

**UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA**

**SEDE CUENCA**

**FACULTAD DE INGENIERIAS**

**CARRERA: INGENIERIA MECANICA AUTOMOTRIZ**

**Tesis previa a la obtención del Título de:**

**Ingeniero Mecánico Automotriz.**

**TEMA:**

**“DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA EMBRAGUES DE DISCO A FRICCION CON VISUALIZACION DE DATOS DE SU FUNCIONAMIENTO PARA EL LABORATORIO DE TREN DE FUERZA MOTRIZ Y REHABILITACION DE LAS MAQUETAS EXISTENTES”**

**AUTORES:**

**RICARDO JOSE PADRON CORREA**

**Ing. Elec. JUAN CARLOS AVILA HERAS**

**DIRECTOR**

**Ing. Paúl Narváez V.**

**CUENCA – JUNIO DE 2010**

## **DECLARATORIA**

Los Conceptos desarrollados, análisis realizados y las conclusiones del presente trabajo son de exclusiva responsabilidad de los autores.

Cuenca, 18 de Junio del 2010.

---

Ing. Elec. Juan Carlos Ávila

---

José Ricardo Padrón Correa

## **CERTIFICO**

Que el siguiente trabajo de tesis “Diseño y construcción de un banco de pruebas para embragues de disco a fricción con visualización de datos de su funcionamiento para el laboratorio de tren de fuerza motriz y rehabilitación de las maquetas existentes” para la carrera de Ingeniería Mecánica Automotriz de la Universidad Politécnica Salesiana (Cuenca), realizado por los estudiantes: Juan Carlos Ávila Heras, José Ricardo Padrón Correa, fue dirigido por mi persona.

**Cuenca, 18 de Junio del 2010.**

---

Ing. Paúl Narváez V

## ABSTRAC.

### **DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN BANCO DE PRUEBAS PARA EMBRAGUES DE DISCO A FRICCION CON VISUALIZACION DE DATOS DE SU FUNCIONAMIENTO PARA EL LABORATORIO DE TREN DE FUERZA MOTRIZ Y REHABILITACION DE LAS MAQUETAS EXISTENTES.**

En este proyecto de tesis como parte introductoria trata detalladamente la descripción, análisis y funcionamiento de los diferentes tipos de embragues de fricción existentes en la actualidad sus mejoras e innovaciones, que hoy en día hacen del automóvil una maquina más comfortable y fácil de usar.

Continuando con el desarrollo de este proyecto la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca en el carrera de Ingeniería Automotriz, debido a la falta de material didáctico actualizado y en buen estado en el laboratorio de tren de fuerza motriz se ha visto en la necesidad de reconstruir y mejorar dicho material existente en los laboratorios, para dar una mayor grado de capacitación a los estudiantes de esta carrera.

Motivo por el cual en este proyecto de tesis se propuso la reconstrucción de las maquetas existentes en el laboratorio de tren de fuerza motriz estandarizando su diseño para mejorar su manipulación en las diferentes practicas relacionadas con los temas tratados en la materia. Estas maquetas del embrague se construyeron con diferentes accionamientos tales como: de varilla, hidráulico, por cable para que los estudiantes observen el funcionamiento y refuercen los conocimientos teóricos impartidos por el docente. Realizando las practicas en función de las guías de practica establecidas para cada maqueta.

A más de esto se incluirá un conjunto de embrague hidroneumático a tracción con elementos reales de un tracto camión material inexistente en el laboratorio y muy necesario para mejorar las destrezas y habilidades de los estudiantes.

Finalmente para concluir con este proyecto de tesis se realizo el diseño y construcción del banco de pruebas de platos de embragues de fricción, equipo con el cual los estudiantes pueden realizar pruebas para determinar la fatiga del diafragma y compararlo con la base de datos del fabricante. Estos resultados se podrán visualizar en una PC y un display digital con la ayuda de un software diseñado específicamente para este proyecto de tesis, con estos datos los estudiantes podrán analizar, diagnosticar y establecer una causa o motivo para la conservación o el reemplazo del plato de presión del conjunto del embrague.

Con este equipo los docentes podrán realizar diferentes prácticas relacionadas con la determinación del estado de los platos de presión, siguiendo los pasos planteados en la guía de práctica del banco de pruebas.

En conclusión este proyecto de tesis cumple con todos los objetivos planteados en el mismo mejorando el material didáctico existente en el laboratorio de tren de fuerza motriz y constituyéndose en una herramienta útil para mejorar el aprendizaje y las destrezas de los estudiantes de la carrera de ingeniería mecánica automotriz de la Universidad Politécnica Salesiana

# INDICE

ITEM	DESCRIPCION	PÁGINA
<b>I</b>	<b>MARCO TEORICO DEL CONJUNTO DEL EMBRAGUE A FRICCION.</b>	<b>1</b>
	<b>GENERALIDADES.</b>	<b>2</b>
<b>1</b>	<b>DESCRIPCION DE LOS COMPONENTES Y PARTES.</b>	<b>4</b>
1.1	Disco de Embrague.	4
1.2	Espejo Plato de Presión.	6
1.3	Carcasa.	7
1.4	Cojinete del Embrague.	7
1.5	Cubo de Deslizamiento axial del rodillo separador.	8
1.6	Horquilla.	9
1.7	Volante Motor.	10
1.8	Ubicación del Embrague	10
<b>2</b>	<b>TIPOS DE EMBRAGUES.</b>	<b>11</b>
2.1	Embrague De Fricción Con Plato De Presión De Muelles.	11
2.2	Embrague De Fricción Con Plato De Presión De Diafragma.	12
2.3	Embrague de Discos Múltiples.	14
2.3.1	Discos de Accionamiento.	15
2.3.2	Discos Impulsados	15
2.4	Embrague de Doble Disco	16
<b>3</b>	<b>FUNCIONAMIENTO DEL EMBRAGUE.</b>	<b>16</b>
3.1	Transmisión E Interrupción De La Fuerza.	16
3.2	Funcionamiento Del Embrague De Discos Múltiples.	17
3.2.1	Funcionamiento del Embrague de Doble Disco	19

<b>ITEM</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>PÁGINA</b>
<b>4</b>	<b>TIPOS DE ACCIONAMIENTOS</b>	<b>20</b>
4.1	Accionamiento Mecánico.	20
4.1.1	Accionamiento Por Cable.	20
4.1.2	Accionamiento Por Varillas.	23
4.2	Accionamiento Hidráulico.	24
<b>5</b>	<b>DESARROLLO Y ELECCION DE MATERIALES UTILIZADOS PARA EL EMBRAGUE DE FICCION.</b>	<b>25</b>
5.1	Requerimientos De Los Materiales De Fricción Para Discos De Embrague.	25
5.1.1	Elección del Material Adecuado	26
5.1.2	Orgánicos	27
5.1.3	Kevlar.	27
5.1.4	Kevlar Segmentado.	28
5.1.5	Carboceramicos.	29
5.1.6	Metal Sinterizado.	30
<b>6</b>	<b>PROCESO DE DESARROLLO Y CONSTRUCCION DEL EMBRAGUE.</b>	<b>32</b>
6.1	Proceso.	32
<b>7</b>	<b>CALCULO DE LOS SISTEMAS DE EMBRAGUE</b>	<b>35</b>
<b>8</b>	<b>AVERIAS DEL EMBRAGUE.</b>	<b>40</b>
8.1	Recomendaciones Para El Cuidado Del Embrague.	40
8.2	Recomendaciones Para El Montaje Del Embrague.	44
<b>9</b>	<b>Innovaciones De Embragues A Fricción.</b>	<b>45</b>
9.1	Embragues Centrífugo.	46
9.1.1	Embrague Centrífugo Segmentos Basculantes	46
9.2	Embrague Para Competencia.	47
9.3	Embrague Autoajustable.	48

<b>ITEM</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>PÁGINA</b>
9.4	Embrague Electromagnético	49
	<b>CONCLUSIONES DEL CAPITULO I</b>	<b>51</b>
<b>II</b>	<b>DISEÑO Y RECONSTRUCCION DE LAS MAQUETAS &amp; IMPLEMENTACION DEL EMBRAGUE HIDRONEUMATICO.</b>	<b>52</b>
2.1	Introducción.	53
2.2	Selección De Las Maquetas Para Su Reconstrucción.	53
2.2.1	Despiece De Las Maquetas	55
2.3	Diseño Y Análisis De La Estructura Del Modelo Estandarizado Para Las Maquetas	57
2.3.1	Diseño.	57
2.3.1.1	Planos De La Estructura	59
2.3.2	Análisis De La Estructura	59
2.3.2.1	Tensiones	61
2.3.2.2	Tensión Equivalente.	62
2.3.2.3	Deformaciones.	64
2.3.2.3.1	Deformación	66
2.3.2.3.2	Deformaciones Unitarias	67
2.3.2.4	Factor De Seguridad	68
2.3.2.4.1	Factor De Seguridad	70
2.3.3	Elección Del Material.	70
2.4	Construcción De Las Estructuras	71
2.5	Ensamblaje De Las Maquetas	72
2.6	Ensamblaje De La Maqueta Del Embrague Hidroneumática	75
2.6.1	Descripción De Los Componentes	76

<b>ITEM</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>PÁGINA</b>
2.6.1.1	Servo Asistencia Booster	76
2.6.1.2	Cilindro Maestro	77
2.6.2	Funcionamiento Del Servoembrague	77
	<b>CONCLUSIONES DEL CAPITULO II</b>	<b>82</b>
<b>III</b>	<b>DISEÑO Y CONSTRUCCION DEL BANCO DE PRUEBAS.</b>	<b>83</b>
<b>3</b>	<b>Introducción.</b>	<b>84</b>
3.1	Diseño Del Banco	84
3.1.1	Diseño	86
3.2	Análisis Estructural Y Elección Del Perfil Adecuado	86
3.2.1	Análisis De La Estructura	86
3.2.1.1	Tensiones	88
3.2.1.2	Tensión Equivalente.	89
3.2.1.3	Deformaciones	92
3.2.1.3.1	Deformación Elástica	94
3.2. 1.3.2	Deformaciones Unitarias	95
3.2.1.4	Introducción Al Factor De Seguridad	97
3.2.1.4.1	Factor De Seguridad De La Estructura	98
3.3	Elección Del Material	100
3.4	Descripción De Los Componentes Neumáticos	101
3.4.1	Componentes Neumáticos	101
3.4.2	Componentes Electrónicos	109
3.4.3	Componentes Mecánicos	125
3.4.4	Elementos De Seguridad	129
3.5	Software	130

<b>ITEM</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>PÁGINA</b>
3.6	Base De Datos Del Banco De Pruebas	139
3.7	Obtención De Datos De Platos De Presión Con Diafragma	144
3.7.1	Ingreso De Un Nuevo Vehículo En La Base De Datos	146
	<b>CONCLUSIONES DEL CAPITULO III</b>	<b>148</b>
<b>IV</b>	<b>ELABORACION DEL MANUAL DE FUNCIONAMIENTO DEL BANCO DE PRUEBAS Y GUIAS DE PRÁCTICA.</b>	<b>149</b>
<b>4</b>	<b>Introducción</b>	<b>150</b>
4.1	Manual De Funcionamiento	150
4.1.1	Programación Del Display	150
4.2	Calibración Del Sistema Neumático	155
4.3	Disposición De Los Elementos En El Banco De Prueba	157
4.4	Procedimiento De Operación Del Banco De Pruebas	160
4.5	Guías De Práctica	169
	<b>CONCLUSIONES DEL CAPITULO IV</b>	<b>180</b>
	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES</b>	<b>181</b>
	<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>184</b>

# INDICE DE FIGURAS

FIGURA	DESCRIPCION	PÁGINA
<b>CAPITULO I</b>		
1	Diagrama de Bloques del Funcionamiento del Embrague.	2
2	Principio de Funcionamiento del Embrague	3
1.1.1	Disco de Embrague	5
1.1.2	Diseños de Discos de Fricción	6
1.2	Espejo (Plato de presión)	6
1.3	Carcasa con Muelle de Diafragma Visible	7
1.4	Cojinete del Embrague	8
1.5	Cubo De Deslizamiento Axial Del Rodillo Separador	9
1.6	Horquilla	9
1.7	Volante Motor	10
1.8	Ubicación Del Embrague	11
2.1	Disposición De Los Muelles	12
2.2	Diafragma Del Embrague	13
2.3	Embrague De Discos Múltiples	14
2.3.1	Esquema Del Embrague De Discos Múltiples	15
2.4	Embrague De Doble Disco	16
3.1	Transmisión De La Fuerza	17
3.1.2	Interrupción De La Fuerza	18
3.2	Esquema De Funcionamiento Del Embrague De Disco Múltiples	19
3.2.1.	Funcionamiento Del Embrague De Doble Disco	20
4.1.1	Accionamiento Por Cable	21
4.1.1.1	Cable Auto Regulable	22

<b>FIGURA</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>PÁGINA</b>
4.1.2	Accionamiento Por Varilla	23
4.2	Accionamiento Hidráulico	25
5.1.1	Embrague De Material Orgánico Con Fibras De Latón	27
5.1.2	Embrague De Kevlar	28
5.1.3	Embrague De Kevlar Segmentado	29
5.1.4	Embrague Carbocerámico	30
5.1.5	Embrague Segmentado De Hierro Sinterizado	31
5.1.6	Elección Del Material De Fricción Adecuado	31
7	Esquema De Diámetros Para El Cálculo De Zona De Fricción	35
8.1.1	Liberar Bruscamente El Pedal Del Embrague	41
8.1.2	Utilización Del Embrague Al Cambio De Marcha	41
8.1.3	Evitar Salidas Bruscas	42
8.1.4	No Mantener El Vehículo Embragado En Subida	42
8.1.5	No Arrancar El Vehículo En Segunda Marcha	43
8.1.6	No Sobrecargar El Vehículo	43
8.2.1	Recomendación	44
8.2.2	Recomendación	45
8.2.3	Recomendación	45
9.1	Embrague Centrífugo	46
9.1.1	Embrague Centrífugo De Segmentos Basculantes	47
9.2.1	Embrague De Competencia	48
9.3.1	Embrague Autoajustable	49
9.4	Esquema Embrague Electromagnético	50

## CAPITULO II

<b>FIGURA</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>PÁGINA</b>
2.2.1	Maqueta Con Mando Por Cable.	54
2.2.2	Maqueta Con Mando Por Cable.	54
2.2.3	Maqueta Con Mando Por Varilla.	54
2.2.4	Maqueta Con Mando Por Varilla.	54
2.2.5	Maqueta Con Mando Por Hidráulico.	55
2.2.6	Despiece De La Maqueta Por Mando Por Cable	55
2.2.7	Despiece De La Maqueta Por Mando Por Cable	55
2.2.8	Despiece De La Maqueta Por Mando Por Cable	56
2.2.9	Despiece De La Maqueta Por Mando Por Varilla	56
2.2.10	Despiece De La Maqueta Por Mando Por Cable	56
2.2.11	Despiece De La Maqueta Por Mando Hidráulico	57
2.3.2.2	Estructura Análisis De Tensiones	64
2.3.2.3.1	Estructura Análisis De Deformaciones	67
2.3.2.3.2	Estructura Análisis De Deformaciones Unitarias	68
2.3.2.4.1	Estructura Análisis Del Factor De Seguridad	70
2.4.1	Construcción De La Estructura Para El Embrague Bidisco	71
2.4.2	Estructura Para El Embrague Hidroneumático	71
2.4.3	Estructuras Para Los Embragues Mono Disco	72
2.5.1	Maquetas Reconstruida Con Accionamiento Hidráulico	72
2.5.2	Maquetas Reconstruida Con Accionamiento Por Cable	73
2.5.3	Maqueta Reconstruida Con Accionamiento Por Cable	73
2.5.4	Maquetas Reconstruida Con Accionamiento Por Varilla	74
2.5.5	Maqueta Reconstruida Con Accionamiento Por Varilla	74
2.6	Maqueta Del Embrague Bidisco -Vista Frontal	75

<b>FIGURA</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>PÁGINA</b>
2.6.1 75	Maqueta Del Embrague Bidisco -Vista Lateral	
2.6.1.1 76	Esquema De La Servo Asistencia	
2.6.1.2	Cilindro Maestro	77
2.6.1.3	Ubicación Del Booster	77
2.6.2.	Sistema Embragado	78
2.6.2.1	Sistema Desembragado	79
2.6.2.2	Esquema De Funcionamiento Del Pistón	79
2.6.2.3.	Esquema De Funcionamiento Del Pistón Con El Pedal Presionado	80
2.6.2.4	Funcionamiento Del Pistón Sin Presionar El Pedal Del Embrague	80
2.6.2.5	Esquemas Generales Del Funcionamiento Del Servo Embrague	81

## **CAPITULO III**

<b>FIGURA</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>PÁGINA</b>
3.2.1.1	Banco De Prueba Simulación De Tensiones	91
3.2.1.2	Banco De Prueba Simulación De Tensiones Acercamiento	91
3.2.1.3.	Banco De Pruebas Simulación De Deformación Elástica	94
3.2.1.3.1.	Banco De Pruebas Simulación De Deformación Elástica	94
3.2.1.3.2.	Banco De Pruebas Simulación De Deformación Acercamiento	95
3.2.1.3.2.1	Banco De Pruebas Simulación Deformaciones Unitarias	96
3.2.1.3.2.2	Banco De Pruebas Deformación Unitaria Acercamiento	96
3.2.1.4.1	Banco De Pruebas Simulación Factor De Seguridad	99
3.2.1.4.2	Banco De Pruebas Factor Seguridad Acercamiento	99
3.2.1.4.3	Banco De Pruebas Factor De Seguridad Zonas Criticas	100

<b>FIGURA</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>PÁGINA</b>
3.4.1	Cilindro Neumático	101
3.4.2	Válvula Reguladora De Presión	103
3.4.2.1	Reguladores De Caudal	104
3.4.2.3	Bobina Y Electroválvula	107
3.4.2.4	Silenciadores	108
3.4.3	Display De Cuatro Dígitos	110
3.4.4	Tarjeta Electrónica De Transmisión De Datos	111
3.4.5	Esquema Del Microcontrolador (Pic 18F2550)	113
3.4.6	Diagrama De Bloques Del Microcontrolador	114
3.4.7	Fuente De Tensión	119
3.4.8	Conexión Del Microcontrolador	121
3.4.9	Cristal De Oscilación	121
3.4.10	Conexión USB	122
3.4.11	Pines De La Entrada Al USB	122
3.4.12	Esquema De La Disposición De Los Elementos Electrónicos	123
3.4.13	Circuito Eléctrico De Mando Del Banco De Pruebas	125
3.4.14	Circuito Eléctrico De Comando De La Fuerza Del Banco De Pruebas	125
3.4.3.1	Vástago De Empuje	126
3.4.3.2	Base De Soporte Del Plato De Presión	127
3.4.3.4	Rodillo De Accionamiento	128
3.4.3.5	Vástago De Accionamiento Del Sensor Lineal	128
3.4.4.1	Malla De Protección	129
3.4.4.2	Botón De Parada De Emergencia	130
3.5.1	Entorno De Programación	132
3.5.2	Declaración De Variables	133

<b>FIGURA</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>PÁGINA</b>
3.5.3	Librería Visual Basic	135
3.5.4	Entorno del Software del Banco de Pruebas	136
3.5.5	Constitución de la Pantalla Principal del Software del Banco de Pruebas	137
3.5.6	Panel de configuración del Puerto de Comunicación	137
3.5.7	Panel de selección de la Base de Datos	138
3.5.8	Panel de control de la electroválvula	138
3.5.9	Panel de la visualización de los resultados	139
3.7	Lectura de diámetros del plato de presión	145
3.7.1	Ventana De Ingreso De Vehículos	146

## **CAPITULO IV**

<b>FIGURA</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>PÁGINA</b>
4.1.1	Display	150
4.1.1.1	Esquema De Ubicación De Los Botones Del Display	150
4.1.1.2	Esquema De Ubicación De Los Conectores Del Display	152
4.1.1.3	Esquema De Numeración De Los Conectores Del Display	152
4.1.1.4	Esquema De Conexión De La Celda De Carga Y Display	154
4.2.1	Esquema Neumático Del Banco De Pruebas	155
4.2.2	Posición Inicial	156
4.2.3	Posición De Trabajo	157
4.3.1	Racor De Acople Rápido	157
4.3.2	Válvula Reguladora De Presión, Botón De Encendido, Botón De Emergencia	158
4.3.3	Tablero De Control	158

<b>FIGURA</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>PÁGINA</b>
4.3.4	Compuerta Lateral	159
4.3.5	Interior Del Banco De Pruebas	159
4.3.6	Interior De La Cámara De Protección	160
4.4.1	Entorno Del Software	161
4.4.2	Entorno Del Menú	161
4.4.3	Entorno Del Menú Con Base De Datos	162
4.4.4	Ubicación Del Plato De Presión	163
4.4.5	Centrado Del Plato De Presión	163
4.4.6	Calibración Del Vástago De Empuje	164
4.4.7	Inicio De Prueba	164
4.4.8	Prueba	165
4.4.9	Ingreso De Datos De La Prueba 1	166
4.4.10	Ingreso De Datos De La Prueba 2	167
4.4.11	Resultados De La Prueba	167
4.4.12	Cuadro De Ingreso De Datos De Vehículos	168

# ÍNDICE DE TABLAS

## CAPITULO II

<b>TABLA</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>PÁGINA</b>
1	Propiedades Del Acero Estructural	63

## CAPITULO III

<b>TABLA</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>PÁGINA</b>
2	Propiedades Del Acero Estructural	90
3	Características Técnicas Del Cilindro DNC- 100-50 PPV	102
4	Características Técnicas Del Regulador De Presión	103
5	Características Técnicas De La Válvula De Estrangulación Y Anti Retorno	105
6	Características Técnicas De Los Racores	106
7	Características Técnicas De Los Conectores	106
8	Características Técnicas De Las Cañerías	107
9	Características Técnicas De La Electroválvula	108
10	Características Técnicas De Los Silenciadores	109
11	Disposición De Almacenamiento De Datos Y Variables	116
12	Líneas De Programación Del Microcontrolador	117
13	Características Del Microcontrolador 16F2550	120

## CAPITULO IV

<b>TABLA</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>PÁGINA</b>
14	Descripción De Los Conectores	153

# INDICE DE ANEXOS

<b>ANEXO</b>	<b>DESCRIPCION</b>
<b>I</b>	Materiales De Fricción Para Embragues
<b>II</b>	Tratamientos Térmicos
<b>III</b>	Análisis de Tensiones de la Estructura de las Maquetas y Cálculo de Palanca de Accionamiento de las Maquetas
<b>IV</b>	Catalogo del Acero Estructural
<b>V</b>	Tensión de Von Mises
<b>VI</b>	Análisis de Tensiones del Banco del Embrague
<b>VII</b>	Pruebas Realizadas en la UPS
<b>VIII</b>	Catalogo de Productos FESTO
<b>IX</b>	Esquema del Booster o servo
<b>X</b>	Planos de las Estructuras de las Maquetas Estandarizadas y del Banco de Pruebas
<b>XI</b>	Diseño Mecánico del Sensor Lineal.
<b>XII</b>	Líneas de Programación del Software y Características de los Componentes Electrónicos

# **CAPITULO I.**

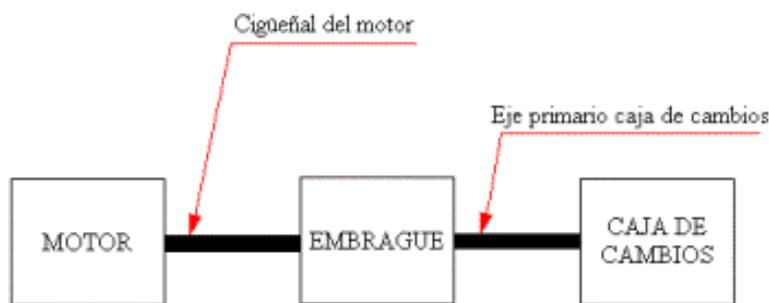
## **MARCO TEÓRICO DEL CONJUNTO DEL EMBRAGUE A FRICCIÓN.**

## GENERALIDADES.

En los vehículos con cambio de velocidades mecánico es necesario disponer del mecanismo de embrague para desconectar el movimiento del motor del movimiento de las ruedas siempre que tengamos que cambiar de velocidad o deseamos parar el vehículo sin detener el motor.

El embrague debe cumplir una serie de características:

- Poseer suficiente fuerza para que no patine con el motor funcionando a pleno rendimiento y a la vez proporcionar una marcha suave.
- Ser resistente, rápido y seguro, resistente debido a que por él pasa todo el par motor, rápido y seguro para poder aprovechar al máximo dicho par en todo el abanico de revoluciones del motor.
- El embrague va situado entre el motor y la caja de cambios, y más concretamente entre el árbol motor o cigüeñal y el eje primario de la caja de cambios como se ve en la siguiente figura.

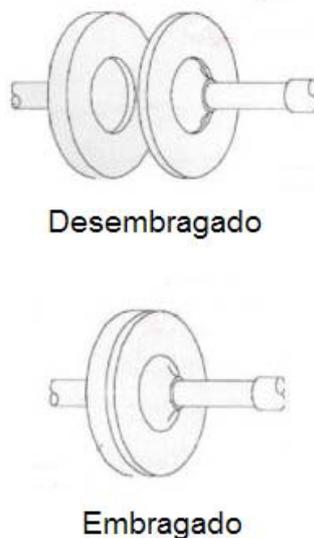


*Fig.1.-Diagrama de bloques del funcionamiento del embrague.*

*(Fuente: Manual CEAC del automóvil).*

En el caso del embrague de fricción, el descrito aquí, su principio de funcionamiento es muy simple: une o separa dos árboles, como se ve en la (fig.1). Esta separación debe efectuarse tanto si los dos árboles se hallan en movimiento o están parados.

Se trata de dos discos que se pueden acercar o alejar entre sí, de modo que cuando entran en contacto, tras un breve instante inicial de deslizamiento, quedan unidos firmemente, girando solidarios. Normalmente, la disposición de trabajo del embrague es en la posición de transmisión de movimiento, en tal circunstancia se dice que el vehículo está embragado, el par motor pasa al primario de la caja de cambios. En caso contrario, cuando se interrumpe la transmisión de dicho par, un automóvil está desembragado cuando no transmite ningún tipo de movimiento.



***Fig.2.- Principio de funcionamiento del embrague.***

***(Fuente: Manual CEAC del automóvil).***

En lo que concierne al confort, el mecanismo de embrague también tiene que ser progresivo, para que no se produzcan tirones cuando ponemos en movimiento el vehículo, desde una posición de parado; debe ser, además, elástico para absorber los cambios de revoluciones en aceleraciones y desaceleraciones del motor.

El mecanismo de embrague es absolutamente necesario en los vehículos automóviles dotados de motor térmico ya que, para iniciar la marcha del vehículo hay que transmitir el par motor a bajo régimen de una forma progresiva por resbalamiento mecánico o

viscoso, hasta conseguir un acoplamiento rígido entre el motor y las ruedas del vehículo a través del cambio de velocidades. Además, en los vehículos con cambio de velocidades mecánico es necesario disponer del mecanismo de embrague para desconectar el movimiento del motor del movimiento de las ruedas siempre que se desee cambiar de velocidad o detener el vehículo sin detener el motor.

## **1.- DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES Y PARTES.**

### **Componentes.**

El embrague de fricción está constituido por una parte motriz, que transmite el giro a una parte conducida, utilizando para tal efecto la adherencia existente entre los dos elementos, y a los que se les aplica una determinada presión, que los une fuertemente uno contra el otro. El embrague de fricción está compuesto por dos partes claramente diferenciadas, el disco de embrague y el plato de presión, siendo la actuación más extendida del mecanismo, sistema con el que se presiona un elemento contra el otro y con el que, por tanto, se controla la transmisión de par, por muelles o por diafragma. Los dos tipos están formados por un plato de presión, una carcasa y, dependiendo del tipo, unos muelles y patillas de accionamiento, o un diafragma.

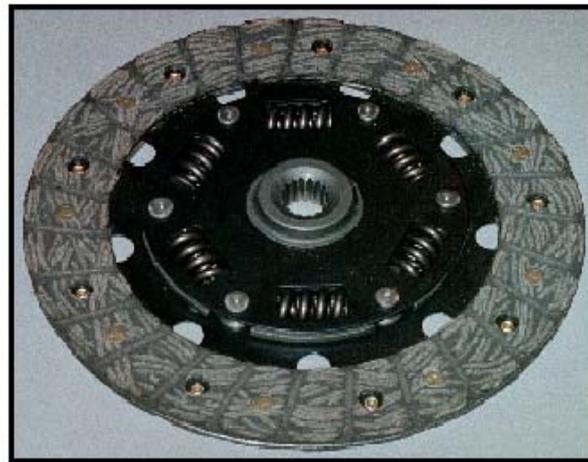
Se describen a continuación los distintos componentes del sistema.

### **1.1.-Disco de embrague.**

Este dispositivo está formado por un disco de acero en el que, por medio de unos remaches, van sujetos los forros de material de fricción, de tal manera que la cabeza de los remaches van embutidas para que no rocen contra la superficie del asiento del volante de motor.

El disco de embrague (fig.1.1.1) es el elemento encargado de transmitir a la caja de cambios todo el par motor sin que se produzcan resbalamientos en condiciones estacionarias. Por este motivo, el disco de embrague está forrado de un material de

fricción que se adhiere a las superficies metálicas (superficies con las que entra en contacto dicho disco). Este material, muy resistente al desgaste y al calor, es el centro de atención del presente trabajo, y las diferentes opciones disponibles a lo largo de la historia de la automoción serán desarrolladas en los puntos posteriores. (fig.1.1.2)



*Figura.- 1.1.1. Disco de embrague.*

*(Fuente: Manual SACHS de embragues).*

El dimensionado del disco de embrague se realiza dependiendo del par motor a transmitir y del peso del vehículo. Se trata de un disco en cuyo centro se dispone un cubo estriado (por el que se pone en contacto con el eje primario de la caja de velocidades) que se une, mediante unos muelles repartidos en toda su circunferencia, a un plato forrado por sus dos caras con el material de fricción. Dichos muelles, visibles en la (fig.1.1.1), sirven para que la transmisión de par torsor desde el material adherente al cubo estriado (y por tanto al eje primario) se realice de una manera elástica, absorbiéndose vibraciones y posibilitando el retorno a su posición inicial.

El plato, a su vez, por su parte externa está provisto de unos cortes, quedando toda la periferia de éste dividida en diferentes lengüetas, dobladas en uno y otro sentido, facilitando la progresividad cuando se realiza el apriete del disco de embrague contra el volante debido a la flexibilidad que adoptan dichas lengüetas.



*Figura .-1.1.2. Diseños de discos de fricción.*

*(Fuente: Manual SACHS de embragues).*

## **1.2.- ESPEJO “PLATO DE PRESION”.**

El espejo o plato de presión (fig.1.2) sirve de acoplamiento del conjunto al volante de inercia y va montado entre el disco de fricción y la carcasa. Entre el plato de presión y la carcasa van montados los elementos de presión, que pueden ser muelles helicoidales o un diafragma.



*Figura.- 1.2.Espejo “Plato de presión”.*

*(Fuente: Los autores).*

También denominado “*masa de embrague*”, se compone de un disco de acero en forma de corona circular. Por una cara se une a la carcasa del mecanismo de embrague, a través de los muelles o diafragma, y por la otra cara se une a una de las caras del disco de embrague.

### **1.3.-Carcasa.**

Es el elemento que sirve de cubierta al mecanismo de embrague (fig1.3), por el que se fija éste al volante de inercia por medio de tornillos. En ella se alojan los distintos muelles o diafragma que permitirán la presión del disco de embrague contra el plato de presión y el volante motor.



*Figura.- 1.3. Carcasa con muelle de diafragma visible.*

*(Fuente: Manual SACHS de embragues).*

### **1.4.-Cojinete del embrague.**

Denominado también cojinete axial o collarín de embrague, es el elemento por el que se acciona el mecanismo. (fig.1.4) Se trata de un cojinete de bolas que se desliza sobre el tramo del eje primario o piloto situado en la campana de la caja de velocidades. Dicho desplazamiento axial se controla por una de sus caras a la que va acoplado un elemento denominado *horquilla*, y por el otro extremo permanece en contacto con las patillas de accionamiento, en el caso de que se trate de un mecanismo de embrague por muelles, o

sobre los dedos elásticos, si se trata de un mecanismo dotado de embrague por diafragma, realizando el empuje axial sobre éstos.

La siguiente figura muestra todos los componentes ya comentados.



*Fig.-1.4. Cojinete del embrague.*

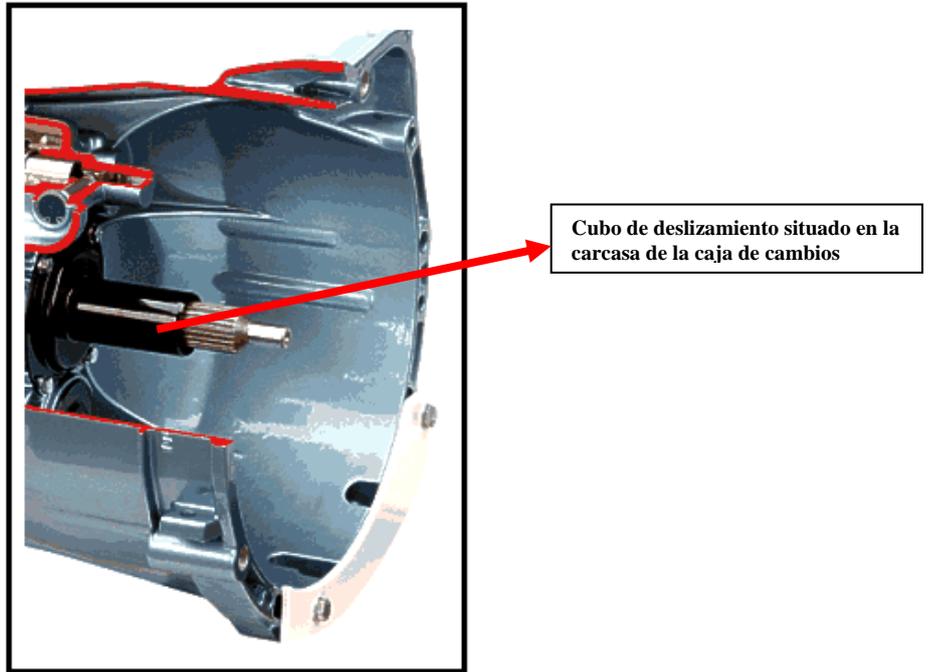
*(Fuente: Manual SACHS de embragues).*

Existen 2 tipos de cojinetes de embrague los que siempre y los que no lo están.

- Los que están siempre en contacto, estos se los encuentra en vehículos de trabajo pesado ya que están siempre presionados contra las patillas del diafragma por el sistema hidroneumático de asistencia del embrague.
- Los que poseen juego se los encuentra en vehículos de turismo ya que la fuerza de embragado es menos y no requieren de asistencia hidroneumática.

### **1.5.-Cubo de deslizamiento axial del rodillo separador.**

Es el eje en el cual se aloja el rodillo separador y esta sujeto a la caja de cambios, se ubica alrededor de la caja de cambios. (fig.1.5)

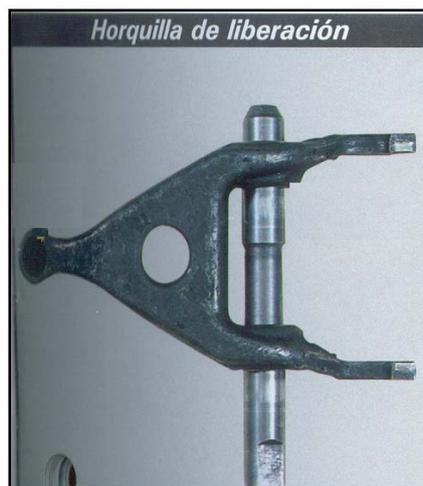


*Fig.1.5. Cubo de deslizamiento axial del rodillo separador.*

*(Fuente: Manual SACHS de embragues).*

### **1.6.-Horquilla.**

Es la encargada de transmitir el movimiento desde el bombín hasta el diafragma, además desmultiplica la fuerza ejercida por el conductor en el pedal. (fig.1.6)



*Fig.-1.6.Horquilla.*

*(Fuente: Manual SACHS de embragues).*

## **1.7.-Volante Motor.**

Es el elemento que transmite todo el par motor proveniente del cigüeñal, en su periferia se encuentra una coronilla encargada de transmitir el giro del motor de arranque.

