

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DIDÁCTICO DE FRENOS HIDROVAC”

**AYALA ERAZO SANTIAGO DANIEL
MARTÍNEZ PEÑAHERRERA PABLO BOLÍVAR**

OBJETIVO GENERAL DEL PROYECTO

- ▣ Construir un banco didáctico de frenos “HIDROVAC” que sirva como herramienta de enseñanza para profesores y el aprendizaje de estudiantes en la rama de Ingeniería Automotriz.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS DEL PROYECTO

- ❑ Analizar el sistema de frenos mediante los datos de las gráficas obtenidas por un programa y la eficacia del frenado en las cuatro ruedas según la fuerza a la que se encuentran sometidas.
- ❑ Implementar un sistema de medición que permita obtener información exacta de la variación de presiones que ejerce un compensador en el eje trasero de un vehículo con respecto al eje delantero.
- ❑ Comprobar la forma de la distribución del sistema de frenado versión 1 de la norma europea ECE13

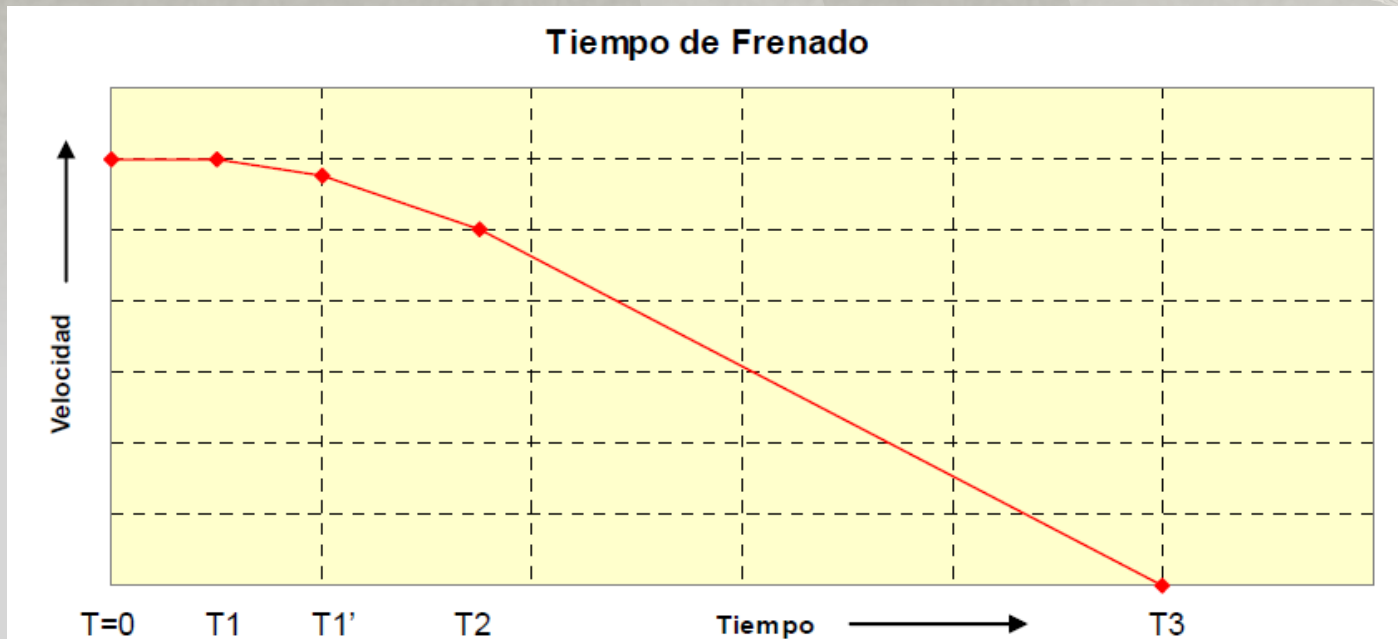
INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS DE FRENO

- ▣ La principal función de cualquier tipo de sistema de freno es disminuir o anular paulatinamente la velocidad del vehículo, o mantenerlo inmovilizado cuando está detenido.
- ▣ Un freno es eficaz, cuando al activarlo se obtiene la detención del vehículo en un tiempo y distancia mínimos.

Las fuerzas de frenado son:

- ▣ Resistencias a la marcha.
- ▣ Retención del motor.
- ▣ Sistema de frenos.

TIEMPO DE FRENADO



- *Tiempo de reacción $T1$*
- *Tiempo de respuesta $T1'-T1$*
- *Duración efecto umbral $T2-T1$*
- *Tiempo de frenado $T3-T1$*
- *Duración del efecto de frenado $T3-T1'$*

RESISTENCIAS SOBRE EL VEHÍCULO

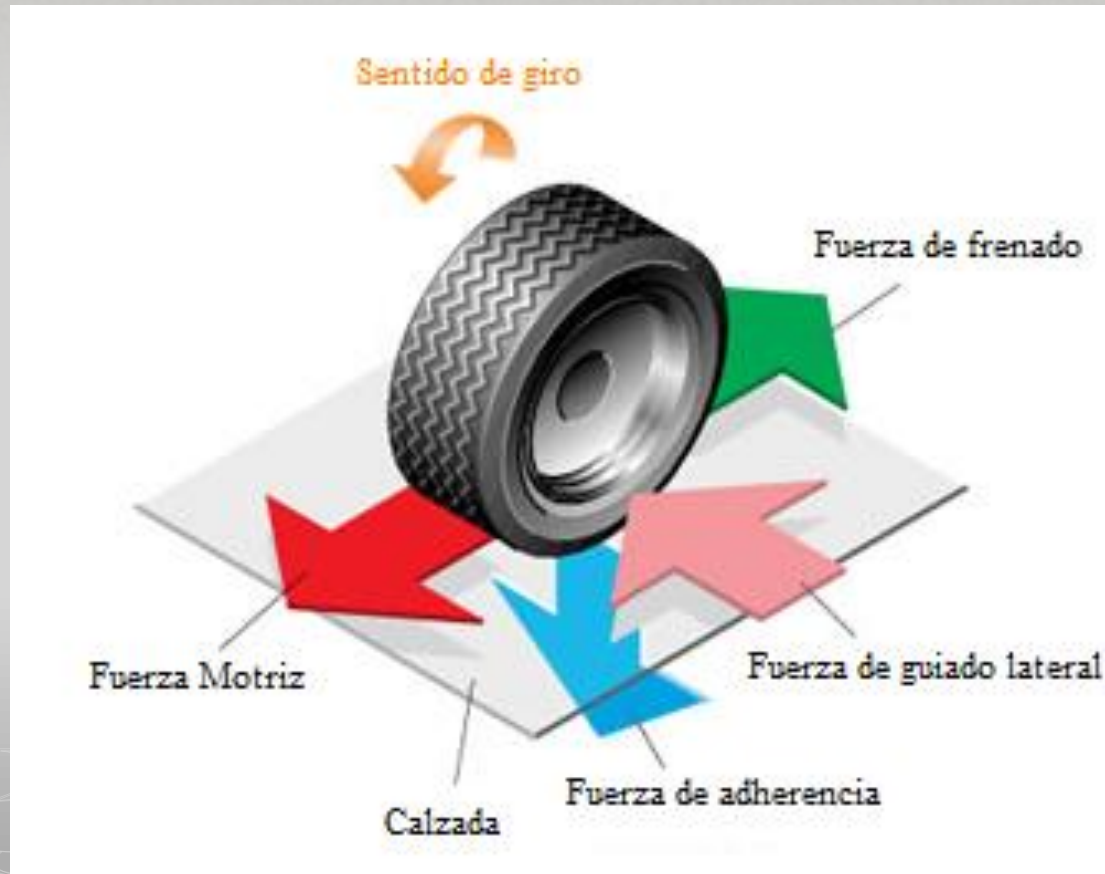
Cuando un vehículo circula a velocidad constante el motor que es el encargado de generar la energía cinética necesaria para que el vehículo este en movimiento necesita superar las siguientes resistencias:

- *Resistencia por rozamientos*
- *Resistencia a la rodadura*
- *Resistencia al aire*

CONCEPTOS FÍSICOS QUE INTERVIENEN EN EL FRENADO

Todo cuerpo tiende a estar en reposo o bien a mantener su estado de movimiento siempre y cuando no exista ninguna fuerza aplicada sobre el cuerpo opuesta a su estado.

FUERZAS SOBRE LOS NEUMÁTICOS

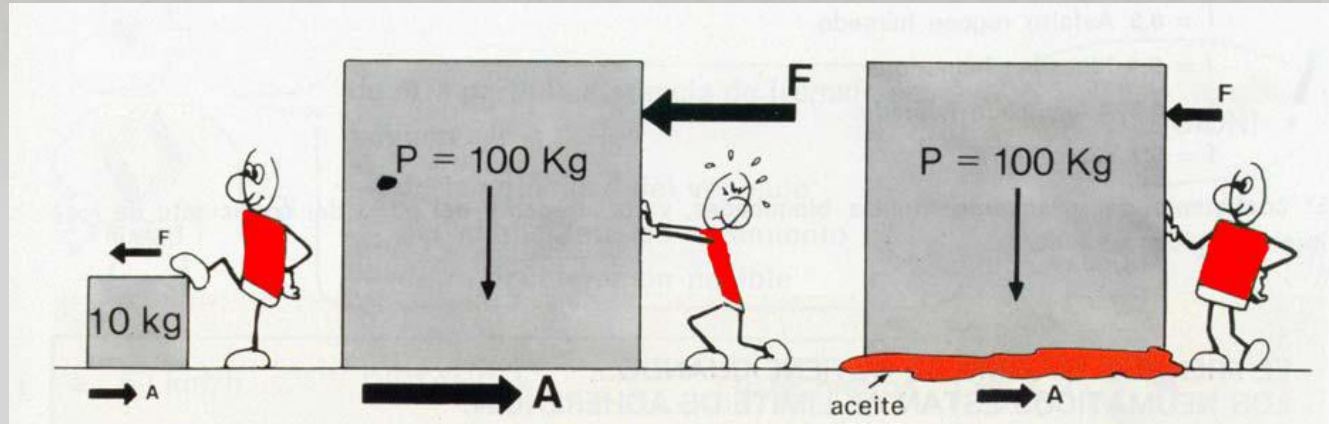


FUERZA DE ROZAMIENTO.



Coeficiente de fricción.- Es un número que se determina por la naturaleza de las dos superficies en contacto.

COEFICIENTE DE ADHERENCIA



Los aspectos que debemos tener en cuenta al realizar un estudio de adherencia en el vehículo son los siguientes:

- El peso del vehículo.
- Las características y el estado de los neumáticos.
- La naturaleza y el estado de la carretera.

Factores del coeficiente de adherencia

Velocidad de marcha (Km/h)	Estado de los neumáticos	Estado de la carretera				
		Seca	Mojada (altura agua aprox 0,2 mm.)	Lluvia fuerte (altura agua aprox 1 mm.)	Encharcada (altura agua aprox 2 mm.)	Helada
		Coeficiente de adherencia (μ_b)				
50	nuevos	0,85	0,65	0,55	0,5	0,1 y
	gastados	1	0,5	0,4	0,25	menos
90	nuevos	0,8	0,6	0,3	0,05	
	gastados	0,95	0,2	0,1	0,1	
130	nuevos	0,75	0,55	0,2	0,2	
	gastados	0,9	0,2	0,1	0,1	

DESLIZAMIENTO

El deslizamiento del vehículo está causado por la disminución de la adherencia de las ruedas al terreno. Esta falta o disminución de la adherencia puede haber sido provocada por distintos factores. Entre ellos cabe destacar el exceso de velocidad, que el suelo esté mojado o sucio, excesiva presión de inflado en los neumáticos, que éstos estén desgastados, la toma de curvas de forma incorrecta y con velocidad excesiva, etc

TRANSFERENCIA DE PESO EN LA FRENADA

La transferencia de peso durante el frenado significa que en el momento de aplicar el freno, un vehículo carga un gran porcentaje de su peso (75% aprox.) sobre el eje delantero, es decir que baja la nariz y eleva la cola



EFICACIA DE FRENADO


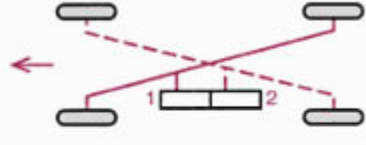



Velocidad en Kilómetros por hora	DISTANCIA DE FRENADO EN METROS		
	Buenos frenos	Valores tolerables	Frenos malos
20	2	3,1	4
30	4,5	6,9	9
40	8	12,3	16
50	12,5	19	25
60	18	27,7	36
70	24,5	37,6	49
80	32	49,3	64
90	40,5	62,5	81
100	50	77,3	100

- ❑ **La eficacia de frenado de un automóvil** se mide de forma porcentual, en función del peso que gravita sobre las ruedas y la fuerza de frenado aplicada por el equipo de frenos de servicio a las cuatro ruedas.
- ❑ **La distancia de frenado 'D'**, espacio recorrido por el vehículo desde que actúa sobre los frenos hasta que queda completamente parado.



