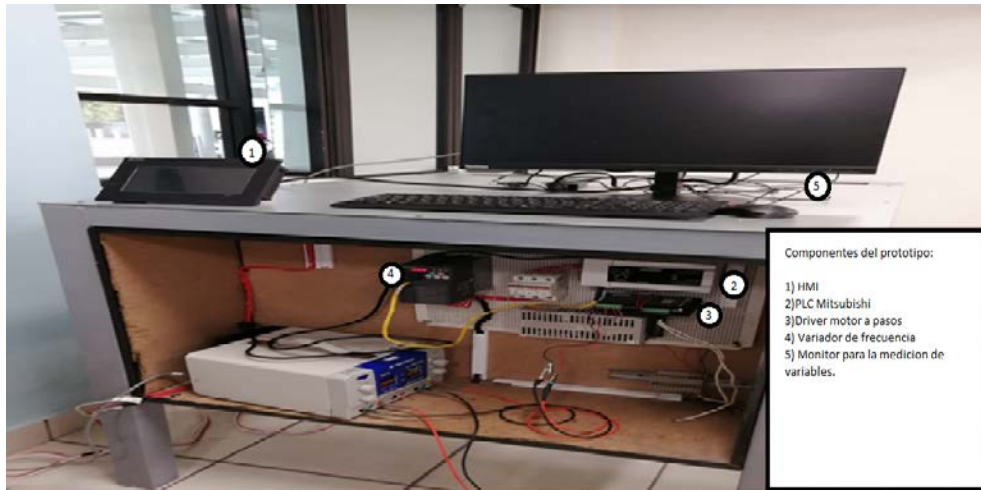


Fuente: Elaboración propia

Figura 10 Interfaz utilizada para el monitoreo de las variables.

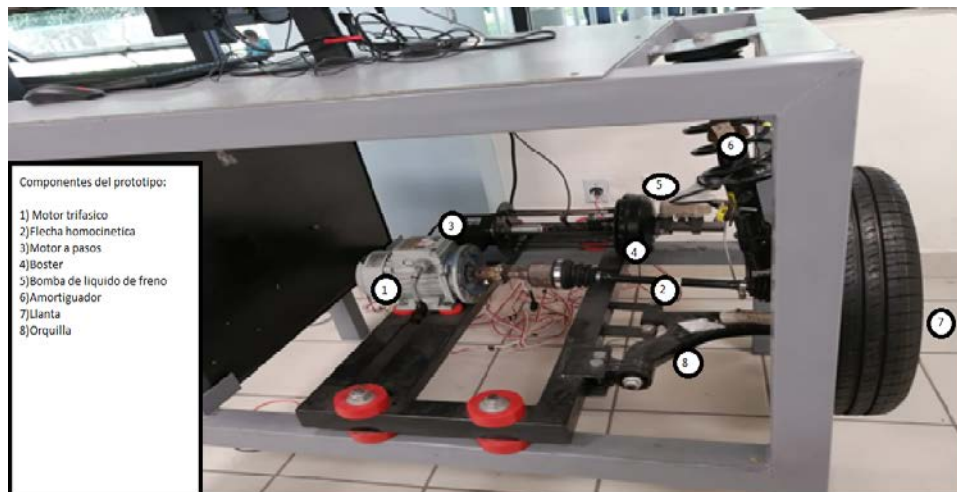


A partir de todo lo antes mencionado se obtuvo como resultado final un prototipo que consta de dos de los sistemas más importantes del automóvil, con los cuales los usuarios pueden realizar prácticas y pruebas para monitorear el funcionamiento de los sistemas, figuras 11 y 12.



Fuente: Elaboración propia

Figura 11 Prototipo en físico de la planta didáctica.



Fuente: Elaboración propia

Figura 12 Prototipo en físico de la planta didáctica.

#### 4. Discusión

Se presenta una planta didáctica de un sistema de frenado, en la cual, alumnos de las carreras afines a electrónica pueden realizar prácticas en acorde a distintas

materias, de esta manera se logró plasmar los conocimientos adquiridos en clases a partir de las pruebas realizadas, a la fecha los resultados obtenidos en la planta han sido los esperados. El trabajo a futuro se considera el poder sustituir el motor trifásico de  $\frac{3}{4}$  hp por uno de mayor potencia para que, al momento de activar el sistema de frenado éste no detenga el giro de la rueda tan fácil, además de la implementación de una banda que simule la carretera y que en ella gire la llanta con esto se pretende sea posible frenar y del mismo modo el motor siga en funcionamiento para acercarse a las condiciones de frenado del automóvil el condiciones reales además de incluir perturbaciones en la rueda simulando un camino con baches de esta manera se producirán una mayor fricción por ende mayor elevación de temperatura, además de acoplar pistones neumáticos y sensores para hacer pruebas en sistema de suspensión.

## **5. Bibliografía y referencias**

- [1] Martínez R.C. (2014). La instrumentación didáctica en transición de una educación tradicional a una basada en competencias. México, DF: ANFEI DIGITAL: [www.anfei.org.mx/revista/index.php](http://www.anfei.org.mx/revista/index.php).
- [2] Como funciona un auto internacional (2019): <https://www.comofuncionaunauto.com/aspectos-basicos/como-funciona-el-sistema-de-frenos>.
- [3] Mecánica del automóvil (2009): <http://mecanicayautomocion.blogspot.com/2009/03/el-sistema-de-transmision.html>.