(fig.1.7)



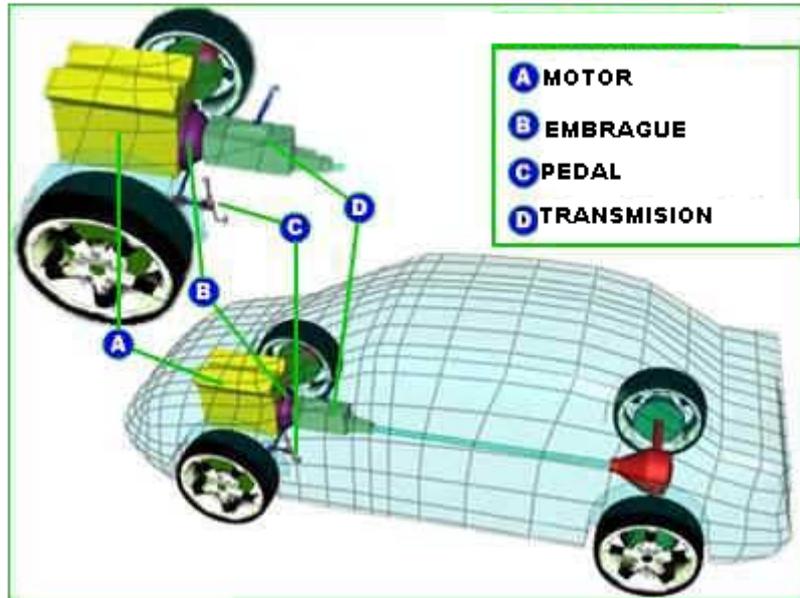
*Fig.-1.7. Volante Motor.*

*(Fuente: Manual SACHS de embragues).*

## **1.8.- UBICACIÓN DEL EMBRAGUE.**

### **UBICACIÓN DEL EMBRAGUE.**

El embrague se sitúa entre el volante motor y la caja de cambios (fig.1.8) y es accionado por un pedal que maneja el conductor con su pie izquierdo (menos en los automáticos que el pedal se suprime). Con el pedal suelto el giro del motor se transmite directamente a las ruedas, es decir, el motor está embragado. Y cuando el conductor pisa el pedal de embrague el giro del motor no se transmite a las ruedas, y se dice que el motor está desembragado.



*Figura.- 1.8. Ubicación del embrague.*

*(Fuente: Revista Mecánica popular).*

## **2.- TIPOS DE EMBRAGUES.**

Los embragues pueden ser clasificados en tres grandes grupos los de fricción, hidráulicos y los electromagnéticos. Para nuestro estudio analizaremos los embragues de fricción teniendo la siguiente clasificación.

### **2.1.-EMBRAGUES DE FRICCIÓN CON PLATO DE PRESIÓN DE MUELLES.**

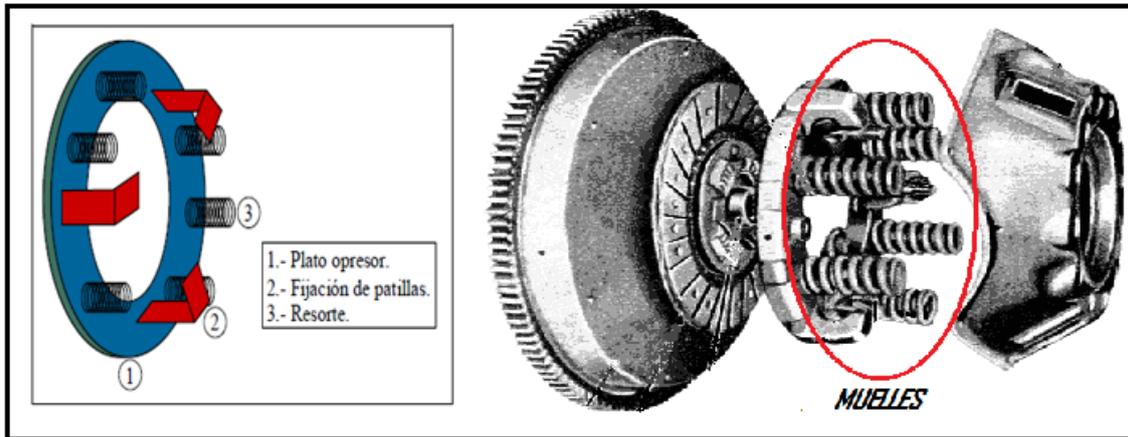
#### **Embrague de muelles.**

Es un tipo de accionamiento muy utilizado, pero que en la actualidad con respecto al embrague de diafragma tiene poca acogida. Los muelles están dispuestos circularmente para que resulte una presión mas uniforme sobre la maza de embrague (fig2.1).

Empujan al plato de presión por uno de sus dos extremos, apoyando el otro en la carcasa.

Debido a la presión que ejercen éstos sobre el plato de presión, cuando no actuamos sobre el mecanismo de embrague, el disco de embrague está presionado entre el plato y

el volante motor. Por el contrario, cuando actuamos sobre el mecanismo de embrague oprimimos dichos muelles, dejando de ejercer presión sobre el disco de embrague con la consecuente interrupción de la transmisión del par motor a la caja de velocidades.



*Figura.-2.1. Disposición de los muelles.*

*(Fuente: Manual CEAC del automóvil).*

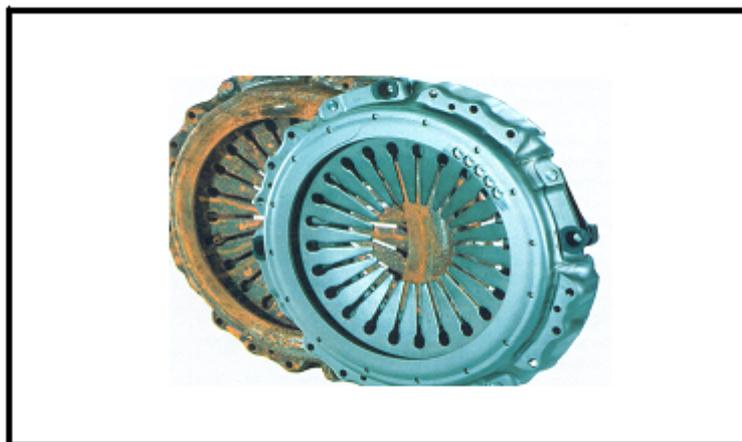
Para ejercer la acción sobre los muelles, el sistema está provisto de unas patillas de accionamiento. Estas están accionadas, en uno de sus extremos, por el mencionado cojinete de embrague, y por el otro extremo actúan sobre el plato de presión, desplazándolo y actuando éste a su vez sobre dichos muelles. Estas patillas se basan en el principio de la palanca para realizar tal función, teniendo como punto de apoyo la propia carcasa.

## **2.2.-EMBRAGUES DE FRICCIÓN CON PLATO DE PRESIÓN DE DIAFRAGMA.**

El diafragma está constituido por un disco de acero, de forma cónica, en el cual se encuentran practicados unos cortes radiales en forma de ranuras, y cuya elasticidad causa la presión necesaria para mantener el plato de presión contra el disco de embrague.

Al practicarse dichos cortes, el disco queda dividido interiormente en varios dedos elasticos que ejercen la función de las patillas de accionamiento en los embragues con muelles. (fig.2.2)

Cuando se monta en el vehículo, en posición de reposo, el diafragma se fuerza colocándose en su posición plana por lo que, al tratar de recuperar su forma cónica, oprime al disco de embrague por medio del plato de presión. La acción sobre el diafragma se ejerce en el centro de éste mediante un cojinete de embrague. Cuando se realiza la acción de desembragado, se actúa de tal modo que se invierte la conicidad del diafragma, dejando de ejercer presión sobre el plato de presión con la consiguiente liberación del disco de embrague.



***Figura. 2.2-. Diafragma del embrague.***

***(Fuente: Manual SACHS de embragues).***

Este último sistema de accionamiento requiere de menos fuerza sobre el pedal de embrague, cuando la acción es mecánica directa. Además, presenta la importante ventaja que supone una fuerza sobre el disco de embrague mucho más uniforme que aquella aplicada por los muelles.

Con el desgaste progresivo del material de fricción del disco, en el sistema de diafragma aumenta la presión sobre éste debido a su conicidad, mientras que con los muelles esta

presión va disminuyendo debido al estiramiento de los mismos, corriéndose el riesgo de que se convierta en insuficiente.

Por último, cabe indicar que el sistema de diafragma es mas fácil de equilibrar y más sencillo de construir.

### **2.3.-EMBRAGUE DE DISCOS MULTIPLES.-**

Están formados por múltiples discos de embrague estan dispuestos alternativamente como discos de accionamiento y como discos impulsados, y estan montados dentro de una caja y sumergidos en baño de aceite al llevar varios discos, se pueden construir de menor diámetro. Presentan una buena elasticidad aunque tienen tendencia a pegarse.



*Fig.2.3.- Embrague de discos multiples.*

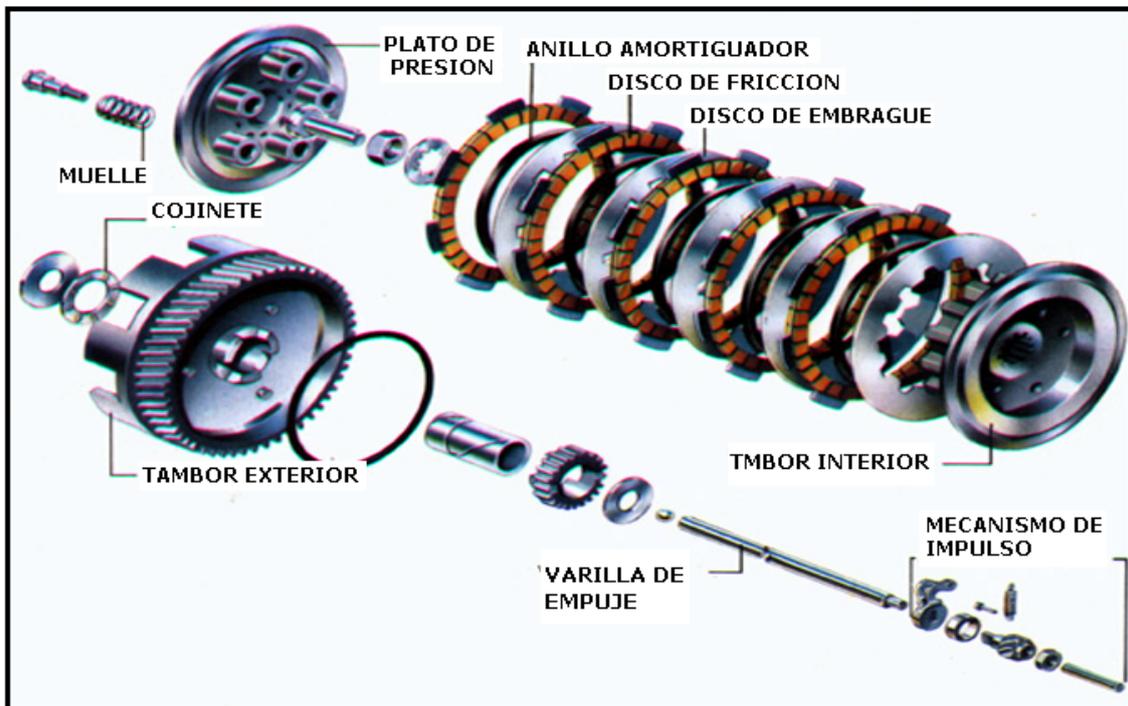
*(Fuente: Los autores.)*

### 2.3.1-DISCOS DE ACCIONAMIENTO.

Son llamados laminillas de fricción, están dentados exteriormente, y dichos dientes engranan en unas ranuras en la caja o jaula del embrague. Los discos de accionamiento tienen recubrimiento, la jaula del embrague es accionada por el cigüeñal a través de una Rueda dentada o de una cadena, por lo tanto siempre se encuentran girando mientras el motor esté funcionando.

### 2.3.2.-DISCOS IMPULSADOS.

- Llamados laminillas de acero tienen un dentado interior, en este dentado engrana en la ranuras del llamado cubo del embrague. Son discos de acero templado sin recubrimiento
- Llevan ranuras laterales para que en el estado de desembragado, se facilite la circulación del aceite, y en el proceso de embragado el aceite se expulse de la superficie de las laminillas, permitiendo un embrague suave.



*Fig.2.3.1.-Esquema de el embrague de discos multiples.*

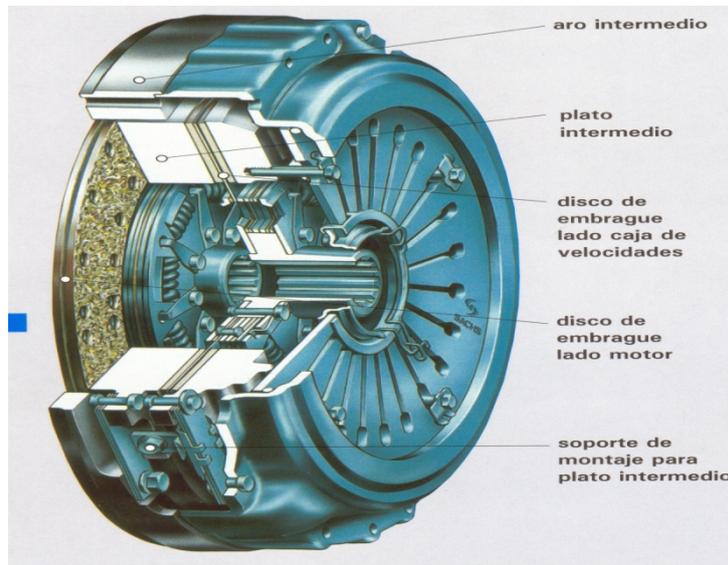
*(Fuente: Manual del automovil).*

## 2.4- EMBRAGUE DE DOBLE DISCO.

Se utilizan cuando las dimensiones de un solo disco no son las suficientes para transmitir el momento de giro del motor. (fig.2.3) Además de las piezas de un embrague de un solo disco, este embrague tiene una placa intermedia y otro disco de embrague.

La placa intermedia puede ser arrastrada por el volante motor o por la carcasa del plato de presión.

Podemos tener embragues de doble disco con plato de presión de muelles o de diafragma.



*Figura. 2.4.Embrague de doble disco.*

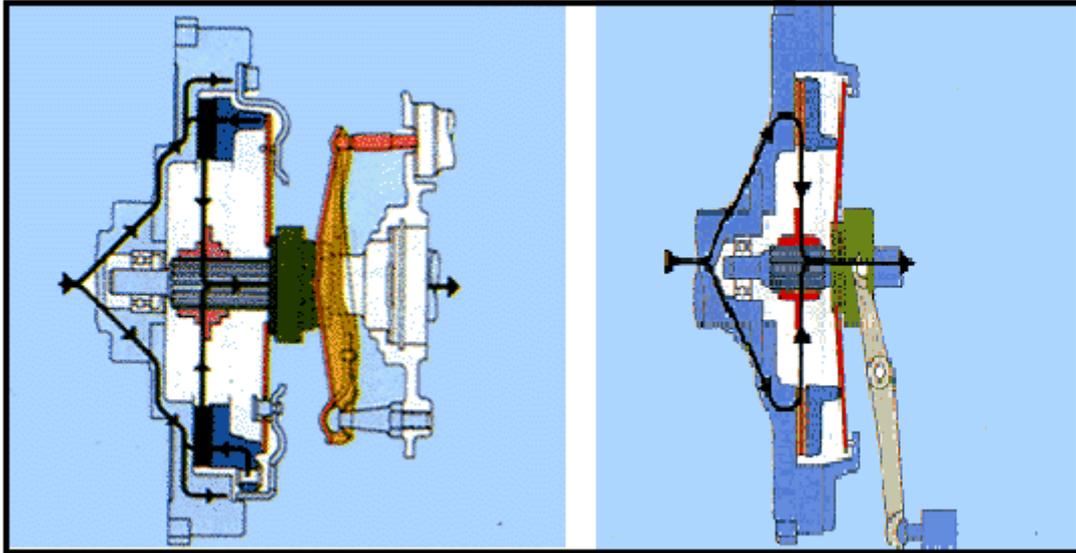
*(Fuente: Manual SACHS de embragues).*

## 3.- FUNCIONAMIENTO DEL EMBRAGUE.

### 3.1.- TRANSMISIÓN E INTERRUPCIÓN DE LA FUERZA.

Transmisión de fuerza: El embrague en su función como elemento de unión, transmite el par del motor a la caja de cambios. El plato de presión atornillado al volante presiona al disco de embrague contra el volante (Fig.3.1). El disco de embrague montado sobre un eje estriado transmite el movimiento giratorio a la caja de cambios. En embrague de

diafragma por tracción, el cojinete de empuje esta fijo en el diámetro interior a las lengüetas del diafragma. El diafragma se apoya en el diámetro exterior a la carcasa y presiona sobre el plato.

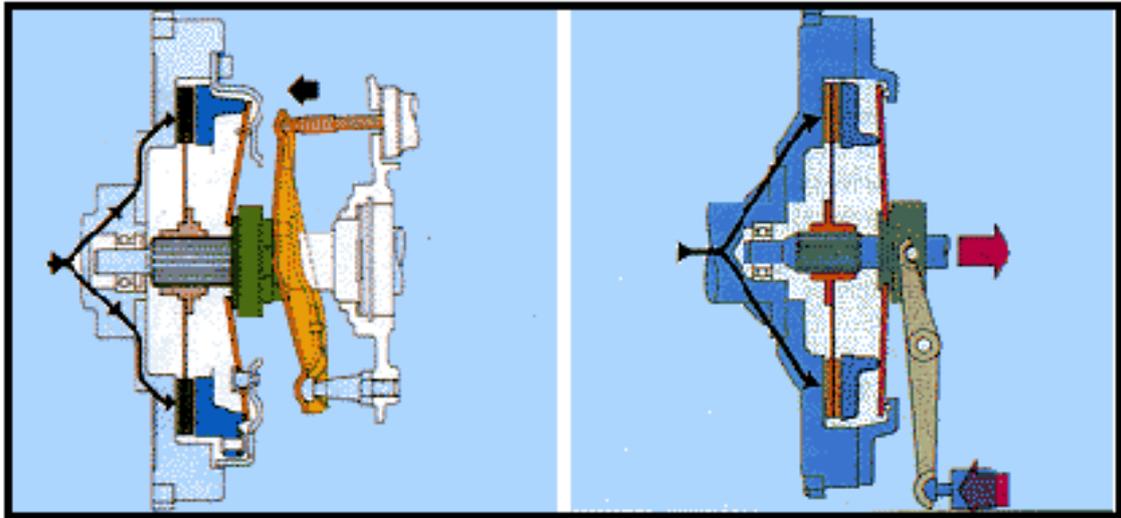


*Figura.3.1.- Transmisión de la fuerza.*

*(Fuente: manual del las técnicas del automóvil).*

### **Interrupción de fuerza.**

El varillaje del pedal embrague presiona el cojinete de empuje contra las lengüetas del diafragma y lo desplaza la distancia prescrita (Fig.-3.1.2). Ballestas tangenciales tiran al mismo tiempo del plato de presión hasta que se separa del disco de embrague. El disco de embrague se libera (desplazándose en sentido axial); en este momento, se puede efectuar el cambio de velocidad. Al desembragar el cojinete de empuje, se desplaza hacia la caja de cambios y lleva consigo las lengüetas del diafragma. Las ballestas tangenciales separan el plato de presión de los forros del disco de embrague.

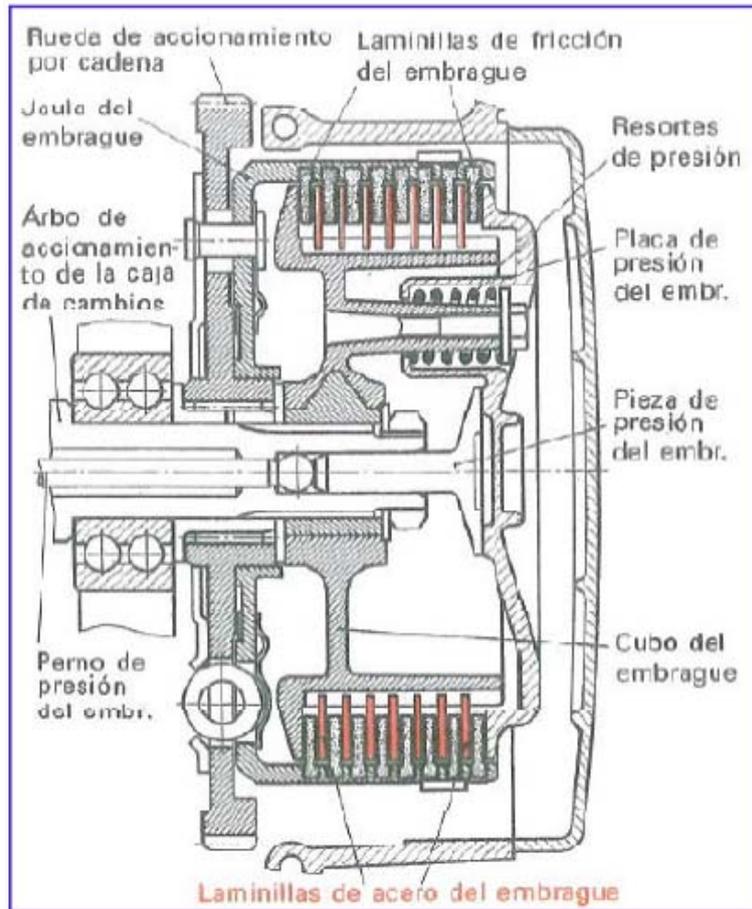


*Figura. 3.1.2.-Interrupcion de la fuerza.*

*(Fuente: manual del las técnicas del automóvil).*

### **3.2.-FUNCIONAMIENTO DEL EMBRAGUE DE DISCOS MÚLTIPLES.**

- La placa de presión del embrague se atornilla al cubo del embrague. Cada perno tiene se monta con un muelle, el cual comprime con fuerza la placa de presión, las laminillas de fricción y las laminillas de acero.
- Las laminillas de fricción arrastran por rozamiento a las laminillas de acero, entonces la jaula del embrague y el cubo del embrague quedan unidos, produciéndose la transmisión del movimiento.
- El sistema está embragado. Al desembragar, el dispositivo de desembrague acciona el perno de presión, el cual desplaza la pieza de presión, ésta a su vez actúa sobre la placa de presión, comprimiendo los muelles
- La placa de presión se separa de los discos del embrague, quedando interrumpida la transmisión de movimiento.



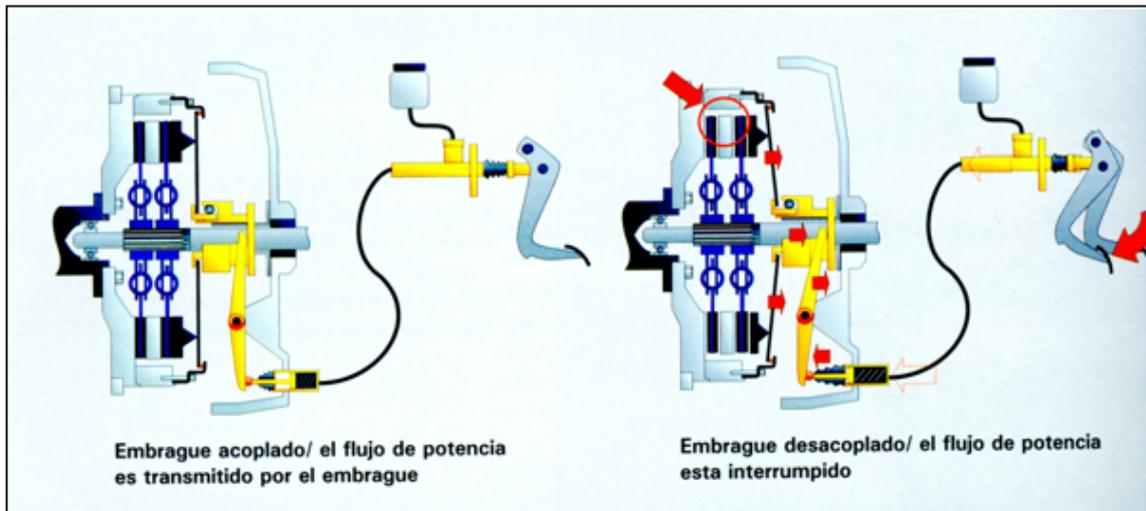
*Fig.-3.2. Esquema de funcionamiento del embrague de discos múltiples.*

*(Fuente: Manual del automóvil).*

### **3.2.1.-FUNCIONAMIENTO DEL EMBRAGUE DE DOBLE DISCO.**

La fuerza del elemento que ejerce presión (muelles o diafragma) es tan grande como la de él embrague de un solo disco. (f.ig.3.2) El momento de giro capaz de transmitirse es doble debido a que tenemos cuatro superficies de fricción.

El recorrido de cojinete axial, es doble al momento del desembrague, para permitir que las cuatro superficies de fricción queden libres.



*Figura.3.2.1-Funcionamiento del embrague de doble disco.*

*(Fuente: manual del las técnicas del automóvil).*

#### **4.- TIPOS DE ACCIONAMIENTOS.**

Por accionamiento del embrague o “timonería” se entiende todos los elementos que se encargan de llevar la acción que el conductor realiza sobre el pedal hasta el embrague en sí. En este punto se pretende describir las diferentes posibilidades con las que el conductor puede pilotar el sistema de embrague de fricción.

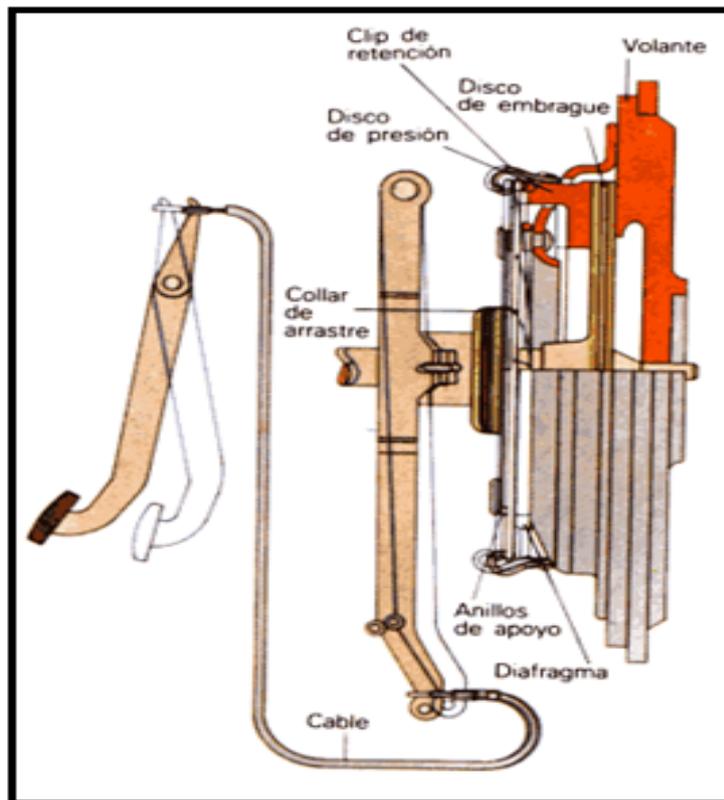
##### **4.1.- ACCIONAMIENTO MECÁNICO.**

###### **4.1.1.-Accionamiento por cable.**

Se basa en el accionamiento del sistema de embrague mediante un cable de acero unido por uno de sus extremos al pedal de embrague, y por el otro a una horquilla de embrague, unida ésta a su vez con el cojinete de embrague (fig4.1.1). Al pisar el pedal, el cable tira de la horquilla, aplicándole un esfuerzo capaz de desplazar al cojinete de embrague, deformando a su vez el diafragma del mecanismo con el consiguiente desembragado del sistema.

Al soltar el pedal, la fuerza de dicho diafragma hace desplazar al cojinete en sentido contrario, y éste a su vez al cable, con el consiguiente retorno del pedal a su estado de

reposo. En el sistema de accionamiento del embrague por cable, encontramos básicamente dos variedades. Por una parte tenemos el sistema en el que el cojinete de embrague, en posición de reposo, está en constante contacto con el diafragma, o con las patillas de accionamiento, según proceda.



*Figura. 4.1.1.- Accionamiento por cable.*

*(Fuente: manual del las técnicas del automóvil).*

Por otra, se encuentra el sistema en el que el cojinete de embrague y el diafragma, en posición de reposo, tienen una separación denominada guarda. Esta separación se obtiene gracias a un muelle situado en la horquilla del embrague. La separación es ajustable por el extremo del cable.

Actualmente algunos vehículos de última generación poseen un dispositivo autorregulador hidráulico para cables de mando de embragues, cuya finalidad es que no necesita ser calibrado por operario. Diseñado por la casa SACHS este se encuentra constituido por los siguientes elementos:

- Un cuerpo principal de forma esencialmente cilíndrica alargada e internamente hueco.
- Un émbolo alojado en el interior del cuerpo principal.
- Un vástago de regulación.
- Un resorte de regulación caracterizado porque el cual comprende un cuerpo de paso o alojamiento principal, hueco y alargado, que tiene un extremo frontal, con una puerta frontal abierta la cual se puede cerrar.
- Un extremo posterior, con una extensión posterior cerrada, este alojamiento contiene un fluido.



*Figura. 4.1.1.1.-Cable auto regulable.*

*(Fuente: Catalogo de productos SACHS).*

## **FUNCIONAMIENTO.**

Dentro del alojamiento un émbolo que se puede deslizar, a lo largo de una porción delimitada por dos posiciones terminales de tope y cuenta con un paso que permite el flujo del fluido a través del mismo.

Un vástago de regulación, que tiene un extremo que pasa a través de la extensión posterior del alojamiento. Un resorte de regulación empuja permanentemente el vástago de regulación, de esta manera que sea jalado el cable de control del mecanismo de embrague. Este vástago de regulación se extiende al exterior únicamente en el extremo posterior del alojamiento principal mientras el otro extremo del vástago de regulación se queda permanentemente dentro del alojamiento principal y se une fijamente al émbolo.

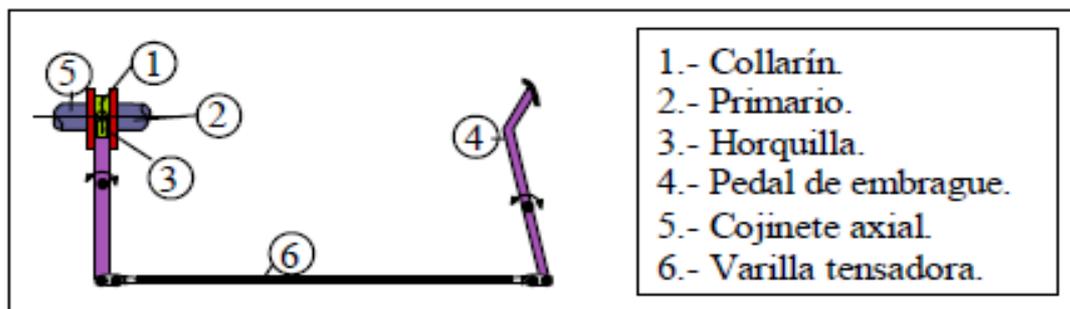
Este paso del émbolo está provisto con una válvula de cierre formado por un elemento de paso, unido fijamente al vástago de regulación y con un elemento de cierre el cual se adapta para interrumpir el flujo del fluido a través del elemento de paso en dependencia de los movimientos del vástago de regulación, este resorte de regulación está contenido dentro del alojamiento principal coaxialmente con el vástago de regulación de modo que un extremo del resorte de regulación sea llevado contra el extremo posterior del alojamiento y el otro extremo del resorte que impulsa permanentemente el vástago de regulación.

Con el émbolo adjunto al vástago de regulación este otro extremo del resorte de regulación empuja permanentemente el vástago de regulación en forma indirecta a través de un cojinete contra el émbolo.

Teniendo así un accionamiento de acople y desacople del embrague mucho mas suave y confortable para el conductor. Este tipo de cable por lo regular se los utiliza en mayor número en autos sedan y hatchback en todas las marcas Europeas como pueden ser Volkswagen, Peugeot, Lancia, Audi.

#### 4.1.2.- Accionamiento por varillas.

Transmite el movimiento, desde el pedal de embrague hasta la horquilla (fig.4.1.2). Una de las varillas, llamada varilla tensora, va roscada en sus extremos y sirve para la regulación del embrague.



*Figura. 4.1.2.- Accionamiento por varillas.*

*(Fuente: manual del las técnicas del automóvil).*

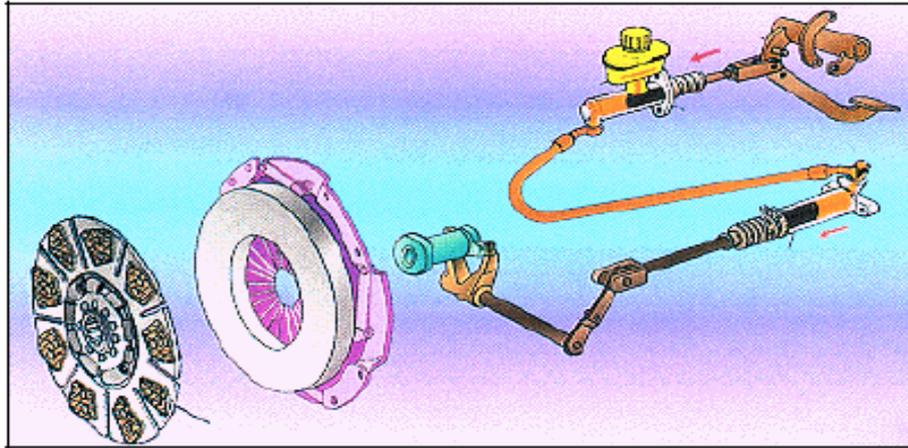
**Muelle de recuperación del pedal:** Va unido por un extremo a la palanca del pedal de embrague, y por el otro al bastidor del tractor.

#### **4.2.- Accionamiento hidráulico.**

En este sistema se utiliza, para desplazar el cojinete y en consecuencia todo el mecanismo, un cilindro emisor (o bomba) y un cilindro receptor (o bombín), comunicados entre sí a través de una tubería. (fig.4.2). El sistema funciona por medio del movimiento de unos émbolos situados dentro de los cilindros, movimiento que se efectúa a través de un líquido (que resulta ser el mismo que el utilizado en los sistemas de frenado). Cuando presionamos el pedal de embrague, éste actúa directamente sobre el cilindro emisor, desplazando su émbolo. Este, a su vez, ejerce una presión sobre el líquido que desplaza al émbolo del cilindro receptor, el cual se comunica con el cojinete de embrague por medio de una horquilla, conectada al émbolo mediante un vástago. Al desplazarse el émbolo por la fuerza del líquido, se desplaza el vástago y acciona la horquilla.

Otra variedad se encuentra en los modelos en que el cilindro receptor y el cojinete de embrague son una misma pieza, con lo que el desplazamiento axial del cojinete de embrague es aplicado del cilindro receptor directamente a dicho cojinete.

Los diámetros de los dos cilindros, emisor y receptor, son diferentes, por lo que la fuerza ejercida por el conductor sobre el pedal de embrague, aplicada directamente sobre el cilindro emisor, se multiplica, permitiéndose así un esfuerzo menor para el desembragado.



*Figura. 4.2.- Accionamiento hidráulico.*

*(Fuente: manual de las técnicas del automóvil).*

## **5.- DESARROLLO Y ELECCION DE MATERIALES UTILIZADOS PARA EL EMBRAGUE DE FRICCION.**

### **5.1.-Requerimientos de los materiales de fricción para discos de embrague.**

El proceso de transmisión de par en los embragues de fricción esta controlado en gran medida por las cualidades del material de fricción en el disco de embrague y que roza con el volante motor y el disco de presión. Las principales características del comportamiento tribológico de los materiales en contacto deben ser:

- Ambos materiales en contacto deben tener un alto coeficiente de fricción.
- Un elevado valor de este parámetro permite minimizar la presión necesaria para conseguir la transmisión de par.
- Los materiales en contacto deben resistir los efectos de desgaste, punzonamiento, ablación y formación de micro soldaduras.
- El valor del coeficiente de fricción debe ser constante sobre un rango de temperaturas y presiones adecuado.

- Los materiales deben ser resistentes a las condiciones atmosféricas y ambientales (humedad, presión, contaminación, partículas de polvo).
- Los materiales deben poseer buenas propiedades térmicas: alta conductividad térmica, baja inercia térmica y adecuada resistencia a las altas temperaturas.
- Capacidad para soportar elevadas presiones de contacto.
- Buena resistencia a esfuerzos cortantes transmitidos por la fricción de los elementos.
- Materiales de fabricación y uso seguros, y aceptables para el medio ambiente (algo que cada vez cobra más importancia).
- Debe tener una vida útil de hasta cientos de miles de kilómetros, en tracto camiones es aproximadamente hasta de 300000km y en vehículos livianos de 70000 a 100000 km de recorrido.

Por tanto, se infiere que el embrague es un sistema que debe ser capaz de transmitir pares que en ocasiones pueden ser muy grandes, y hacerlo de modo adecuado bajo condiciones muy adversas, cumpliendo además severos requisitos.

### **5.1.1.- ELECCIÓN DEL MATERIAL ADECUADO.**

La selección del material de fricción adecuado para una aplicación concreta es condición crítica de un buen funcionamiento del sistema. Algunas de las características a controlar son:

- Superficie de fricción del embrague.
- Rango de temperaturas de trabajo.
- Características de desgaste/durabilidad.
- Fuerza de actuación.
- Período inicial de funcionamiento anormal.