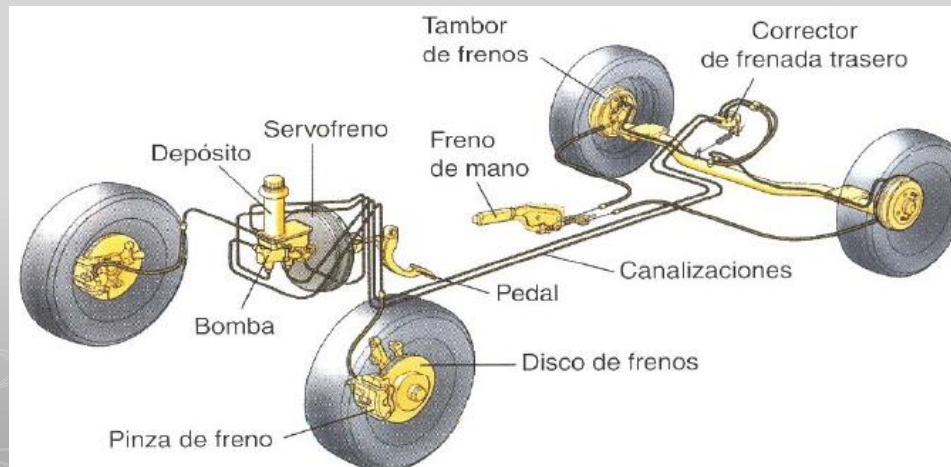
COMPONENTES DE LA INSTALACIÓN DE FRENOS

DISTRIBUCIÓN DE LOS CIRCUITOS DE FRENADO

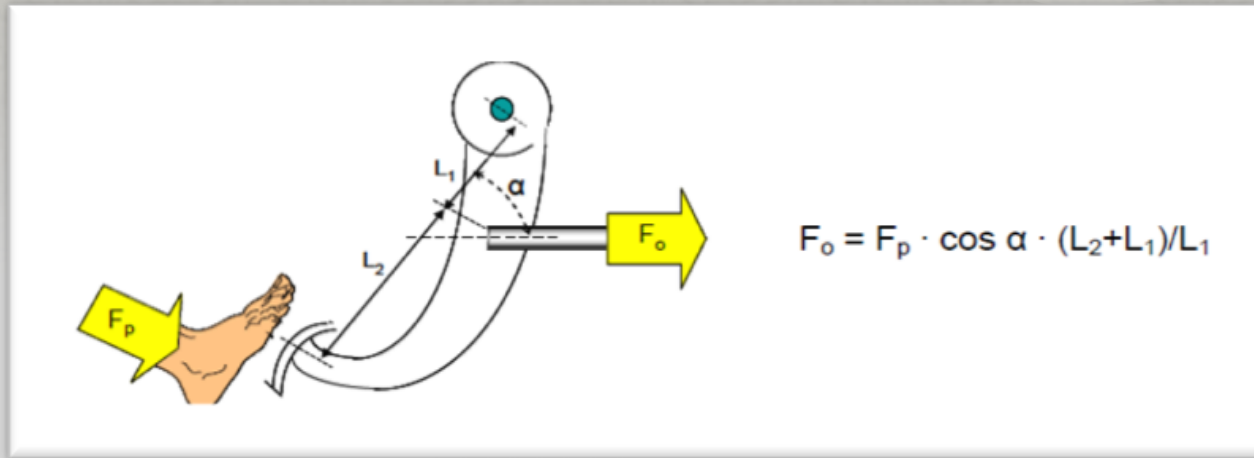
<ul style="list-style-type: none">• <u>Distribución "II"</u> <p>Distribución eje delantero / eje trasero: un circuito de freno (1) actúa en el eje delantero y el otro circuito (2) actúa en el eje trasero.</p>	
<ul style="list-style-type: none">• <u>Distribución "X"</u> <p>Distribución diagonal: cada circuito de freno actúa en una rueda delantera y en la rueda trasera diagonalmente opuesta</p>	
<ul style="list-style-type: none">• <u>Distribución "HI"</u> <p>Distribución ejes delantero y trasero / eje delantero: un circuito de freno actúa en los ejes delanteros y trasero, el otro sólo en el eje delantero.</p>	
<ul style="list-style-type: none">• <u>Distribución "LL"</u> <p>Distribución eje delantero y rueda trasera / eje delantero y rueda trasera. Cada circuito de freno actúa en el eje delantero y en una rueda trasera.</p>	
<ul style="list-style-type: none">• <u>Distribución "HH"</u> <p>Distribución ejes delantero y trasero / ejes delantero y trasero. Cada circuito de freno actúa en el eje delantero y en el eje trasero.</p>	

ELEMENTOS DEL SISTEMA DE FRENADO

El freno es un convertidor de energías que transforma la cinética de un automóvil en calor por medio de la fricción.

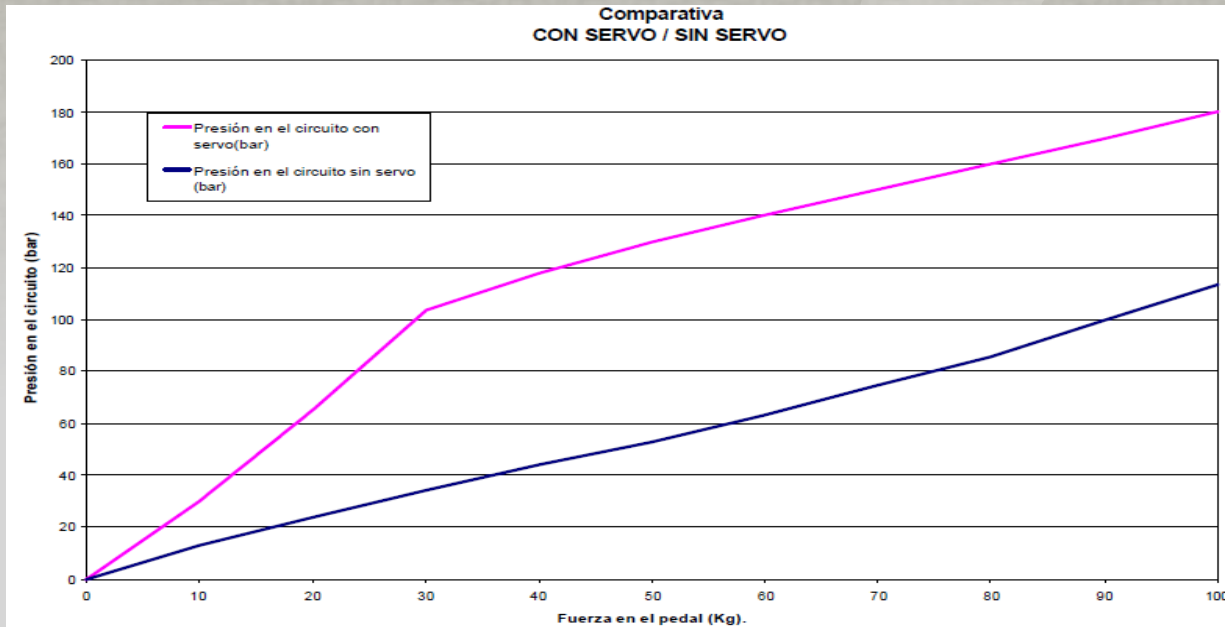


PEDAL DE FRENO



El pedal de freno, va a ser el dispositivo sobre el que va actuar el conductor con el objetivo de aminorar la velocidad del vehículo o bien para mantenerlo detenido.

SERVOFRENO



- ❑ El servofreno es un elemento que reduce el esfuerzo que necesita el conductor para presurizar el circuito pisando el pedal.
- ❑ Las ventajas del servofreno no son exclusivamente las de poder realizar una presión mayor sobre el circuito hidráulico, y por consiguiente, sobre los pistones de las pinzas con un mayor descanso del pie. Si no que lo que se consigue es una mejor dosificación de la frenada.

Presión en el circuito de freno con y sin servo asistencia

Fuerza sobre el pedal (Kg)	Presión en el circuito con servo (bar)	Presión en el circuito sin servo (bar)
0	0	0
10	30	13
20	65	24
30	104	34
40	118	44
50	130	53
60	140	63
70	150	75
80	160	86
90	170	100
100	180	113

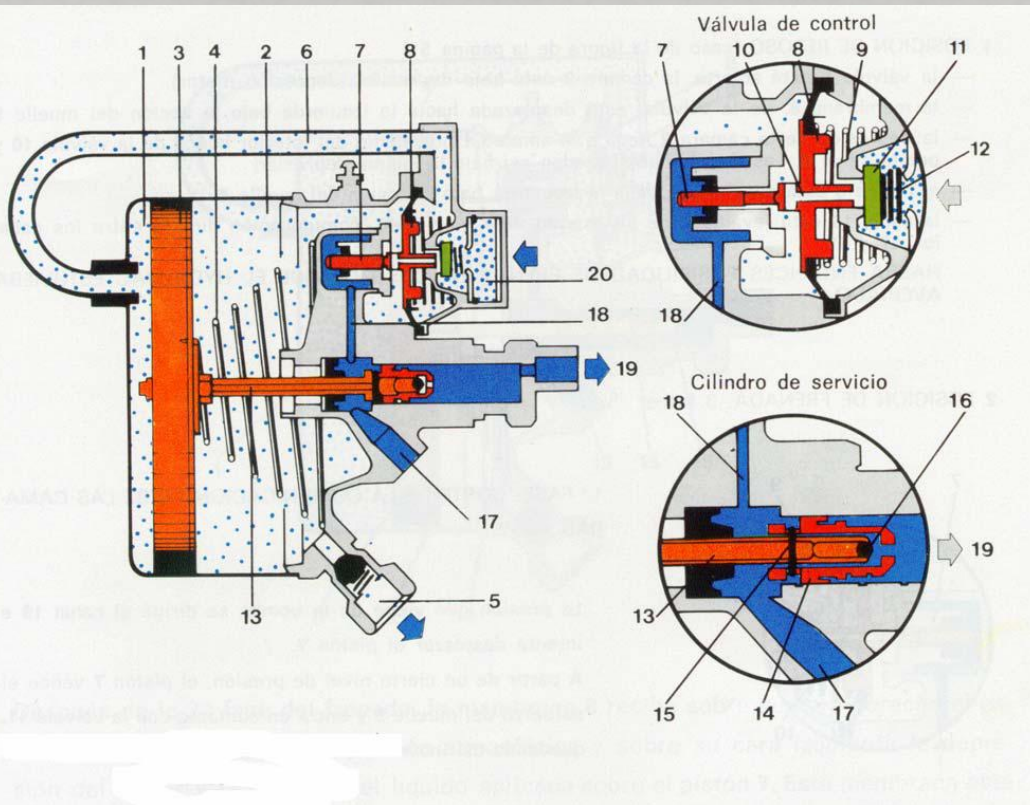
SERVOFRENO HIDROVAC

Este servofreno tiene ventaja principal que puede ubicarse en cualquier parte del vehículo, ya que puede ser accionado hidráulicamente a distancia.

Este conjunto está constituido por tres elementos básicos de funcionamiento, formados por:

- Un cilindro hidráulico
- Un cuerpo de vacío
- Una válvula de control.

ESQUEMA DEL SERVOFRENO HIDROVAC



El cilindro de mando, comprende:

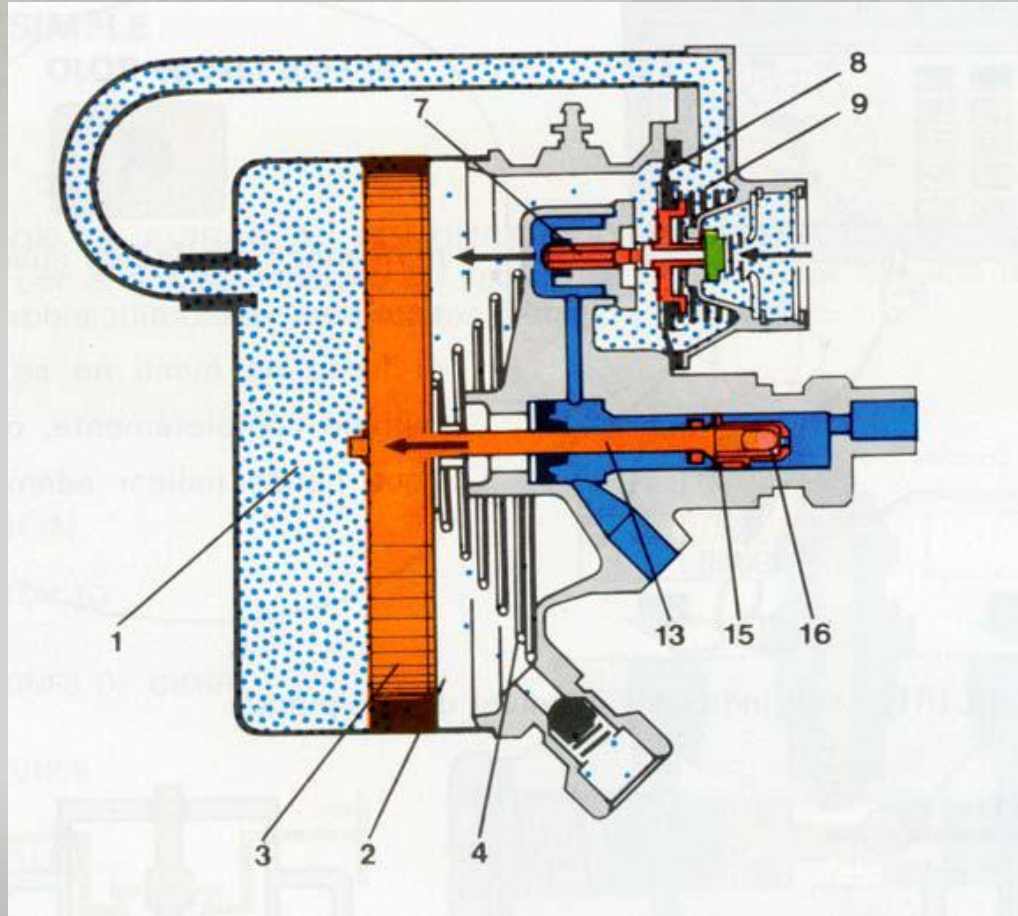
- La cámara 1
- La cámara 2
- El pistón 3 separando las 2 cámaras
- El muelle 4 de recuperación del pistón 3
- La válvula 5 trae la depresión del motor de la cámara 2
- El canal 6 de comunicación entre las cámaras 1 y 2
- El canal 17 de llegada del líquido de la bomba
- El canal 19 de salida del líquido hacia las ruedas

La válvula de control, comprende:

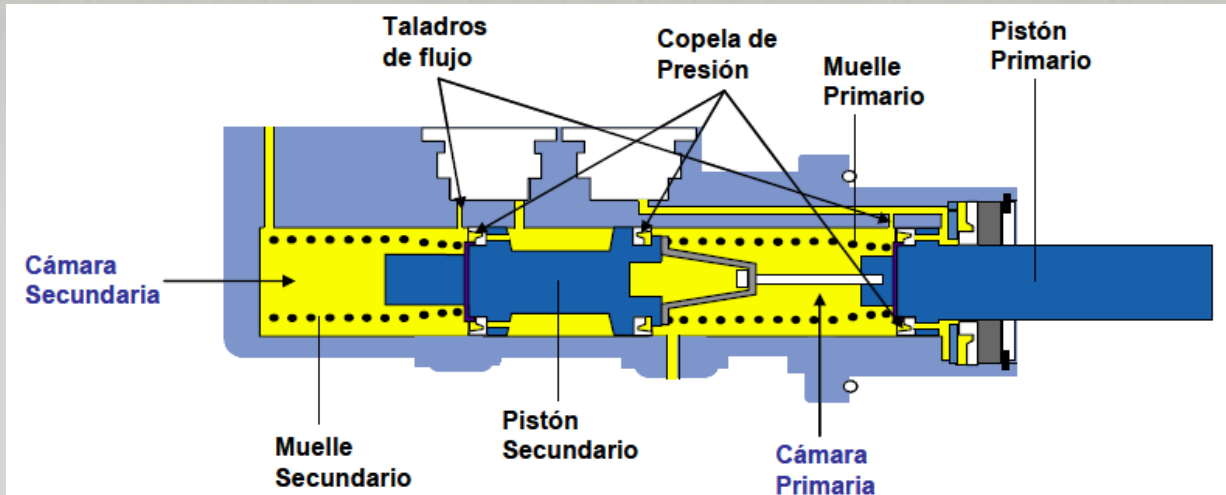
- El filtro de aire 20
- El pistón de mando 7
- Una membrana 8 que porta una válvula hueca 10
- El muelle de recuperación 9 de la membrana 8
- La válvula de presión atmosférica 11 y muelle de recuperación 12

El cilindro de servicio, comprende:

- El vástago de empuje 13, donde su extremidad está unida al pistón 14; la unión entre el pistón y el vástago está realizada por una grupilla 15 libre en su alojamiento en el pistón (puede haber un cierto juego entre el pistón y el vástago).
- La aguja 16 puede formar válvula con la extremidad del pistón.
- El canal 18 de unión hidráulica entre la llegada del líquido 17 que viene de la bomba y el pistón 7.

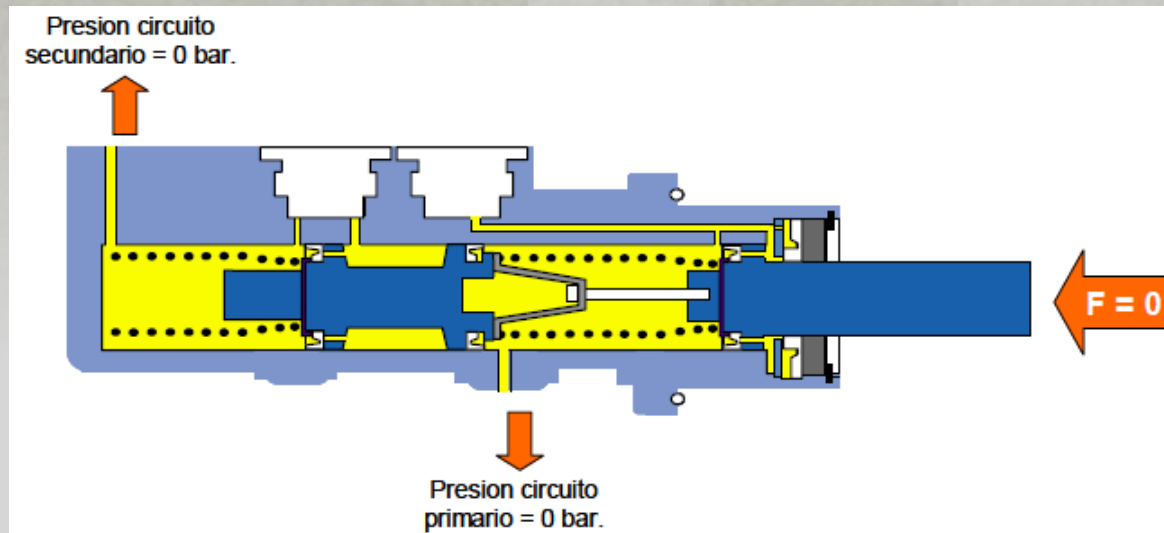


CILINDRO MAESTRO TÁNDEM, CMT

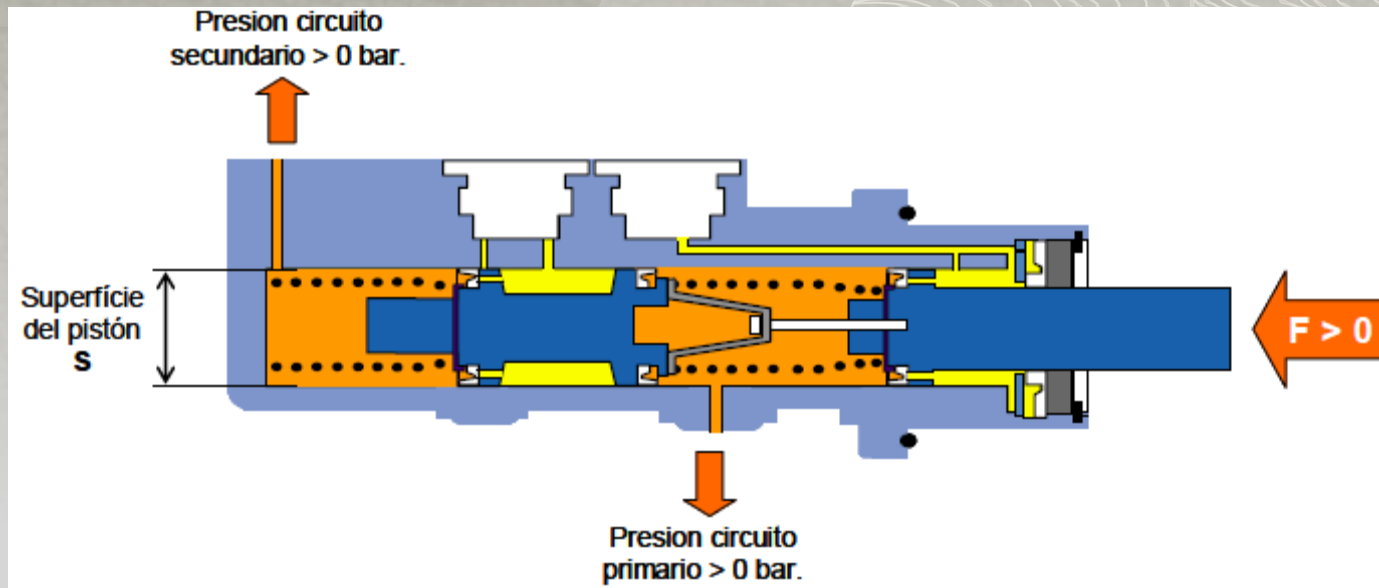


El cilindro maestro tándem, también conocido como bomba de freno doble, es el elemento encargado de iniciar y controlar el proceso de frenado.

FUNCIONAMIENTO DEL CMT

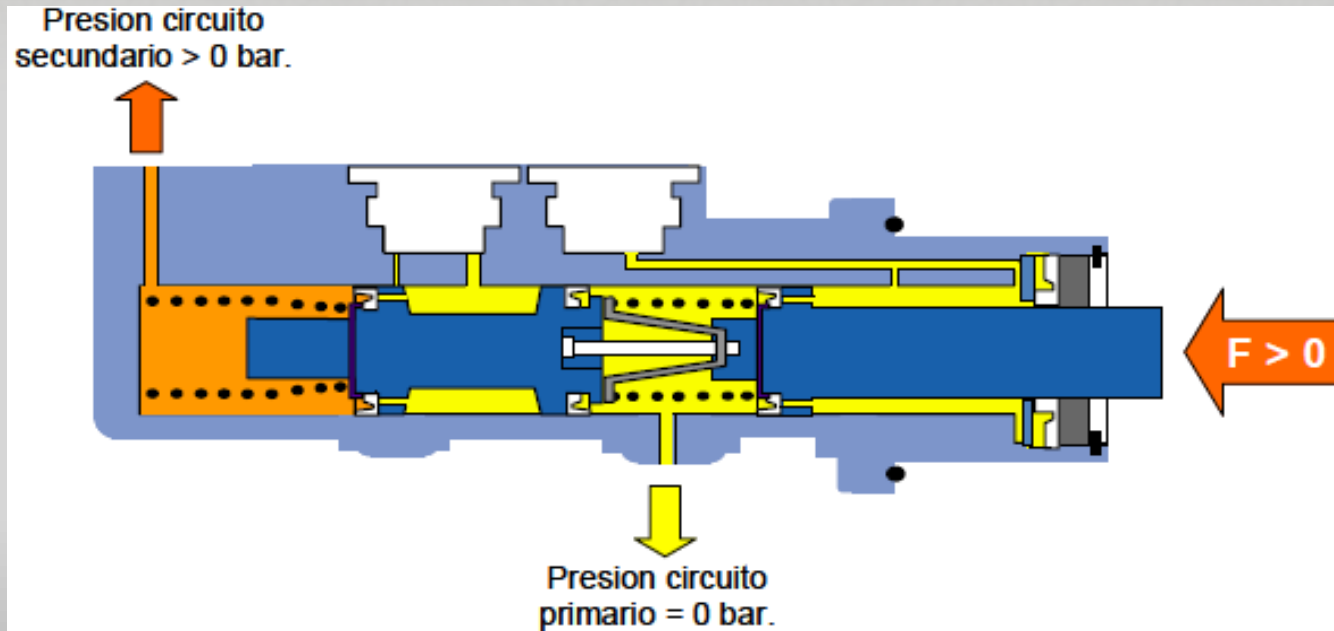


- ❑ Con los frenos en posición de reposo, tenemos que tanto el pistón primario como el secundario se encuentran en la derecha.
- ❑ Las copelas de presión impiden el paso de líquido de frenos de una cámara a la otra, y la pérdida de líquido de frenos del sistema hacia el exterior.
- ❑ Ambas cámaras están comunicadas con el recipiente de compensación, por lo que no existe presión en los frenos.