Muy a menudo, el impulso inicial es el de adquirir “demasiado embrague”. En ocasiones es un error muy importante, dado que debe haber un compromiso entre algunas de las características vistas arriba.

El primer paso en la identificación de qué material de embrague adquirir depende de las características del vehículo. Las principales son:

- La potencia del automóvil.
- El modo de uso: conducción urbana o competición y, en caso de la última, de qué tipo de competencia sea esta de rally o circuito.

A continuación detallamos los tipos de materiales utilizados para el disco de fricción<sup>1</sup>.

### **5.1.2.-Orgánicos.**

Su relativa tolerancia a sobrecalentamientos, su entrega progresiva de par y un tiempo inicial de funcionamiento anormal casi nulo los hacen idóneos para vehículos urbanos de potencias elevadas, hasta 400 HP, y competición en circuito con vehículos de similar potencia máxima en los que se busca alta durabilidad.(fig5.1.1)



*Figura.- 5.1.1. Embrague de material orgánico con fibras de latón.*

*(Fuente: Manual SACHS de embragues).*

---

<sup>1</sup> Ver anexo 1 materiales de fricción para embragues.

### 5.1.3.- Kevlar.

Coches de conducción urbana de hasta 500 HP y vehículos de circuito con elevadas potencias y usos muy intensos. Resistencia elevada a un uso intensivo, si bien es un material que carece de tolerancia a abusos (fig.5.1.2), (no recupera sus características tras sobrecalentarse).



*Figura. 5.1.2.- Embrague de kevlar.*

*(Fuente: Manual SACHS de embragues).*

Las cualidades del kevlar lo hacen poco apto para conducción urbana en general, especialmente en aquellos casos de frecuentes paradas por tráfico intenso, donde puede aparecer esmaltado en la superficie de fricción del material y pérdida de las características friccionales.

Material muy adecuado para embragues multidisco.

### 5.1.4.-Kevlar segmentado<sup>2</sup>.

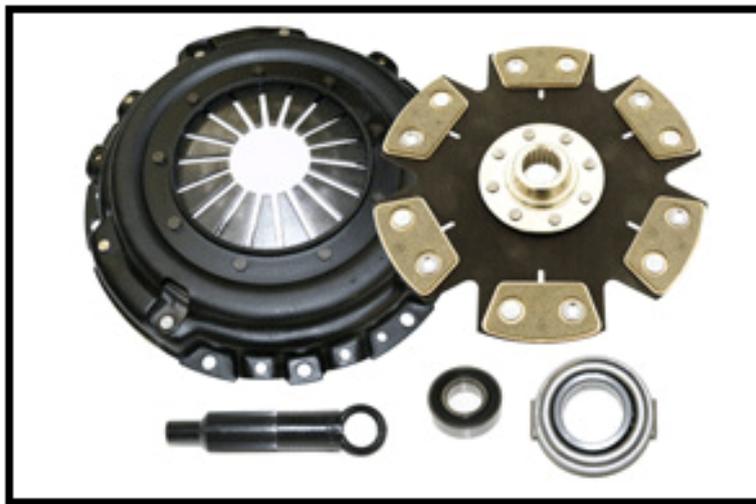
---

<sup>2</sup> Ver anexo 2 tratamiento térmico.

La elevada capacidad de evacuación de calor hace este tipo de material ideal para vehículos deportivos de hasta 650 HP y vehículos de competición en circuito de elevadas potencias y prolongada duración de la carrera. (fig.5.1.3).

Ideal cuando se busca un funcionamiento suave y progresivo en vehículos de gran potencia o aquellos equipados con cambios secuenciales.

No son aptos para embragues multidisco, pues el choque de los segmentos produce vibraciones intolerables.



*Figura- 5.1.3.- Embrague de kevlar segmentado.*

*(Fuente: Manual SACHS de embragues).*

### **5.1.5.- Carbocerámicos<sup>3</sup>.**

Material idóneo para embragues en vehículos de competición de aceleración o drag-racing y vehículos de circuito de hasta 500 HP con altas demandas de potencia y altos pares. (fig.5.1.4).

Soporta un uso muy intenso, adecuado para aplicaciones donde las presiones son extremas.

---

<sup>3</sup> Ver anexo 2 tratamiento térmico.



*Figura. 5.1.4.- Embrague carbocerámico.*

*(Fuente: Manual SACHS de embragues).*

#### **5.1.6.- Metal sinterizado<sup>4</sup>.**

Principalmente en el caso de embragues de hierro sinterizado, su uso esta estrictamente limitado a la competición de resistencia de vehículos de muy elevada potencia. Con un plato de presión adecuadamente dimensionado, el sistema es capaz de soportar fuerzas de presión extraordinarias. El funcionamiento es como el de un interruptor: activado/desactivado.

No funcionan bien en ambientes a baja temperatura.

Se requiere un volante motor con una muy elevada resistencia superficial. Los volantes estándar se destruyen rápidamente por la fricción con estos discos de embrague. (fig.5.1.5).

---

<sup>4</sup> Ver anexo 2 tratamiento térmico.

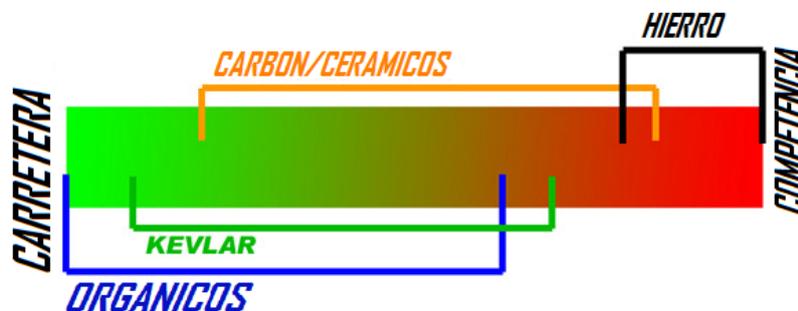


**Figura. 5.1.5. Embrague segmentado de hierro sinterizado.**

*(Fuente: Manual SACHS de embragues).*

Para elegir el material más adecuado para el disco de fricción según las necesidades del vehículo se debe tener en cuenta dos parámetros importantes los cuales son: la potencia y el uso del vehículo. (fig.5.1.6).

En función de los parámetros antes mencionados se tiene el siguiente cuadro que indica el material más adecuado.



**Figura. 5.1.6.- Elección del material de fricción adecuado.**

*(Fuente: Manual SACHS de embragues).*

Para hacer hincapié en los puntos esenciales, es importante no adquirir un embrague con capacidades muy por encima de las requeridas.

Un simple disco orgánico convencional puede soportar gran variedad de usos, incluyendo conducción urbana, conducción deportiva severa e incluso competición en circuito, de hecho, el reglamento de muchas competiciones en circuito obliga a montar en los vehículos embragues orgánicos estándar.

Los discos de kevlar son una buena elección para deportivos radicales y competiciones en circuito de vehículos con elevada potencia y par. Especialmente idóneos para vehículos sobrealimentados.

El material carbocerámico debería utilizarse únicamente en vehículos de muy altas prestaciones sometidos a continuas aceleraciones o en vehículos dedicados únicamente a competiciones de aceleración.

Los discos de embrague con forro de metal sinterizado tienen su uso estrictamente en pruebas de muy larga duración y potencias extremas.

## **6.- PROCESO DE DESARROLLO Y CONSTRUCCIÓN DEL EMBRAGUE.**

### **6.1.- PROCESO.**

Para el proceso de diseño y creación de un embrague adecuado, tanto por tamaño, particularidades en su accionamiento, materiales de las partes estructurales y material de fricción sigue una serie de pasos para asegurar el correcto funcionamiento de un sistema que trabaja bajo condiciones severas y grandes cargas térmicas y estructurales.

Detallándose a continuación los pasos que se siguen para el proceso de desarrollo del embrague.

#### ***Paso 1. Diseño del producto.***

La carcasa, los discos y el volante motor se modelan mediante programas de diseño CAD. Partes, uniones y funcionamiento conjunto son estudiados. Los componentes diseñados son ensayados mediante programas de elementos finitos para perfeccionar el diseño.

#### ***Paso 2. Creación de prototipos y ensayos.***

Los componentes diseñados se fabrican mediante prototipos rápido, y sobre las piezas fabricadas se realiza una serie de rigurosos ensayos en bancos de pruebas simulando las

condiciones reales de operación. Los resultados obtenidos de estos ensayos permiten continuar con el proceso de mejora del diseño realizado.

### ***Paso 3. Comprobación de los prototipos.***

Nuevos prototipos fabricados tras las mejoras implementadas en el proceso de ensayos son probados en vehículos para comprobar el funcionamiento óptimo de cada pieza en condiciones reales. Se comprueba el desgaste del material de fricción, vibraciones, ruido, progresividad en la entrega del par.

### ***Paso 4. Diseño y producción de las herramientas de fabricación.***

Las herramientas con las que se fabricarán en serie los componentes del embrague son diseñados a la par que el propio embrague. La calidad de estas herramientas es imperativa para un resultado adecuado de las piezas fabricadas.

### ***Paso 5. Estampado.***

Prensas con cargas que pueden superar las 2000 toneladas cortan y moldean las piezas metálicas. Las piezas estampadas incluyen, por lo general, la carcasa, el volante motor, el disco de presión, el disco de embrague y las bridas.

### ***Paso 6. Mecanizado.***

Máquinas herramienta por control numérico (CNC) mecanizan componentes como el disco de embrague o el de presión para un encaje óptimo en el ensamblaje final. Las tolerancias de trabajo en este punto son mínimas con fines a obtener uniones exactas y sin holguras.

### ***Paso 7. Tratamiento térmico.***

Partes como los muelles de diafragma son introducidos en grandes hornos en atmósfera rica en carbono para incrementar la dureza superficial y templar el material para mayor durabilidad de las piezas. Las superficies críticas en piezas que sufren fuertes tensiones, como bridas y soportes de la carcasa, se someten a un proceso de endurecimiento por

inducción, en el que el calentamiento por corrientes inducidas y posterior enfriamiento de la superficie de la pieza provocan un proceso de templado metalúrgico que dota a las primeras micras de material de una dureza extraordinaria.

#### ***Paso 8. Ensamblaje.***

En este punto el embrague cobra forma a partir de todas las piezas fabricadas por separado. Todos los componentes, que han pasado controles de calidad individuales, son ensamblados. El embrague final se inspecciona visualmente y se le realiza un equilibrado dinámico antes de las comprobaciones finales.

Es en este punto donde los forros de material de fricción son pegados a las caras del disco de embrague mediante pegamentos químicos extremadamente resistentes.

Los forros ya han sido fabricados mediante un proceso específico en función del material del que se trate:

Compactado y aglutinado mediante resinas poliméricas en el caso de materiales orgánicos o kevlar.

Sinterizado con aglutinantes en el caso de materiales carbocerámicos.

Sinterizado en el caso de materiales carbometálicos o metálicos.

#### ***Paso 9. Comprobaciones finales.***

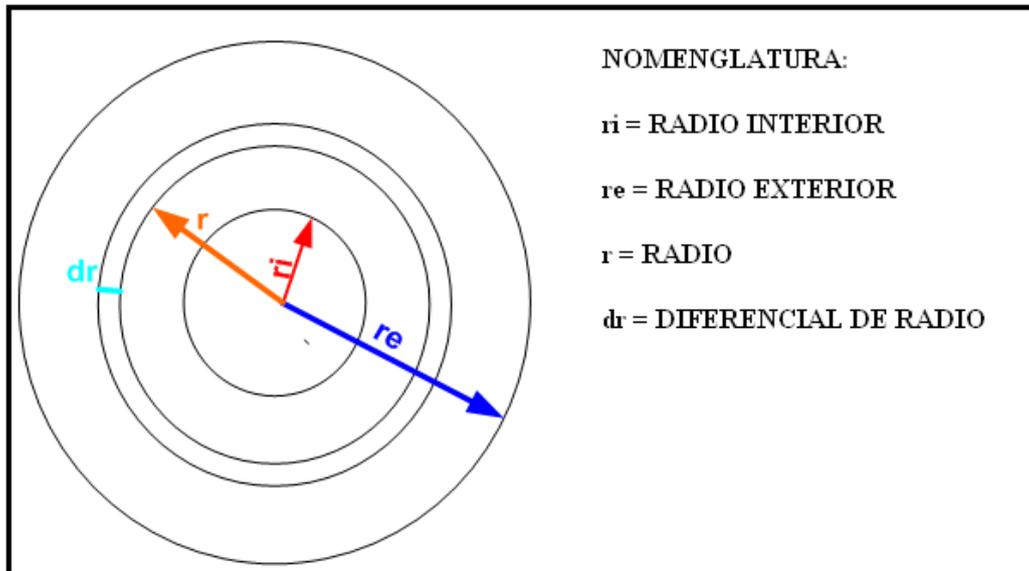
Los embragues que abandonan la línea de producción son comprobados individualmente, debiendo demostrar funcionamiento adecuado ante pruebas de presión, embragado y desembragado, coeficiente de fricción y temperaturas generadas, y asegurar que no se producen desgastes excesivos. Los discos se ensayan además ante cargas flectoras, capacidad de transmisión de par, presión homogénea por parte del muelle de diafragma, en su caso, y paralelismo de las superficies de fricción.

## 7.- CALCULOS DE LOS SISTEMAS DE EMBRAGUE<sup>5</sup>.

### Cálculo.

Par transmitido por el disco.

Aplicando los principios básicos de la mecánica se obtiene



*Figura.7.- Esquema de diámetros para el cálculo de la zona de fricción.*

*(Fuente: Aparicio izquierdo dinámica del automóvil).*

Presión máxima de trabajo sobre el disco  $p$

Superficie del anillo. (ecu.1)  $2\pi \cdot r \cdot dr$

Fuerza normal. (ecu.2)  $2\pi \cdot r \cdot dr \cdot p$

Fuerza de rozamiento. (ecu.3)  $2\pi \cdot r \cdot dr \cdot p \cdot f$

Par transmitido por una cara. (ecu.4)  $2\pi \cdot r \cdot dr \cdot p \cdot fr$

Par total: (ecu.5)  $M = 2 \int_{r_1}^{r_2} 2\pi \cdot r \cdot dr \cdot p \cdot fr$

<sup>5</sup> Aparicio izquierdo, Teoría de vehículos automóviles. Pag.274.

## Par total

$$M = \frac{4}{3} \pi \cdot f (r_e^3 - r_i^3)$$

### Cálculo Aproximado.

La resultante de las fuerzas de rozamiento se supone aplicada en el radio medio del disco  $r$ .

Superficie  $S$

F normal. (ecu.6).  $S * p$

F rozamiento (ecu.7).  $S * p * f$

Par (ecu.8).  $S * p * f * r$

El par transmitido por las dos caras. (ecu.9).  $M = 2 * S * p * f * r$

## CONSIDERACIONES Y LÍMITES DE UN EMBRAGUE.

### A. Por seguridad.

La capacidad de arrastre del embrague con el uso va disminuyendo, debido a la reducción de ciertos factores, espesor del forro, fricción y fuerza en los muelles. Todo ello ha de ser tenido en cuenta, afectando el cálculo de un coeficiente de seguridad. Este varía según el vehículo y la aplicación va desde 1,2 a 2. Para vehículos de turismo va desde 1,2 a 1,5 y, para vehículos sometidos a cargas bruscas, como los industriales y todos terrenos, de 1,5 a 2.(NOTA: todos los coeficientes de ajuste son dimensionales).

## **B. Por inercia.**

El tamaño del embrague y por lo tanto, el diámetro exterior del disco está limitado, inercia que puede alcanzar el conjunto en su movimiento, lo que daría un mal funcionamiento de la caja de cambios. Los diámetros máximos en los vehículos industriales no suelen superar los 430mm se resuelve la necesidad de uno mayor con un bidisco.

## **C. Por temperatura.**

La Temperatura que se alcanza en el embrague ha de estar limitada para que la capacidad del mismo no se vea seriamente afectada.

El valor de la temperatura está en función del valor de la fuerza de rozamiento puesta en juego cuando se realiza la acción de embragar, fuerza que a su vez depende del valor de la presión específica.

Con la ayuda de la termotecnia y con el fin de que exista una transmisión adecuada de calor generado, se ha de cumplir la siguiente relación:

$$p = \frac{k}{\sqrt{D}} \text{ kg/cm}^2 \quad (\text{Ecu.10})$$

p = Presión específica

D = Diámetro exterior del disco en cm.

k = Es una constante, que depende de la ventilación del embrague, se puede tomar en el mejor de los casos alrededor de 11,8 y en el peor de los casos 10.

Si D = 430mm y k = 11,8

$$p = \frac{11.8}{\sqrt{43}} = 1.8 \text{ kg/cm}^2$$

Es decir que la presión no debe ser superior a dicho valor

Si  $D = 430\text{mm}$  y  $k = 10$

$$p = \frac{10}{\sqrt{43}} = 1.5 \text{ kg/cm}^2$$

### **D.- Por progresivo.**

Una cualidad esencial de un embrague es ser progresivo. Se consigue utilizando presiones especificadas hasta un valor de  $2,5 \text{ kg/cm}^2$  aproximadamente.

Aplicando la relación que liga presión con diámetro exterior, se obtiene, que dicha presión de  $2,5 \text{ kg/cm}^2$  no debe emplearse con diámetros mayores de:

$$D = \frac{k^2}{p^2} = \text{cm}$$

Para  $k = 10$                        $D = 16 \text{ cm}$ .

Para  $k = 11.8$                      $D = 22,3 \text{ cm}$ .

A la vista de lo anterior, se podría utilizar un embrague con disco de  $16\text{cm}$  y considerar que la ventilación fuera buena para  $k = 11,8$  lo que permitiría utilizar una presión específica de:

$$p = \frac{11.8}{\sqrt{16}} = 2.98 \text{ kg/cm}^2$$

Se deduce que para el cálculo de un embrague, se debe en un principio, partir de los siguientes datos:

#### **1. Coeficiente de seguridad.**

Para vehículo con variación de cargas normales de 1,2 a 1,5.

Para vehículo con fuertes variaciones de cargas de 1,5 a 2.

#### **2. Diámetros admisibles.**

Máximo                      No más de  $430 \text{ mm}$

Mínimo                      No menos de 160 mm

### 3. *Presiones específicas.*

En vehículos de turismo hasta  $2,5 \text{ kg/cm}^2$

En vehículos de industriales hasta  $2 \text{ kg/cm}^2$

Las presiones anteriores pueden ser superadas en aplicaciones, donde las maniobras de embrague y desembrague se realizan relativamente poco, con relación a las aplicaciones normales.

### 4. *Solución bidisco.*

Cuando el par a transmitir, exige el empleo de diámetro y/o de presiones específicas, superiores a los límites admitidos, se debe optar por la solución del embrague con doble disco. Evidentemente, es una solución más cara, pero resuelve perfectamente la transmisión de grandes pares.

En la relación que liga la presión con el diámetro exterior, los valores de k, en el embrague bidisco, están comprendidos entre 7 y 8,7. Son menores que en los monódicos, debido a la mayor dificultad en su ventilación. Para los diámetros extremos de 16 y 43cm., las presiones específicas extremas son aproximadamente:

Para  $k = 7$

$$p = \frac{7}{\sqrt{43}} = 1.06 \text{ kg/cm}^2$$

$$p = \frac{7}{\sqrt{16}} = 1.75 \text{ kg/cm}^2$$

Para  $k = 8.7$

$$p = \frac{8.7}{\sqrt{43}} = 1.3 \text{ kg/cm}^2$$

$$p = \frac{8.7}{\sqrt{16}} = 2.17 \text{ kg/cm}^2$$

## **5. Solución Material cerámico**

Las presiones, tanto para embragues monodisco como bidisco, pueden superarse, aunque sea ligeramente, cuando el material de fricción es cerámico, y por tanto, los valores de k. igualmente el coeficiente de fricción.

Los valores de k dados son orientativos tanto para embragues mono disco como bidisco. Hoy dichos valores pueden ser superados (por materiales, diseño, transmisión de calor, etc.) lo que implica presiones mayores.

El diseño del disco, además de estar concebido para transmitir el par motor, lo es también para impedir en lo posible la propagación de vibraciones originadas por torsión en el cigüeñal del motor.

## **8.- AVERIAS DEL EMBRAGUE.**

### **8.1.-RECOMENDACIONES PARA EL CUIDADO DEL EMBRAGUE.**

Las recomendaciones para el cuidado del embrague se describen a continuación siendo estos unos hábitos que comunmente el conductor del vehículo debe evitar realizarlos siendo estos perjudiciales para la vida útil del embrague<sup>6</sup>

- Evite siempre apretar y soltar bruscamente el pedal del embrague para aumentar el torque o alterar la rotación del motor cuando se encuentre en una velocidad constante.(fig.8.1.1)

---

<sup>6</sup> Manual SACH de productos.



***Figura.8.1.1.-Liberar bruscamente el pedal del embrague.***

***(Fuente: Manual SACHS de embragues).***

- Utilice el pedal del embrague sólo en el momento del cambio de marcha. Cuando el conductor descansa el pie sobre el pedal, esto provoca un accionamiento excesivo del sistema y un desgaste prematuro de los componentes. (fig.8.1.2)



***Figura.8.1.2.- Utilice el pedal del embrague sólo en el momento del cambio de marcha.***

***(Fuente: Manual SACHS de embragues).***

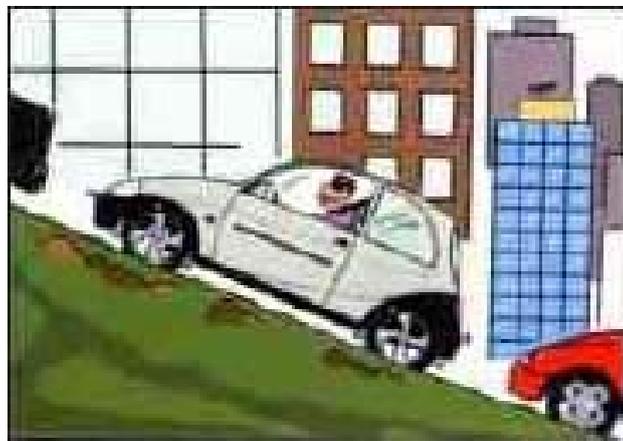
- No inicie bruscamente la marcha, evitando salidas violentas.(fig.8.1.3)



*Figura.8.1.3.-Evitar salidas bruscas.*

*(Fuente: Manual SACHS de embragues).*

- Nunca mantenga el vehículo en una subida utilizando el embrague como freno. Este hábito causa un desgaste excesivo del disco. En estas situaciones utilice siempre el freno de mano del vehículo.(fig.8.1.4)



*Figura. 8.1.4.-No mantener el vehículo embragado en subida.*

*(Fuente: Manual SACHS de embragues).*

- Nunca salga con el vehículo en segunda marcha.(fig.8.1.5).



***Figura. 8.1.5.-No arrancar el vehículo en segunda marcha.***

***(Fuente: Manual SACHS de embragues).***

- Evite siempre sobrepasar la capacidad de carga especificada por el fabricante del vehículo, porque afectará el funcionamiento del embrague y disminuirá su vida útil.(fig.8.1.6)



***Figura. 8.1.6.- No sobrecargar el vehículo.***

***(Fuente: Manual SACHS de embragues).***

## 8.2.-RECOMENDACIONES PARA EL MONTAJE DEL EMBRAGUE<sup>7</sup>.

### ➤ *Cuidados en la compra.*

- Verifique el código del producto en el Catálogo de embragues y asegúrese que es el correcto para satisfacer su necesidad.
- Cerciórese que el embalaje esté sellado y no presente daños. El embalaje sellado es la garantía de tener en sus manos una pieza original. (fig.8.2.1).



*Figura.8.2.1.-Recomendación.*

*(Fuente: Manual SACHS de embragues).*

### ➤ *Cuidados al manipular.*

- El manipuleo del embrague siempre debe hacerse con el uso de guantes tenga cuidado para que los guantes estén exentos de cualquier tipo de lubricante.
  - En caso de contacto prolongado sin la debida protección, lavesse las manos con agua en abundancia, sin fregarlas.
  - Maneje el embrague cuidadosamente para evitar caídas y daños al mismo.
- (fig.8.2.2).

---

<sup>7</sup> Manual SACH de productos.



**Figura.8.2.2.- Recomendación.**

*(Fuente: Manual SACHS de embragues).*

➤ **Cuidados al almacenar.**

- Si Usted no va a utilizar el embrague de inmediato, preserve su calidad almacenándolo en un lugar seco y ventilado.
- Evite la exposición directa del producto a los rayos solares y el almacenamiento cerca de lugares con intenso calor.
- El embrague debe ser almacenado de preferencia en posición vertical, dentro del embalaje original.(fig8.2.3)



**Figura.8.2.3.-Recomendación.**

*(Fuente: Manual SACHS de embragues).*

## **9. INNOVACIONES DE EMBRAGUES A FRICCIÓN.**

### **Otros tipos de sistemas de embrague.**

Además del embrague de fricción utilizado en automoción, existen otros tipos de sistemas que, a modo de recopilación, se describen brevemente en este punto.

- Embrague centrífugo.
- Embrague para competencia.
- Embrague autoajutable.

## 9.1. Embrague centrífugo.

Este sistema de embrague está previsto de unos contrapesos que, al alcanzar el motor un determinado régimen de giro, son empujados hacia la periferia por la fuerza centrífuga, haciendo que las palancas que van unidas a ellos basculen y hagan presión sobre la masa de embrague.(fig.9.1)

Cuando el motor gira a ralentí, los contrapesos ocupan su posición de reposo gracias a la acción de unos pequeños muelles y, con ello, el plato de presión deja en libertad al disco de embrague, consiguiendo el desembragado del motor.



*Figura.9.1.-Embrague centrífugo.*

*(Fuente: Manual SACHS de embragues).*

### 9.1.1.-EMBRAGUES CENTRÍFUGOS DE SEGMENTOS BASCULANTES.

- En estos embragues el motor acciona unos segmentos basculantes de embrague.
- Estos segmentos se mueven hacia el exterior al aumentar el número de revoluciones
- Dichos segmentos llevan guarniciones, y el arrastre se efectúa a partir de las 1000 rpm



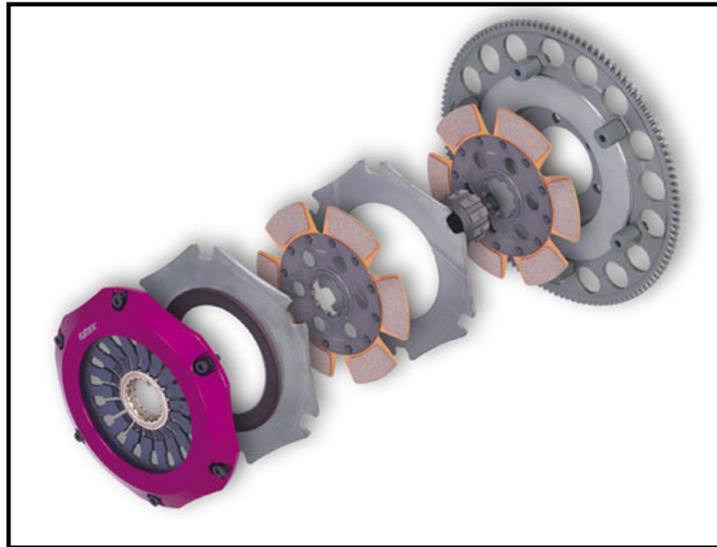
*Fig.9.1.1.- Embragues centrífugos de segmentos basculantes.*

*(Fuente: Manual SACHS de embragues).*

## **9.2.- EMBRAGUE PARA COMPETENCIA.**

Con independencia de los materiales de fricción empleados, los sistemas de embrague específicos para competición automovilística muestran diferencias importantes con respecto a los empleados en automoción, podríamos llamar, civil.

Es importante resaltar que, en competición, priman características como la rapidez de actuación, peso reducido y capacidad de transmisión de pares elevados frente a otras como confort, ausencia de ruido o durabilidad. Es por ello que, aún hoy en día, los embragues utilizados en este campo son los de fricción, frente a hidráulicos, electromagnéticos o centrífugos. (fig.9.2.1).



***Figura 9.2.1. Embragues de competencia.***

***(Fuente: Manual SACHS de embragues).***

La inmediatez en el proceso de desembragado y embragado necesaria actualmente ha permitido que los sistemas de embrague más utilizados sean los de pilotado electrónico. Es decir, el piloto no necesita accionar el pedal de embrague salvo, en algunos casos, únicamente para la aceleración desde parado. La gestión electrónica controla, a través de la posición de la palanca de mandos, de las revoluciones del motor y la posición del pedal de aceleración, la activación del circuito hidráulico de mando.

### **9.3.-EMBRAGUE AUTOAJUSTABLE.**

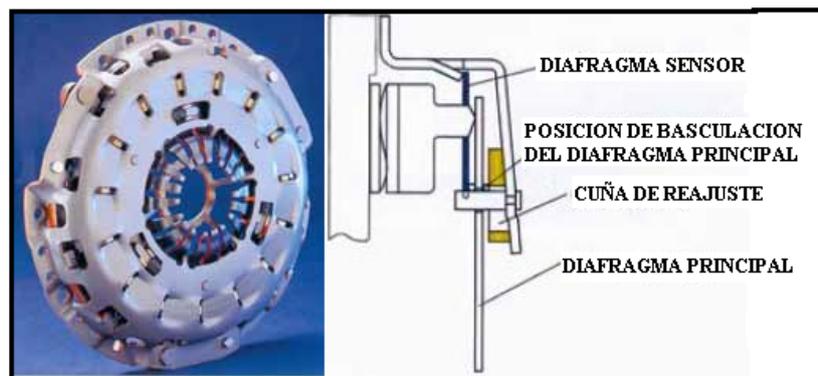
En el embrague con ajuste automático del desgaste, el aumento de la fuerza de desembrague se registra mediante el desgaste y se introduce con acierto una compensación para el decreciente espesor de los forros.

Como diferencia esencial en relación con un embrague convencional, el diafragma no se remacha firmemente a la carcasa, sino que está apoyado al diafragma sensor. (fig.9.3.1)

Este diafragma sensor presenta una zona suficientemente larga con una fuerza casi constante, al contrario que el diafragma principal.

La zona horizontal del diafragma sensor se ajusta algo por encima de la fuerza de desembrague deseada. Mientras la fuerza de desembrague sea más pequeña que la fuerza de sujeción del diafragma sensor, la posición de basculación del diafragma principal permanecerá en el mismo lugar al desembragar.

Sin embargo, si aumenta la fuerza de desembrague a causa del desgaste de los forros, se rebasará la fuerza antagonista del diafragma sensor y el alojamiento de basculamiento se desvía en dirección al volante tanto como sea necesario, hasta que la fuerza de desembrague haya descendido hasta la fuerza del diafragma sensor. En caso de ceder el diafragma sensor, se formará un espacio libre, el cual será compensado, por ejemplo mediante una cuña.



*Figura. 9.3.1.- Embrague autoajutable.*

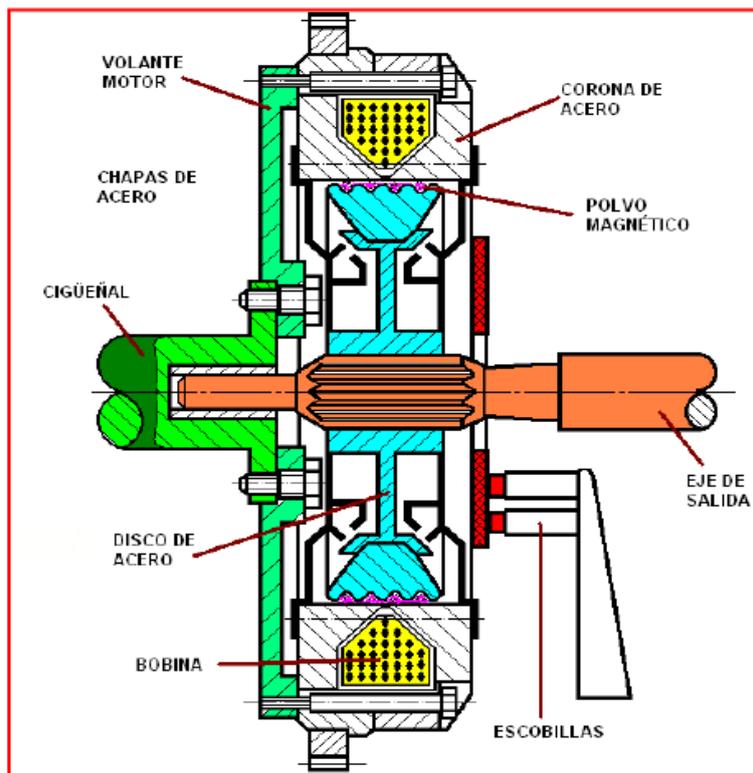
*(Fuente: Manual SACHS de embragues).*

#### **9.4.-EMBRAGUE ELECTROMAGNÉTICO.**

El sistema de embrague electromagnético está constituido por una corona de acero que se monta sobre el volante de inercia del motor. En el interior de esta corona va alojada una bobina, que al pasar la corriente eléctrica a través de ella produce un campo magnético en la zona del entrehierro formado entre la corona y el disco de acero. Dicho disco va montado en el primario de la caja de cambios por medio de un estriado,

sustituyendo al disco de embrague convencional. El espacio existente en el interior de la corona se cierra con chapas de acero, y se rellena con polvo magnético, que se aglomera en el entrehierro por la acción del campo magnético creado por la bobina, haciendo solidarios a la corona con el disco.

De esta forma, cuando pasa corriente por el arrollamiento de la bobina se produce la aglomeración del polvo magnético consiguiendo el embragado del motor. Por el contrario, si no pasa corriente por la bobina el polvo magnético no se aglomera en el entrehierro, lo que permite girar en vacío a la corona sin arrastrar el disco. Con lo cual el motor permanece desembragado. En el instante en que comienza a pasar corriente por la bobina se inicia la aglomeración del polvo magnético, que tarda un cierto tiempo en completarse, además del retardo a la aparición del flujo magnético que se produce en todas las bobinas. Este efecto consigue que el embrague sea progresivo.



*Fig.9.4.-Esquema del embrague electromagnético.*

*(Fuente: Manual CEAC del automóvil).*

## **CONCLUSIONES.**

En el presente capítulo podemos decir que se han cumplido los objetivos propuestos ya que se ha realizado una investigación y recopilación sobre los tipos, elementos y partes que constituyen el conjunto del embrague que actualmente se utilizan en los vehículos de turismo, así como también los diferentes tipos de materiales y sus tratamientos térmicos empleados en la actualidad para la construcción de embragues, cabe resaltar que en este capítulo se presentan las causas más frecuentes para el daño y averías en el embrague y a su vez las recomendaciones para su óptimo funcionamiento y mantenimiento. A más de esto se hace referencia a las nuevas tecnologías e innovaciones en los conjuntos de embrague a fricción.

## **CAPITULO II.**

**DISEÑO Y RECONSTRUCCIÓN DE LAS  
MAQUETAS E IMPLEMENTACIÓN DEL  
EMBRAGUE HIDRONEUMÁTICO.**

## **2.1.-INTRODUCCIÓN.**

En el presente capítulo se describe la elección de las maquetas que se rediseñaran con la finalidad de obtener un material didáctico adecuado para el aprendizaje de los estudiantes, para ello se realizará un diseño estandarizado de la estructura de soporte de los conjuntos del embrague con la finalidad de obtener maquetas con características semejantes en cuanto a su estructura base, con la diferencia de que sus sistemas de accionamiento son en cada una de ellas distintos, pudiendo ser los siguientes: accionamiento por varillas, accionamiento por cable, accionamiento hidráulico y accionamiento hidroneumático.

Cabe indicar que en este capítulo se realizara un estudio de análisis de la estructura de soporte, para el cual se utilizará un software de estudio y simulación del comportamiento de la estructura sometida a diferentes esfuerzos; con esto podemos elegir el material adecuado para la construcción de las mismas sin correr el riesgo de que estas no resistan las cargas generadas por el funcionamiento de los conjuntos de embrague.

## **2.2.-SELECCIÓN DE LAS MAQUETAS PARA SU RECONSTRUCCIÓN.**

Se seleccionaron del laboratorio de tren fuerza motriz las maquetas que se encontraban con todas las piezas que constituyen el conjunto del embrague, y son las siguientes:

Dos maquetas con mando por cable. Fig. (2.2.1 y 2.2.2), dos maquetas con mando por varilla, Fig. (.2.2.3 y 2.2.4), y una maqueta con mando hidráulico. Fig. (2.2.5), a mas de estas se implementara una maqueta del embrague bidisco a fricción con mando hidroneumático.



*Fig.2.2.1 y Fig. 2.2.2.- Maquetas con mando por cable.*

*(Fuente: Los autores).*



*Fig.2.2.3 y Fig.2.2.4 Maquetas con mando por varilla.*

*(Fuente: Los autores).*



**Fig.2.2.5 Maqueta con mando hidráulico.**

*(Fuente: Los autores).*

### **2.2.1.-DESPIECE DE LAS MAQUETAS.**

Procedimos a realizar el despiece de las maquetas figuras. (2.2.6, 2.2.7 y 2.2.8).

Tomando en cuenta a los elementos que se encuentran en condiciones optimas para su restauración



**Fig.2.2.6 y Fig.2.2.7.- Despiece de la maqueta con mando por cable.**

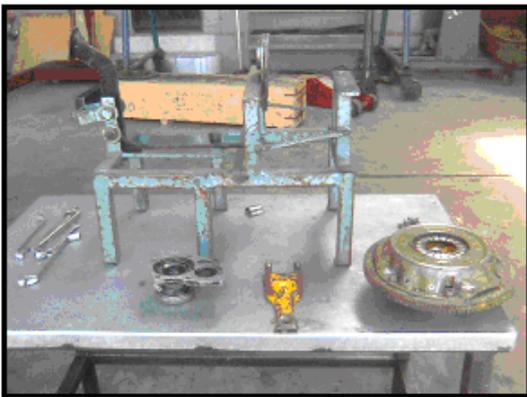
*(Fuente: Los autores).*



**Fig.2.2.8.- Despiece de la maqueta con mando por cable.**

*(Fuente: Los autores).*

**Despiece de las maquetas con mando por varilla. Fig. (2.2.9 y 2.2.10).**



**Fig. 2.2.9 y Fig. 2.2.10.-Despiece de las maquetas con mando por varilla.**

*(Fuente: Los autores).*

**Despiece de la maqueta con mando hidráulico. Fig. (2.2.11).**



*Fig.2.2.11.- despiece de la maqueta con mando hidráulico.*

*(Fuente: Los autores).*

Como se observa en las imágenes anteriores las estructuras no son aptas para la manipulación por parte de los estudiantes ya que no cuentan con un diseño didáctico adecuado que permita percibir el funcionamiento del conjunto del embrague y de sus elementos.

En los siguientes ítems del capítulo II se detalla el estudio realizado para la construcción de las estructuras estandarizadas.

## **2.3.- DISEÑO Y ANALISIS DE LA ESTRUCTURA DEL MODELO ESTANDARIZADO PARA LAS MAQUETAS.**

### **2.3.1.- DISEÑO.**

El diseño pretende generar un modelo estandarizado para la estructura de las maquetas, posibilitando establecer el material didáctico adecuado y necesario para la realización de las diferentes prácticas que se efectúan en el laboratorio.

Estos elementos se convierten consecuentemente en una herramienta de fácil manejo, entendimiento y manipulación de los elementos, aspecto que contribuye al aprendizaje de los estudiantes.

Para el diseño estandarizado de la estructura se tomó en cuenta los siguientes parámetros que influyen en el perfil a ser seleccionado para la elaboración de las mismas, siendo los siguientes:

### **Cargas.**

Las cargas presentes en el diseño son fuerzas que actúan sobre los cuerpos. Según su efecto sobre los cuerpos existen varios tipos de cargas.

- 1.- Carga Puntual o Concentrada
- 2.- Carga Uniformemente Distribuida
- 3.- Carga Uniformemente variada

Las cargas antes mencionadas se manifiestan en nuestro diseño de la siguiente manera.

- Peso total del conjunto del embrague.
- Peso del eje piloto.
- Fuerza de accionamiento.

**Esfuerzos:** El término fundamental para el estudio de la resistencia de los materiales es el llamado esfuerzo unitario, sabemos que el cálculo de las fuerzas externas en una sección de un miembro debe ser determinado por los conocimientos de la estática.

**Esfuerzo Unitario:** Puede ser definido como la fuerza interna por la unidad de área de una sección de unión. Hay dos tipos de esfuerzos. Esfuerzos normales los cuales actúan en perpendicular a las secciones en estudio y pueden ser de tensión o compresión dependiendo de sus tendencias a alargar o acortar el material sobre el cual actúa.

**Deformación:** Un cuerpo sólido sometido a un cambio de temperatura o a cargas externas se deforma. El dimensionamiento es otra consideración importante dentro del diseño, apegándonos un poco al concepto de diseño debemos interrelacionarnos con el medio, por lo que nos apegamos a la realidad utilizando todos los sistemas para no cambiar de alguna forma la configuración original de un sistema que requiere un diseño. Los procesos son también aspectos de consideración relacionados directamente con la seguridad, donde se debe seleccionar la sujeción, soporte, y el factor de seguridad que es un número que se utiliza en ingeniería para los cálculos de diseño de elementos o componentes de maquinaria, estructuras o dispositivos en general, proporcionando un margen extra de prestaciones por encima de las mínimas estrictamente necesarias<sup>8</sup>. Todos estos parámetros para el diseño se los aplicara como fuerzas puntuales en el prototipo de la estructura.

### **2.3.1.1- PLANOS DE LA ESTRUCTURA<sup>9</sup>.**

Se procedió a realizar un bosquejo para esto se utilizo el AUTO CAD 2008 con el cual se obtuvo una correcta visualización de la estructura deseada como se puede observar en los planos de la estructura.

### **2.3.2.- ANALISIS DE LA ESTRUCTURA.**

Para el análisis de las estructuras utilizamos como instrumento de estudio el software “**SOLID WORKS**”.

El software antes mencionado es una herramienta que nos permite agilizar el análisis de las estructuras ya que es posible realizar la simulación del comportamiento de la misma sometida a las diferentes cargas y esfuerzos de trabajo; este posee las siguientes características.

---

<sup>8</sup> BEER, Ferdinand P. y JOHNSTON, E. Russell, *Mecánica de Materiales*, Tercera Edición, Mc Graw – Hill Interamericana, México, 2004. p. 363

<sup>9</sup> Ver Anexo 10 planos de la estructura de las maquetas.

- Recursos de aprendizaje.
- Gestión de datos y comunicación.
- Documentación de diseño y fabricación.
- Personalización y automatización.
- Diseño de piezas de chapa.
- Integración con Auto CAD.
- Diseño de estructuras.
- Diseño de ensamblajes.
- Diseño de piezas.
- Análisis de tensión (CEF).
- Análisis del Factor de Seguridad.
- Análisis de Esfuerzos.

Este software combina la funcionalidad de simulación de movimiento y análisis de tensión que permite validar los diseños digitales y predecir el funcionamiento del mismo en condiciones reales<sup>10</sup>.

Con lo cual se obtienen los siguientes resultados que se describen a continuación.

#### **Fuerzas de reacción.**

Conjunto de selecciones	Unidades	Suma X	Suma Y	Suma Z	Resultante
Todo el sólido	N	1117.5	1010.16	0.60781	1506.39

#### **Fuerzas de cuerpo libre.**

Conjunto de selecciones	Unidades	Suma X	Suma Y	Suma Z	Resultante
Todo el sólido	N	0.00198746	-0.000885025	0.000303328	0.00219665

#### **Momentos de cuerpo libre**

Conjunto de selecciones	Unidades	Suma X	Suma Y	Suma Z	Resultante
Todo el sólido	N-m	0	0	0	1e-033

<sup>10</sup> SOLID WORKS INC., *solidworks*, Estados Unidos, 2008. <http://solidworks.com/inventor-graphics-cards/GraphicsCardsGeneral.htm>.

## Resultados del estudio.

Resultados predeterminados.

Nombre	Tipo	Mín.	Ubicación	Máx.	Ubicación
Tensiones1	VON: Tensión de von Mises	3954.38 N/m <sup>2</sup> Nodo: 16806	(119.482 mm, 309.788 mm, 348.625 mm)	1.49315e+008 N/m <sup>2</sup> Nodo: 9029	(129.55 mm, 281.895 mm, 220.291 mm)
Deformación elástica1	URES: Deformación resultante	0 m Nodo: 1765	(25 mm, 0 mm, 310 mm)	0.000742667 m Nodo: 15152	(484.993 mm, 358.064 mm, 174.87 mm)
Deformaciones unitarias1	ESTRN: Deformación unitaria equivalente	3.16434e-008 Elemento: 7549	(118.94 mm, 304.688 mm, 348.507 mm)	0.000600071 m Elemento: 4367	(468.322 mm, 279.946 mm, 64.1472 mm)

- METODOS DE ANALISIS DE VON MISES, URES, ESTRN.<sup>11</sup>

### 2.3.2.1.-TENSIONES.

En física e ingeniería, se denomina tensión mecánica al valor de la distribución de fuerzas por unidad de área en el entorno de un punto material dentro de un cuerpo material o medio continuo. Un caso particular es el de tensión uniaxial, que se define como la fuerza  $F$  uniformemente distribuida, aplicada sobre un área  $A$ . En ese caso la tensión mecánica uniaxial se representa por un escalar designado con la letra griega  $\sigma$  (sigma) y viene dada por: (Ecuación 11).

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (\text{ecu.11})$$

- Siendo las unidades [Pa] (pascal = [N/m<sup>2</sup>]), [MPa] = 10<sup>6</sup> [Pa] (y también [kp/cm<sup>2</sup>]).

---

<sup>11</sup> Ver anexo 5 métodos de análisis.

La situación anterior puede extenderse a situaciones más complicadas con fuerzas no distribuidas uniformemente en el interior de un cuerpo de geometría más o menos compleja. En ese caso la tensión mecánica no puede ser representada por un escalar. El coeficiente de Poisson se introdujo para dar cuenta de la relación entre el área inicial  $A$  y el área deformada  $A'$ . La introducción del coeficiente de Poisson en los cálculos estimaba correctamente la tensión al tener en cuenta que la fuerza  $F$  se distribuía en un área algo más pequeña que la sección inicial.<sup>12</sup>

### **2.3.2.2. Tensión Equivalente.**

Como podemos observar en la figura de la estructura analizada, la tensión equivalente tiene como un máximo de  $(1.49315e+008 \text{ N/m}^2)$  lo cual está dentro de los rangos que posee el acero estructural ya que el mismo puede llegar a soportar una tensión de 400MPa, como podemos observar en la siguiente tabla: **(Tabla1)**.

---

<sup>12</sup> SINGER, Ferdinand L, *Resistencia de Materiales*, Primera Edición, Harper & Row Latinoamericana, México, 1971. p .19

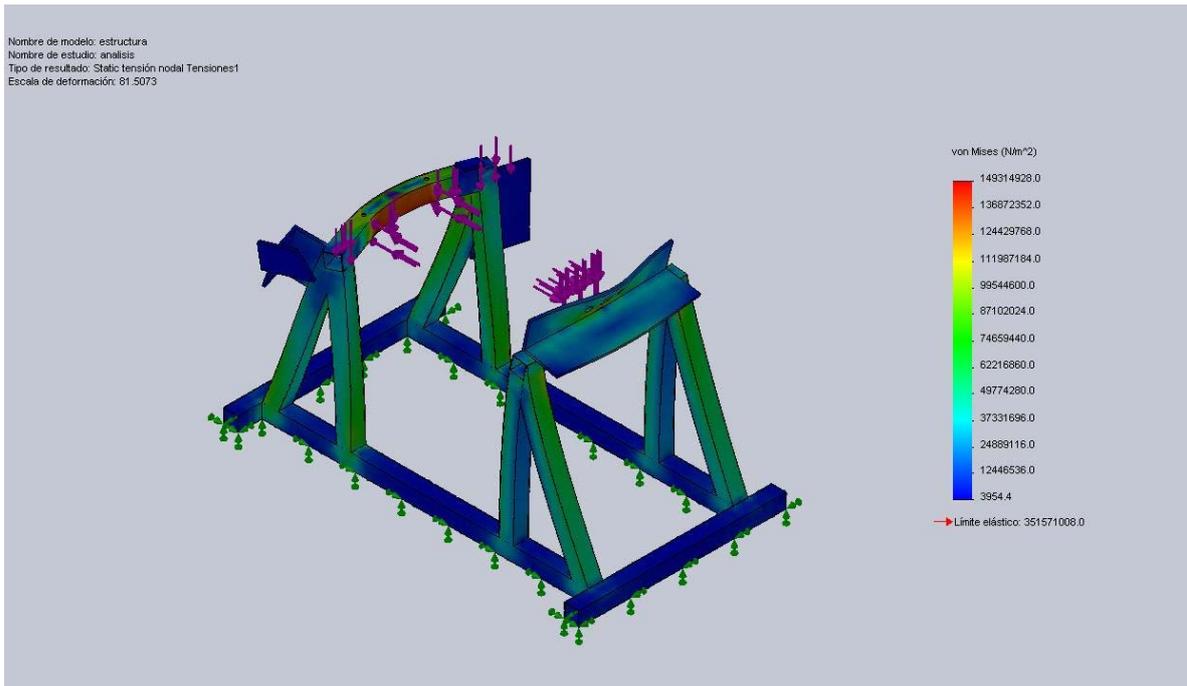
## Propiedades del Acero Estructural (tabla 1).

**Apéndice B.** Propiedades típicas de materiales seleccionados usados en ingeniería<sup>1,5</sup> 747  
(Unidades SI)

Material	Densidad, kg/m <sup>3</sup>	Resistencia última			Fluencia <sup>3</sup>		Módulo de elasticidad, GPa	Módulo de rigidez, GPa	Coeficiente de expansión térmica, 10 <sup>-6</sup> /°C	Ductilidad, porcentaje de elongación en 50 mm
		Tensión, MPa	Compresión, <sup>2</sup> MPa	Cor-tante, MPa	Tensión, MPa	Cor-tante, MPa				
<b>Acero</b>										
Estructural (ASTM-A36)	7 860	400			250	145	200	77.2	11.7	21
Alta resistencia-aleación baja										
ASTM-A709 Grado 345	7 860	450			345		200	77.2	11.7	21
ASTM-A913 Grado 450	7 860	550			450		200	77.2	11.7	17
ASTM-A992 Grado 345	7 860	450			345		200	77.2	11.7	21
Templado										
ASTM-A709 Grado 690	7 860	760			690		200	77.2	11.7	18
inoxidable, AISI 302										
Laminado en frío	7 920	860			520		190	75	17.3	12
Recocido	7 920	655			260	150	190	75	17.3	50
Acero de refuerzo										
Resistencia media	7 860	480			275		200	77	11.7	
Alta resistencia	7 860	620			415		200	77	11.7	
<b>Fundición</b>										
Fundición gris										
4.5% C, ASTM A-48	7 200	170	655	240			69	28	12.1	0.5
Hierro fundido										
2% C, 1% Si, ASTM A-47	7 300	345	620	330	230		165	65	12.1	10
<b>Aluminio</b>										
Aleación 1100-H14 (99% Al)										
	2 710	110		70	95	55	70	26	23.6	9
Aleación 2014-T6										
	2 800	455		275	400	230	75	27	23.0	13
Aleación 2024-T4										
	2 800	470		280	325		73		23.2	19
Aleación 5456-H116										
	2 630	315		185	230	130	72		23.9	16
Aleación 6061-T6										
	2 710	260		165	240	140	70	26	23.6	17
Aleación 7075-T6										
	2 800	570		330	500		72	28	23.6	11
<b>Cobee</b>										
Libre de oxígeno (99.9% Cu)										
Recocido	8 910	220		150	70		120	44	16.9	45
Endurecido	8 910	390		200	265		120	44	16.9	4
Latón amarillo (65% Cu, 35% Zn)										
Laminado en frío	8 470	510		300	410	250	105	39	20.9	8
Recocido	8 470	320		220	100	60	105	39	20.9	65
Latón rojo (85% Cu, 15% Zn)										
Laminado en frío	8 740	585		320	435		120	44	18.7	3
Recocido	8 740	270		210	70		120	44	18.7	48
Estaño bronce (88 Cu, 8 Sn, 4 Zn)										
	8 800	310			145		95		18.0	30
Manganeso bronce (63 Cu, 25 Zn, 6 Al, 3 Mn, 3 Fe)										
	8 360	655			330		105		21.6	20
Aluminio bronce (81 Cu, 4 Ni, 4 Fe, 11 Al)										
	8 330	620	900		275		110	42	16.2	6

*Fuente: BEER, Ferdinand P. y JOHNSTON, E. Russell, Mecánica de Materiales.*

La figura (2.3.2.2) nos indica el comportamiento de la estructura cuando está sometida a tensión por parte del conjunto del embrague, visualizándose los puntos más críticos de la misma y con esta información podemos diseñar correctamente la estructura la cual nos sirve de ayuda para construir el modelo estandarizado.



**Fig.2.3.2.2.- Estructura-análisis-Tensiones-Tensiones1.**

*(Fuente: Los autores).*

En el siguiente cuadro de resultados se muestra los valores de tensión mínima y máxima a los que se encuentra sometida la estructura.

Nombre	Tipo	Mín.	Ubicación	Máx.	Ubicación
Tensiones1	VON: Tensión de von Mises	3954.38 N/m <sup>2</sup> Nodo: 16806	(119.482 mm, 309.788 mm, 348.625 mm)	1.49315e+008 N/m <sup>2</sup> Nodo: 9029	(129.55 mm, 281.895 mm, 220.291 mm)

### 2.3.2.3. DEFORMACIONES.

La deformación es el cambio en el tamaño o forma de un cuerpo debido a esfuerzos internos producidos por una o más fuerzas aplicadas sobre el mismo o la ocurrencia de dilatación térmica.

#### Medidas de la deformación.

La magnitud más simple para medir la deformación es lo que en ingeniería se llama deformación axial o deformación unitaria, se define como el cambio de longitud por unidad de longitud: **(Ecuación 12)**

$$\varepsilon = \frac{\Delta s}{s} = \frac{s' - s}{s} \quad (12)$$

Donde “s” es la longitud inicial de la zona en estudio y s' la longitud final o deformada. Es útil para expresar los cambios de longitud de un cable o un prisma mecánico. En la Mecánica de sólidos deformables la deformación puede tener lugar según diversos modos y en diversas direcciones, y puede además provocar distorsiones en la forma del cuerpo.

#### **Deformaciones elástica y plástica.**

Tanto para la deformación unitaria como para el tensor deformación se puede descomponer el valor de la deformación en:

#### **Deformación (visco) plástica o irreversible.**

Modo de deformación en que el material no regresa a su forma original después de retirar la carga aplicada. Esto sucede porque, en la deformación plástica, el material experimenta cambios termodinámicos irreversibles al adquirir mayor energía potencial elástica. La deformación plástica es lo contrario a la deformación reversible.

#### **Deformación elástica o reversible.**

El cuerpo recupera su forma original al retirar la fuerza que le provoca la deformación. En este tipo de deformación, el sólido, al variar su estado tensional y aumentar su energía interna en forma de energía potencial elástica, solo pasa por cambios termodinámicos reversibles.

Comúnmente se entiende por materiales elásticos, aquellos que sufren grandes elongaciones cuando se les aplica una fuerza, como la goma elástica que puede estirarse sin dificultad recuperando su longitud original una vez que desaparece la carga. Este

comportamiento, sin embargo, no es exclusivo de estos materiales, de modo que los metales y aleaciones de aplicación técnica, piedras, hormigones y maderas empleados en construcción y, en general, cualquier material, presenta este comportamiento hasta un cierto valor de la fuerza aplicada; si bien en los casos apuntados las deformaciones son pequeñas, al retirar la carga desaparecen.

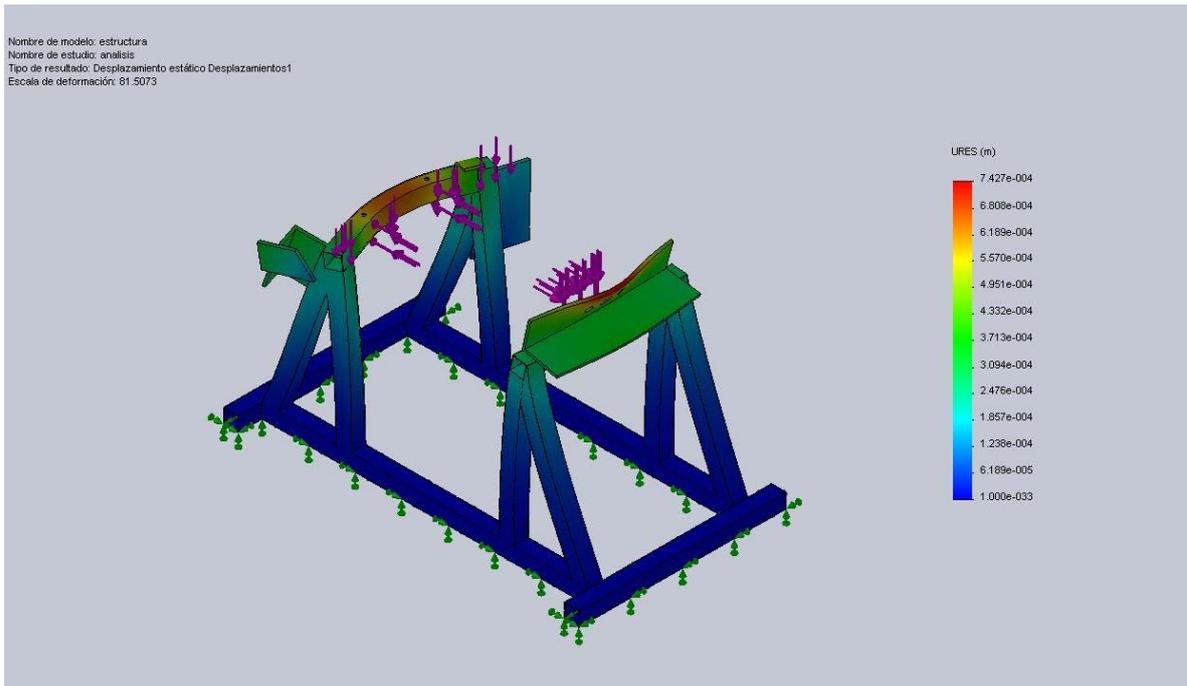
Al valor máximo de la fuerza aplicada sobre un objeto para que su deformación sea elástica se le denomina límite elástico y es de gran importancia en el diseño mecánico, ya que en la mayoría de aplicaciones es éste y no el de la rotura, el que se adopta como variable de diseño (particularmente en mecanismos). Una vez superado el límite elástico aparecen deformaciones plásticas (remanentes tras retirar la carga) comprometiendo la funcionalidad de ciertos elementos mecánicos.<sup>13</sup>

#### **2.3.2.3.1.- Deformación.**

La figura (2.3.2.3.1) nos permite observar una pequeña deformación de las vigas superiores de la estructura debido a la acción de la fuerza ejercida por el conjunto del embrague durante su funcionamiento visualizándose las zonas más críticas en color rojo su máximo valor es de 0.000742667 m.

---

<sup>13</sup> BEER, Ferdinand P. y JOHNSTON, E. Russell, p. 58.



**Fig.- 2.3.2.3.1. Estructura-análisis-Deformaciones-elastica1.**

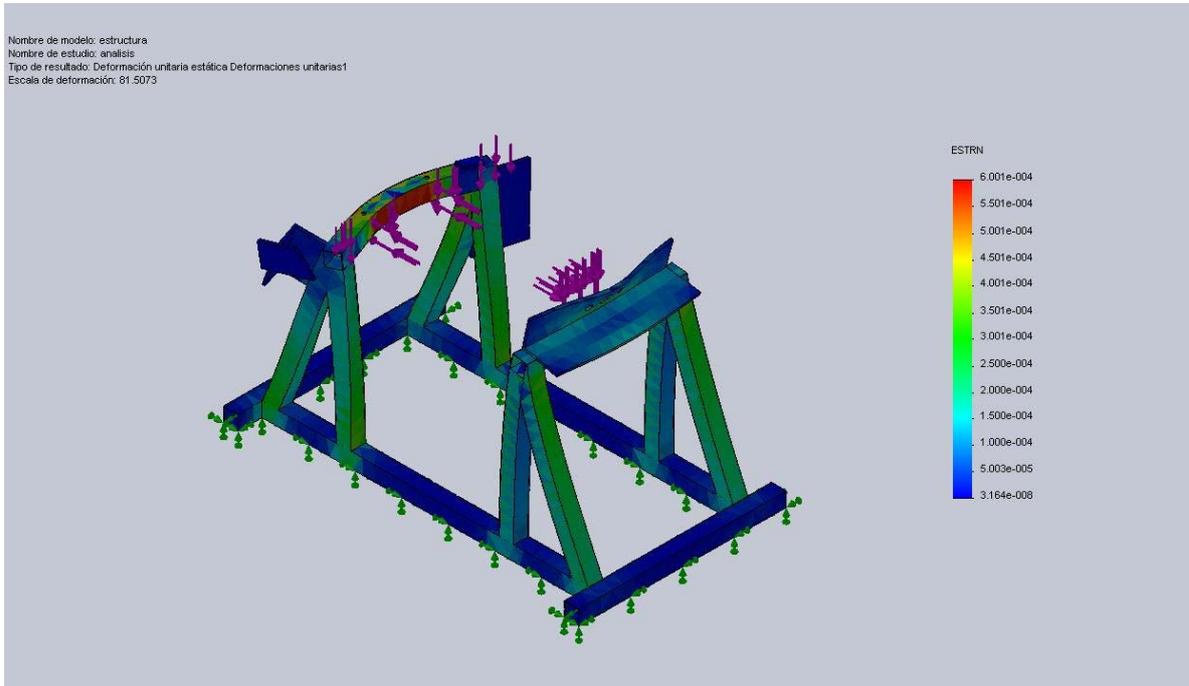
*(Fuente: Los autores).*

En el siguiente cuadro de resultados se muestra los valores de deformación a los que se encuentra sometida la estructura.

Nombre	Tipo	Mín.	Ubicación	Máx.	Ubicación
Deformación elastica1	URES: Deformación resultante	0 m Nodo: 1765	(25 mm, 0 mm, 310 mm)	0.000742667 m Nodo: 15152	(484.993 mm, 358.064 mm, 174.87 mm)

### **2.3.2.3.2.-DEFORMACIONES UNITARIAS.**

En la figura (2.3.2.3.2) podemos observar como actúan los diferentes vectores unitarios que producen una mínima deformación en la estructura los cuales constituyen parámetros fundamentales para posteriormente elegir un material adecuado para la construcción de las estructuras siendo el valor máximo de deformación 0.000742667 m.



**Fig.- 2.3.2.3.2 .Estructura-análisis-Deformaciones unitarias-Deformaciones unitarias1.**

**(Fuente: Los autores).**

En el siguiente cuadro de resultados se muestra los valores de deformación unitaria a los que se encuentra sometida la estructura.

Nombre	Tipo	Mín.	Ubicación	Máx.	Ubicación
Deformaciones unitarias1	ESTRN: Deformación unitaria equivalente	3.16434e-008 Elemento: 7549	(118.94 mm, 304.688 mm, 348.507 mm)	0.000600071 m Elemento: 4367	(468.322 mm, 279.946 mm, 64.1472 mm)

#### **2.3.2.4. FACTOR DE SEGURIDAD.**

La máxima carga que puede soportar a un elemento estructural o componente de maquinaria debe diseñarse de modo que su carga última sea bastante mayor que la carga que el elemento o componente llevará en condiciones normales de uso. Esta carga

menor es la carga admisible y, a veces, la carga de trabajo o de diseño. Así sólo se utiliza una fracción de la carga última del elemento cuando se aplica la carga admisible. El remanente de la capacidad del elemento se deja en reserva para asegurar un desempeño seguro. La razón entre la carga última y la carga admisible se define como factor de seguridad. De esta forma tenemos: **(Ecuación 13)**

$$\text{Factor de seguridad} = F.S. = \frac{\text{carga última}}{\text{carga admisible}} \quad (13)$$

La determinación del factor de seguridad que deba usarse en las diferentes aplicaciones es una de las más importantes tareas de los ingenieros. Por una parte, si se escoge un valor muy pequeño la posibilidad de falla se incrementa; y si se escoge un valor muy grande el resultado es un diseño caro y no funcional. Para la mayor parte de las aplicaciones estructurales y de máquinas, los factores de seguridad se establecen por especificaciones de diseño y códigos de construcción escritos por comités de ingenieros experimentados que trabajan con sociedades profesionales, (con industrias o con agencias federales, estatales o municipales). Ejemplos de tales especificaciones de diseño y códigos de construcción son:

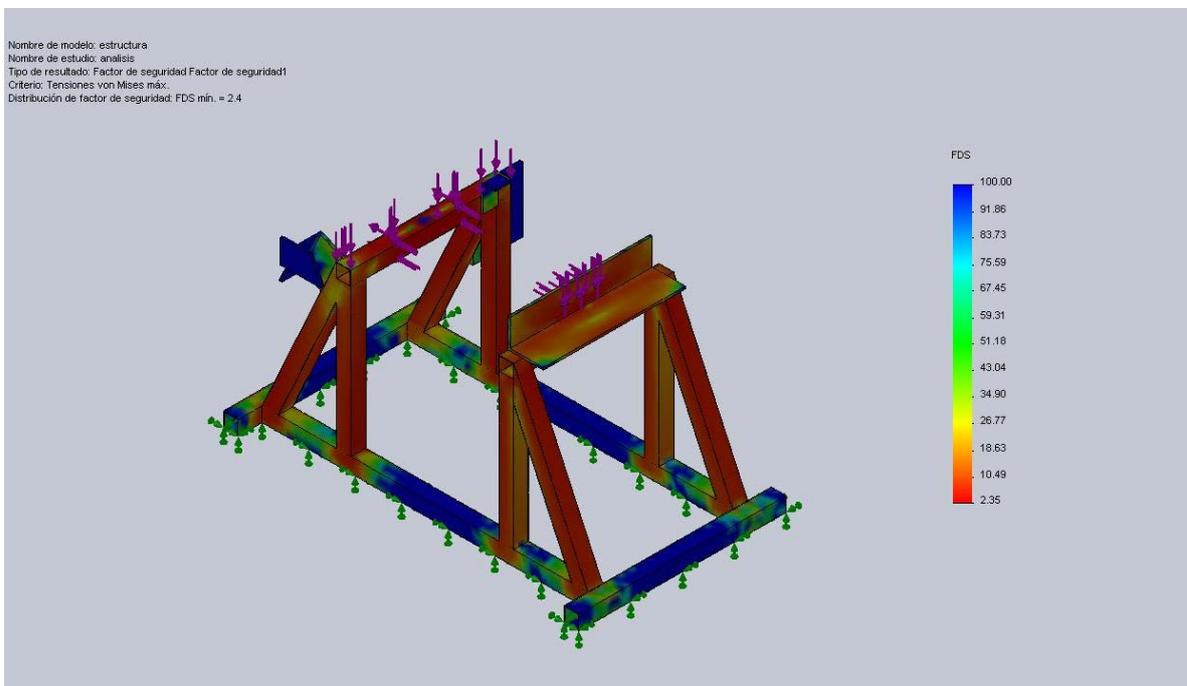
1. Acero: *American Institute of Steel Construction, Specifications for the Design and Erection of Structural Steel for Buildings.*
2. Concreto: *American Concrete Institute, Building Code Requirement for Reinforced Concrete.*
3. Madera: *National Forest Products Association, National Design Specifications for Stress-Grade Lumber and Its Fastenings.*
4. Puentes para carreteras: *American Association of State Highway Officials, Standard Specifications for Highway Bridges.*<sup>14</sup>

---

<sup>14</sup> BEER, Ferdinand P. y JOHNSTON, E. Russell, p. 29.

### 2.3.2.4. 1.-Factor de Seguridad.

La figura (2.3.2.4.1) nos indica las zonas en las cuales existe la mayor cantidad de esfuerzos causados por el accionamiento del mecanismo, las mismas que en el momento de construir deberán ser reforzadas por motivos de seguridad, de esta manera se garantiza que la estructura no sufrirá deformaciones ni agrietamientos obteniéndose el valor de 2.4 .



***Fig.2.3.2.4.1.-Estructura-análisis-Factor de seguridad-Factor de seguridad1.***

*(Fuente: Los autores).*

### 2.3.3.- ELECCIÓN DEL MATERIAL.

Para la elección del material se procedió a utilizar el software de cálculo Solid Works, el mismo que determino el comportamiento de la estructura sometida a diferentes cargas y esfuerzos. Tomando como base estos indicadores se procedió a la comparación de las tablas de materiales consiguiéndose como punto de equilibrio entre los valores de

seguridad y costo un acero estructural AISI 1020<sup>15</sup> de forma cuadrada de 1,5mm de espesor por 2,54cm de ancho para las vigas y columnas, y para la base de la estructura se escogió un acero estructural AISI 1020 de forma rectangular con la finalidad de brindar estabilidad al banco didáctico.

## **2.4.- CONSTRUCCIÓN DE LAS ESTRUCTURAS.**

Una vez definidos los planos y el material para las estructuras procedimos a la construcción de las mismas como se puede observar en las siguientes figuras (2.4.1, 2.4.2 y 4.2.3)



*Fig. 2.4.1.- Construcción para la estructura del embrague bidisco.*

*(Fuente: Los autores).*



*Fig. 2.4.2.- Estructura para el embrague hidroneumático.*

*(Fuente: Los autores).*

---

<sup>15</sup> Anexo 4 catalogo de aceros.



**Fig. 2.4.3.-Estructuras para los embragues monódisco.**

*(Fuente: Los autores).*

## **2.5.- ENSAMBLAJE DE LAS MAQUETAS.**

Luego de haber construido las estructuras se procedió a ensamblar cada una de las maquetas como se observa en las siguientes figuras. (2.5.1, 2.5.2, 2.5.3, 2.5.4.), cabe resaltar que se realizó el cálculo de las palancas de accionamiento<sup>16</sup> con la finalidad de obtener un accionamiento adecuado de los conjuntos de embrague.

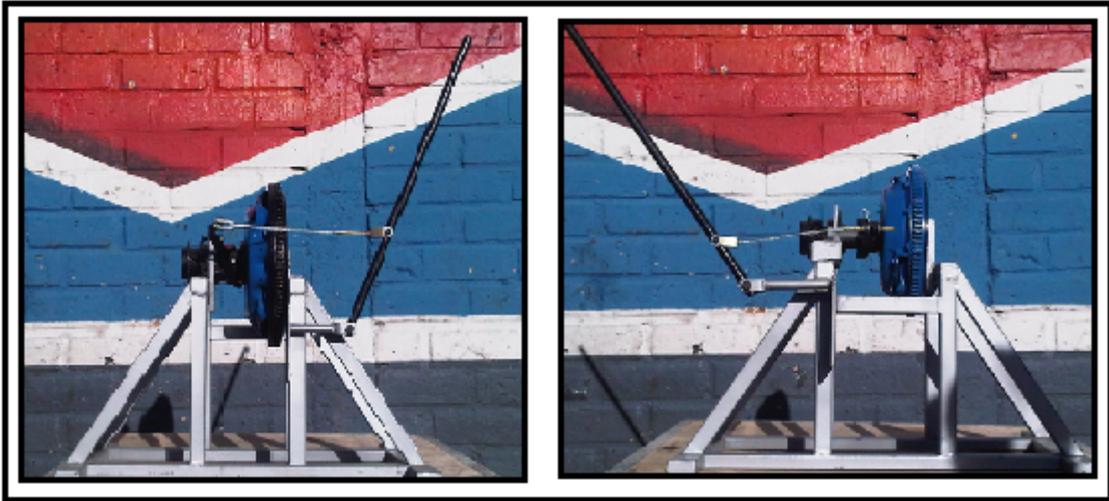


**Fig.2.5.1.- Maqueta reconstruida con accionamiento hidráulico.**

*(Fuente: Los autores).*

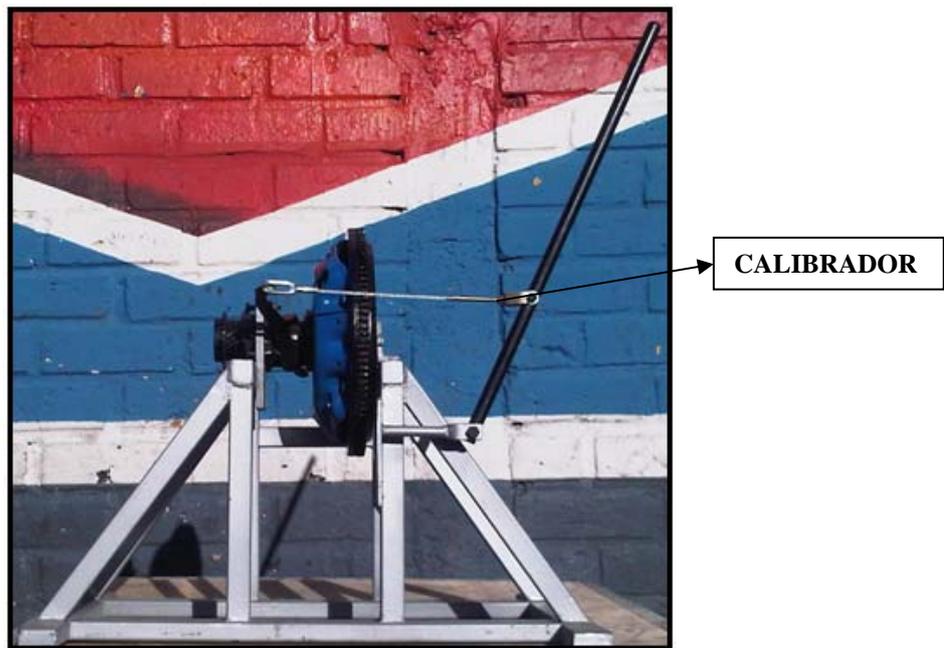
---

<sup>16</sup> Ver anexo 3 cálculos de las palancas de accionamiento.