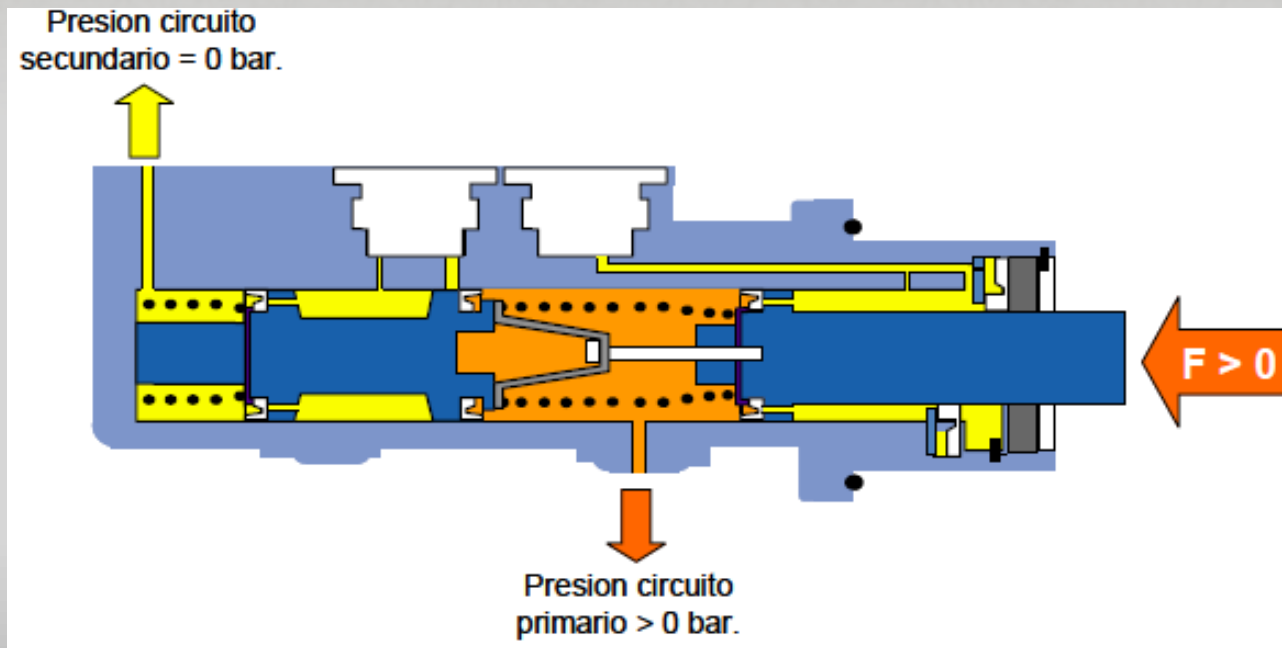


- Aplicando la fuerza sobre el pedal de freno, transmite la fuerza al pistón primario del cilindro maestro consiguiendo aislar la cámara primaria.
- El líquido empuja el émbolo flotante consiguiendo aislar la cámara secundaria de forma prácticamente simultánea.
- La presión del líquido de frenos aumenta en concordancia al esfuerzo aplicado en el émbolo

FALLO DEL CIRCUITO PRIMARIO



FALLO DEL CIRCUITO SECUNDARIO



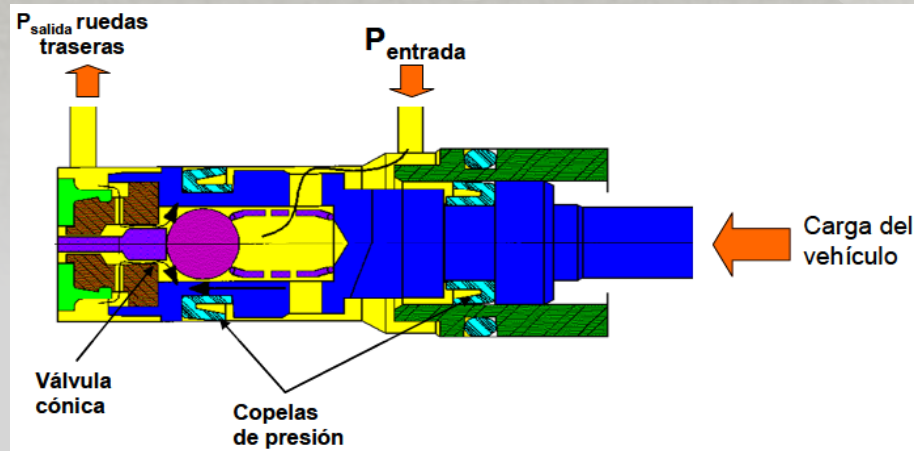
LÍQUIDO DE FRENOS

El líquido de freno es el elemento que al ser presurizado por la bomba y servofreno empuja los cilindros de las pinzas contra las pastillas, produciéndose así la acción de frenado.

Las características fundamentales del líquido de freno son las siguientes:

- ❑ Es incompresible (como todos los fluidos).
- ❑ Su punto de ebullición mínimo debe ser superior a los 230°C.
- ❑ Debe de tener baja viscosidad.
- ❑ Debe de ser lubricante.
- ❑ Debe de ser estable químicamente.
- ❑ Debe tener bajo punto de congelación (menor de -40°C).
- ❑ Posee la propiedad higroscópica, es decir, tiene una gran capacidad de absorber agua.

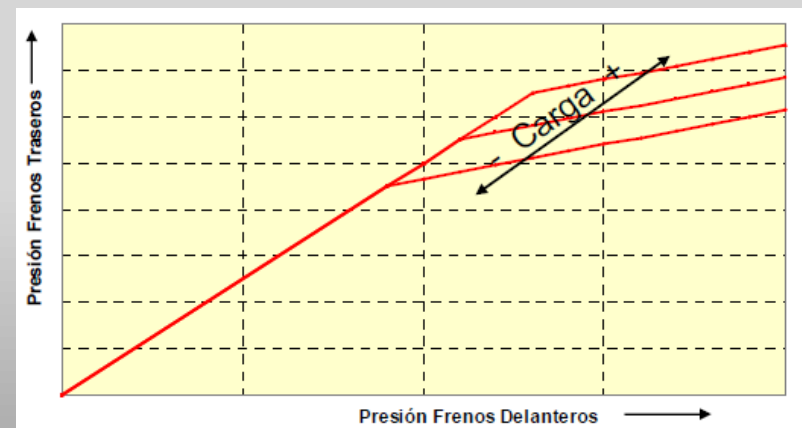
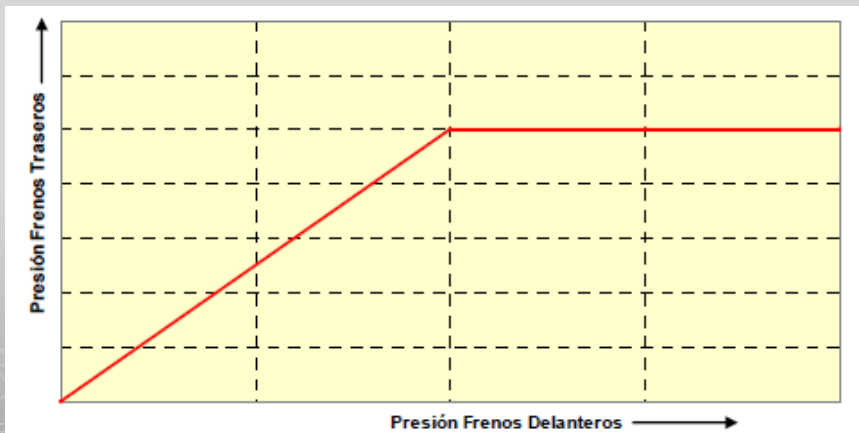
COMPENSADOR DE FRENADA



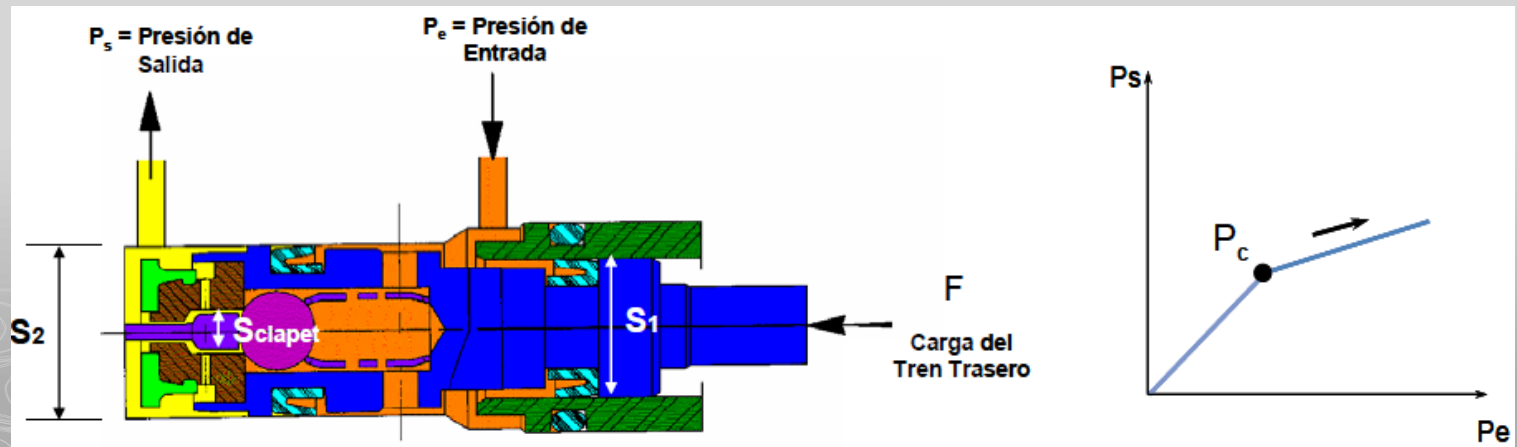
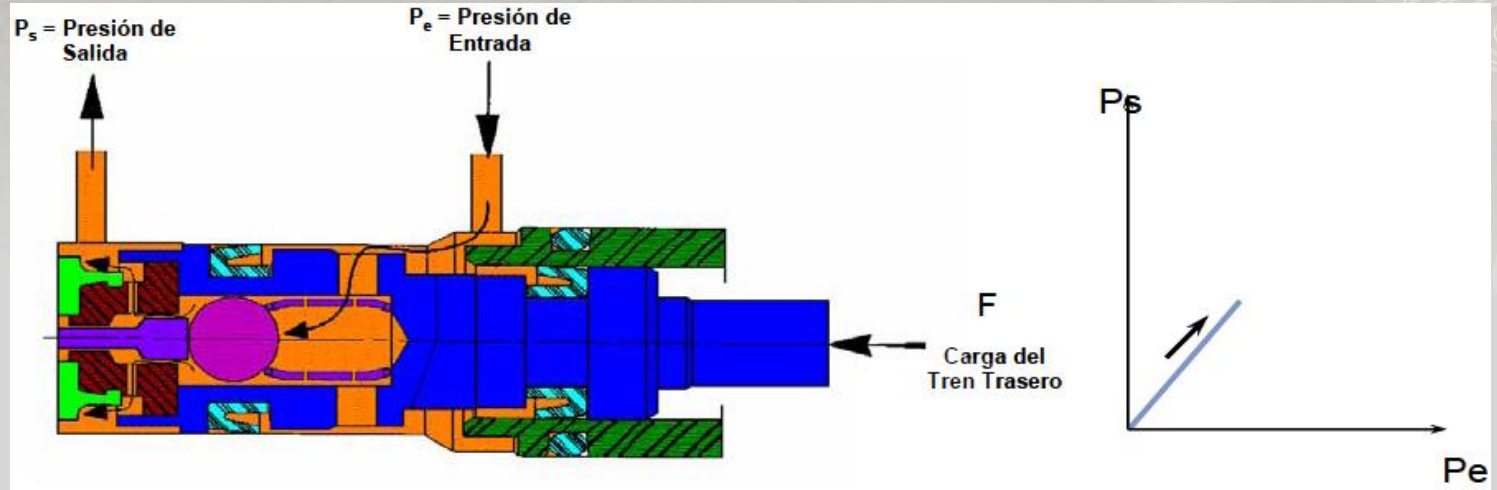
Tiene la misión de disminuir la presión del líquido que llega a los frenos traseros dependiendo del peso.

Existen diferentes modos de funcionamiento de los compensadores:

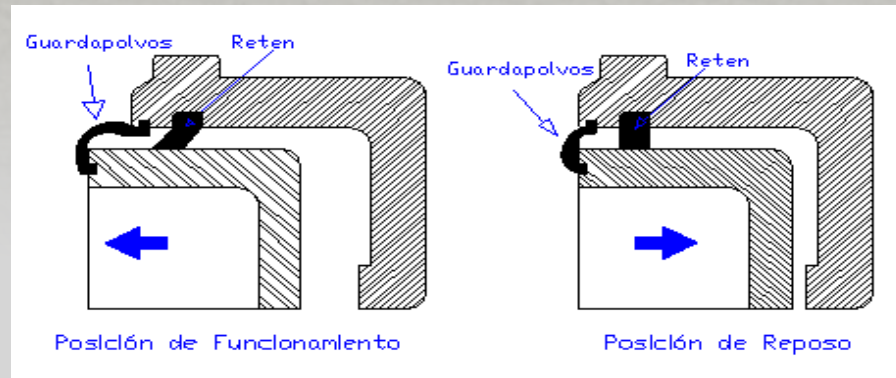
- *Compensadores con punto de corte fijo*
- *Dependientes de la carga sobre el eje trasero*



PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DEL COMPENSADOR



PINZA DE FRENO



La pinza de freno es el elemento encargado de soportar las pastillas además de empujarlas contra el disco cuando se presuriza el sistema.