*Fig.2.5.2.-Maquetas reconstruidas con accionamiento por cable.*

*(Fuente: Los autores).*



*Fig.2.5.3.-Maqueta reconstruida con accionamiento por cable.*

*(Fuente: Los autores).*



*Fig.2.5.4.-Maquetas reconstruida con accionamiento por varilla.*

*(Fuente: Los autores).*



*Fig.2.5.5.-Maquetas reconstruida con accionamiento por varilla.*

*(Fuente: Los autores).*

## **2.6.- ENSAMBLAJE DE LA MAQUETA DEL EMBRAGUE HIDRONEUMÁTICO.**

Como se puede observar en la fig.2.6 la maqueta se ha construido siguiendo los parámetros y especificaciones descritos anteriormente.



*Fig .2.6.- Maqueta del embrague bidisco- vista frontal.*

*(Fuente: Los autores).*



*Fig. .2.6.1- maqueta del embrague bidisco- vista lateral.*

*(Fuente: Los autores).*

## 2.6.1. DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES.

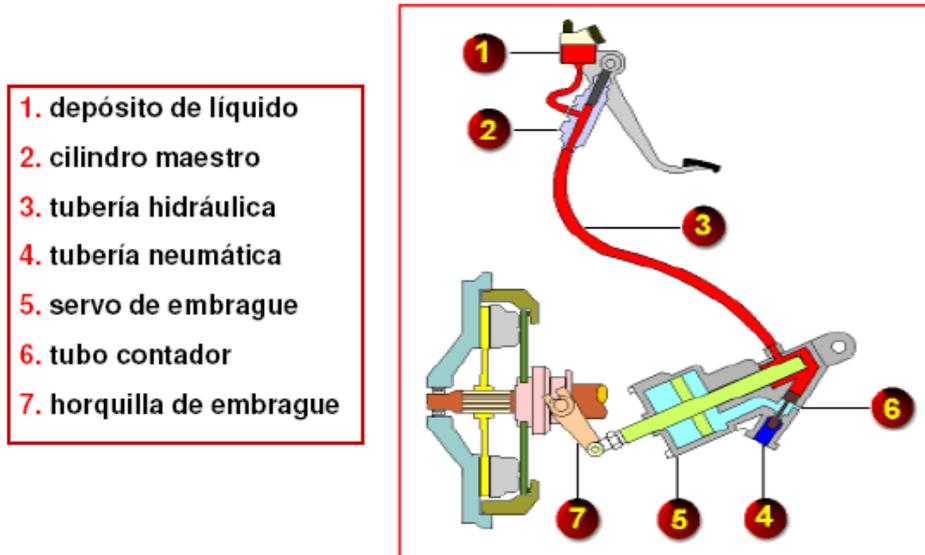
### 2.6.1.1.- SERVO ASISTENCIA (BOOSTER).

La maqueta posee un sistema conocido comúnmente como “BOOSTER”<sup>17</sup> el cual sirve como servo asistencia para asistir el accionamiento del pedal de embrague, debido a que sin este dispositivo la fuerza requerida para accionar el embrague sería demasiado grande.

#### Booster “servo asistencia”.

El embrague se acciona mediante un sistema denominado sistema de accionamiento hidroneumático, este sistema consiste en un cilindro hidráulico maestro conectado al pedal del embrague y al cilindro hidráulico servo asistido.

El servo del embrague aumenta la potencia hidráulica generada en el cilindro maestro y, de este modo, reduce sensiblemente el esfuerzo que debe aplicarse en el pedal del embrague.



*Fig.-2.6.1.1.Esquema de la servoasistencia.*

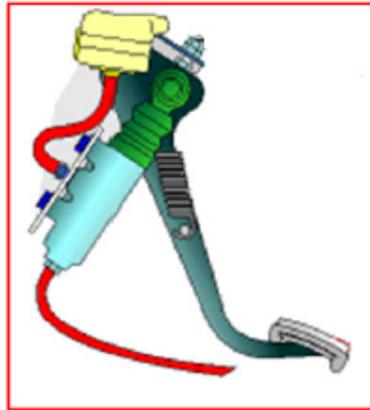
*(Fuente: Manual CEAC del automovil.)*

<sup>17</sup> Ver anexo 9 esquemas del booster.

### 2.6.1.2.-CILINDRO MAESTRO.

El cilindro hidráulico maestro se instala junto al pedal del embrague y se encarga de suministrar presión al servo de embrague.

Con la generación de potencia hidráulica que es transmitida, se permite el accionamiento del servo del embrague a través de la tubería neumática.



*Fig.- 2.6.1.2. Cilindro Maestro.*

*(Fuente: manual CEAC de el automovil.)*

### Servo de embrague

El servo de embrague está ubicado junto a la caja de cambios su función es convertir la presión del cilindro maestro en movimiento.



*Fig.-2.6.1.3. Ubicacion del Booster.*

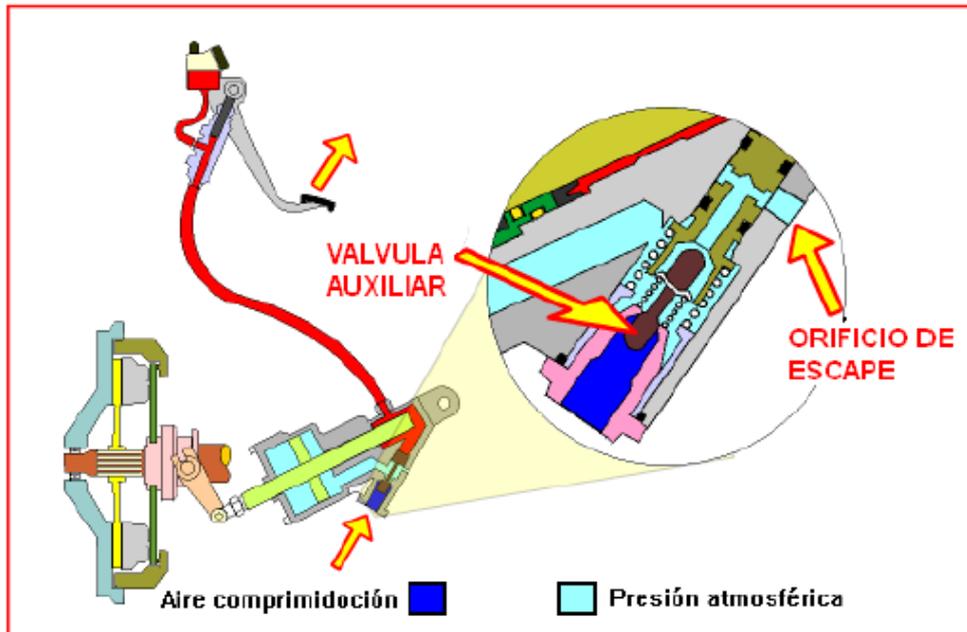
*(Fuente: Manual CEAC de el automovil.)*

## 2.6.2.- FUNCIONAMIENTO DEL SERVO EMBRAGUE.

### Sistema embragado

- El pedal del pedal no está siendo accionado, el sistema de embrague estará conectado y transmitiendo el movimiento.

- La válvula auxiliar cierra el paso de aire comprimido situado en el interior del cilindro y permite la entrada del aire por el orificio de escape.
- El orificio de escape está abierto.
- La presión del sistema tiene el mismo valor que la presión atmosférica.

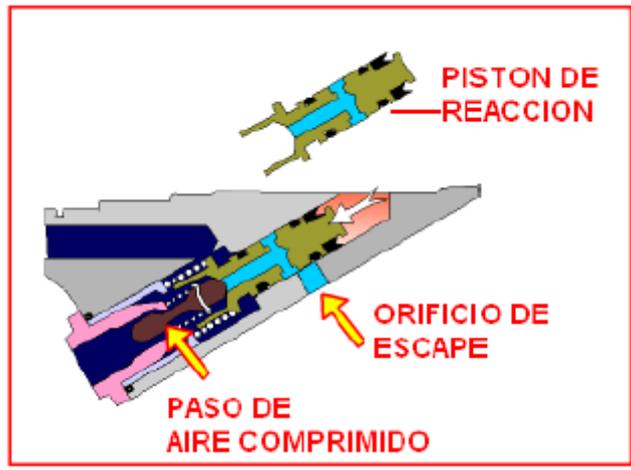


*Fig.-2.6.2.- Sistema embragado.*

*(Fuente: Manual CEAC del automóvil.)*

### **Sistema desembragado**

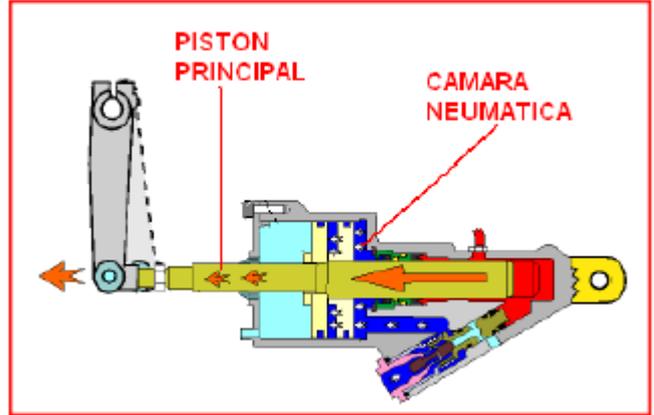
- Se acciona el pedal, el desplazamiento del cilindro maestro provoca un aumento de la presión hidráulica en el sistema.
- Por el aumento de presión, el pistón de reacción del servo de embrague comienza a desplazarse.
- Se abre el paso de aire comprimido.
- Se cierra el orificio de escape impidiendo la salida del aire.



**Fig.-2.6.2.1. Siatema desembragado.**

*(Fuente: Manual CEAC del automovil.)*

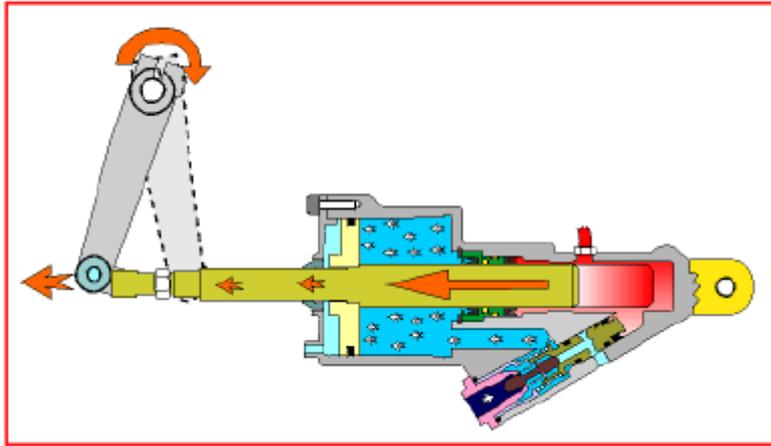
A causa del aire comprimido de la cámara, el pistón principal empieza a desplazarse hacia afuera al moverse el pistón hacia afuera, el sistema de embrague comienza a desembragarse.



**Fig.- 2.6.2.2. Esquema de funcionamiento del pistón.**

*(Fuente: Manual CEAC del automóvil.)*

El espacio que queda libre cuando el pistón principal alcanza el tope de su carrera ascendente, es ocupado por el líquido, reduciéndose la presión hidráulica en el sistema. Hay que recordar que al pistón lo desplaza la presión del aire comprimido, y no la presión hidráulica.

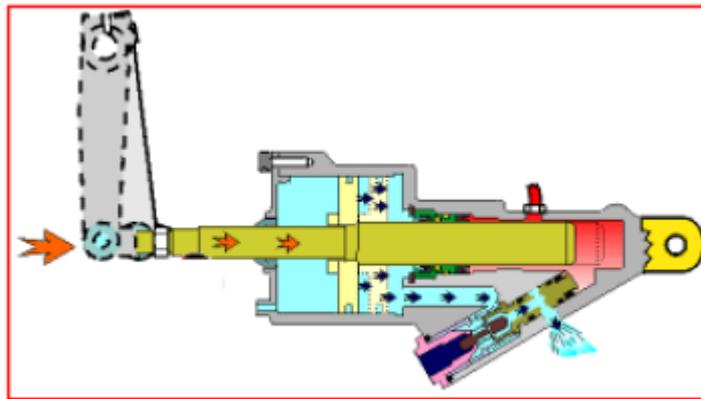


**Fig.- 2.6.2.3. Funcionamiento del pistón con el pedal de embrague presionado.**

*(Fuente: Manual CEAC del automovil.)*

Al levantar el pie del pedal del embrague, la presión hidráulica desciende hasta adoptar un valor casi similar a la presión atmosférica, un resorte de empuje ejerce presión sobre el pistón de reacción y lo obliga a regresar a su posición original.

Se permite que la válvula auxiliar cierre el paso del aire comprimido y, al mismo tiempo se ponga en marcha la circulación de aire por el orificio de escape de esta manera el aire abandona la cámara neumática y el pistón principal comienza a regresar a su posición de reposo, accionado por el resorte de la horquilla de embrague.



**Fig.- 2.6.2.4. Funcionamiento del pistón sin presionar el pedal del embrague.**

*(Fuente: Manual CEAC del automovil.)*

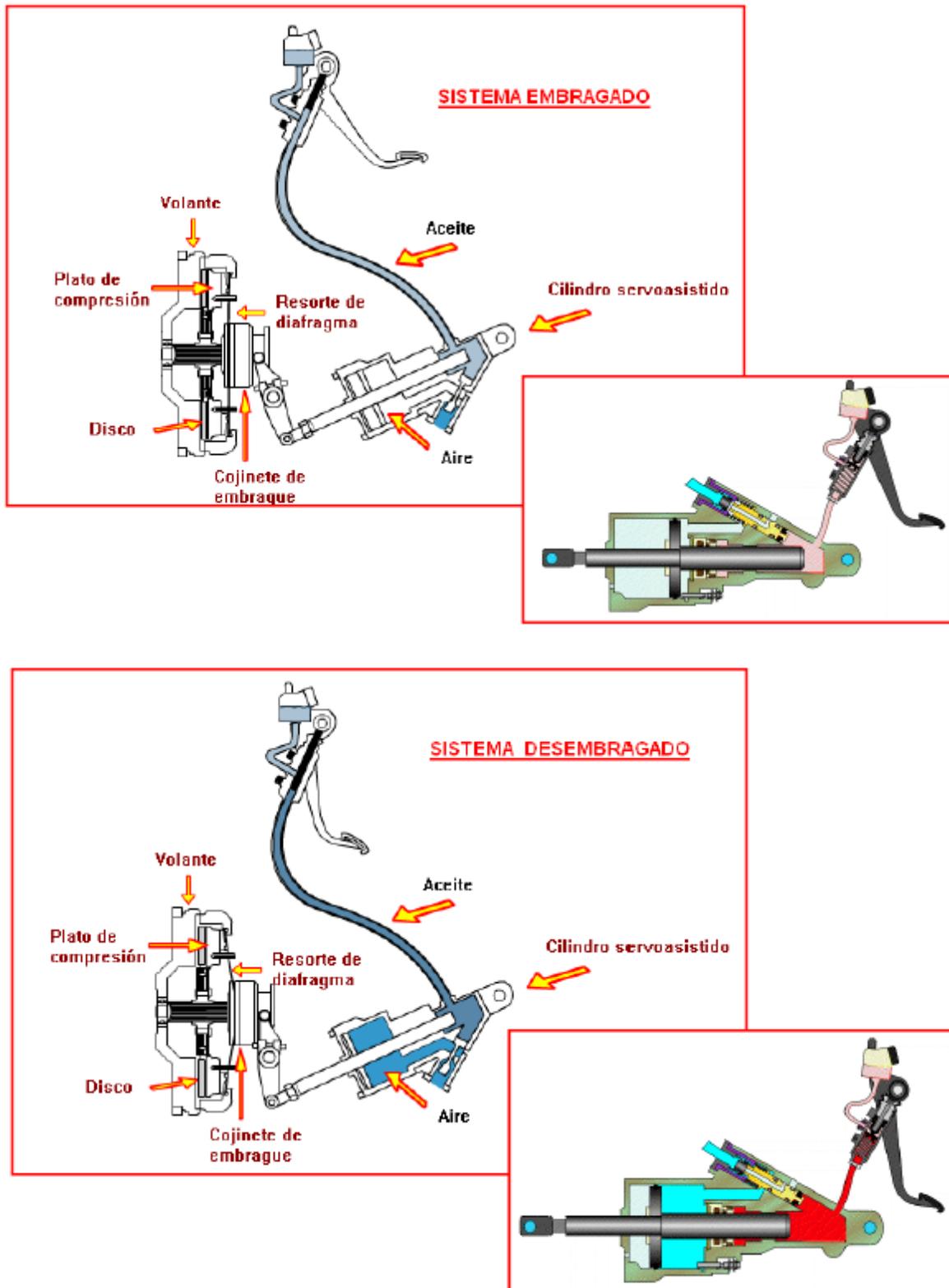


Fig.- 2.6.2.5. 2.6.2.6 .Esquemas generales de funcionamiento del servo embrague.

(Fuente: Manual CEAC del automóvil.)

## **CONCLUSIONES:**

En el presente capítulo podemos decir que se cumplió con los objetivos planteados los cuales eran el de implementar una estructura estandarizada para las maquetas y además la construcción de un sistema de entrenamiento del embrague hidroneumático, los cuales servirán de material didáctico para el laboratorio de tren fuerza motriz de la Universidad Politécnica Salesiana.

## **CAPITULO III.**

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS.**

### **3.- INTRODUCCIÓN.**

En el presente capítulo elaboraremos el diseño del banco de pruebas tomando en cuenta todas las variables posibles que afectaran su funcionamiento, de igual manera que en el capítulo anterior nos ayudaremos del software de diseño y simulación con el fin de obtener una estructura que garantice un funcionamiento óptimo de los componentes del mismo durante las pruebas de comprobación de los platos de presión.

Se realizará también un software que permita visualizar los datos de las pruebas de compresión en una PC, lo cual nos permitirá determinar el estado del plato de presión mediante la comparación con una base de datos previamente elaborada.

#### **3.1. - DISEÑO DEL BANCO.**

El diseño pretende generar un modelo ergonómico para la estructura del banco de pruebas, posibilitando establecer el material didáctico adecuado y necesario para la realización de las diferentes prácticas que se efectúan en el laboratorio.

Este elemento se convertirá consecuentemente en una herramienta de fácil manejo, entendimiento, aspecto que contribuye al aprendizaje de los estudiantes.

Para el diseño estandarizado de la estructura se tomo en cuenta los siguientes parámetros que influyen en el perfil a ser seleccionado para la elaboración del banco, siendo los siguientes:

#### **Cargas.**

Las cargas presentes en el diseño son fuerzas que actúan sobre los cuerpos. Según su efecto sobre los cuerpos existen varios tipos de cargas.

- 1.- Carga Puntual o Concentrada
- 2.- Carga Uniformemente Distribuida
- 3.- Carga Uniformemente variada

Las cargas antes mencionadas se manifiestan en nuestro diseño de la siguiente manera.

- Peso total del conjunto del cilindro neumático.
- Fuerza de accionamiento.
- Peso del plato de presión.
- Peso de elementos auxiliares.

**Esfuerzos:** El término fundamental para el estudio de la resistencia de los materiales es el llamado esfuerzo unitario, sabemos que el cálculo de las fuerzas externas en una sección de un miembro debe ser determinado por los conocimientos de la estática.

**Esfuerzo Unitario:** Puede ser definido como la fuerza interna por la unidad de área de una sección de unión. Hay dos tipos de esfuerzos. Esfuerzos normales los cuales actúan en perpendicular a las secciones en estudio y pueden ser de tensión o compresión dependiendo de sus tendencias a alargar o acortar el material sobre el cual actúa.

**Deformación:** Un cuerpo sólido sometido a un cambio de temperatura o a cargas externas se deforma. El dimensionamiento es otra consideración importante dentro del diseño, apegándonos un poco al concepto de diseño debemos interrelacionarnos con el medio, por lo que nos apegamos a la realidad utilizando todos los sistemas para no cambiar de alguna forma la configuración original de un sistema que requiere un diseño. Los procesos son también aspectos de consideración relacionados directamente con la seguridad, donde se debe seleccionar la sujeción, soporte, y el factor de seguridad que es un número que se utiliza en ingeniería para los cálculos de diseño de elementos o componentes de maquinaria, estructuras o dispositivos en general, proporcionando un margen extra de prestaciones por encima de las mínimas estrictamente necesarias<sup>18</sup>.

---

<sup>18</sup> BEER, Ferdinand P. y JOHNSTON, E. Russell, *Mecánica de Materiales*, Tercera Edición, Mc Graw – Hill Interamericana, México, 2004. p. 363

Todos estos parámetros para el diseño se los aplicará como fuerzas puntuales en el prototipo de la estructura.

### **3.1.1.-DISEÑO.**

Se procedió a realizar un bosquejo para esto se utilizó el AUTO CAD 2008 con el cual se obtuvo una correcta visualización de la estructura deseada como se puede observar en los planos<sup>19</sup>.

## **3.2.-ANÁLISIS ESTRUCTURAL Y ELECCION DEL PERFIL ADECUADO.**

### **3.2.1.-ANÁLISIS DE LA ESTRUCTURA.**

Para el análisis de las estructuras utilizamos como instrumento de estudio el software “SOLID WORKS”.

El software antes mencionado es una herramienta que nos permite agilizar el análisis de las estructuras ya que es posible realizar la simulación del comportamiento de la misma sometida a las diferentes cargas y esfuerzos de trabajo; este posee las siguientes características.

- Recursos de aprendizaje.
- Gestión de datos y comunicación.
- Documentación de diseño y fabricación.
- Personalización y automatización.
- Diseño de piezas de chapa.
- Integración con Auto CAD.
- Diseño de estructuras.
- Diseño de ensamblajes.
- Diseño de piezas.
- Análisis de tensión (CEF).
- Análisis del Factor de Seguridad.

---

<sup>19</sup> Ver anexo 10 Planos de la estructura del banco de pruebas.

➤ Análisis de Esfuerzos.

Este software combina la funcionalidad de simulación de movimiento y análisis de tensión que permite validar los diseños digitales y predecir el funcionamiento del mismo en condiciones reales<sup>20</sup>.

Con lo cual se obtienen los siguientes resultados que se describen a continuación.

**Fuerzas de reacción**

Conjunto de selecciones	Unidades	Suma X	Suma Y	Suma Z	Resultante
Todo el sólido	N	0.07761	-0.234971	8199.48	8199.48

**Fuerzas de cuerpo libre.**

Conjunto de selecciones	Unidades	Suma X	Suma Y	Suma Z	Resultante
Todo el sólido	N	-0.0127704	0.00599964	0.0189741	0.0236452

**Momentos de cuerpo libre.**

Conjunto de selecciones	Unidades	Suma X	Suma Y	Suma Z	Resultante
Todo el sólido	N-m	0	0	0	1e-033

**Resultados del estudio.**

Resultados predeterminados.

Nombre	Tipo	Mín.	Ubicación	Máx.	Ubicación
Tensiones1	VON: Tensión de von Mises	3042.31 N/m <sup>2</sup> Nodo: 18207	(663 mm, 211.25 mm, 1700 mm)	6.2402e+008 N/m <sup>2</sup> Nodo: 55040	(648.047 mm, -30.5487 mm, -5.12349 mm)
Deformaciones	URES:	0 m	(20 mm,	0.00303973 m	(317.564 mm,

<sup>20</sup> SOLID WORKS INC., *solidworks*, Estados Unidos, 2008. <http://solidworks.com/inventor-graphic-cards/GraphicsCardsGeneral.htm>

elastica1	Desplazamiento resultante	Nodo: 221	-26 mm, 1700 mm)	Nodo: 60608	349.802 mm, -131 mm)
Deformaciones unitarias1	ESTRN: Deformación unitaria equivalente	3.4953e-009 Elemento: 9680	(656.5 mm, 471.042 mm, 1698.5 mm)	0.00232941 Elemento: 29121	(647.711 mm, -30.586 mm, -4.90556 mm)

➤ METODOS DE ANALISIS DE VON MISES, URES, ESTRN.<sup>21</sup>

### 3.2.1.1.-TENSIONES.

En física e ingeniería, se denomina tensión mecánica al valor de la distribución de fuerzas por unidad de área en el entorno de un punto material dentro de un cuerpo material o medio continuo. Un caso particular es el de tensión uniaxial, que se define como la fuerza  $F$  uniformemente distribuida, aplicada sobre un área  $A$ . En ese caso la tensión mecánica uniaxial se representa por un escalar designado con la letra griega  $\sigma$  (sigma) y viene dada por: (*Ecuación 11*).

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (\text{ecu.11})$$

- Siendo las unidades [Pa] (pascal = [N/m<sup>2</sup>]), [MPa] = 10<sup>6</sup> [Pa] (y también [kp/cm<sup>2</sup>]).

La situación anterior puede extenderse a situaciones más complicadas con fuerzas no distribuidas uniformemente en el interior de un cuerpo de geometría más o menos compleja. En ese caso la tensión mecánica no puede ser representada por un escalar. El coeficiente de Poisson se introdujo para dar cuenta de la relación entre el área inicial  $A$  y

<sup>21</sup> Ver anexo 5 métodos de análisis.

el área deformada  $A'$ . La introducción del coeficiente de Poisson en los cálculos estimaba correctamente la tensión al tener en cuenta que la fuerza  $F$  se distribuía en un área algo más pequeña que la sección inicial.<sup>22</sup>

### **3.2.1.2-Tensión Equivalente.**

Como podemos observar en la figura de la estructura analizada, la tensión equivalente tiene como un máximo de  $(1.49315e+008 \text{ N/m}^2)$  lo cual está dentro de los rangos que posee el acero estructural ya que el mismo puede llegar a soportar una tensión de 400MPa, como podemos observar en la siguiente tabla: **(Tabla2)**.

---

<sup>22</sup> SINGER, Ferdinand L, *Resistencia de Materiales*, Primera Edición, Harper & Row Latinoamericana, México, 1971. p .19

## Propiedades del Acero Estructural (tabla 2).

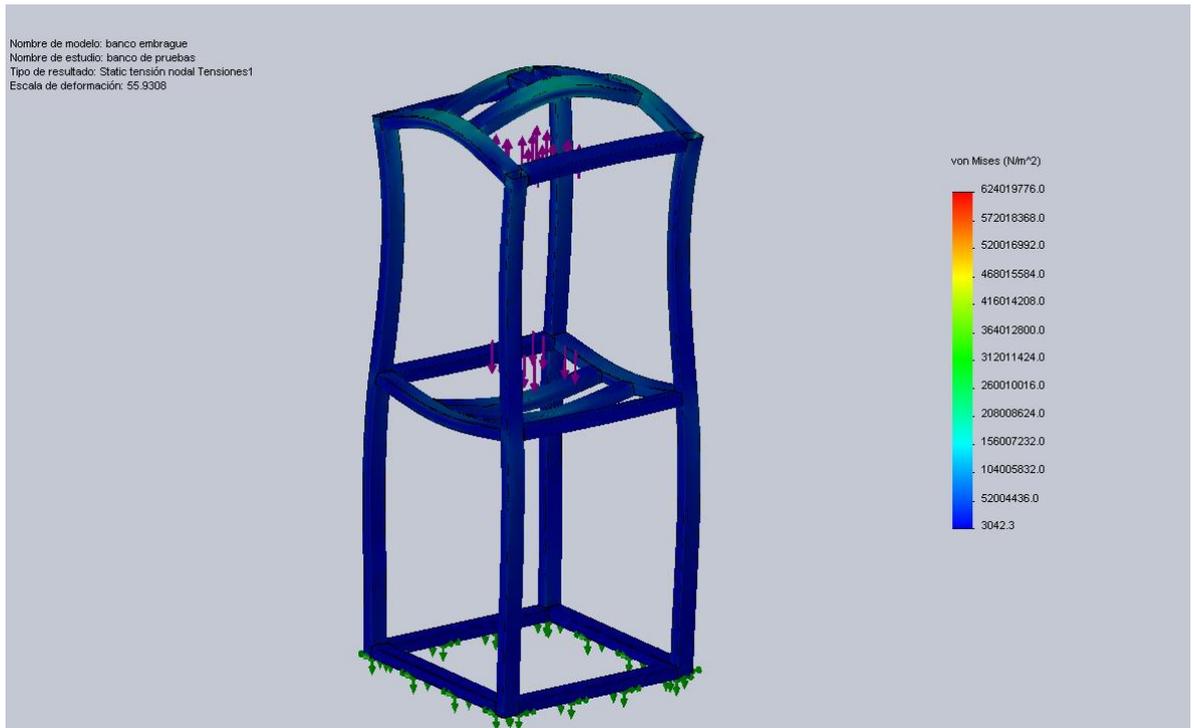
**Apéndice B.** Propiedades típicas de materiales seleccionados usados en ingeniería<sup>1,5</sup>  
(Unidades SI)

747

Material	Densidad, kg/m <sup>3</sup>	Resistencia última			Fluencia <sup>3</sup>		Módulo de elasticidad, GPa	Módulo de rigidez, GPa	Coeficiente de expansión térmica, 10 <sup>-6</sup> /°C	Ductilidad, porcentaje de elongación en 50 mm
		Tensión, MPa	Compresión <sup>2</sup> , MPa	Corriente, MPa	Tensión, MPa	Corriente, MPa				
<b>Acero</b>										
Estructural (ASTM-A36)	7 860	400			250	145	200	77.2	11.7	21
Alta resistencia-aleación baja										
ASTM-A709 Grado 345	7 860	450			345		200	77.2	11.7	21
ASTM-A913 Grado 450	7 860	550			450		200	77.2	11.7	17
ASTM-A992 Grado 345	7 860	450			345		200	77.2	11.7	21
Templado										
ASTM-A709 Grado 690	7 860	760			690		200	77.2	11.7	18
inoxidable, AISI 302										
Laminado en frío	7 920	860			520		190	75	17.3	12
Recocido	7 920	655			260	150	190	75	17.3	50
Acero de refuerzo										
Resistencia media	7 860	480			275		200	77	11.7	
Alta resistencia	7 860	620			415		200	77	11.7	
<b>Fundición</b>										
Fundición gris										
4.5% C, ASTM A-48	7 200	170	655	240			69	28	12.1	0.5
Hierro fundido										
2% C, 1% Si, ASTM A-47	7 300	345	620	330	230		165	65	12.1	10
<b>Aluminio</b>										
Aleación 1100-H14 (99% Al)										
	2 710	110		70	95	55	70	26	23.6	9
Aleación 2014-T6										
	2 800	455		275	400	230	75	27	23.0	13
Aleación 2024-T4										
	2 800	470		280	325		73		23.2	19
Aleación 5456-H116										
	2 630	315		185	230	130	72		23.9	16
Aleación 6061-T6										
	2 710	260		165	240	140	70	26	23.6	17
Aleación 7075-T6										
	2 800	570		330	500		72	28	23.6	11
<b>Cobee</b>										
Libre de oxígeno (99.9% Cu)										
Recocido	8 910	220		150	70		120	44	16.9	45
Endurecido	8 910	390		200	265		120	44	16.9	4
Latón amarillo (65% Cu, 35% Zn)										
Laminado en frío	8 470	510		300	410	250	105	39	20.9	8
Recocido	8 470	320		220	100	60	105	39	20.9	65
Latón rojo (85% Cu, 15% Zn)										
Laminado en frío	8 740	585		320	435		120	44	18.7	3
Recocido	8 740	270		210	70		120	44	18.7	48
Estaño bronce (88 Cu, 8 Sn, 4 Zn)										
	8 800	310			145		95		18.0	30
Manganeso bronce (63 Cu, 25 Zn, 6 Al, 3 Mn, 3 Fe)										
	8 360	655			330		105		21.6	20
Aluminio bronce (81 Cu, 4 Ni, 4 Fe, 11 Al)										
	8 330	620	900		275		110	42	16.2	6

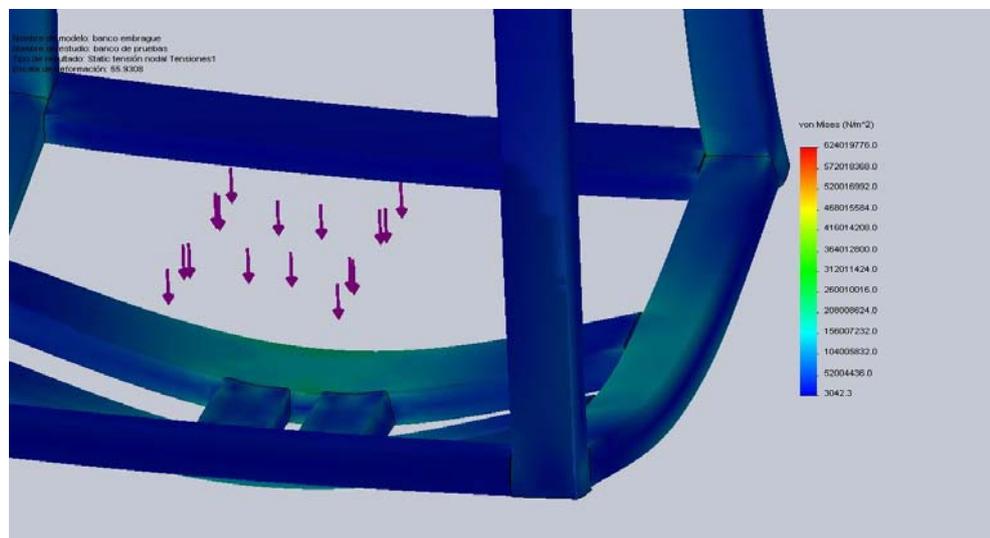
**Fuente:** BEER, Ferdinand P. y JOHNSTON, E. Russell, *Mecánica de Materiales*.

La figura (3.2.1.1) nos indica el comportamiento de la estructura cuando está sometida a tensión por la fuerza generada por el cilindro neumático, visualizándose los puntos mas críticos de la misma y con esta información podemos diseñar correctamente la estructura la cual nos sirve de ayuda para construir el banco de pruebas.



**Fig. 3.2.1.1.-Banco de pruebas-simulación de Tensiones-Tensiones1**

*(Fuente: Los autores).*



NOTA: La figura se encuentra volteada para obtener una vista mas clara de la concentracion de fuerzas.

**Fig. 3.2.1.2.- Banco pruebas simulación de Tensiones acercamiento.**

*(Fuente: Los autores).*

La figura (3.2.1.2) nos muestra con mayor detalle la concentración de las fuerzas sobre el marco de sujeción del cilindro neumático.

En el siguiente cuadro de resultados se muestra los valores de tensión mínima y máxima a los que se encuentra sometida la estructura.

Nombre	Tipo	Mín.	Ubicación	Máx.	Ubicación
Tensiones1	VON: Tensión de von Mises	3042.31 N/m <sup>2</sup> Nodo: 18207	(663 mm, 211.25 mm, 1700 mm)	6.2402e+008 N/m <sup>2</sup> Nodo: 55040	(648.047 mm, -30.5487 mm, -5.12349 mm)

### 3.2.1.3- DEFORMACIONES.

La deformación es el cambio en el tamaño o forma de un cuerpo debido a esfuerzos internos producidos por una o más fuerzas aplicadas sobre el mismo o la ocurrencia de dilatación térmica.

#### Medidas de la deformación.

La magnitud más simple para medir la deformación es lo que en ingeniería se llama deformación axial o deformación unitaria se define como el cambio de longitud por unidad de longitud: (**Ecuación 12**)

$$\varepsilon = \frac{\Delta s}{s} = \frac{s' - s}{s} \quad (12)$$

Donde “s” es la longitud inicial de la zona en estudio y s' la longitud final o deformada. Es útil para expresar los cambios de longitud de un cable o un prisma mecánico. En la Mecánica de sólidos deformables la deformación puede tener lugar según diversos modos y en diversas direcciones, y puede además provocar distorsiones en la forma del cuerpo.

### **Deformaciones elástica y plástica.**

Tanto para la deformación unitaria como para el tensor deformación se puede descomponer el valor de la deformación en:

#### **Deformación (visco) plástica o irreversible.**

Modo de deformación en que el material no regresa a su forma original después de retirar la carga aplicada. Esto sucede porque, en la deformación plástica, el material experimenta cambios termodinámicos irreversibles al adquirir mayor energía potencial elástica. La deformación plástica es lo contrario a la deformación reversible.

#### **Deformación elástica o reversible.**

El cuerpo recupera su forma original al retirar la fuerza que le provoca la deformación. En este tipo de deformación, el sólido, al variar su estado tensional y aumentar su energía interna en forma de energía potencial elástica, solo pasa por cambios termodinámicos reversibles.