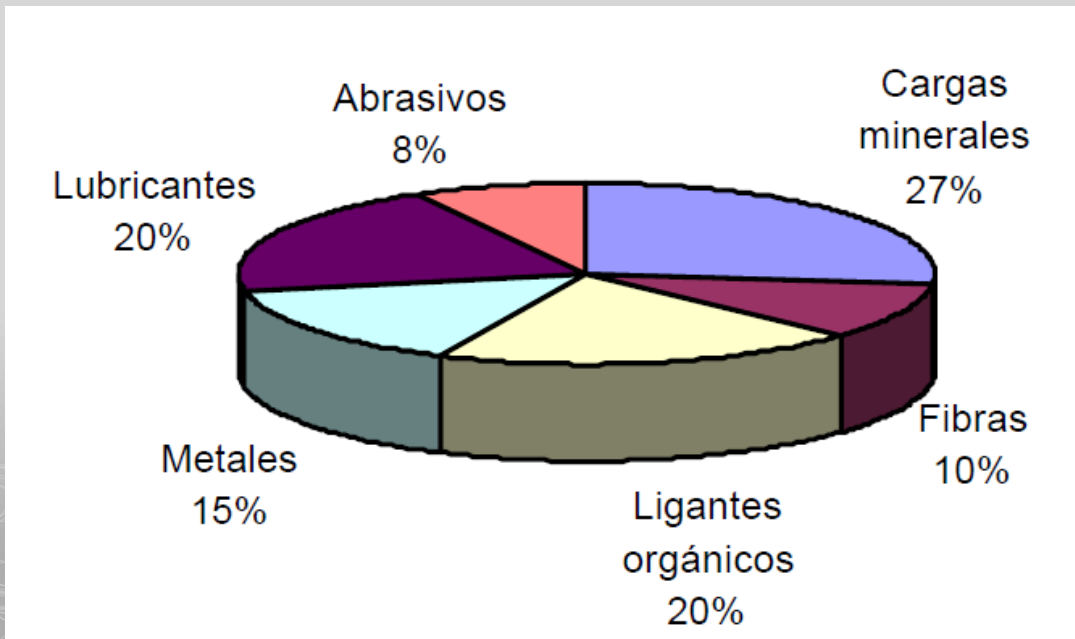
PASTILLAS DE FRENO



Las pastillas de frenos son los puntos de contacto con la rueda específicamente con el disco de freno los cuales son los encargados de detener al vehículo al aplicar los frenos.

Composición:

- ❑ *Las fibras*
- ❑ *Las cargas minerales*
- ❑ *Componentes metálicos*
- ❑ *Los lubricantes o modificadores de coeficiente*
- ❑ *Los materiales orgánicos*
- ❑ *Los abrasivos*



CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DE LAS PASTILLAS DE FRENO

Los requerimientos básicos del material de fricción son los que establece la propia aplicación del producto. Los más relevantes son:

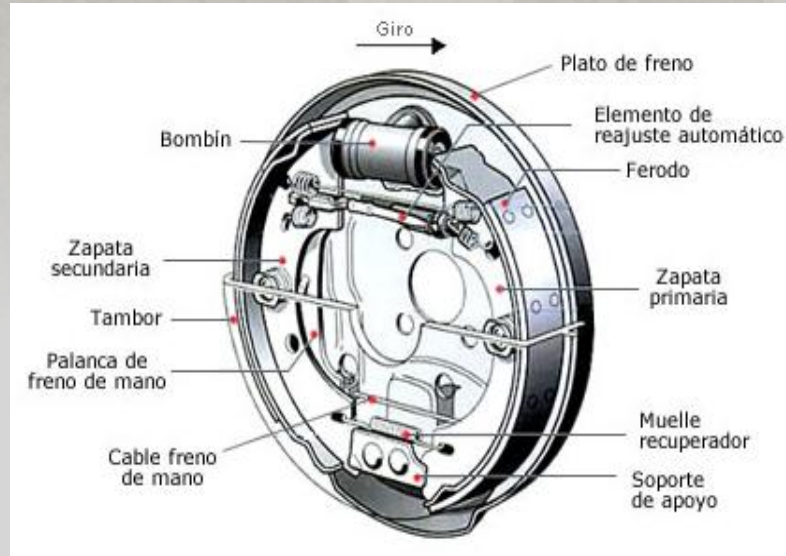
- ❑ Presentar un coeficiente de fricción adecuado y estable a cualquier rango de temperatura y presión.
- ❑ Mantener un equilibrio entre abrasión y resistencia al desgaste.
- ❑ Una cierta compresibilidad, tanto en frío como en caliente, que haga que el material absorba vibraciones e irregularidades de la otra superficie con la que entra en contacto.
- ❑ Una buena resistencia al choque y al cizallamiento.

LOS DISCOS DE FRENO



Los discos de freno son la superficie contra la cual interactúan las pastillas para frenar el vehículo, debido a que el disco gira solidario con las ruedas. Ese rozamiento entre discos y pastillas produce la transformación de energía cinética en energía calorífica, provocando una reducción de la velocidad.

FRENO DE TAMBOR



Generalmente, los frenos de tambor, se montan en los ejes traseros de los vehículos, porque es el eje que ha de soportar menos exigencias energéticas.

TIPOS DE FRENOS DE TAMBOR

NOMBRES	GRAFICOS
FLOTANTES	
AUTOARRASTRE	
FARKAS	
DOS BOMBINES	
TERMOESTABLE	

ZAPATAS DE FRENO

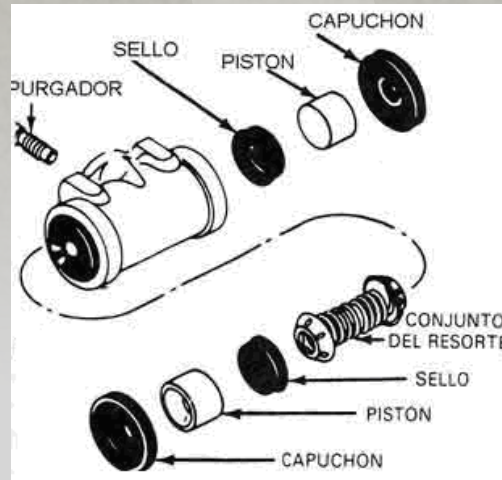


Las zapatas de freno están formadas por dos chapas de acero soldadas en forma de media luna y recubiertas en su zona exterior por los forros de freno, que son los encargados de efectuar el frenado por fricción con el tambor.

Las zapatas de freno se dividen en primarias o comprimida y en secundarias o tensadas:

- ❑ **Las zapatas primarias:** son las que la fuerza de rozamiento tiende a desplazarlas hacia el interior del tambor.
- ❑ **Las zapatas secundarias:** son las que la fuerza de rozamiento tiende a desplazarlas hacia el exterior del tambor.

CILINDRO RECEPTOR



El cilindro receptor es el encargado de transmitir y transformar la presión hidráulica, aplicada por el pedal de freno, a las zapatas en un movimiento longitudinal.

El cilindro receptor consta de:

- ❑ *El cilindro*
- ❑ *El émbolo*
- ❑ *El muelle de retorno*
- ❑ *El guardapolvo*
- ❑ *El retén*
- ❑ *El purgador*

BANCO DIDÁCTICO DE PRUEBAS

DESCRIPCIÓN

Con el propósito de realizar las pruebas experimentales previstas y poder simular el comportamiento de un sistema de frenos en el banco de pruebas. Este dispone de todos los elementos existentes en un sistema convencional de un automóvil que se hallan ubicados en la bancada.

PEDAL DE FRENO

El pedal de freno instalado en el banco de pruebas tiene una relación de palanca del pedal de freno es 4.265 según las medidas obtenidas.



SERVOFRENO HIDROVAC



CILINDRO MAESTRO TÁNDEM

El CMT instalado en el banco didáctico es:



COMPENSADOR DE FRENADA

El compensador instalado en el banco didáctico es:



DISCO DE FRENOS

El disco de freno instalado en el banco didáctico es:



PINZA DE FRENOS

La pinza de freno instalada en el banco didáctico es:



MAZA DE FRENOS

La maza instalada en el banco didáctico es:



TAMBOR DE FRENOS

El tambor instalado en el banco didáctico es:



DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO DE ADQUISICIÓN DE DATOS

Los parámetros que se consideran necesarios para analizar los componentes del sistema de frenado son los siguientes:

- ❑ *Presión del líquido de frenos*
- ❑ *Fuerza ejercida sobre el pedal de freno.*
- ❑ *Recorrido del pedal de freno.*
- ❑ *Nivel de vacío en la cámara del servofreno.*

TRANSDUCTORES DE PRESIÓN.

- ❑ Para poder conocer la presión del líquido de frenos en las pinzas de freno de disco del eje delantero y la presión del líquido de frenos en los tambores del eje trasero, se ha colocado un sensor de presión o transductores de presión para cada eje en el banco de pruebas.
- ❑ Los transductores de presión de frenos utilizados son de la serie 59150-2E500 de la compañía HYUNDAI.

ESQUEMA DE CONEXIÓN

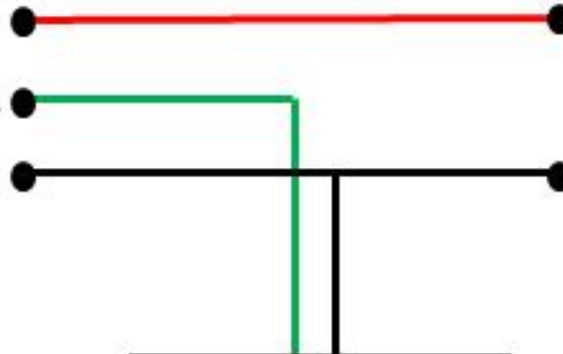


Sensor de presión

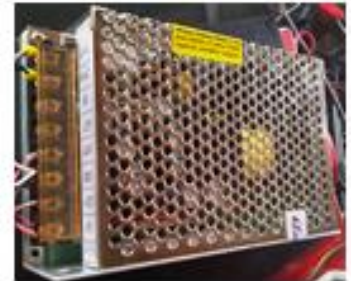
PIN 3 - +5V

PIN 2 - SEÑAL

PIN 1 - GND



Tarjeta de adquisición de datos

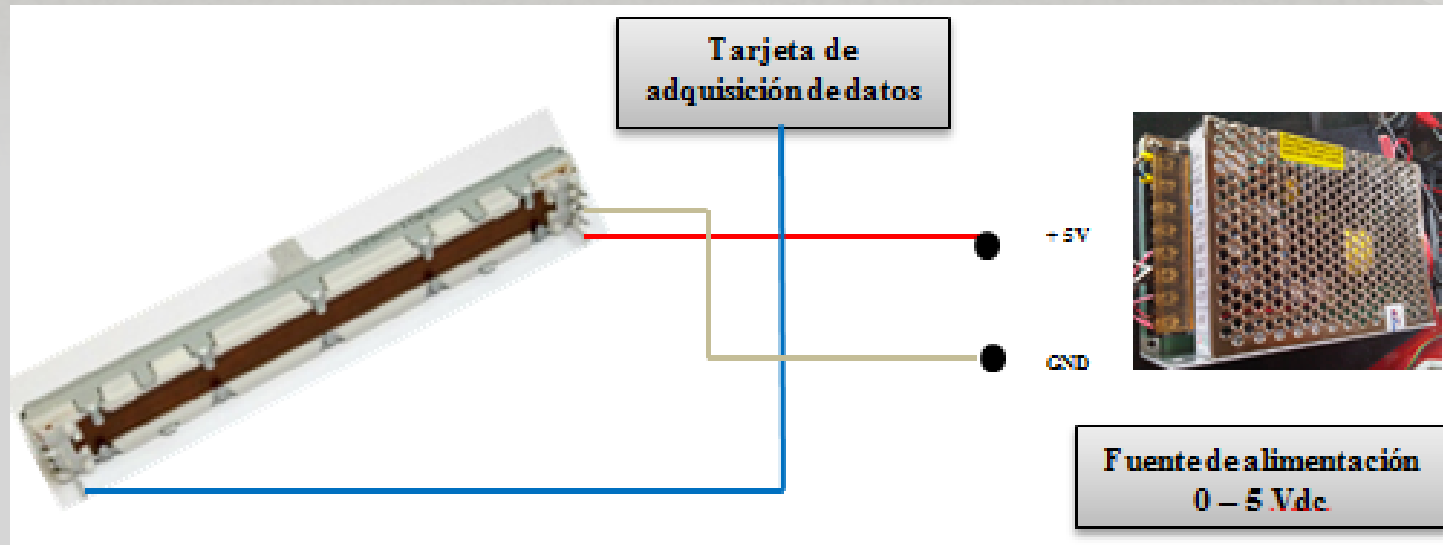


Fuente de alimentación
0 - 5 Vdc

POTENCIÓMETRO

Con el propósito de medir el desplazamiento del pedal de freno, se ha instalado un potenciómetro lineal a este, que unido a la varilla de entrada de la bomba de freno nos dará a conocer la posición del pedal, tanto en el momento de frenado como en el momento de retorno del pedal.