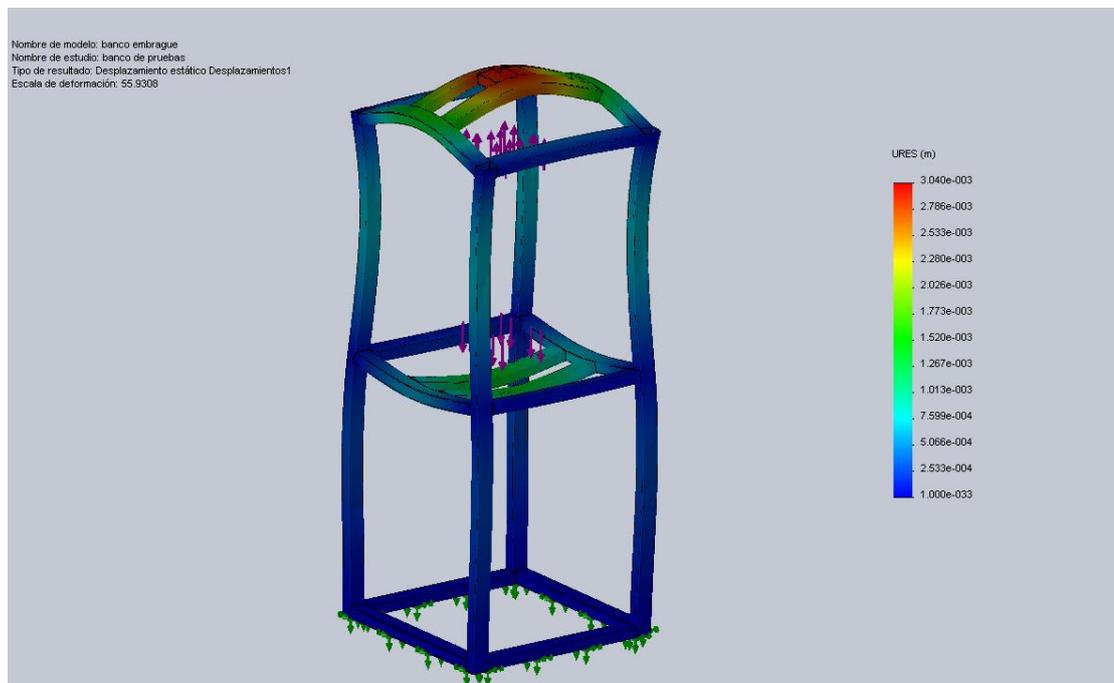
Comúnmente se entiende por materiales elásticos, aquellos que sufren grandes elongaciones cuando se les aplica una fuerza, como la goma elástica que puede estirarse sin dificultad recuperando su longitud original una vez que desaparece la carga. Este comportamiento, sin embargo, no es exclusivo de estos materiales, de modo que los metales y aleaciones de aplicación técnica, piedras, hormigones y maderas empleados en construcción y, en general, cualquier material, presenta este comportamiento hasta un cierto valor de la fuerza aplicada; si bien en los casos apuntados las deformaciones son pequeñas, al retirar la carga desaparecen.

Al valor máximo de la fuerza aplicada sobre un objeto para que su deformación sea elástica se le denomina límite elástico y es de gran importancia en el diseño mecánico, ya que en la mayoría de aplicaciones es éste y no el de la rotura, el que se adopta como

variable de diseño (particularmente en mecanismos). Una vez superado el límite elástico aparecen deformaciones plásticas (remanentes tras retirar la carga) comprometiendo la funcionalidad de ciertos elementos mecánicos.<sup>23</sup>

### 3.2.1.3.1- Deformación elástica.

La figura (3.2.1.3) nos permite observar un pequeño desplazamiento de las vigas superiores de la estructura debido a la acción de la fuerza ejercida por el cilindro neumático durante su funcionamiento visualizándose las zonas más críticas en color rojo.

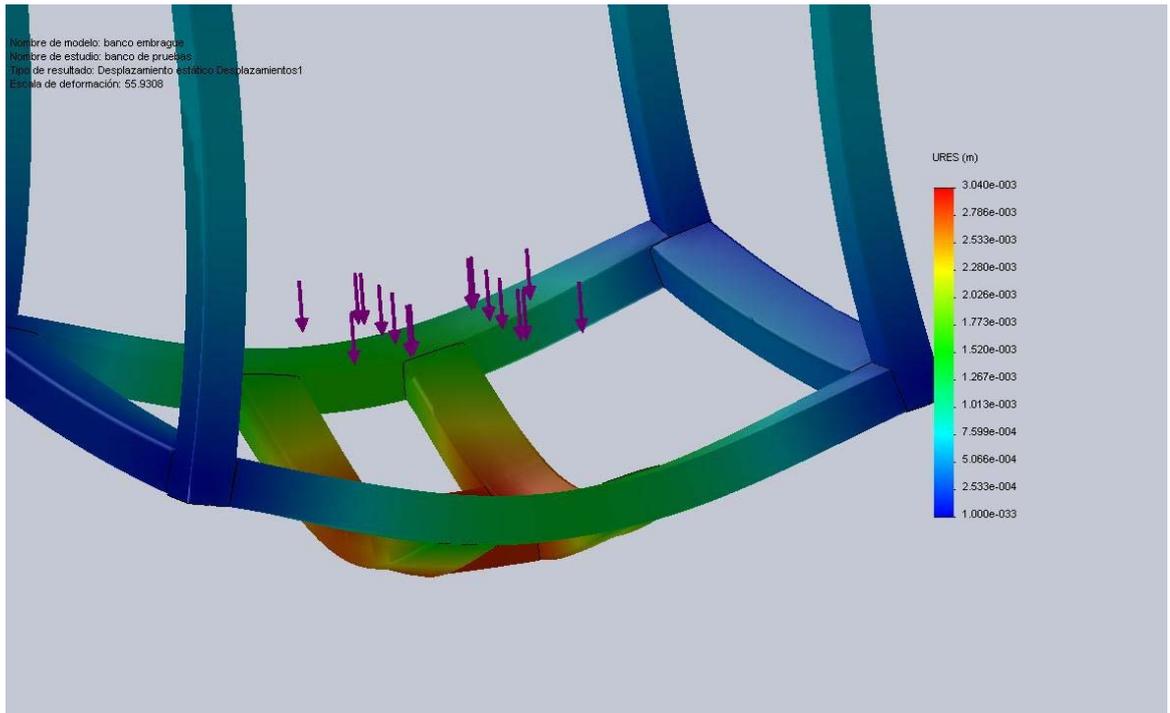


*Fig. 3.2.1.3.1.-Banco de pruebas simulación de Deformación elástica.*

*(Fuente: Los autores).*

En la figura (3.2.1.3.1) se puede observar claramente el desplazamiento de las vigas superiores de la estructura causado por la fuerza generada por el cilindro neumático.

<sup>23</sup> BEER, Ferdinand P. y JOHNSTON, E. Russell, p. 58.



NOTA: La figura se encuentra volteada para obtener una vista mas clara de los desplazamientos.

***Fig.3.2.1.3.2.-Banco de pruebas simulación de Deformación acercamiento.***

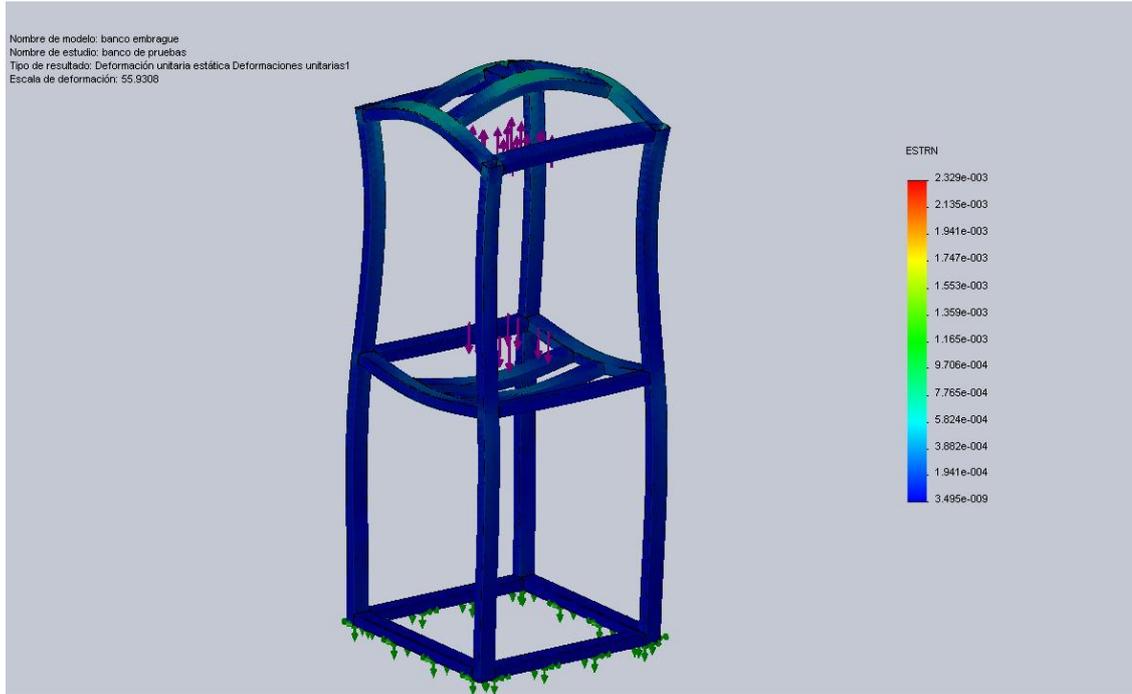
***(Fuente: Los autores).***

En el siguiente cuadro de resultados se muestra los valores de deformación a los que se encuentra sometida la estructura.

Nombre	Tipo	Mín.	Ubicación	Máx.	Ubicación
Deformaciones elástica1	URES: Desplazamiento resultante	0 m Nodo: 221	(20 mm, -26 mm, 1700 mm)	0.00303973 m Nodo: 60608	(317.564 mm, 349.802 mm, -131 mm)

### **3.2.1.3.2.- Deformaciones unitarias.**

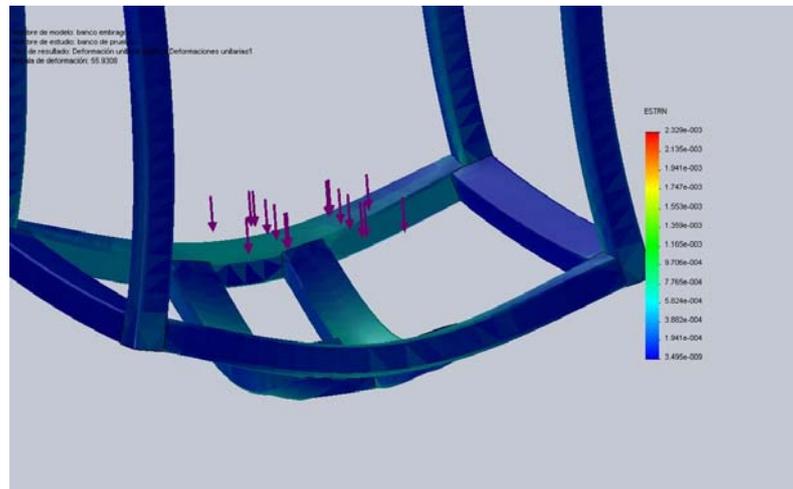
En la figura (3.2.1.3.2.1) podemos observar cómo actúan los diferentes vectores unitarios que producen una mínima deformación en la estructura los cuales constituyen parámetros fundamentales para posteriormente elegir un material adecuado para la construcción de la misma.



**Fig. 3.2.1.3.2.1.- Banco de pruebas-Deformaciones unitarias.**

*(Fuente: Los autores).*

La figura (3.2.1.3.2.2) nos muestra la ubicación de los vectores que causan las diferentes deformaciones unitarias sobre la estructura.



**NOTA:** La figura se encuentra volteada para obtener una vista mas clara de los vectores que generan la deformacion.

**Fig.3.2.1.3.2.2- Banco de pruebas-Deformaciones unitarias acercamiento.**

*(Fuente: Los autores).*

En el siguiente cuadro de resultados se muestra los valores de deformaciones unitarias a los que se encuentra sometida la estructura.

Nombre	Tipo	Mín.	Ubicación	Máx.	Ubicación
Deformaciones unitarias1	ESTRN: Deformación unitaria equivalente	3.4953e-009 Elemento: 9680	(656.5 mm, 471.042 mm, 1698.5 mm)	0.00232941 Elemento: 29121	(647.711 mm, -30.586 mm, -4.90556 mm)

### 3.2.1.4.-INTRODUCCION AL FACTOR DE SEGURIDAD.

La máxima carga que puede soportar a un elemento estructural o componente de maquinaria debe diseñarse de modo que su carga última sea bastante mayor que la carga que el elemento o componente llevará en condiciones normales de uso. Esta carga menor es la carga admisible y, a veces, la carga de trabajo o de diseño. Así sólo se utiliza una fracción de la carga última del elemento cuando se aplica la carga admisible. El remanente de la capacidad del elemento se deja en reserva para asegurar un desempeño seguro. La razón entre la carga última y la carga admisible se define como factor de seguridad. De esta forma tenemos: **(Ecuación 13)**

$$\text{Factor de seguridad} = F.S. = \frac{\text{carga última}}{\text{carga admisible}} \quad (13)$$

La determinación del factor de seguridad que deba usarse en las diferentes aplicaciones es una de las más importantes tareas de los ingenieros. Por una parte, si se escoge un valor muy pequeño la posibilidad de falla se incrementa; y si se escoge un valor muy grande el resultado es un diseño caro y no funcional. Para la mayor parte de las aplicaciones estructurales y de máquinas, los factores de seguridad se establecen por especificaciones de diseño y códigos de construcción escritos por comités de ingenieros experimentados que trabajan con sociedades profesionales, (con industrias o con

agencias federales, estatales o municipales). Ejemplos de tales especificaciones de diseño y códigos de construcción son:

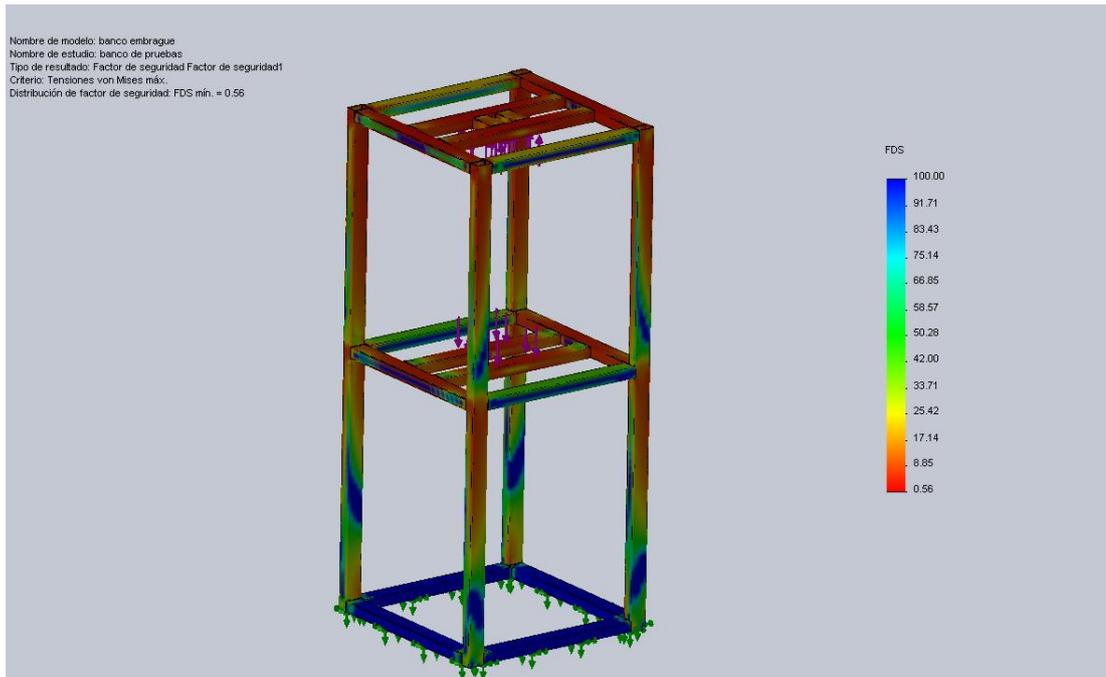
1. Acero: *American Institute of Steel Construction, Specifications for the Design and Erection of Structural Steel for Buildings.*
2. Concreto: *American Concrete Institute, Building Code Requirement for Reinforced Concrete.*
3. Madera: *National Forest Products Association, National Design Specifications for Stress-Grade Lumber and Its Fastenings.*
4. Puentes para carreteras: *American Association of State Highway Officials, Standard Specifications for Highway Bridges* <sup>24</sup>

#### **3.2.1.4.1-FACTOR DE SEGURIDAD DE LA ESTRUCTURA.**

La figura (3.2.1.4.1) nos indica las zonas en las cuales existe la mayor cantidad de esfuerzos causados por el accionamiento del mecanismo, las mismas que en el momento de construir deberán ser reforzadas por motivos de seguridad, de esta manera se garantiza que la estructura no sufrirá deformaciones ni agrietamientos.

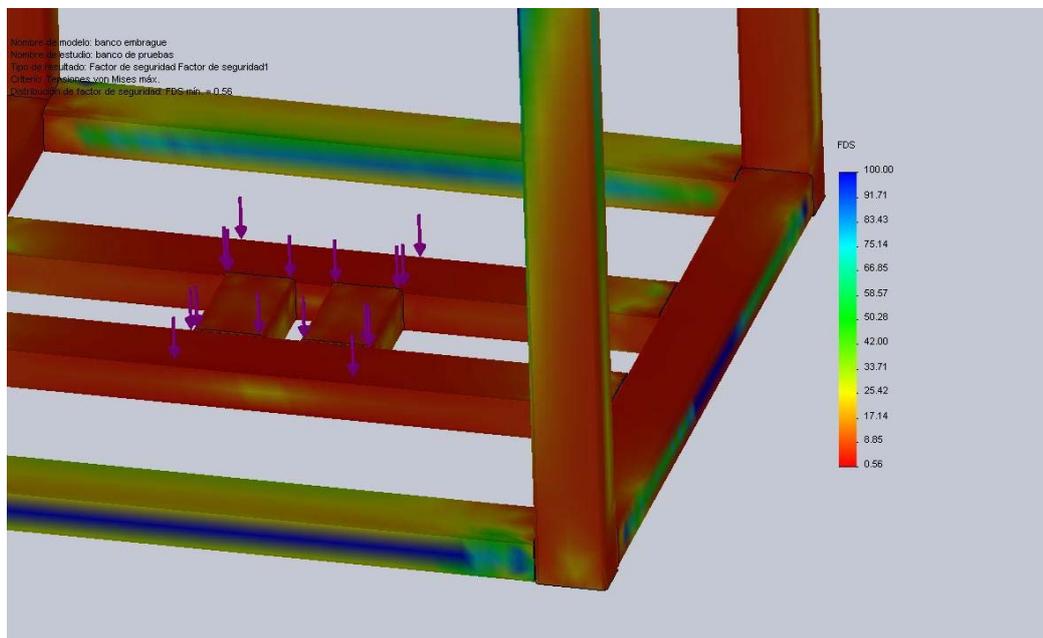
---

<sup>24</sup> BEER, Ferdinand P. y JOHNSTON, E. Russell, p. 29.



**Fig. 3.2.1.4.1.- Banco de pruebas-Factor de seguridad.**

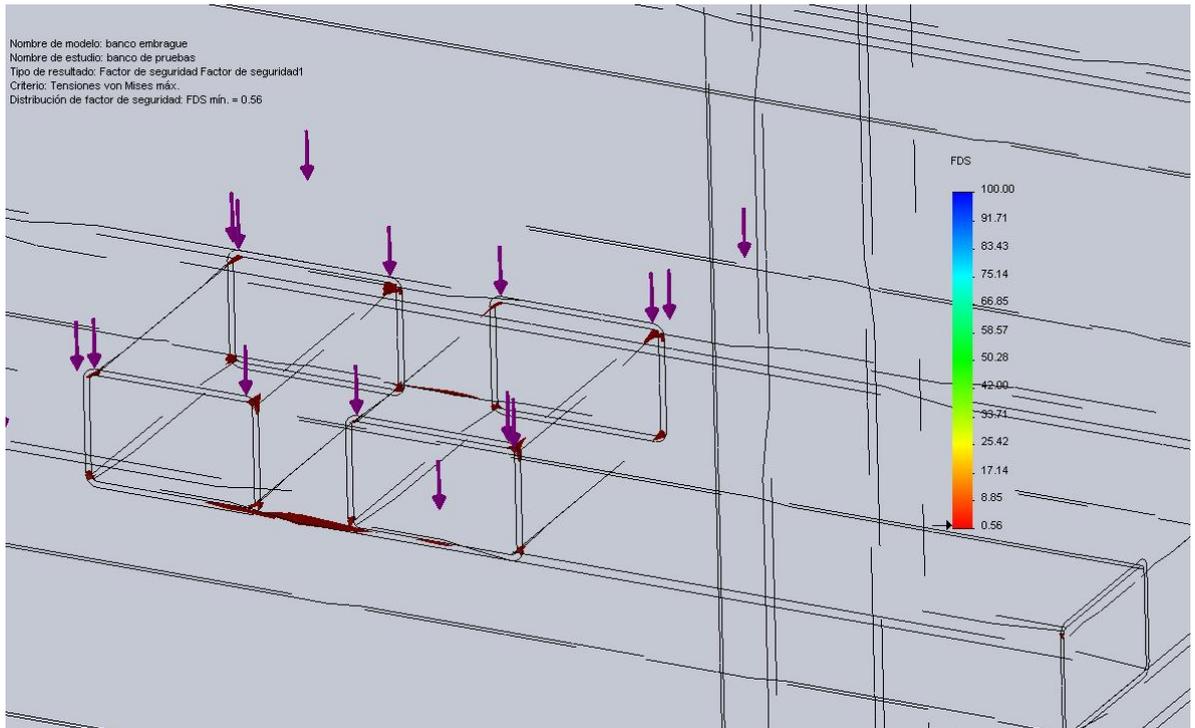
*(Fuente: Los autores).*



**NOTA:** La figura se encuentra volteada para obtener una vista mas clara de las zonas criticas de la estructura.

**Fig. 3.2.1.4.2.- Banco de pruebas-Factor de seguridad acercamiento.**

*(Fuente: Los autores).*



**NOTA:** La figura se encuentra volteada para obtener una vista mas clara de las zonas criticas de la estructura.

**Fig. 3.2.1.4.3.- Banco de pruebas-Factor de seguridad zonas criticas.**

*(Fuente: Los autores).*

Las figuras anteriores nos indican los puntos más críticos con color rojo en la estructura los cuales deberán ser reforzados con soldadura en el momento de la construcción de la misma debido a que posee un factor de seguridad muy bajo el cual es de 0.56.

### **3.3.-ELECCIÓN DEL MATERIAL.**

Para la elección del material se procedió a utilizar el software de cálculo Solid Works, el mismo que determino los diferentes comportamientos de la estructura sometida a varias cargas. Tomando como base estos indicadores se procedió a la comparación de las tablas de materiales consiguiéndose como punto de equilibrio entre los valores de seguridad y costo un acero estructural AISI 1020 <sup>25</sup> de forma rectangular de 60 x 40 mm y de 2mm de espesor, y para los paneles de protección laterales se escogió laminas de

<sup>25</sup> Ver anexo 4 catalogo de aceros.

acero y mallas perforadas con la finalidad de brindar seguridad al operario del banco de pruebas.

### **3.4. - DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES.**

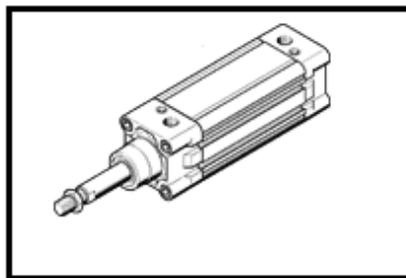
Para la elaboración de este equipo se han utilizado elementos neumáticos de excelente calidad (FESTO) los cuales garantizan el correcto funcionamiento del banco, estos componentes fueron seleccionados en función de las pruebas realizadas en el laboratorio de ensayo de materiales de la “UPS”<sup>26</sup> a un plato de presión nuevo y a un plato de presión fatigado por su uso, el cual fue reemplazado a los setenta mil kilómetros aproximadamente; los resultados obtenidos nos dieron las pautas necesarias para escoger el cilindro neumático más adecuado para el propósito, y de acuerdo a este los elementos secundarios que complementan el circuito neumático.

#### **3.4.1.-COMPONENTES NEUMATICOS.**

Este sistema está compuesto por un cilindro neumático, válvula reguladora de presión, regulador de caudal, silenciadores, racores, cañerías, y bobina inductora de corriente.

El detalle técnico de cada uno de estos elementos se encuentra en el anexo 2 que contiene el catalogo del fabricante.

#### **CILINDRO NEUMATICO.-**



*Fig.- 3.4.1.- Cilindro neumático.*

*(Fuente: Catalogo Festo).*

---

<sup>26</sup>Ver anexo 7 resultados de las pruebas realizadas en el laboratorio de la UPS.

Este elemento constituye una de las partes más importantes del banco de pruebas debido a que genera la presión necesaria para desplazar el diafragma que poseen los diferentes platos de presión.

El trabajo que puede realizar este elemento es de doble efecto ya que su diseño le permite ejercer presión, pero a su vez también es capaz de generar tracción si se lo requiere; posee las siguientes características técnicas<sup>27</sup>. TABLA 3.

<b>CARACTERISTICAS TECNICAS CILINDRO NORMALIZADO DNC-100-50-PPV-163481</b>	
<b>Carácter</b>	<b>Propiedades</b>
Carrera	50 mm
Diámetro del embolo	100 mm
Rosca del vástago	M20x1,5
Amortiguación	PPV: Amortiguación neumática regulable a ambos lados
Posición de montaje	Indistinto
Corresponde a la norma	ISO 15552
Extremo del vástago	Rosca exterior
Construcción	Embolo , vástago
Variantes	Vástago simple
Presión de funcionamiento	0,6-12bar
Forma de funcionamiento	De doble efecto
Fluido	Aire seco, lubricado o sin lubricado
Temperatura ambiente	de menos 20 a menos 80 grados Celsius
Clase de resistencia a la corrosión KBK	2
Energía del impacto en las posiciones finales	1,2J
Carrera de amortiguación	32 mm
Fuerza teórica con 6 bar, retroceso	4.418 N
Fuerza teórica con 6 bar avance	4.712 N
Masa móvil con carrera de 0 mm	1.544 g
Peso adicional por 10 mm de carrera	115 g
peso básico con carrera de 0 mm	4.653 g
Masa adicional por 10 mm de carrera	38 g
Tipo de fijación	con rosca interior, con accesorios
Conexión neumática	G1/2
Material de la tapa	Fundición inyectada de aluminio anodizado
Material de las juntas	NBR TPE-U(PU)
Material del cuerpo	Aleación forjable de aluminio adonizado deslizante
Material del vástago	Acero de aleación fina
Material de la camisa del cilindro	Aleación forjable de aluminio anonizado deslizante

**TABLA 3: Fuente catalogo de productos FESTO.**

<sup>27</sup> Ver anexo 8 catalogo de productos festo.

## VALVULA REGULADORA DE PRESION.



*Fig.- 3.4.2. Válvula reguladora de presión.*

*(Fuente: Catalogo Festo).*

Este elemento es el encargado de regular la presión a la entrada del cilindro con la cual podemos calibrar la fuerza que se va a ejercer sobre los diferentes diafragmas, la cual posee las siguientes características técnicas. TABLA 4.

<b>CARACTERISTICAS TECNICAS Regulador de presión LR-3/8-D-MINI.</b>	
<b>Carácter</b>	<b>Propiedades</b>
Tamaño	Mini
Serie	D
Asegurar el accionamiento	Botón giratorio con enclavamiento
Construcción	Válvula de membrana, de accionamiento directo
Función del regulador	Con compensación de la presión primaria Con escape secundario - Presión inicial
Indicación de la presión	Con manómetro
Margen de regulación de la presión	0,5 - 12 bar
Presión inicial l	1 - 16 bar
Histéresis máxima de la presión	0,2 bar
Caudal nominal normal	1.700 l/min
Fluido	Aire comprimido filtrado, sin lubricar, grado de filtración de 40 µm Aire comprimido filtrado y lubricado, grado de filtración de 40 µm
Temperatura del medio	-10 - 60 °C

Temperatura ambiente	-10 - 60 °C
Peso del producto	350 g
Tipo de fijación	Montaje en panel frontal - Montaje del conducto con accesorios
Conexión neumática 1	G3/8
Conexión neumática 2	G3/8
Información sobre el material de la placa base	Fundición inyectada de Zinc
Información sobre el material de las juntas	NBR
Información sobre el material del cuerpo	Fundición inyectada de Zinc

**TABLA 4:** Fuente catalogo de productos *FESTO*.

## **REGULADOR DE CAUDAL.**



**Fig.- 3.4.2.1. Regulador de caudal.**

**(Fuente: Catalogo Festo).**

Este elemento nos permite regular la velocidad de avance y retroceso del vástago del cilindro con el fin de obtener un contacto progresivo con la superficie del diafragma; posee las siguientes características técnicas. TABLA 5.

<b>CARACTERISTICAS TECNICAS</b> <b>Válvula de estrangulación y anti retorno GRLA-1/2-B</b>	
<b>Carácter</b>	<b>Propiedades</b>
Posición de montaje	Indistinto
Elemento de ajuste	Tornillo con cabeza ranurada
Función de las válvulas	Función de estrangulación y antirretorno del escape
Presión de funcionamiento	0,3 - 10 bar
Caudal estándar en sentido de regulación del flujo: 6 -> 0 bar	4.000 l/min
Caudal estándar en sentido de bloqueo:	6 -> 0 bar 2.950 - 4.190 l/min
Caudal nominal normal en el sentido de la Estrangulación	2.100 l/min
Caudal nominal normal en el sentido del Antirretorno	1.550 - 2.200 l/min
Fluido	Aire comprimido filtrado, sin ubricar, grado de filtración de 40 µm Aire comprimido filtrado y lubricado, grado de filtración de 40 µm
Temperatura del medio	-10 - 60 °C
Temperatura ambiente	-10 - 60 °C
Par de apriete máximo	40 Nm
Peso del producto	204g
Tipo de fijación	Atornillable
Conexión neumática 1	G1/2
Conexión neumática 2	G1/2
Información sobre el material de la chaveta Atornillable	Aleación forjable de aluminio
Información sobre el material de las juntas	NBR
Datos sobre el material del tornillo de regulación	Latón
Datos sobre el material de la junta basculante	Fundición inyectada de Zinc.

**TABLA 5:** Fuente catalogo de productos **FESTO**.

### **RACORES, CONECTORES Y CAÑERÍA.**

Estos elementos nos permiten realizar la conexión de los elementos del sistema garantizando que no existan fugas o pérdidas de presión. TABLA 6, 7,8.



**Fig.- 3.4.2.2. Racores, conectores y cañería.**

**(Fuente: Catalogo Festo).**

<b>CARACTERISTICAS TECNICAS RACORES QS-3/8-10.</b>	
<b>Carácter</b>	<b>Propiedades</b>
Tamaño	Estándar
Diámetro nominal	8,5 mm
Tipo de junta del eje atornillable	Recubrimiento
Construcción	Principio de empuje y tracción
Presión de funcionamiento	-0,95 - 10 bar
Fluido	Aire comprimido filtrado, sin lubricar Aire filtrado y lubricado
Temperatura ambiente	0 - 60 °C
Par de apriete máximo	22 Nm
Peso del producto	26g
Conexión neumática	R3/8 para diámetro exterior del tubo flexible de 10 mm
Información sobre el material del cuerpo	Latón
Información sobre el material de la cinta de la Rosca	PTFE
Información sobre el material de la junta del tubo Flexible	NBR
Datos sobre el material del segmento de sujeción del tubo flexible	Acero inoxidable de aleación fina

**TABLA 6: Fuente catalogo de productos FESTO.**

<b>CARACTERISTICAS TECNICAS CONECTORES MSSD-EB.</b>	
<b>Carácter</b>	<b>Propiedades</b>
Símbolo CE	para UE según directiva 73/23/CEE (baja tensión)
Tipo de protección	IP65
Temperatura ambiente	-45 - 90 °C
Peso del producto	11g
Conexión eléctrica	'Conector tipo zócalo según DIN NE 175301-803 Conector acodado tipo zócalo Forma C 3 contactos forma rectangular MSEB forma rectangular MSN2
Diámetro del cable	6 - 8 mm
Atornillamiento cables	Pg7
Diámetro nominal del conducto	<= 0,75 mm2
Tipo de fijación	En electro válvula con tornillo central M2,5
Color del cuerpo	Negro
Información sobre el material del cuerpo	Material sintético

**TABLA 7: Fuente catalogo de productos FESTO.**

<b>CARACTERISTICAS TECNICAS Tubo de material sintético PUN-10x1,5-BL.</b>	
<b>Carácter</b>	<b>Propiedades</b>
Diámetro exterior	10 mm
Diámetro interior	7mm
Radio máximo de curvatura	54mm
Fluido	Aire comprimido filtrado Vacío
Temperatura ambiente	-35 - 60 °C
Peso del producto según la longitud	0,0489 kg/m
Color	Azul
Dureza Shore	52 +/- 3
Indicación sobre el material	Sin cobre y teflón
Información sobre el material del tubo flexible	TPE-U(PU)

**TABLA 8:** Fuente catalogo de productos FESTO.

### **BOBINA DE INDUCCIÓN ELÉCTRICA.**



**Fig. - 3.4.2.3. Bobina y electroválvula.**

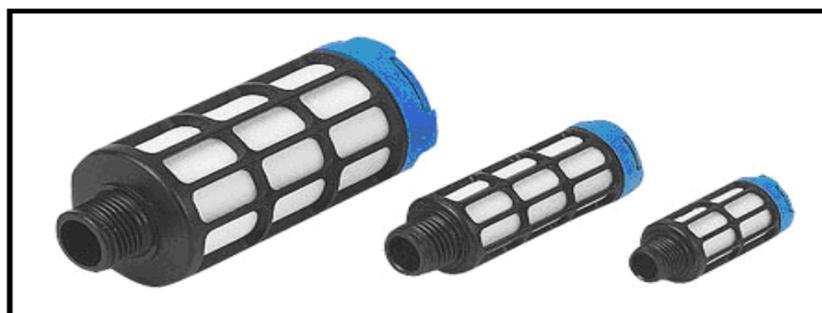
*(Fuente: Catalogo Festo).*

Este elemento nos permite excitar al cilindro para inducir su funcionamiento de modo que este pueda realizar su trabajo. TABLA 9.

<b>CARACTERISTICAS TECNICAS</b> <b>Electro válvula CPE24-M2H-5L-3/8.</b>	
<b>Carácter</b>	<b>Propiedades</b>
Diámetro nominal	11m
Función de escape	Estrangulable
Tipo de accionamiento	Eléctrico
Principio de hermetización	Blando
Posición de montaje	Indistinto
Accionamiento manual auxiliar	Con reposición Con accesorios enclavables
Construcción	Corredera
Tipo de reposición	Muelle neumático
Tipo de control	Pre pilotado
Sentido del flujo	No reversible
Función de las válvulas	5/2 Monoestable
Identificación de la posición de válvula	Soporte del apantallamiento
Presión de funcionamiento aire de pilotaje externo	-0,9 - 10 bar
Presión de funcionamiento aire de pilotaje interno	2,5 - 10 bar
comportamiento de la presión de mando (diagrama)	Diagrama
Valor B	0,31
Valor C	12,2 l/sbar
Caudal nominal normal	3.200 l/min
Desconexión del tiempo de conmutación	50 ms
Conexión del tiempo de conmutación	40 ms
Presión de funcionamiento	2,5 - 10 bar

**TABLA 9:** Fuente catalogo de productos **FESTO**.

## **SILENCIADORES.**



**Fig. 3.4.2.4.- Silenciadores.**

*(Fuente: Catalogo Festo).*

Estos elementos permiten reducir el ruido causado por las descargas de aire generadas en durante el funcionamiento del cilindro. TABLA 10.

<b>CARACTERISTICAS TECNICAS Silenciadores U-3/8.</b>	
<b>Carácter</b>	<b>Propiedades</b>
Posición de montaje	Indistinto
Presión de funcionamiento	0 - 10 bar
Caudal contra atmósfera	5.900 l/min
Fluido	Aire comprimido filtrado, sin lubricar Aire filtrado y lubricado Aire seco, lubricado o no lubricado
Nivel de ruido	82 dB(A)
Temperatura ambiente	-10 - 70 °C
Peso del producto	30g
Conexión neumática	G3/8
Información sobre el material del amortiguador	PE
Indicación sobre el material	Sin cobre y teflón

**TABLA 10:** Fuente catalogo de productos *FESTO*.

### **3.4.2.-COMPONENTES ELECTRONICOS.**

Esta compuesto por los siguientes elementos:

- Celda de carga.
- Display o modulo de lectura de datos.
- Sensor de desplazamiento lineal.
- Computador (PC).