ESQUEMA DE CONEXIÓN



TARJETA DE ADQUISICIÓN DE DATOS

Para captar las señales eléctricas provenientes de los sensores situados en el banco didáctico de pruebas, ha sido necesario el uso de una tarjeta de adquisición de datos, NI USB-6009 OEM – NATIONAL INSTRUMENTS



TABLA DE CONEXIONES

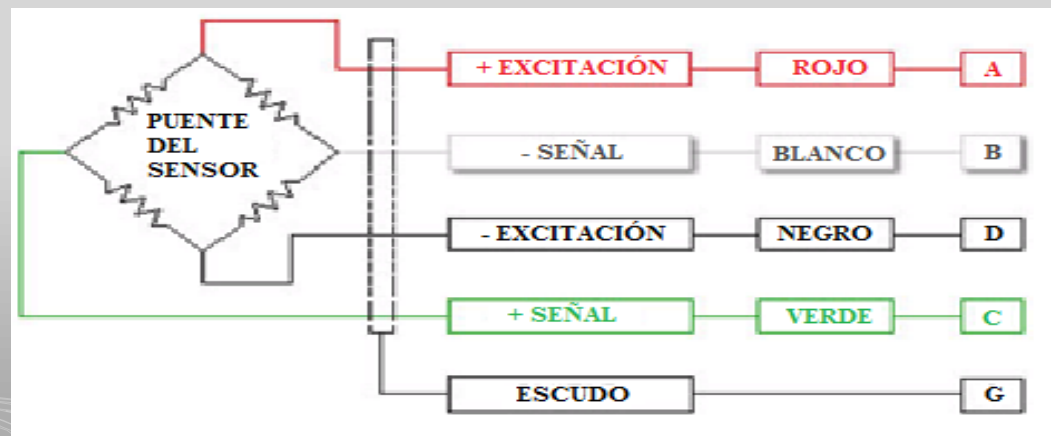
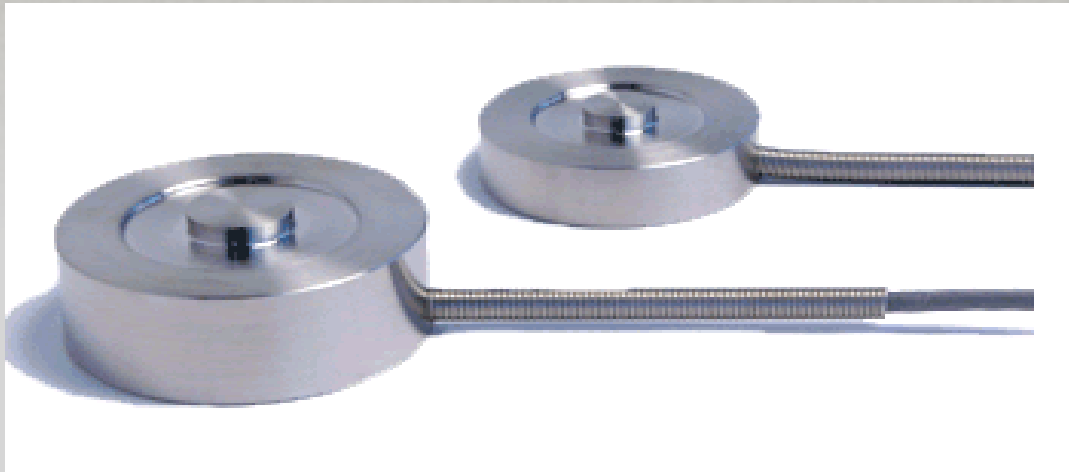
TARJETA DE ADQUISICIÓN DE DATOS	TARJETA DE PINES	SENSORES
Canal de entrada 2 - Pin 7	Pin 7	Sensor de presión del circuito delantero.
Canal de entrada 3 - Pin 5	Pin 5	Sensor de presión del circuito trasero.
Canal de entrada 6 - Pin 8	Pin 9	Celda de carga.
Canal de entrada 7 - Pin 6	Pin 6	Potenciómetro.

+5 V	34	33	PFI 0
D GND	32	31	P1.3
P1.2	30	29	P1.1
P1.0	28	27	P0.7
P0.6	26	25	P0.5
P0.4	24	23	P0.3
P0.2	22	21	P0.1
P0.0	20	19	D GND
LED	18	17	D+
VBUS	16	15	D-
AI GND	14	13	AI GND
AI 4 (AI 0-)	12	11	AI 0 (AI 0+)
AI 5 (AI 1-)	10	9	AI 1 (AI 1+)
AI 6 (AI 2-)	8	7	AI 2 (AI 2+)
AI 7 (AI 3-)	6	5	AI 3 (AI 3+)
AI GND	4	3	AI GND
AO 1	2	1	AO 0

CELDA DE CARGA

Para medir la fuerza ejercida sobre el pedal de freno en el proceso de frenado, se ha instalado una celda de carga en el pedal de freno. Esta celda es de la compañía Transducer Techniques.

CELDA DE CARGA

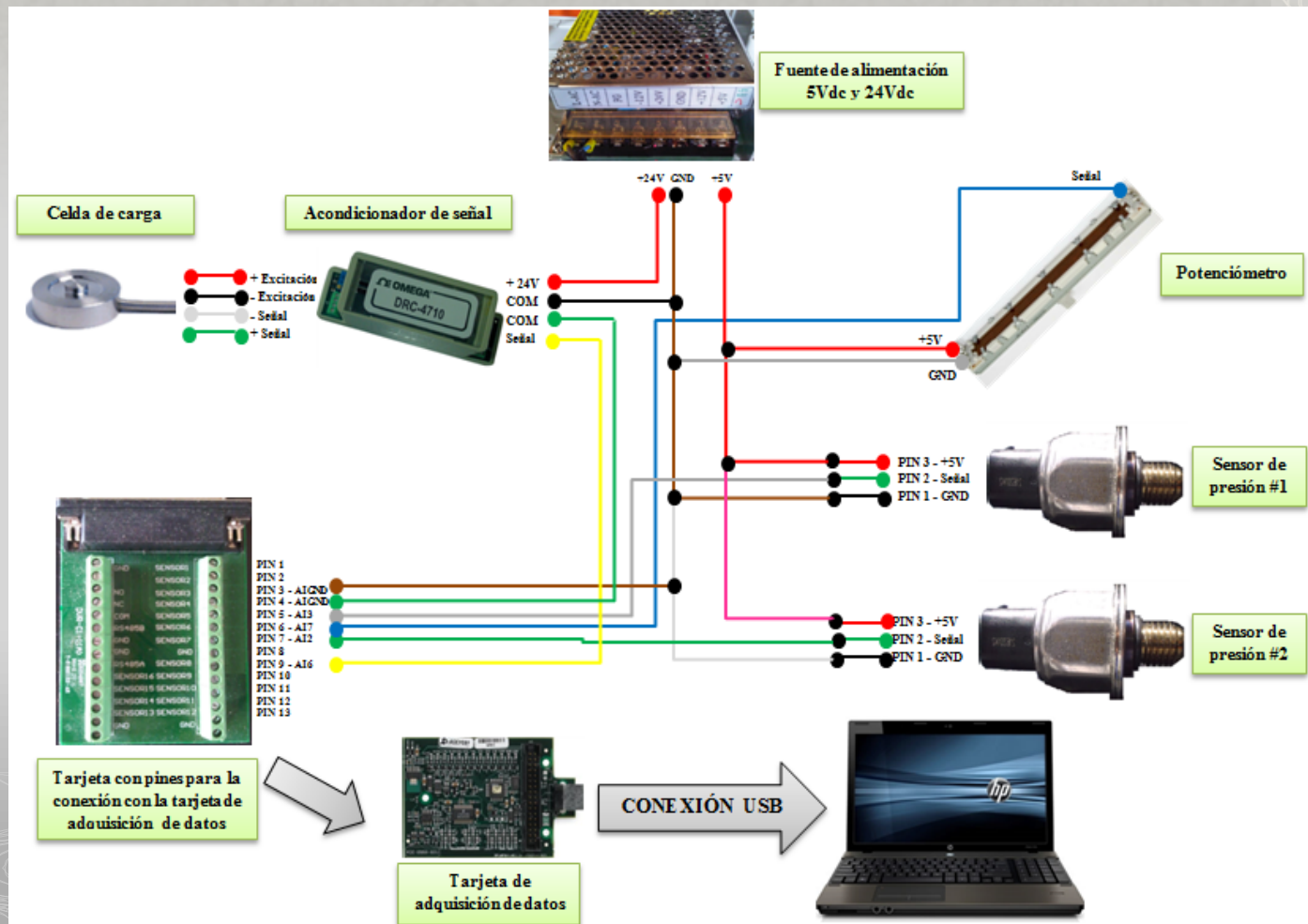


ACONDICIONADOR DE SEÑAL



- ❑ Es el encargado de amplificar la señal de salida de la celda de carga que es de 0 a 20 mV a un rango de 0 a 10 V equivalente de 0 a 2000lb que será captada por la tarjeta de adquisición de datos.
- ❑ Alimentar la celda de carga con los 10V necesarios para su funcionamiento

DIAGRAMA COMPLETO DE LA CONEXIÓN ELECTRÓNICA DEL BANCO DIDÁCTICO



SOFTWARE UTILIZADO EN EL BANCO DE PRUEBAS

El software utilizado para la obtención de datos del banco de pruebas de frenos “Hidrovac” es compatible con la tarjeta de adquisición de datos NI USB-6009 OEM que usaremos para las pruebas.

DESCRIPCIÓN

Este programa es una herramienta gráfica para pruebas, control y diseño mediante la programación, esto significa que los programas no se escriben, sino que se dibujan, facilitando su comprensión. El lenguaje que usa se llama lenguaje G

DESCRIPCIÓN DEL PROGRAMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS HIDROVAC

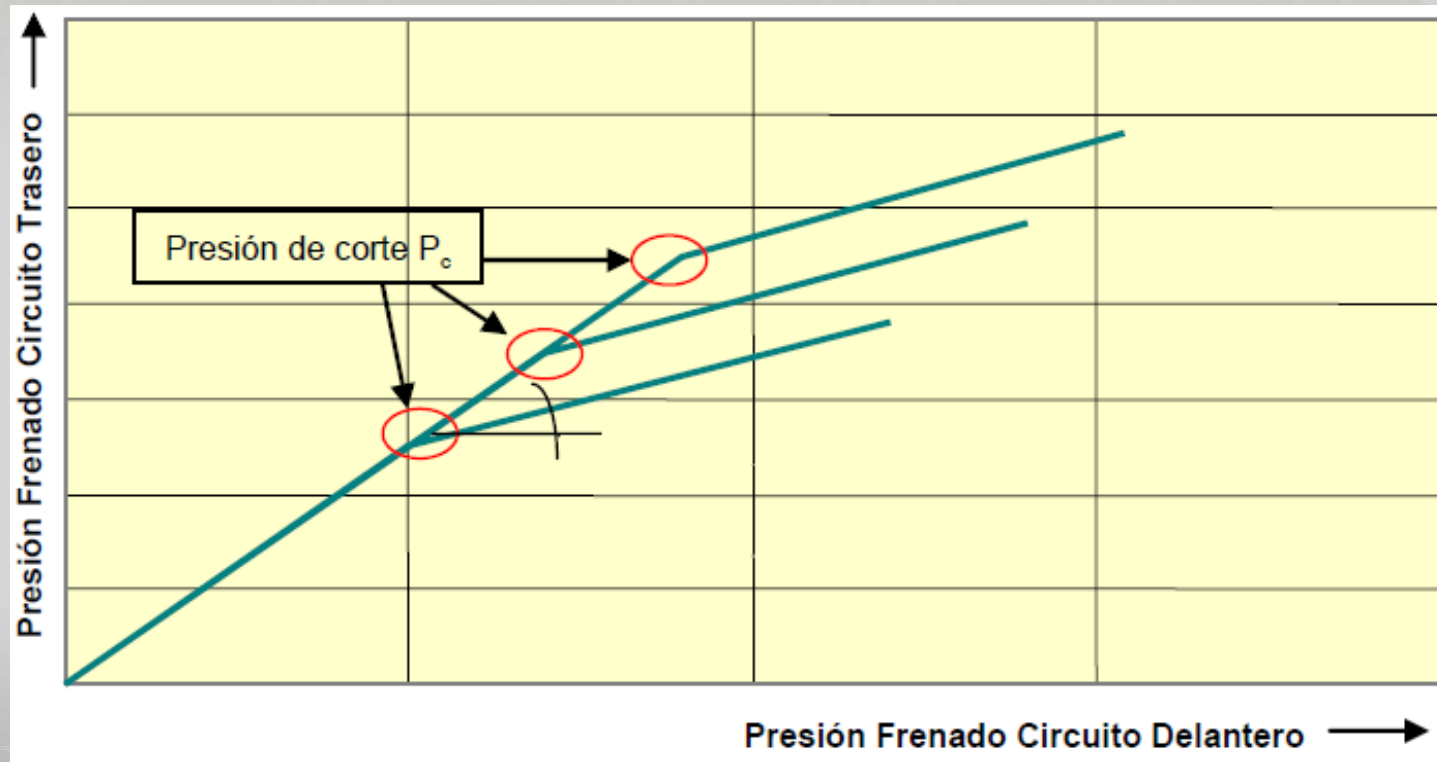
- El programa llamado BANCO DIDÁCTICO HIDROVAC será el encargado de reunir y guardar los datos de los sensores del banco de pruebas mediante la tarjeta de adquisición de datos para ser analizados posteriormente.