#### **CELDA DE CARGA.**

Al ser presionado por el cilindro neumático este se encarga de transmitir la fuerza al indicador digital para la lectura de los datos necesarios para constatar el estado del plato de presión, para posteriormente ser almacenados y comparados por el software de control.

Esta celda de carga posee las siguientes características:

- Señal de salida 2mV/ Voltio nominal.
- Rango de temperatura de cooperación de  $-15^{\circ}\text{C}$  a  $71^{\circ}\text{C}$ .
- Resistencia de puente  $350\Omega$ .
- Voltaje de excitación 10V.
- Seguro de sobrecarga 50%.
- Conexión eléctrica 1,52m.
- Temperatura de operación  $-53,88^{\circ}\text{C}$  a  $121,11^{\circ}\text{C}$ .

### **DISPLAY.**

Este elemento forma parte del circuito electrónico debido a que procesa los datos emitidos por la celda de carga y los visualiza en forma numérica en el display fig. 3.4.3 que se encuentra integrado al modulo, posee las siguientes características<sup>28</sup>:

- Precisión  $\pm 0,03\%$ .
- Sensor de excitación de 5,10, 12 o 24 Voltios.
- El display es un medidor de fuerza de 4 dígitos.



*Fig.-3.4.3. Display de 4 dígitos.*

*(Fuente: Catalogo omega.)*

<sup>28</sup> NOTA: para mayor información de la configuración del modulo refiérase al manual de operación del banco de pruebas Capítulo IV.

## **SENSOR DE DESPLAZAMIENTO LINEAL.**

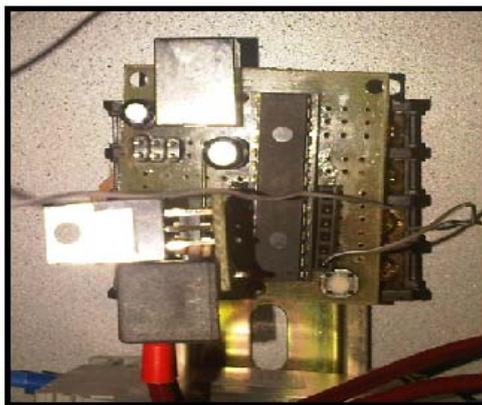
Este sensor está diseñado con la finalidad de medir el desplazamiento del diafragma, mediante el accionamiento de un potenciómetro lineal cuya variación de resistencia será procesada en un micro controlador para que posteriormente este dato sea comparado en un computador con la base de datos existente<sup>29</sup>.

## **COMPUTADOR.**

Este dispositivo está provisto de un software diseñado exclusivamente para realizar un análisis de datos provenientes de los sensores y a su vez compararlos con los existentes en la base de datos de los conjuntos de embrague, con estos resultados el operario del banco de pruebas podrá determinar el estado del plato de presión.

## **CIRCUITO ELECTRÓNICO DE TRANSMISIÓN DE DATOS.**

Este dispositivo electrónico está diseñado con la finalidad de recopilar los datos generados en el sensor de desplazamiento lineal, amplificando sus señales para posteriormente enviarlas hacia el software del banco de pruebas, permitiendo visualizar los datos obtenidos en la comprobación de los platos de presión.



*Fig. .-3.4.4.Tarjeta electrónica de transmisión de datos.*

*Fuente:(Los autores).*

---

<sup>29</sup> Ver Anexo 11 diseño mecánico del sensor.

Este circuito electrónico está constituido por los siguientes elementos:

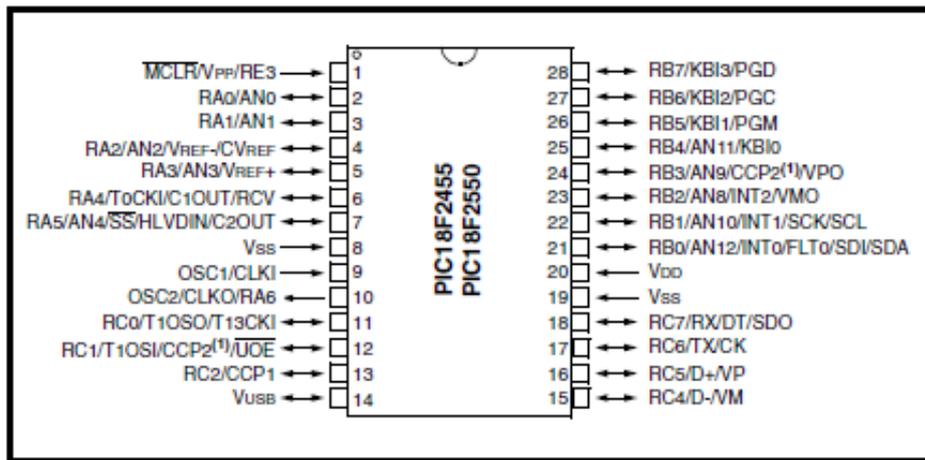
- Micro controlador 18F2550.
- 2 Condensadores de 22pf.
- 1 Condensador de 100uf.
- 1 Condensador de 47uf.
- 1 Resistencia de 1k $\Omega$ .
- 1 Resistencia de 100 $\Omega$ .
- 1 Potenciómetro de variación lineal de 10k $\Omega$ .
- 1 Opto acoplador MOC3021M.
- 1 Encapsulado BT136.
- 1 Cristal oscilador de 16MHz.
- 1 Puerto de comunicación USB.

Todos estos elementos anteriormente mencionados se encuentran disponibles en el mercado local.

### **MICROCONTROLADOR 18F2550.**

Este elemento cumple la función principal en el circuito ya que es el encargado de almacenar, procesar y comandar el programa de control de la electroválvula y del sensor lineal, y a su vez realiza la comunicación con el software del banco de pruebas.

A continuación se describe sus características principales y programación.fig.3.5.5.

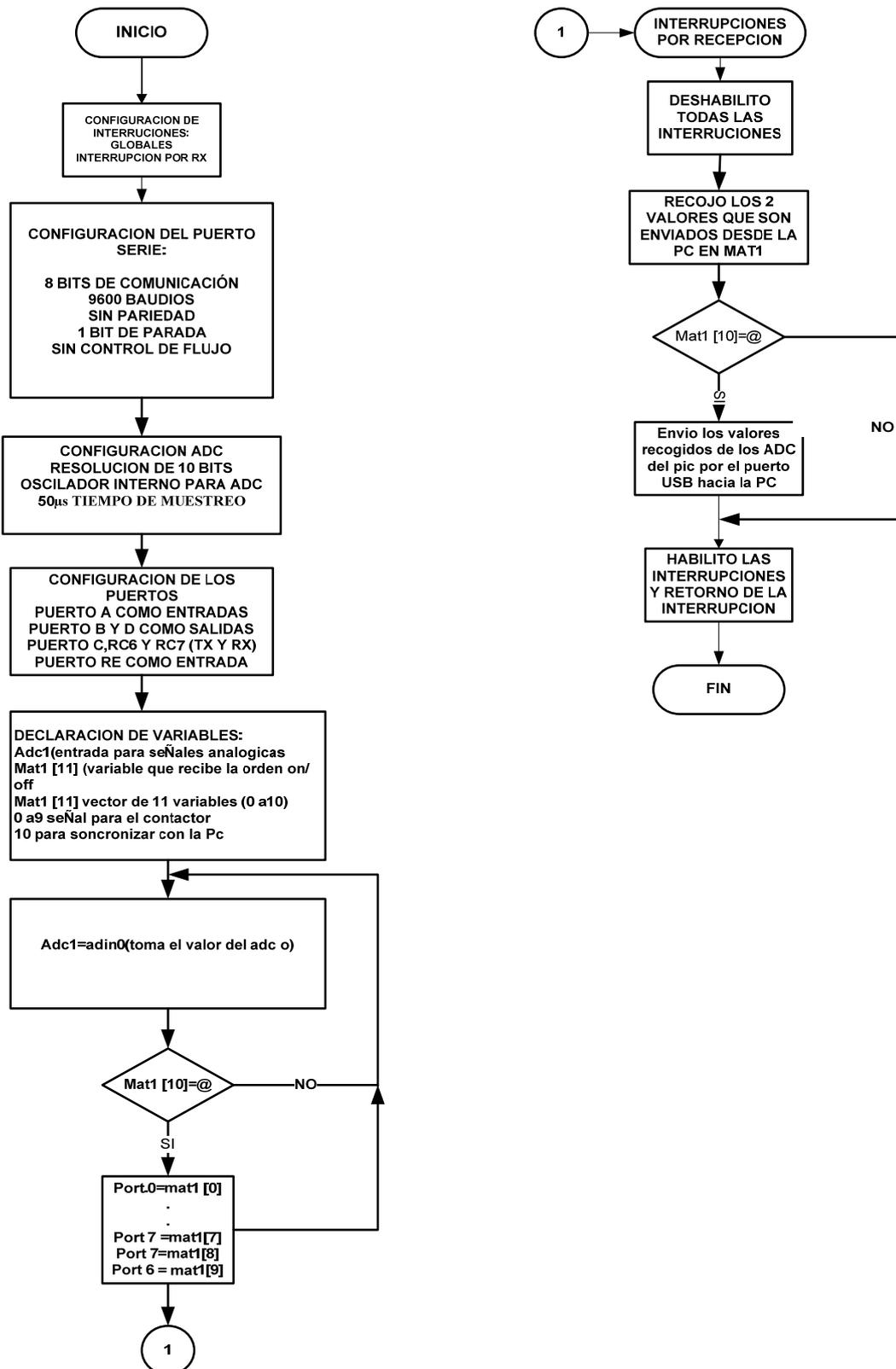


*Fig.3.4.5.-Esquema del microcontrolador PIC 18F2550.*

*(Fuente: microchip technology Data sheet.)*

## DESCRIPCIÓN DE LA PROGRAMACIÓN DEL MICROCONTROLADOR.

Para una mejor comprensión del funcionamiento del banco de pruebas es necesario que estructuramos el programa en un diagrama de flujo el cual describe el funcionamiento del microcontrolador para la recepción y envío de datos a la PC, este se detalla a continuación. Fig.3.4.6.



**Fig.3.4.6.-Diagrama de bloques de la programación del microcontrolador.**

*Fuente:(Los autores).*

## **PROCESO DE DIRECCIONAMIENTO DE LAS VARIABLES PARA LA CONFIGURACIÓN DEL MICROCONTROLADOR.**

Configuramos el puerto USB para la comunicación con la PC, establecemos una comunicación de 8 bit de datos, una velocidad de transmisión de 9600 baudios o bits/s, deshabilitamos el bit de paridad, establecemos un 1 bit de parada y deshabilitamos el control de flujo de datos.

Luego en el diagrama de bloques anterior, configuramos los convertidores analógicos/digitales o ADC. La conversión se realizara con una resolución de 10 bits, habilitamos el oscilador interno del controlador para la conversión y establecemos un tiempo de muestreo de 50 $\mu$ s. Mediante los conversores analógicos y digitales y tomamos las señales analógicas del sensor lineal y las convertimos en señales para su envío a la PC por medio de un puerto USB y su posterior visualización mediante el software en VISUAL BASIC 2008.

Configuramos los puertos del microcontrolador. Los Puertos A y E son configurados como entradas para la conversión analógica/digital la señal del sensor. Los puertos B y D se configuran como salidas para el comando del relé de la electroválvula que simularan un circuito abierto o cerrado en la señal proveniente de los sensores y en la alimentación de los actuadores. Los puertos RC15 y RC16 se configuran para la transmisión de datos por el puerto serie.

Luego se declara las variables, para esto se etiqueta como adc1 a la señal analógica proveniente del sensor lineal. Las señales provenientes desde la PC y que se utilizan para activar o desactivar el relé se almacena en una matriz de 11 elementos que en este caso se llama mat1[11], esta matriz o vector contiene 11 variables numeradas desde el 0 al 10. Las variables desde 0 a 9 son utilizadas para comandar el relé. Pero en este caso solo se posee un relé de la electroválvula. La variable numero 10 contiene el carácter de sincronía de sintonía con la PC, que en este caso lo representaremos con @.

El programa principal inicia haciendo la lectura de los valores de los ADC y almacena en las variables adc1; luego lee la matriz enviada desde la PC mat1, y se realice la siguiente pregunta, si la variable numero 1 de la matriz es @. Esta condición se cumple, entonces devuelve los valores de las variables 0 al 9 de la matriz y en los almacena en los puertos RC4 y RC5 configurados como salidas. Finalizado este paso regresa al

inicio del programa leyendo los valores de los ADC y repitiéndose nuevamente el ciclo de lectura de datos Tabla 11.

**TABLA 11: DISPOSICIÓN DE ALMACENAMIENTO DE DATOS Y VARIABLES.**

<b>Almacenamiento de datos recogidos de los adc en las variables</b>		<b>Almacenamiento de variables de la matriz de datos en los puertos de salida</b>	
<b>ADIn 0</b>	<b>adc1</b>	<b>mat 1 [0]</b>	<b>Portb. 0</b>

*(Fuente: Los autores).*

Por otro lado si el valor de la variable numero 1 de la matriz no es @ es decir “mat 1” [0] ≠@, el programa retorna nuevamente al inicio leyendo los valores de los ADC y repitiéndose así el ciclo de lectura de datos. Cuando se produce alguna interrupción, es decir un cambio de estado en los puertos de entrada de datos, ya sea de los ADC o el puerto de recepción de datos desde la PC (puerto RC5 del microcontrolador), el programa principal se detiene sea lo que sea que este realizando y procede a una subrutina de interrupción por recepción en puerto serie (mostrada en el diagrama de bloques).

En esta subrutina primeramente deshabilito todas las interrupciones para evitar que la subrutina se interrumpa por otro cambio de estado en los puertos de la entrada de datos. Luego recibo el único valor de la matriz “mat 1” enviada desde la PC por el puerto serial y realizo la siguiente pregunta, si la variable numero 1 de la matriz es @, es decir “mat 1” [0] =@. Si esta condición se cumple envié los valores almacenados en adc1 por el puerto USB hacia la PC para su análisis y su visualización en el software de VISUAL BASIC. Finalmente habilito nuevamente las interrupciones y retornamos el programa principal prosiguiendo desde el punto en el que sucedió la interrupción. Si la condición anterior no se cumple, simplemente se habilitan todas las interrupciones sin enviar los datos de los ADC y continuamos con el programa principal desde el punto en el que sucedió la interrupción.

Para la elaboración del programa utilizamos el software CCS Compilador, a continuación se detalla las líneas de programación realizada con este software.

TABLA 12.

**TABLA 12: LINEAS DE PROGRAMACION DEL MICROCONTROLADOR.**

```
#include <18F2550.h>
#DEVICE ADC=8
#fuses
HSPLL,NOWDT,NOPROTECT,NOLVP,NODEBUG,USBDIV,PLL3,CPUDIV1,VRE
GEN
#use delay(clock=48000000)

#include "usb_cdc.h"
//#include <lcd.c>
#rom int 0xf0000={1,2,3,4}

#define high output_high
#define low output_low
#define time recive[1]
#define rele recive[2]
#define relex pin_B5
#define emeg pin_B7

int1 flag=0;
int8 cont=0,recive[3];

void main() {

    int16 adc0;
    int8 i,estado=0;
    setup_comparator(NC_NC_NC_NC);
    setup_adc_ports(AN0|VSS_VDD);
    setup_adc(ADC_CLOCK_INTERNAL);

    setup_timer_0(RTCC_INTERNAL|RTCC_DIV_256);
    setup_timer_1(T1_DISABLED);
    setup_timer_2(T2_DISABLED,0,1);
    setup_timer_3(T3_DISABLED);

    set_adc_channel(0);
    low(relex);
    set_tris_b(0x80);
    //output_b(0x00);
    low(pin_c6);
    high(pin_c7);
    //delay_ms(300);
    usb_cdc_init();
    usb_init();
    while(!usb_cdc_connected()) {}
    high(pin_c6);
    low(pin_c7);
    //lcd_gotoxy(1,1);
```

```

//printf(lcd_putc,"USB READY");
port_b_pullups(TRUE);
do {
usb_task();
if (usb_enumerated())
{
////////////////////////////////////
////////////////////////////////////

if(usb_cdc_kbhit()==true) {
for(i=0;i<=2;i++)
{
recive[i]=usb_cdc_getc();
}
}
//lcd_gotoxy(1,2);
//printf(lcd_putc,"%u",time);
if(recive[0]==64)
{

adc0=read_adc();
printf(usb_cdc_putc,"%05Lu%05u",adc0,estado);
estado=0;

}
}

if(rele==49)
{
high(relex);
}
if(rele==50)
{
low(relex);
}
if(input_state(emeg)==0)
{
low(relex);
estado=1;
rele=0;
}
////////////////////////////////////
////////////////////////////////////

}
} while (TRUE);

```

**Fuente:** Los autores.

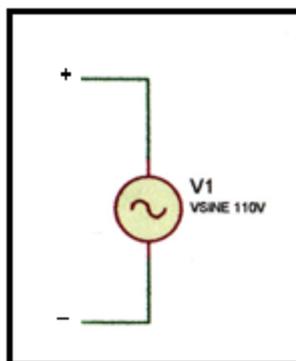
## **DESCRIPCIÓN DEL CIRCUITO DEL PROGRAMA DEL BANCO DE PRUEBAS PLATOS DE PRESIÓN.**

Para la construcción del programa, se procedió con la elaboración de una tarjeta mediante la cual podemos recibir la señal del sensor lineal y recibir a su vez las señales provenientes de la PC a través del puerto USB.

Tratando de simplificar al máximo el diseño del circuito y de aminorar el costo de los componentes, al mismo tiempo buscando lograr un óptimo funcionamiento sin llegar a tener un sistema cuya complejidad dificulte su utilización, concluimos con el diseño que se muestra a continuación

### **FUENTE DE TENSIÓN.**

La fuente de tensión es de 110 voltios, para alimentar el relé de la electro válvula, cabe indicar que la alimentación del microcontrolador se toma directamente de la salida del puerto USB ya que este se alimenta de la PC con  $\pm 5$  voltios.



*Fig.3.4.7.-Fuente de tensión.*

*(Fuente los autores).*

### **CONEXIÓN DEL MICROCONTROLADOR.**

Para la construcción de este circuito hemos utilizado el microcontrolador MICROCHIP PIC 18F2550, a continuación mostramos algunas características de este componente.

TABLA 13.

**TABLA 13. Características del microcontrolador 16F2550**

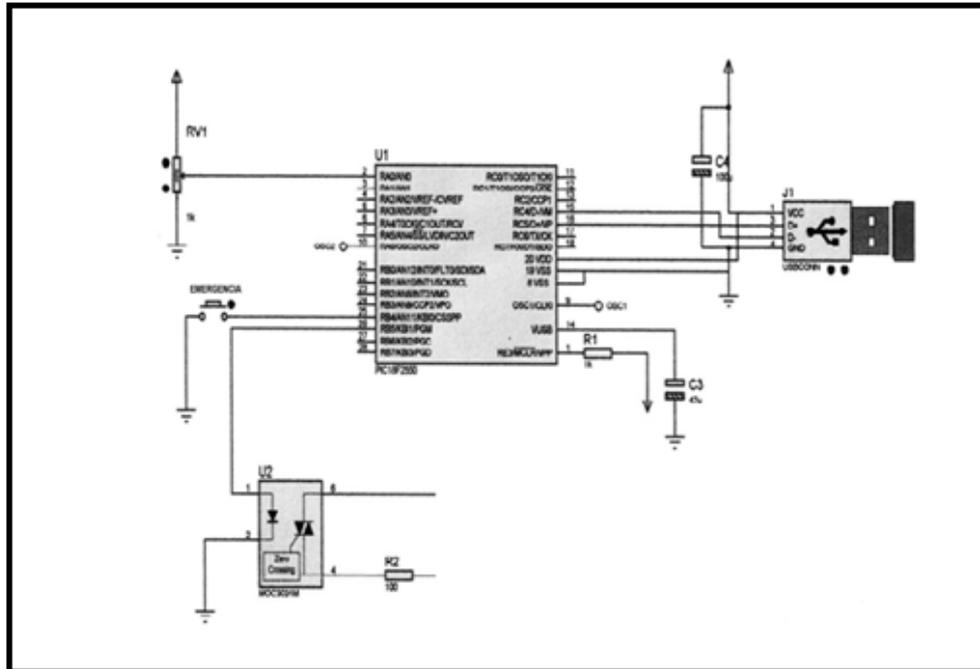
<b>CARACTERISTICAS</b>	<b>PIC 18F2550</b>
FRECUENCIA DE OSCILACION	DC – 48 MHz
MEMORIA DE PROGRAMA (BYTES)	32768
MEMORIA DE PROGRAMA INSTRUCC	16384
DATOS DE MEMORIA	2048
MEMORIA EEPROM (BYTES)	256
LINEAS DE INTERRUPCION	19
ENTRADAS Y SALIDAS	PORTS A,B,C, (E)
TIMERS	4
CAPTURA DE COMPARADOR	2
ENLACES	0
COMUNICACIÓN SERIAL	MSSP ENLACE USART
PUERTO SERIAL USB	1
PUERTO PARALELO	NO
10 BIT ANALOGICO Y MODULO DIGITAL	10 SALIDA CANALES
COMPARADORES	2
RESET	POR, BOR reset, instrucción, Stack Full, Stack Underflow (PWRT, OST), MCLR (opcional) WDT
PROGRAMA ALTO VOLTAJE DETECTOR	Si
PROGRAMA BROWM SALIDA RESET	Si
SET DE INSTRUCCIONES	75 INSTRUCCIONES 83 CON SET DE EXTENSION
PAQUETE	28 PIN PDIP 28 PIN SOIC

*Fuente: microchip technology Data sheet.*

Como se explico anteriormente en este capítulo, los puertos A y E fueron configurados como entradas para la conversión A/D de las señales de los sensores.

Para evitar errores en el funcionamiento de loa ADC y del funcionamiento del microcontrolador, las entradas que se encontraban inutilizadas fueron conectadas a

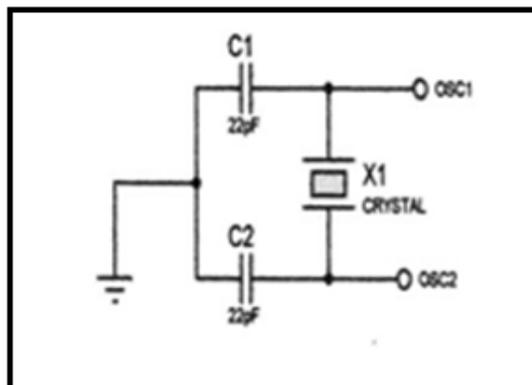
tierra, en este caso se utilizaron solo las entradas de los pines RA1, RA2, RA3, RA4, RA5. fig.3.4.8.



**Fig.3.4.8.-Conexión del microcontrolador.**

*(Fuente los autores).*

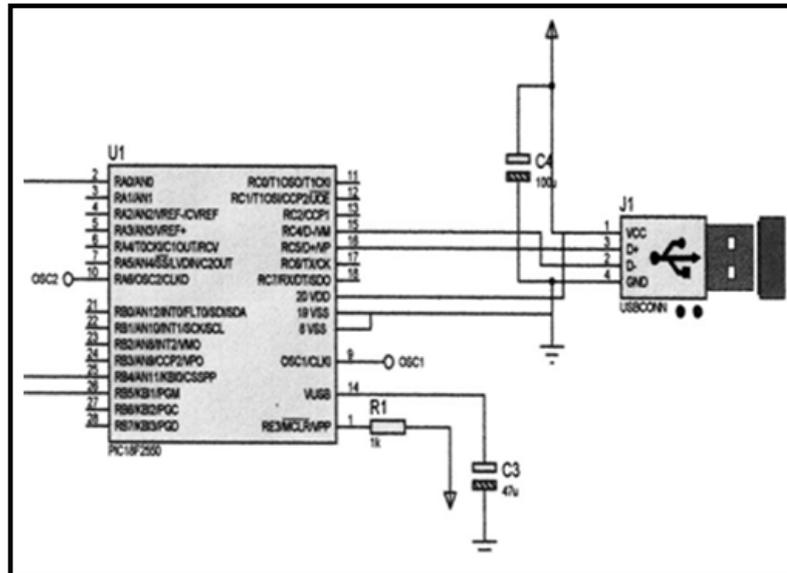
Los puertos B y D se utilizaron como salidas para la activación del relé. El puerto RC6 y RC7 se utilizaron para la transmisión de datos por puerto USB. Como oscilador externo se utilizó un cristal de 16MHz el cual se encuentra conectado a sus respectivos condensadores de 22pf como se ve en la figura 3.4.9.



**Fig.3.4.9.-Cristal de oscilación.**

*(Fuente los autores).*

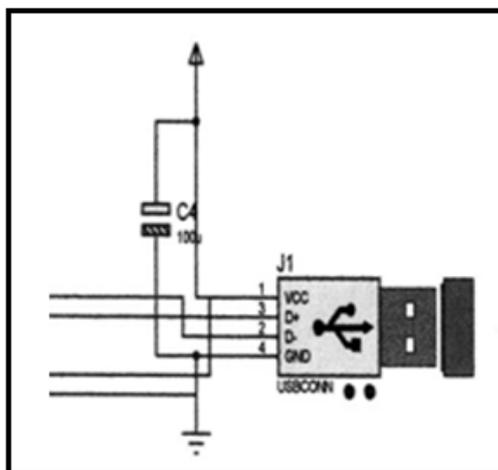
Para la transmisión de datos se realizo por puerto USB el cual por medio del condensador conectado a él se incrementa los niveles de tensión de las señales de 5V a 10V para mayores distancias de transmisión. Fig.3.4.10.



**Fig.3.4.10.-Conexión USB.**

*(Fuente los autores).*

Para la conexión a la PC se utilizo un puerto USB, conectado al pin 4 a tierra, el pin 2 y pin 3 a la entrega y recepción de datos. Fig.3.4.11.



**Fig.3.4.11.-Pines de entrada al USB.**

*(Fuente los autores).*

Cabe indicar que del circuito al momento de realizar las pruebas existía una variaciones en el sensor lineal por esta razón se coloco en paralelo al potenciómetro lineal un condensador que actúa como filtro pasa-bajo con una frecuencia de corte de 40Hz, A continuación se muestra el diseño final de la placa elaborada. Fig.3.4.12.

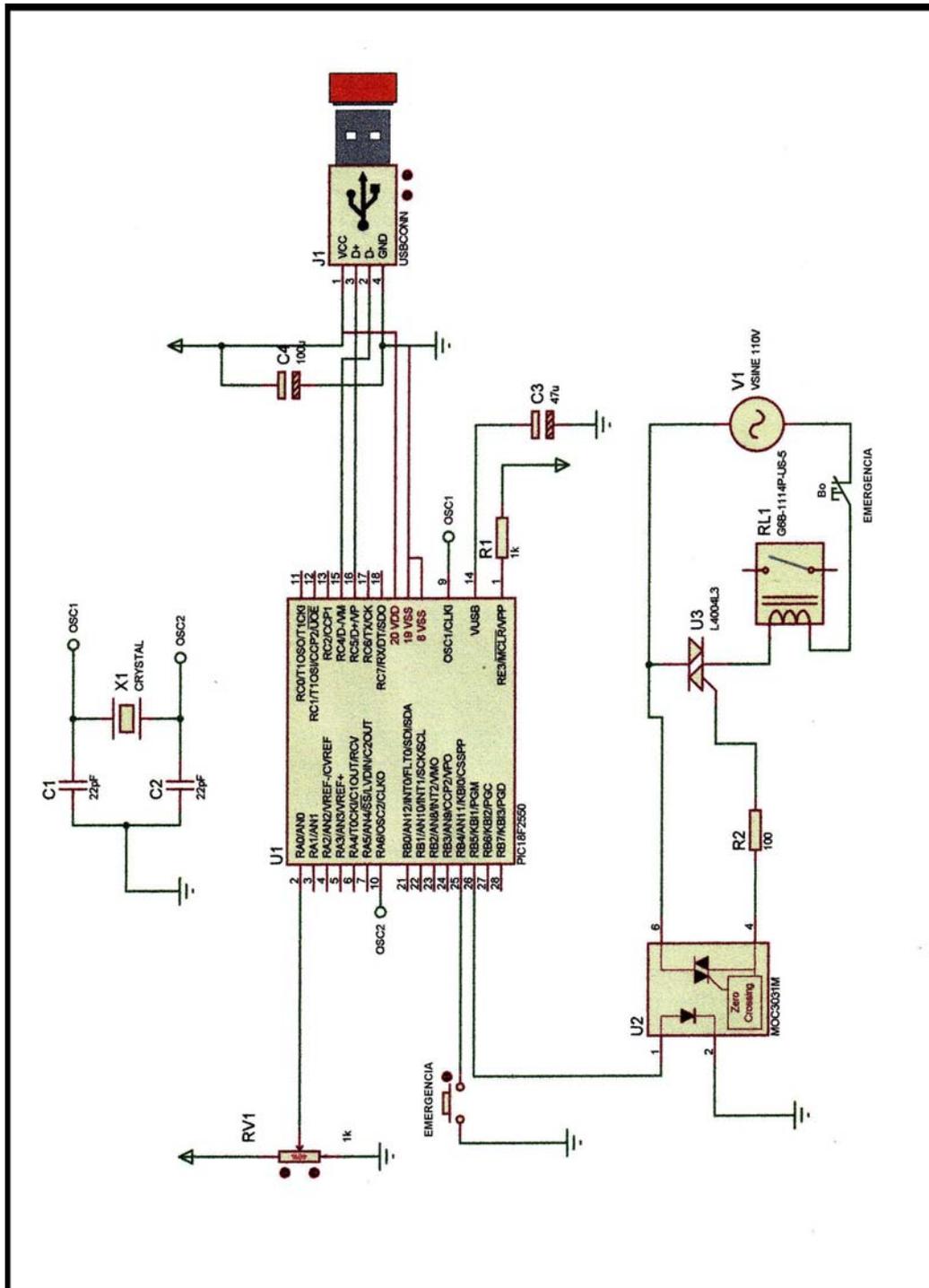
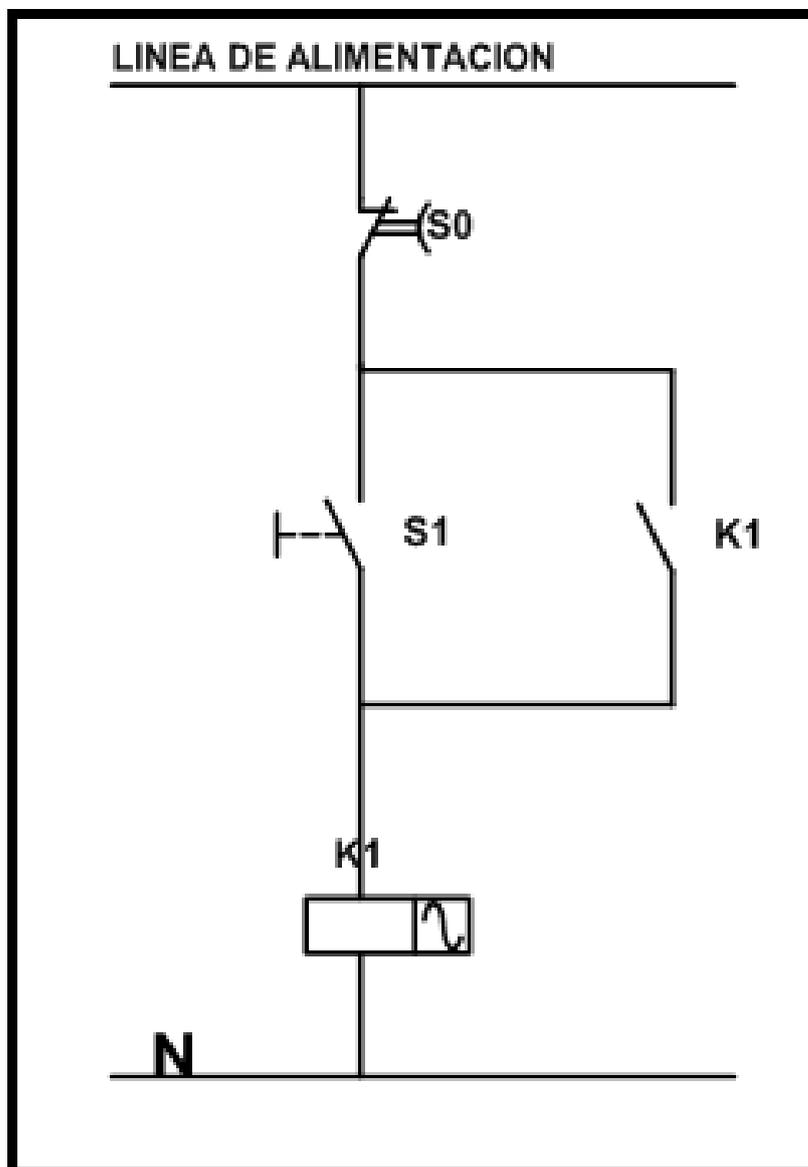


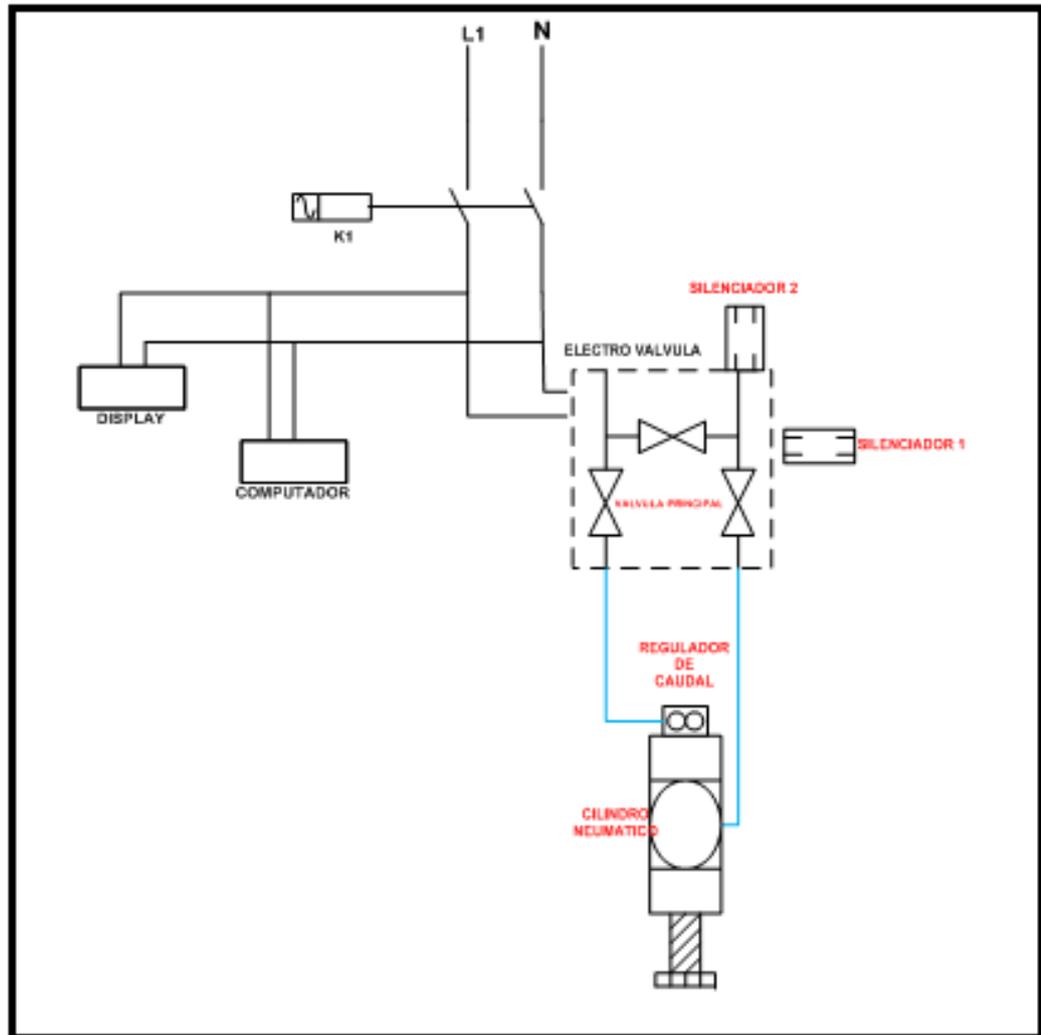
Fig.3.4.12.-Esquema de la disposición de los elementos electrónicos.

Fuente:(Los autores)

A continuación se muestran los esquemas de comando del banco de pruebas. figuras.3.4.13 y 3.4.14.