DESCRIPCIÓN

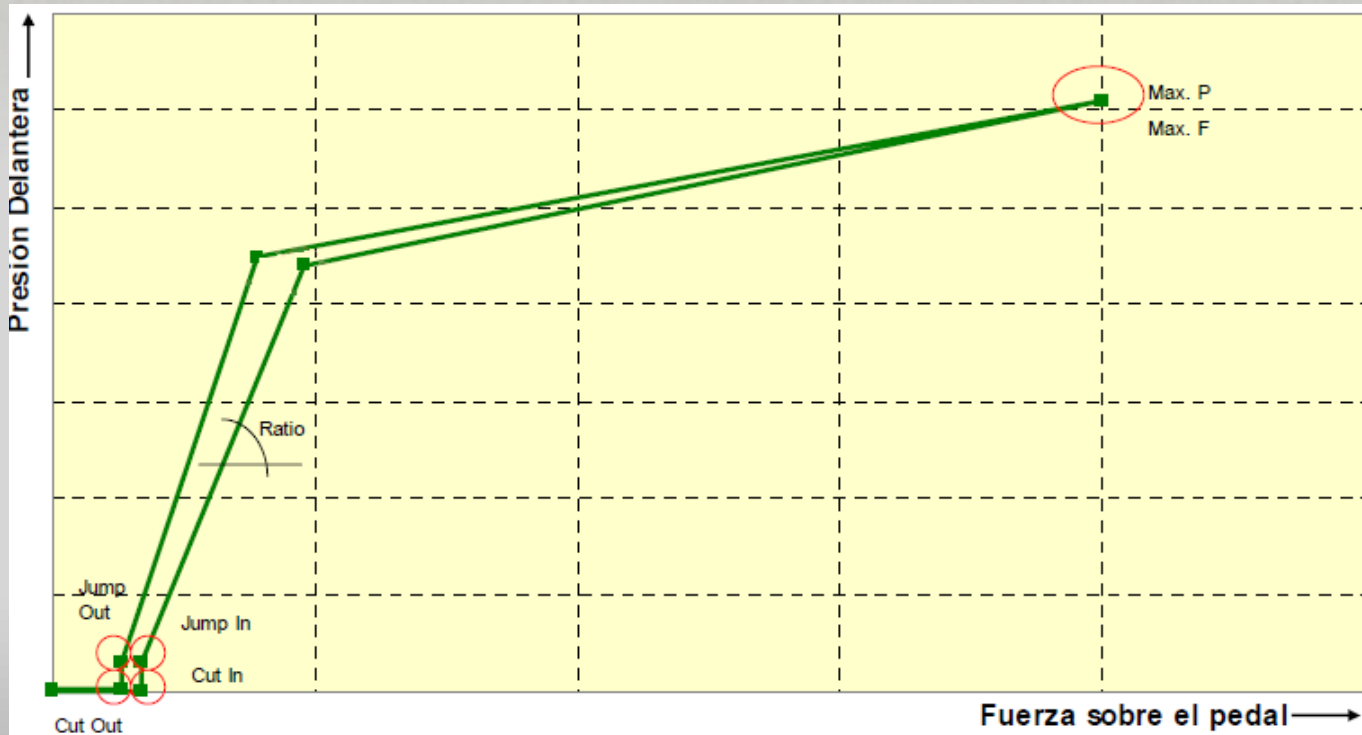
Mediante el programa se analizará diferentes tipos de curvas y datos que se basan en situaciones que ocurren durante el proceso de frenado del vehículo como son:

- ❑ Fuerza máxima
- ❑ Recorrido máximo
- ❑ Presión máxima
- ❑ Fuerza de ataque
- ❑ Salto
- ❑ Pendiente
- ❑ Presión de corte
- ❑ Test de carrera
- ❑ Presiones

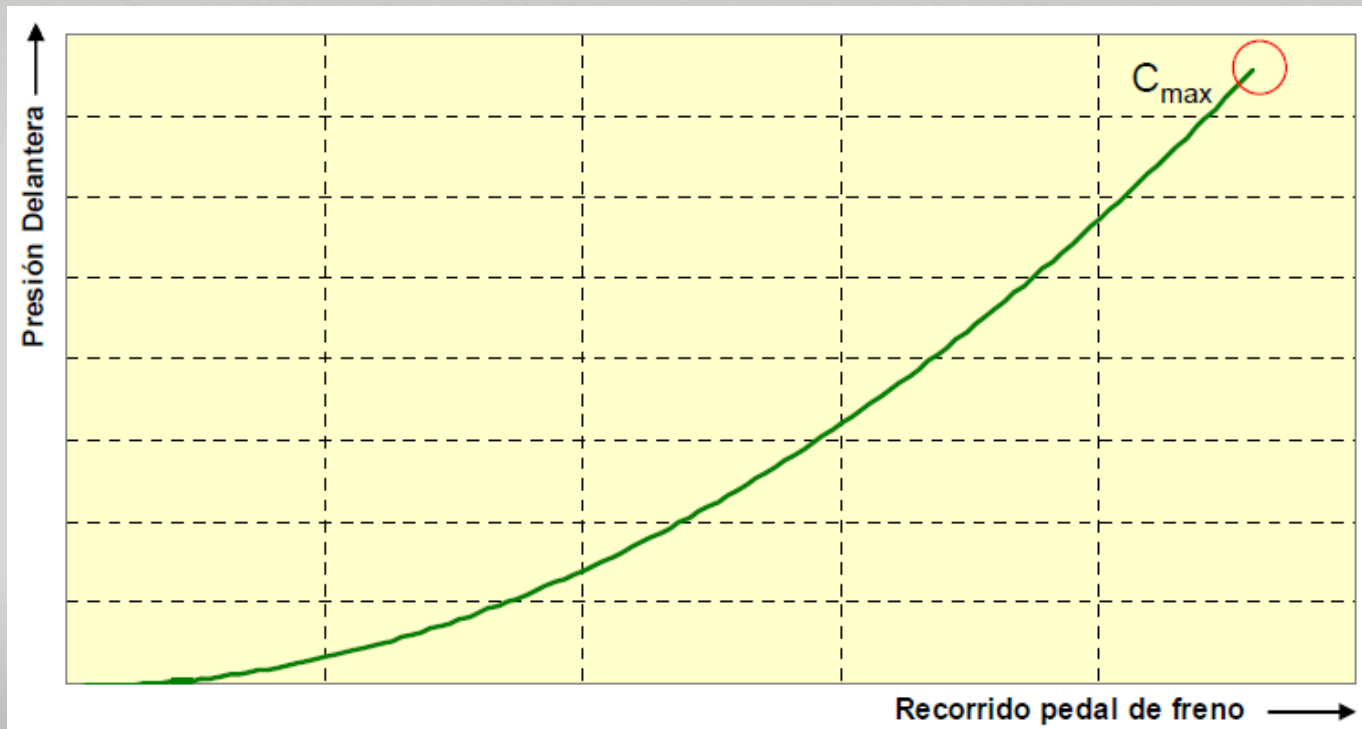
CURVA DE FRENO



CURVA SERVOFRENO



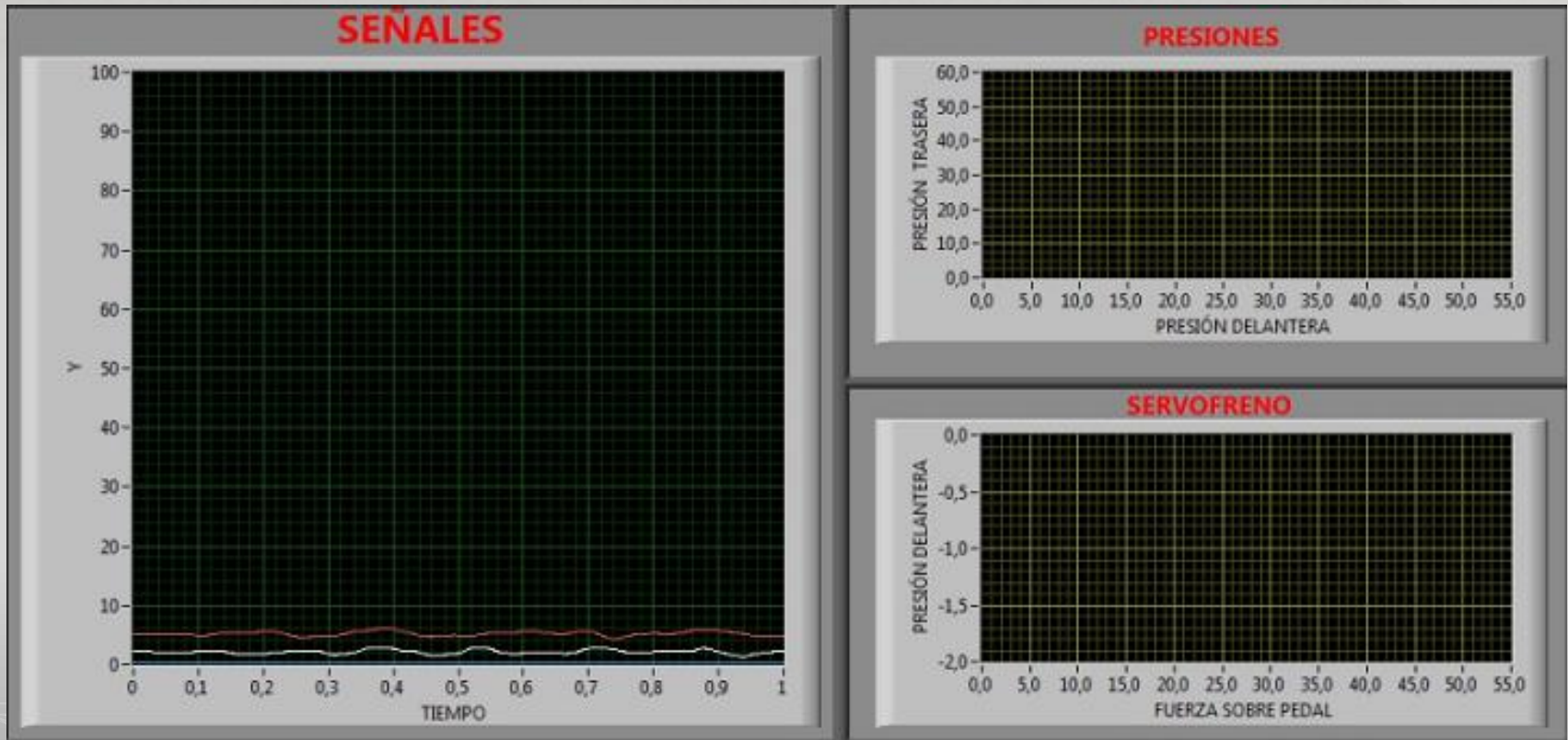
TEST DE CARRERA



PANTALLA PRINCIPAL



CURVAS PANTALLA PRINCIPAL



ELEMENTOS SECUNDARIOS

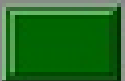
ARCHIVO

datos.dat

GRABANDO



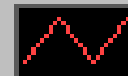
ESTADO A/D



PRESIÓN1 (Filtered)



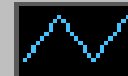
PRESIÓN2 (Filtered)



FUERZA (Filtered)



PEDAL (Filtered)



CURVAS

REPORTE

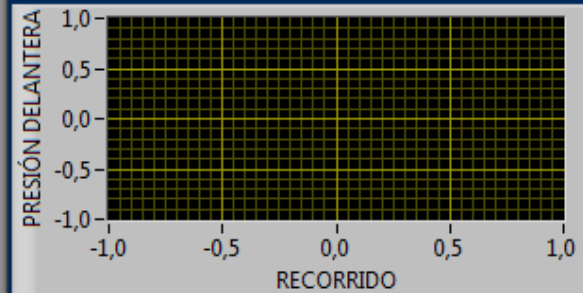
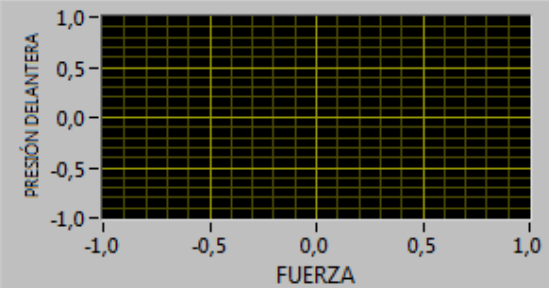
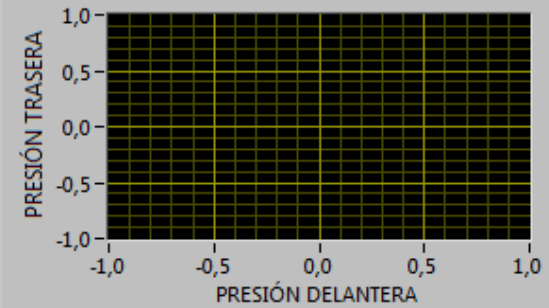
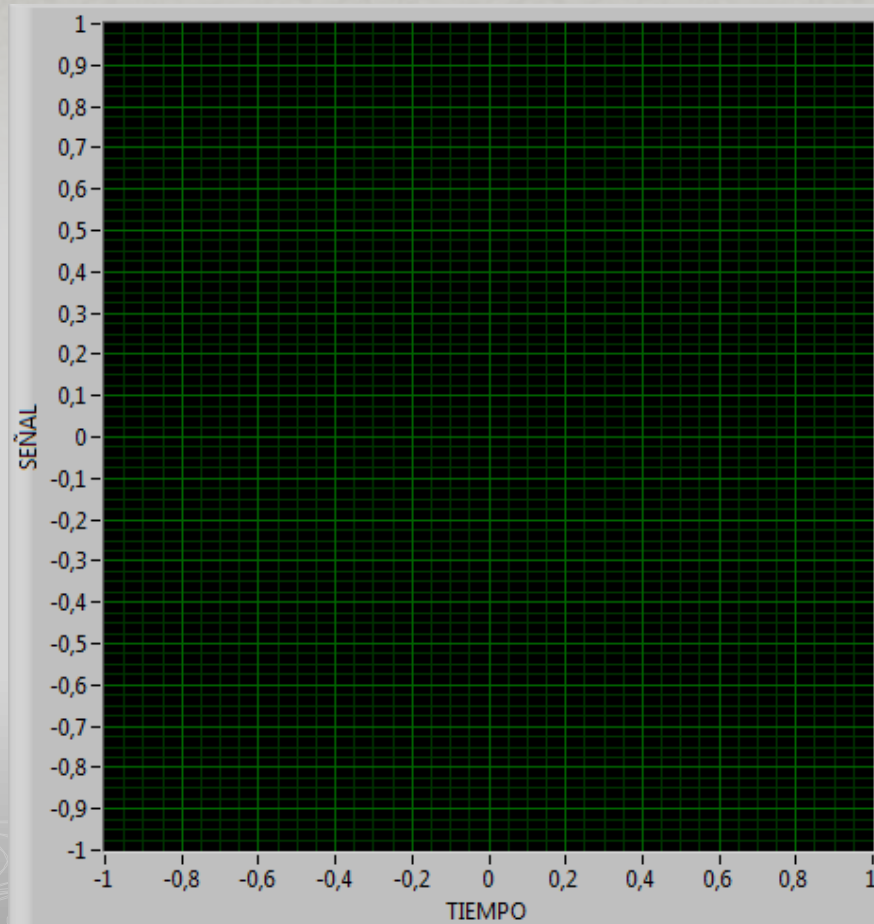
GRABAR

PARAR

PANTALLA SECUNDARIA



GRÁFICAS



ELEMENTOS SECUNDARIOS

PRESIÓN1	
PRESIÓN2	
FUERZA	
PEDAL	

T Muestreo



SUPERIOR



INFERIOR




Archivo

EXCEL **LEE DATOS** **RETORNAR**

EJEMPLO



MACRO DE EXCEL

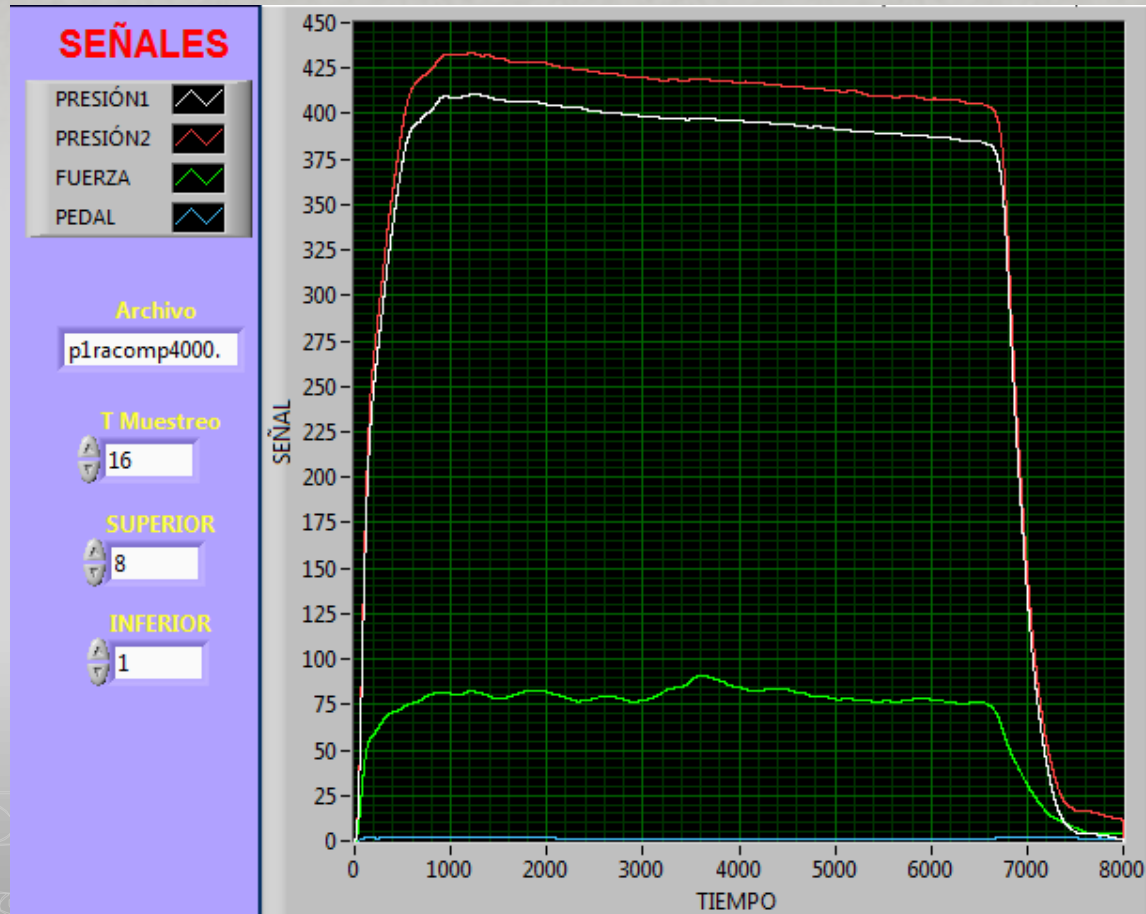
TABLA DE DATOS		
Fuerza Máxima	72,769	lb
Presión Delantera Máx.	246,619	psi
Presión Trasera Máx	231,62	psi
Recorrido Máximo	1,03976378	plg
Fuerza de Ataque/Práctica	5,306	lb
Salto	18,941	psi
Pendiente	4,07997495	lb/plg
Diferencia de Presiones	16,62	psi
Presión de Corte	107,644	psi
		

PRUEBAS REALIZADAS

Las pruebas realizadas son tomando en cuenta el nivel de vacío que se produce en un vehículo que está sometido a diferentes condiciones de funcionamiento, así como también el comportamiento del compensador de frenada como son:

- Prueba sin vacío con y sin compensador
- Prueba con vacío con y sin compensador
- Prueba a 2500 rpm con y sin compensador
- Prueba a 4000 rpm con y sin compensador

CURVAS A 4000RPM - SIN CARGA EN EL SERVOFRENO.



GRÁFICAS SECUNDARIAS

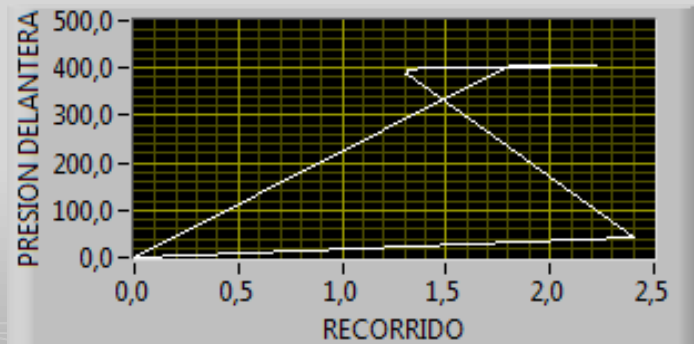
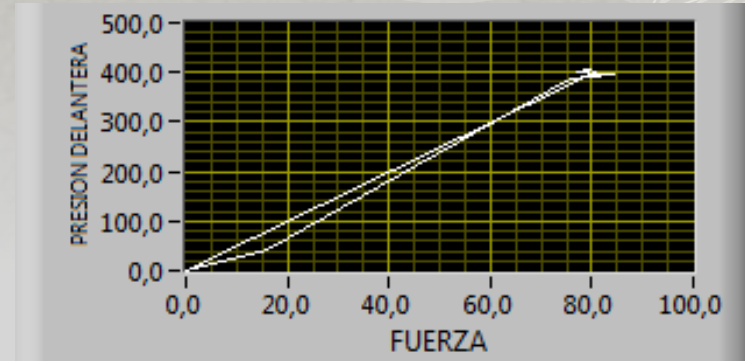
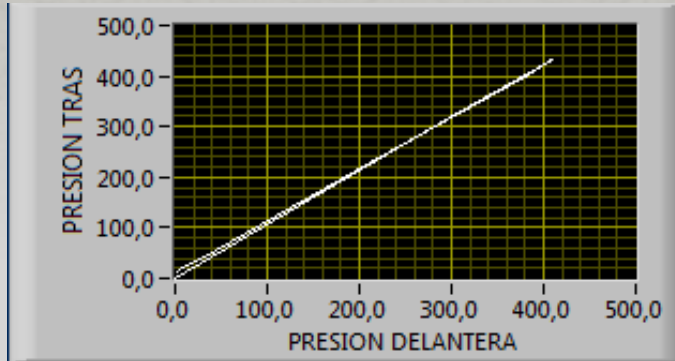


TABLA DE DATOS		
Fuerza Máxima	91,287	lb
Presión Delantera Máx.	433,303	psi
Presión Trasera Máx.	410,608	psi
Recorrido Máximo	1,00944882	plg
Fuerza de Ataque/Práctica	6,139	lb
Salto	19,658	psi
Pendiente	4,07102736	lb/plg
Diferencia de Presiones	24,56	psi
Presión de Corte	111,227	psi



CÁLCULOS DE COMPROBACIÓN

$$P = \frac{P_{servo}}{2}$$

Reducción del factor de multiplicación del servofreno

$$P = \frac{418.994}{2}$$

$$P = 209.497 \frac{lbf}{pulg^2}$$

R: Presión sin servofreno

$$P = \frac{F}{A}$$

Fórmula de Presión

$$F = P * A$$

$$F = P * \pi r^2$$

$$F = 209.497 \frac{lbf}{pulg^2} * \pi (0.4375 \text{ pulg})^2$$

$$F = 209.497 \frac{lbf}{pulg^2} * 0.601320468 \text{ pulg}^2$$

$$F = 125.974 \text{ lbf}$$

R: Fuerza sobre el embolo del cilindro

$$\sin \alpha = \frac{\text{cateto opuesto}}{L_1 + L_2}$$

Fórmula del seno de un ángulo

$$\sin \alpha = \frac{11.25984252 \text{ pulg}}{2.799212598 \text{ pulg} + 9.13976378 \text{ pulg}}$$

$$\sin \alpha = \frac{11.25984252 \text{ pulg}}{11.93897638 \text{ pulg}}$$

$$\sin \alpha = 0.94311624 \text{ pulg}$$

$$\alpha = 70.582^\circ$$

R: Ángulo de inclinación del pedal



$$F_0 = F_p * \cos \alpha * \frac{(L_2 + L_1)}{L_1}$$

Fórmula de la fuerza sobre el pedal de freno

$$F_p = \frac{F_0}{\cos \alpha * \frac{(L_2 + L_1)}{L_1}}$$

$$F_p = \frac{125.974 \text{ lbf}}{\cos 70.582^\circ * \frac{(9.13976378 \text{ pulg} + 2.799212598 \text{ pulg})}{2.799212598 \text{ pulg}}}$$

$$F_p = \frac{125.974 \text{ lbf}}{1.417970717}$$

$$F_p = 88.842 \text{ lbf}$$

R: Fuerza sobre el pedal de freno

Cálculos de error:

$$F_{\text{calculado}} = 88.842 \text{ lbf}$$

$$F_{\text{práctico}} = 91.287 \text{ lbf}$$

$$E = \frac{(F_{\text{calculado}} - F_{\text{práctico}}) * 100}{F_{\text{práctico}}}$$

$$E = \frac{(88.842 - 91.287) * 100}{91.287}$$

$$E = 2.68\%$$

R: Porcentaje de error

CONCLUSIONES

- Por la disposición de los elementos en un sistema de frenos hidrovac no vamos a obtener fuerza del pedal posterior a la actuación del servofreno como pasa en el sistema mastervac, dado que en nuestro caso aplicamos toda la fuerza en el cilindro maestro tándem para que este transmita presión hacia el servofreno no viceversa como sucede en el mastervac.

- Al igual que sucede en el motor al incrementar las rpm se produce una disminución en la cantidad de vacío que absorbe el mismo, en el servofreno se produce la misma variación puesto que este absorbe la misma cantidad de vacío que el motor lo que significa un decremento en el valor de presión que multiplica el hidrovac.

- ▣ El factor de multiplicación que produce el hidrovac es mínimo en comparación al que produce un mastervac de similares condiciones, por dicha razón el hidrovac es usado solo en vehículos livianos y de bajo cilindraje.

RECOMENDACIONES

- Implementar un mecanismo que permita aplicar una misma fuerza en el pedal de freno al momento de realizar las diferentes pruebas de funcionamiento del sistema.

- ❑ Verificar al momento de conectar cañerías el tipo de rosca de unión de las mismas, dado que al ser de diferente tipo no se produce un sello eficaz, lo que genera en fugas en el sistema de frenos.