*Fig.3.4.13.-Circuito eléctrico de mando del banco de pruebas.  
Fuente:(Los autores).*



**Fig.3.4.14.-Circuito eléctrico de comando de la fuerza del banco de pruebas.**

*Fuente:(Los autores).*

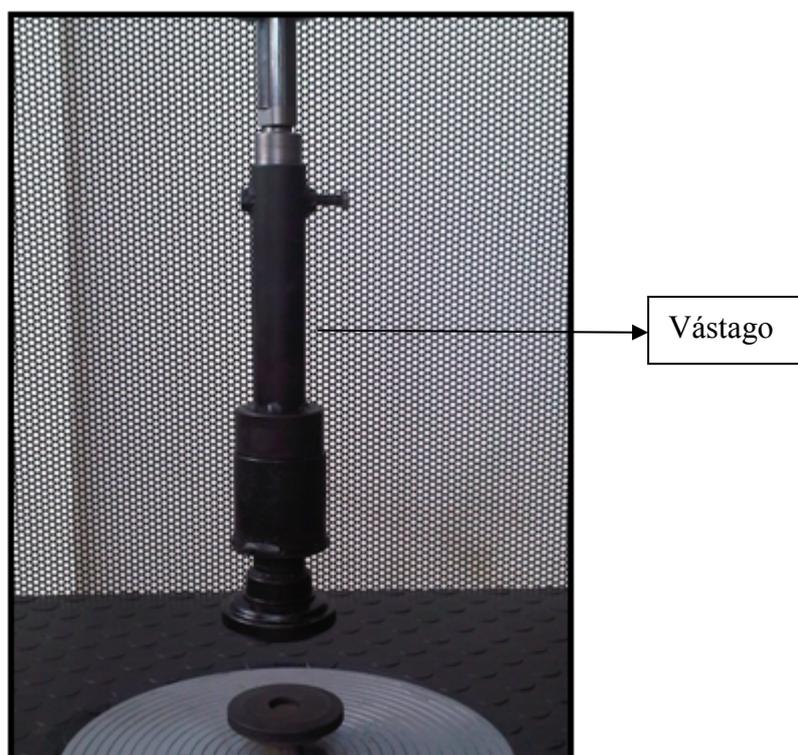
### **3.4.3.-COMPONENTES MECÁNICOS.**

Entre los componentes mecánicos tenemos:

- Vástago de empuje.
- Base de soporte del plato de presión.
- Capsula de protección de la celda de carga.
- Rodillo de accionamiento del plato de presión.
- Vástago de accionamiento del sensor lineal.

### **VÁSTAGO DE EMPUJE.**

Este elemento esta conectado entre la cápsula de protección de la celda de carga y el vástago del cilindro neumático, cuya función es la de transmitir el desplazamiento lineal del cilindro hacia el plato de presión como se ve en la siguiente fig.3.4.3.1.

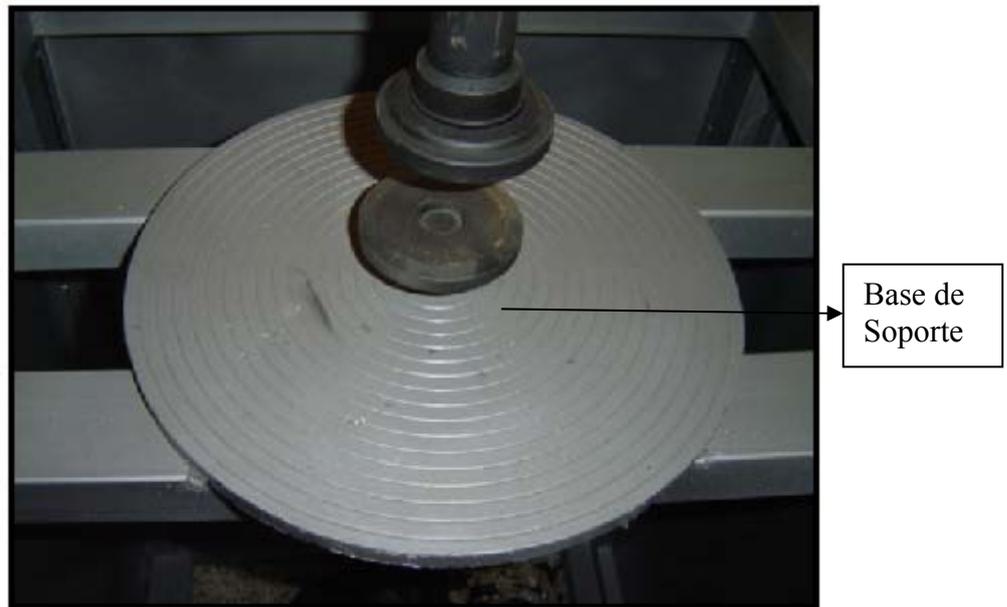


*Fig.-3.4.3.1. Vástago de empuje.*

*(Fuente: Los autores).*

### **BASE DE SOPORTE DEL PLATO DE PRESIÓN.**

Este elemento es el encargado de soportar e impedir el deslizamiento del plato de presión durante la realización de las pruebas, haciendo que la fuerza aplicada se distribuya uniformemente sobre la superficie del diafragma.Fig.3.4.3.2.



*Fig.-3.4.3.2. Base de soporte del plato de presión.*

*(Fuente: Los autores).*

### **CAPSULA DE PROTECCIÓN DE LA CELDA DE CARGA.**

Esta diseñada para brindar una protección y una correcta distribución de la carga aplicada sobre la celda con la finalidad de no dañar el elemento ya que es muy sensible<sup>30</sup>.

### **RODILLO DE ACCIONAMIENTO DEL PLATO DE PRESIÓN.**

Sirve para accionar el diafragma a través de la fuerza aplicada sobre el mismo, con este elemento se garantiza que la carga aplicada sea uniforme. fig.3.4.3.4.

---

<sup>30</sup> Ver Anexo 11 capsula de protección.



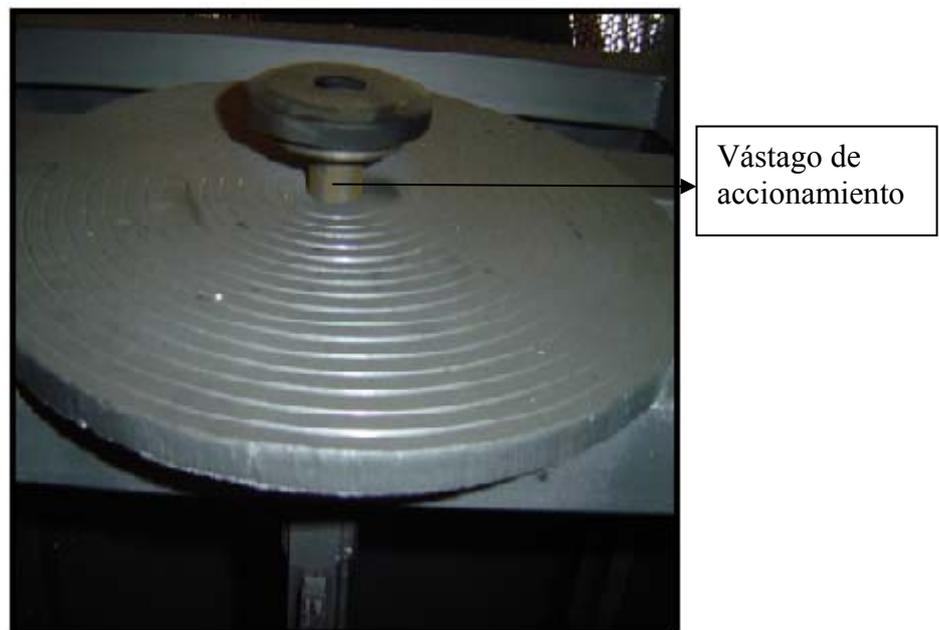
*Fig.-3.4.3.4. Rodillo de accionamiento.*

*(Fuente: Los autores).*

### **VÁSTAGO DE ACCIONAMIENTO DEL SENSOR LINEAL.**

Este elemento es el encargado de transmitir el movimiento del diafragma hacia el sensor de desplazamiento lineal que se encuentra ubicado en el interior del banco de pruebas.

Fig.3.4.3.5.



*Fig.-3.4.3.5. Vástago de accionamiento del sensor lineal.*

*(Fuente: Los autores).*

### **3.4.4.- ELEMENTOS DE SEGURIDAD.**

- Malla de protección.
- Botón de parada de emergencia.

#### **MALLA DE PROTECCIÓN.**

Este elemento sirve para precautelar la integridad del usuario del banco de pruebas, debido a que por la aplicación de grandes presiones puede causar el desprendimiento de fragmentos muy peligrosos para el operado. Por tal motivo se implemento una malla de protección de 1mm de espesor perforada formándose una jaula que impide en caso de falla que cualquier elemento salga despedido hacia el exterior del banco de pruebas.fig.3.4.4.1



*Fig.-3.4.4.1.Malla de protección.*

*(Fuente: Los autores).*

## **BOTÓN DE PARADA DE EMERGENCIA.**

Este dispositivo tiene la finalidad de desenergizar todo elemento eléctrico y electrónico involucrado en el banco, para que al ser usado en caso de emergencia tanto el operador como los dispositivos no sufran daños.fig.3.4.4.2



*Fig.-3.4.4.2.Botón de parada de emergencia.*

*(Fuente: Siemens electronics.)*

## **3.5. – SOFTWARE DEL BANCO DE PRUEBAS.**

El software creado para el manejo de este sistema de pruebas está diseñado en el lenguaje de programación del asistente de diseño VISUAL BASIC 2008, debido a que posee herramientas que permiten la visualización de datos y simulación de los factores que intervienen en las pruebas que se realicen con este sistema<sup>31</sup>.

---

<sup>31</sup> Ver Anexo 12 líneas programación del software y características de los componentes electrónicos.

## **CONCEPTOS BÁSICOS PARA LA PROGRAMACIÓN EN VISUAL BASIC.**

Los programas o aplicaciones desarrolladas en Visual Basic van a constituir un único “paquete” que denominaremos proyecto, a su vez, un proyecto presenta una estructura que puede ser resumida mediante el siguiente esquema.

**Proyecto:** se almacena en un archivo con extensión **.vbp o .mak**. A su vez puede estar constituido por dos tipos de elementos.

**Formularios:** son archivos que extensión **.frm** que contienen cada una de las ventanas que forman parte de nuestro proyecto a aplicación. En un formulario podemos encontrar los siguientes elementos:

- Objetos de Windows: botones, cajas de texto, etiquetas de texto, imágenes, temporizadores, etc.
- Código de programa: que puede ser dividido en tres grandes grupos:

1.-Declaraciones de variables y tipos “visibles” a nivel de formulario.

2.-Funciones y procedimientos generales.

3.-Procedimientos asociados a eventos ocurridos en los distintos objetos que forman parte del formulario.

**Módulos:** son archivos con extensión **.bas** que contienen código de programa, es decir, variables, procedimientos o funciones que pueden ser utilizadas en cualquier punto del proyecto, son por tanto, variables, procedimientos o funciones globales.

**El proceso de trabajo será el siguiente:**

1º.- El primer paso, será tener claro, ya sea mentalmente o mediante un esquema, qué es lo que queremos conseguir con nuestra aplicación.

2º.- Crear una carpeta en la que almacenaremos todos los archivos que constituyen el proyecto.

3º.- Para cada una de las aplicaciones que creemos se deberá abrir un proyecto nuevo.

4º.- En dicho proyecto insertaremos los formularios y módulos que sean necesarios.

5º.- En cada uno de los formularios se deberán añadir los objetos que precise la aplicación.

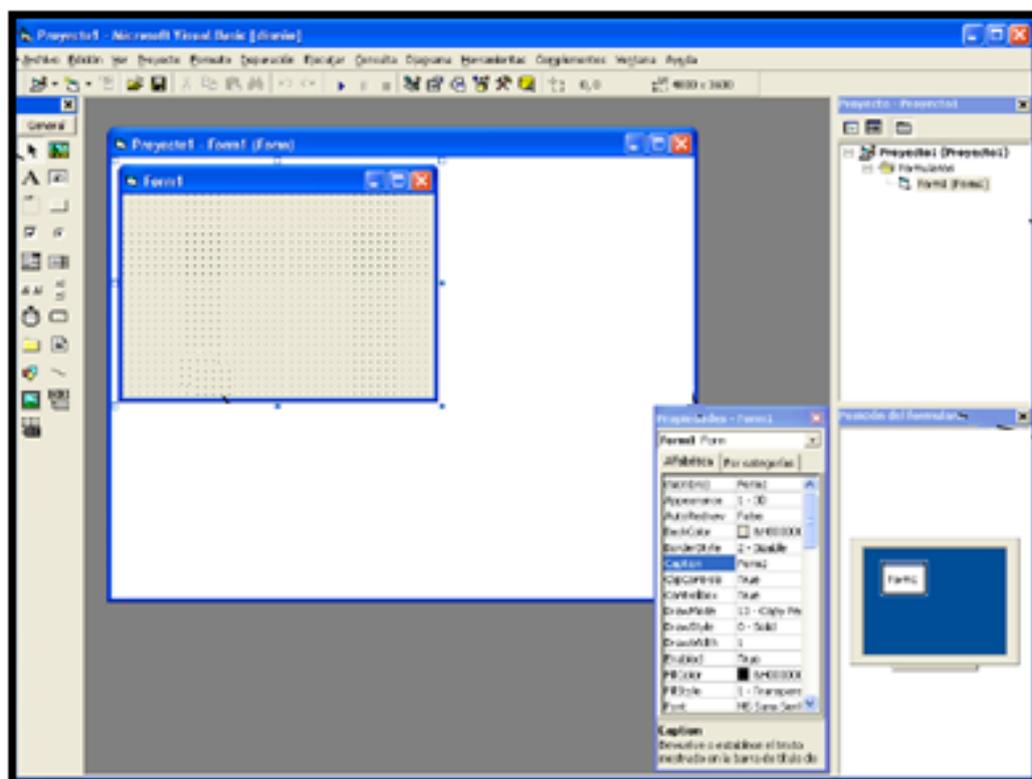
6º.- Se escribirá el código de programa asociado a cada uno de los eventos que puedan ocurrir en el funcionamiento normal de la aplicación, para que ésta pueda cumplir con el objetivo o fin establecido.

7°.- A la hora de cerrar el proyecto se deberán guardar y dar nombre a los siguientes tipos de archivos:

- El proyecto en sí, que será un archivo con extensión **.vbp** o **.mak**. Como hemos apuntado este será el archivo que contiene la estructura de nuestro proyecto, es decir, almacena el nombre y la ubicación de los formularios y módulos que constituyen la aplicación.
- Los formularios, es decir, cada una de las ventanas que podrán ser mostradas por el programa o aplicación. Recuerde que este tipo de archivos se identifican por la extensión **.frm**.
- Los módulos, archivos que contienen variables, procedimientos o funciones globales. Son reconocibles gracias a su extensión **.bas**.

## ENTORNO DE PROGRAMACION.

Visual Basic nos ofrece un entorno de programación basado en paneles flotantes y fijos, como el mostrado a continuación.fig.3.5.1



*Fig.3.5.1-Entorno de programación.*

*(Fuente: Manual Básico de programación en Visual Basic).*

## COMO DECLARAR VARIABLES.

Una vez que tenemos activo el formulario en el que queremos añadir una variable a nivel de formulario, seguiremos los siguientes pasos:

1.-Abre el menú Ver y selecciona la opción Código, aparecerá una ventana que nos permite escribir código de programa.

2°.- Dicha ventana posee dos listas desplegables. Asegúrate que en la lista de la izquierda se encuentre activa la opción (General) y en la de la derecha deberás elegir la línea (Declaraciones).fig.3.5.2.



*Fig.3.5.2.-Declaración de variables.*

*(Fuente: Manual Básico de programación en Visual Basic).*

3.- Ahora puedes hacer clic en el interior del Editor de texto que aparece en la ventana y añadir cada una de las declaraciones.

## BASE DE DATOS.

Las bases de datos se crean en el software **Microsoft Access 2007** el cual es una base de datos relacional que almacena datos (información) en campos los cuales son se agrupan para formar registros. Una tabla es una colección de registros. Los campos son pequeñas unidades de datos en una tabla. Como en **VISUAL BASIC** los campos sirven para especificar un acceso aleatorio, en Access los campos también se pueden asignar de diferentes tipos que son:

- **Text (Default)**
- **Memo**
- **Number**
- **Date/Time**

- **Currency**
- **Yes/No**
- **OLE Object**

Los campos tienen relación con los registros, por ejemplo: Un registro mecánico puede incluir los siguientes campos: marca del vehículo, dirección del propietario, año del vehículo, modelo, lista de mantenimientos, notas, etc. cada vehículo tendrá un registro de información. Por lo tanto si un taller tiene 10 vehículos, significa que tendrá una tabla de 10 registros.

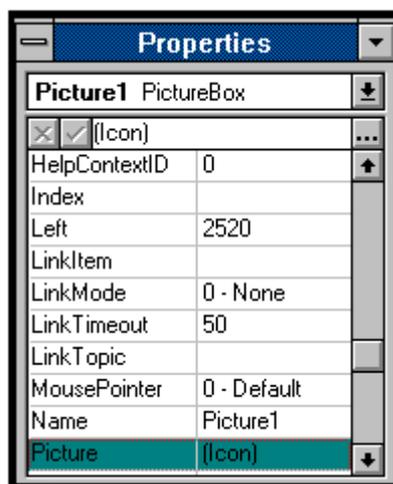
MS Access es un poderoso manejador de base de datos con su propio lenguaje Basic interconstruido, sin embargo, este lenguaje es un subconjunto de Visual Basic, de tal manera que en ciertas situaciones es necesario un lenguaje más completo como Visual Basic para dar soporte a una aplicación. Para cubrir algunas de las limitaciones de Access se usa Visual Basic.

### **CREAR UN BOTON.**

Para generar un icono se debe seguir los siguientes pasos:

- Crear un control de cada uno de los tipos mencionados y usando la caja de herramientas y colocarlos en la forma.
- Agregar un texto apropiado a los controles creados.
- Introducir un código simple para que los controles respondan a un evento clic.
- Agrupar controles usando un Marco (frame).
- Hacer una simple alteración a la interface, tal como cambiar el color de fondo en tiempo de ejecución.

Todos los iconos necesarios deberán encontrarse en la librería de Visual Basic. Para ver el contenido del directorio de iconos, activa la ventana de propiedades, selecciona la propiedad picture y luego presiona el botón como se ve en la fig.3.5.3. Muchos iconos tienen nombres significativos como bicycle.ico, otros (como mac01.ico) deben ser cargados para ver exactamente como son.



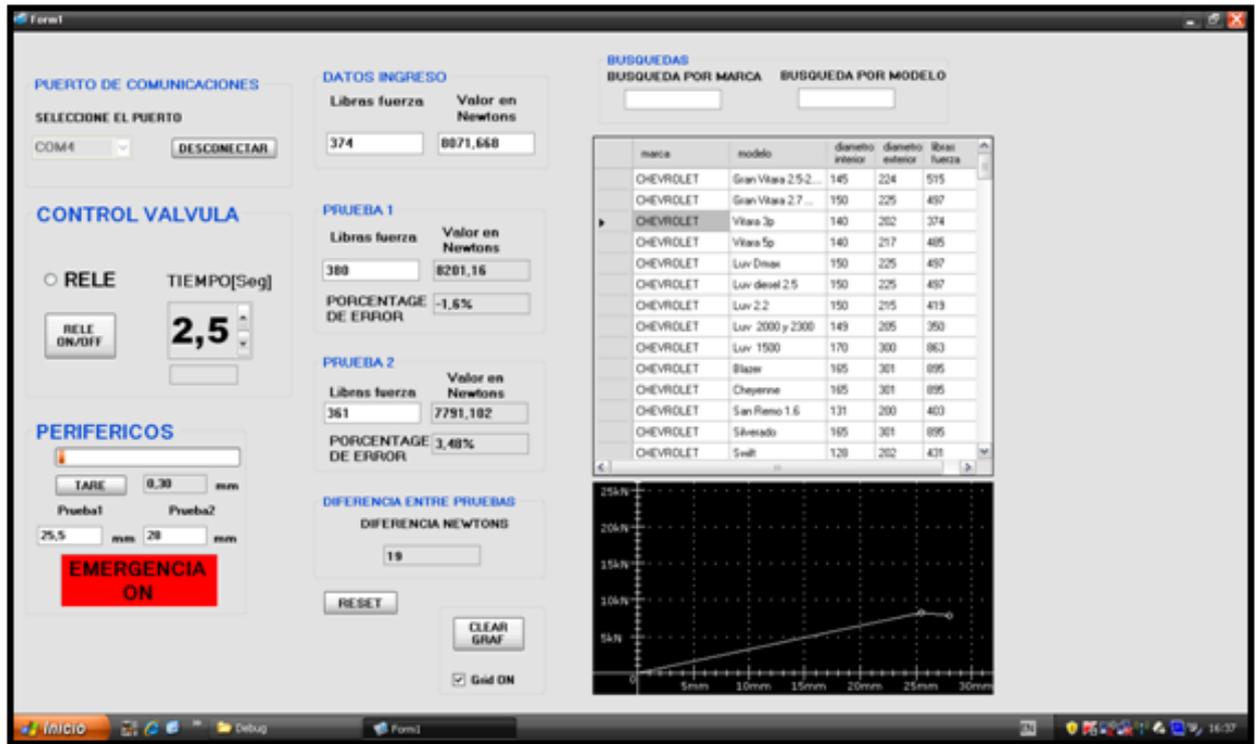
**Fig.3.5.3.-Librería VISUAL BASIC.**  
*(Fuente: Manual Básico de programación en Visual Basic).*

Si primero se crea un frame y luego se agrega los botones de opciones dando clic sobre el control en la caja de herramientas y se arrastra el cursor de cruz delgada dentro del frame para crear este control, esto dará como resultado que los botones de opciones estén fijos al frame, tal que si se desea moverlos, todos se moverán juntos.

Nota si se crea primero el frame y enseguida para crear los botones de opciones da doble clic sobre el control en la caja de herramientas y luego cada botón de opción creado lo arrastra hasta colocarlo dentro del frame, cuando están integrados y desea moverlo, no se moverán juntos.

Esta aplicación no tiene un mecanismo para salir, si deseamos parar la aplicación necesitamos presionar el botón stop  de la barra de herramientas. Agregaremos entonces un botón de comando a la forma para que el usuario pueda parar la aplicación. El código que deberá ejecutar este botón será 'end' en un evento clic.

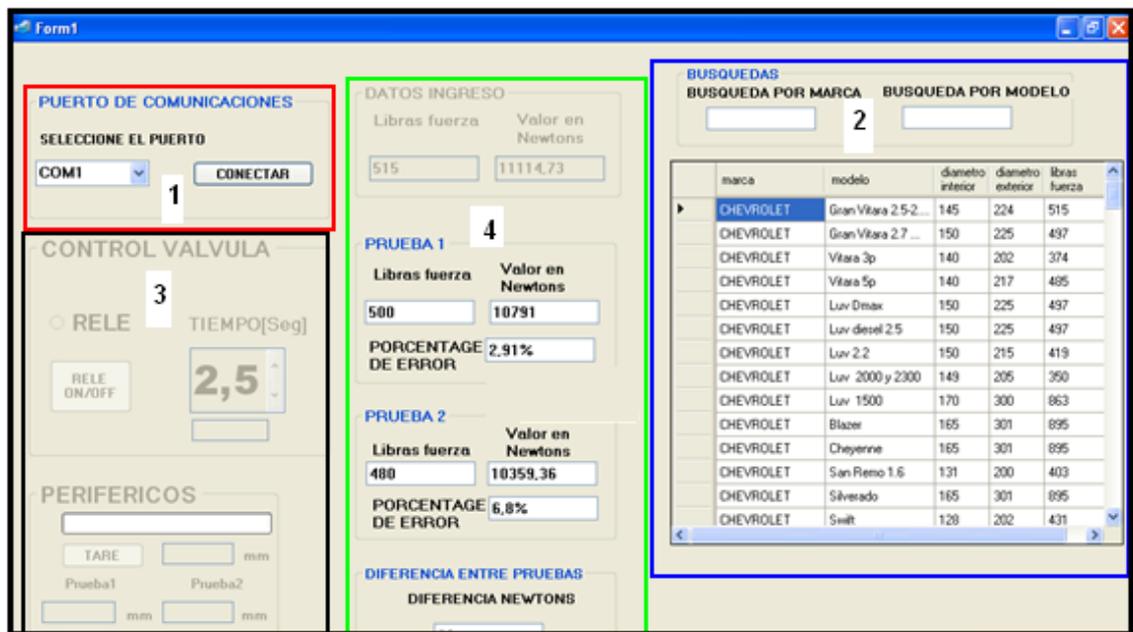
## ENTORNO DEL PROGRAMA DEL BANCO DE PRUEBAS.



*Fig.-3.5.4.- Entorno del Software del banco de pruebas.*

*(Fuente: Los autores.)*

Como se puede ver en la siguiente figura el panel de control se sub divide en 4 elementos principales.fig.3.5.5.



**Fig.3.5.5.-Constitucion de la pantalla principal del software del banco de pruebas.**

*(Fuente: Los autores.)*

**1. Panel de configuración del puerto de comunicaciones.**

En este panel se puede observar las configuraciones del puerto “USB” para la lectura y escritura de datos que son enviados del micro controlador. Fig.3.5.6.



**Fig.3.5.6.-Panel de configuración del puerto de comunicación.**

*(Fuente: Los autores.)*

Junto a él se encuentra el icono conectar el cual habilita o deshabilita la lectura de los datos que son enviados desde los convertidores analógico digital del micro controlador hacia la computadora.

## 2. Panel de selección de la base de datos.

En este menú se ingresa la marca o modelo del vehículo a ser probado, y automáticamente aparecen los datos característicos del plato de presión del vehículo ingresado. fig.3.5.7.



The screenshot shows a software interface titled 'BUSQUEDAS' (SEARCHES). It has two search options: 'BUSQUEDA POR MARCA' (SEARCH BY BRAND) and 'BUSQUEDA POR MODELO' (SEARCH BY MODEL), each with an input field. Below is a table with the following columns: 'marca' (brand), 'modelo' (model), 'diametro interior' (inner diameter), 'diametro exterior' (outer diameter), and 'libras fuerza' (pounds force). The table lists various Chevrolet models and their corresponding dimensions and weights.

marca	modelo	diametro interior	diametro exterior	libras fuerza
CHEVROLET	Gran Vitará 2.5-2...	145	224	515
CHEVROLET	Gran Vitará 2.7 ...	150	225	497
CHEVROLET	Vitará 3p	140	202	374
CHEVROLET	Vitará 5p	140	217	485
CHEVROLET	Luv Dmax	150	225	497
CHEVROLET	Luv diesel 2.5	150	225	497
CHEVROLET	Luv 2.2	150	215	419
CHEVROLET	Luv 2000 y 2300	149	205	350
CHEVROLET	Luv 1500	170	300	863
CHEVROLET	Blazer	165	301	895
CHEVROLET	Cheyenne	165	301	895
CHEVROLET	San Remo 1.6	131	200	403
CHEVROLET	Silverado	165	301	895
CHEVROLET	Swift	128	202	431

*Fig.3.5.7.-Panel de selección de la base de datos.*

*(Fuente: Los autores.)*

## 3. Panel de control de la electroválvula.

De este panel se activa o desactiva el relé que comanda la electro válvula y a su vez el cilindro neumático produciéndose un desplazamiento del eje del cilindro hacia el diafragma del plato de presión.fig. 3.5.8.



The screenshot shows a software interface titled 'CONTROL VALVULA' (VALVE CONTROL). It features a 'RELE' (RELAY) control section with a radio button and a 'TIEMPO[Seg]' (TIME[Sec]) section with a digital display showing '2,5' and a 'RELE ON/OFF' button. Below is a 'PERIFERICOS' (PERIPHERALS) section with a 'TARE' button and two input fields for 'Prueba1' and 'Prueba2', both labeled 'mm'.

*Fig. 3.5.8.-Panel de control de la electroválvula.*

*(Fuente: Los autores.)*

#### 4. Panel de visualización de los resultados.

En este panel se ingresan los datos del display y a su vez el software compara estos datos con los que se seleccionaron de la base de datos para realizar la prueba.fig.3.5.9.

*Fig.3.5.9.-Panel de visualización de los resultados.*

*(Fuente: Los autores.)*

#### 3.6. - BASE DE DATOS DEL BANCO DE PRUEBAS.

FUERZAS DE EMBRAGUES DE VEHICULOS LIVIANOS				
MARCA	DIAFRAGMA	DIAMETRO INTER. (mm)	DIAMETRO EXTER.(mm)	FUERZA (LBF)
CHEVROLET				
Gran Vitara 2.5-2.7 5p	Diafragma	145	224	515
Gran Vitara 2.7 WG	Diafragma	150	225	497
Vitara 3p	Diafragma	140	202	374
Vitara 5p	Diafragma	140	217	485
Luv Dmax	Diafragma	150	225	497
Luv diesel 2.5	diafragma	150	225	497
Luv 2.2	Diafragma	150	215	419
Luv 2000 y 2300	Diafragma	149	205	350
Luv 1500	Diafragma	170	300	863

Blazer	Diafragma	165	301	895
Cheyenne	Diafragma	165	301	895
San Remo 1.6	Diafragma	131	200	403
Silverado	Diafragma	165	301	895
Swift	Diafragma	128	202	431
Steem 1.3	Diafragma	132	190	330
Rodeo V6	Diafragma	160	232	498.6
Rodeo V6 i	Diafragma	160	236	532.3
Rodeo 3100	Diafragma	160	246	616.5
Rodeo 2600	Diafragma	160	240	565
NHR 4JG2	Diafragma	160	250	651.5
Trooper V6	Diafragma	170	260	683.3
Trooper G200	Diafragma	154	215	397.43
Aska	Diafragma	150	215	418.90
Gemini 1500	Diafragma	127	184	313
Trooper 4L	Diafragma	136	217	504
TOYOTA				
Corolla 2T-12T	Diafragma	132	190	329.75
Corolla 1.9	Diafragma	140	200	360.19
Corolla 1.6	Diafragma	140	200	360.19
Corolla 1.5	Diafragma	140	200	360.19
Corona1.8	Diafragma	140	212	447.48
Corona1.6	Diafragma	140	212	447.48
4 Runner 3VZ	Diafragma	150	236	586.12
4 Runner 4x4	Diafragma	150	240	619.74
Corolla sprinter	Diafragma	160	225	441.85
Hilux 3.0	Diafragma	150	233	561.28
Hilux 1.6	Diafragma	140	212	447.48
Hilux 22R	Diafragma	150	225	496.59
Rav4 2.4	Diafragma	150	236	586.12
Rav4 2.0	Diafragma	150	236	586.12
Stout 2000	Diafragma	145	224	514.70
Stout 2200	Diafragma	160	224	433.92
1000-1200	Diafragma	125	180	296.18
HAICE 3.0	Diafragma	170	260	683.30
HIACE1.3-1.5	diafragma	140	200	360.19
HIACE 2Y-3Y	Diafragma	150	236	586.12
HIACE 4Y	Diafragma	150	224	488.66

HIACE van 2.0	Diafragma	150	240	619.74
Land Criuser 2B	diafragma	170	260	683.30
Land Criuser 4.1-4.5 15B	Diafragma	190	300	1412.52
Land Criuser 3.4 13B	diafragma	175	275	794.54
Prado 3.4	Diafragma	160	250	651.52
Starlet 1.3	Diafragma	125	180	296.18
Tercel 3E-E	Diafragma	132	190	329.75
Tercel 1.5	Diafragma	140	200	360.19
MAZDA				
Mazda 3	Diafragma	150	225	496.5
Mazda 6	Diafragma	155	230	509.83
BT50 2600 4x4	Diafragma	160	250	651.52
B2600 inyec	Diafragma	160	243	590.59
B2600 4x4	Diafragma	160	240	565
B2200	Diafragma	150	225	496.59
B1800-2000	Diafragma	150	215	418.90
Alegro 1.3-1.5-1.8	Diafragma	130	200	407.86
Miata	Diafragma	150	225	496.59
323 1.8 BG8	diafragma	155	230	509.83
626	Diafragma	130	200	407.86
323 NX	Diafragma	132	190	329.75
MITSUBISHI				
Lancer 1200-1600	Diafragma	127	184	313
Lancer 1400-1800	Diafragma	130	200	407.86
Lancer STW	Diafragma	140	215	470.10
Galant	Diafragma	130	200	407.86
L200 WG	diafragma	150	225	496.59
L200 4x2	Diafragma	150	215	418.90
Eclipse 2.4	Diafragma	140	225	547.79
L200 4x4	Diafragma	150	225	496.59
Montero 3.5	diafragma	160	250	651.52
Montero Sport	Diafragma	160	240	565
Montero 3p Antg	Diafragma	150	240	619.74
Montero 2.4	Diafragma	160	240	565
Montero 2.6	Diafragma	160	240	565
Motero 3.5	Diafragma	160	250	651.52
Montero 2.8	Diafragma	160	250	651.52
Out Lander	diafragma	150	225	496.59

IO	diafragma	150	225	496.59
NISSAN				
Datsun 1200	Diafragma	125	180	296.18
Datsun 1200 Auto	diafragma	125	180	296.18
Datsun 120Y	Diafragma	125	180	296.18
Datsun 1000	Diafragma	110	160	238.36
JR	Diafragma	150	225	496.59
Patrol	Diafragma	172.1	279.4	855.38
Sentra 1.6	Diafragma	132	190	329.75
Sentral SR	Diafragma	140	216	477.71
Sentra 1.5	Diafragma	132	190	329.75
Pathfinder 2.4	Diafragma	148	242	647.28
Pathfinder V6	Diafragma	160	250	651.52
Pathfinder JR Z23	Diafragma	150	240	619.74
Pathfinder 2.7	Diafragma	160	240	565
300ZX	Diafragma	160	250	651.52
Patrol 4.0-4.2	Diafragma	180	275	763.2
Xtrail	Diafragma	150	240	619.74
Tida	Diafragma	140	216	477.71
Almera	Diafragma	132	190	329.75
Frontier	Diafragma	180	275	763.2
FIAT				
Fiorino	Diafragma	130.1	200	407.40
Mille	Diafragma	121	181	319.93
Premio	Diafragma	131	192	347.88
Uno	Diafragma	120	181	324.19
DAEWO				
Racer	Diafragma	134	202	355
Matiz	Diafragma	110	170	296.62
Cielo	Diafragma	145	216	576
HYUNDAI				
Accent	Diafragma	128	185	315
Elantra	Diafragma	128	200	416
Excel	Diafragma	125	186	334
Tucson	Diafragma	128	186	321.56
Galloper	Diafragma	125	180	296.18
Santa Fe	Diafragma	125	180	296.18
Tiburon 2.0	Diafragma	145	215	444.94
H-100	Diafragma	150	225	496.59

Getz	Diafragma	128	185	315
FORD				
Courier	Diafragma	150	226	503
Explorer	Diafragma	181	253	551
Ranger	Diafragma	148	226	515
Eco Sport	Diafragma	128	186	321.56
LADA				
Lada 1500	Diafragma	129	200	412
Niva	Diafragma	140	202	374
SUZUKI				
Forza 1000 G10	Diafragma	110	160	238.36
Forza2 G10A	Diafragma	110	170	296.62
Samurai	Diafragma	125	180	296.18
Hormiga	Diafragma	132	190	329.75
Vitara 1.6 siderik	Diafragma	140	200	360.19
Vitara 5p	Diafragma	150	215	418.90
SUBARU				
Impreza 1.8	Diafragma	130	200	407.86
Legacy 1.8	Diafragma	130	200	407.86
Impreza 1.5-1.6	Diafragma	150	215	418.90
legacy 2.0-2.2	Diafragma	150	225	496.59
Impreza 2.0-2.2	Diafragma	150	225	496.59
Impreza 2.5 WG	Diafragma	160	240	565

VOLKSWAGEN				
ESCARABAJO 1.2-1.3	Diafragma	124	180	300.58
ESCARABAJO 1.6	Diafragma	128	200	326
Golf 1.6	Diafragma	130	200	407.86
Jetta 1.6	Diafragma	130	200	407.86
Passat 2.8	Diafragma	150	230	536.75
Golf 2.8	Diafragma	150	230	536.75
Jetta 2.8	Diafragma	150	230	536.75
Golf 2.0 GTI	Diafragma	140	210	432.58
Jetta 2.0	Diafragma	140	210	432.58
wagon 1.8-2.1	Diafragma	150	230	536.76
Jetta 1.8 T	Diafragma	150	230	536.76
Golf 1.8	Diafragma	145	210	407.42

Golf 1.8 T GTI	Diafragma	150	230	536.75
Gol 1.8-1.6	Diafragma	121	210	520.14
Polo 1.4-1.6	Diafragma	133	200	394
PEUGEOT				
405	Diafragma	135	200	384.47
307	Diafragma	135	200	384.47
206	Diafragma	121	210	520.14

### 3.7.- OBTENCION DE DATOS DE PLATOS DE PRESION CON DIAFRAGMA.

La presión que soporta el diafragma de los platos de presión de embrague no viene frecuentemente dado por el fabricante, razón por la cual hay que calcularlo. Para este cálculo está en función del diámetro interior y exterior del espejo, obtenidos en la medición del mismo y complementados con el dato de **presión superficial** [ $\rho$ ] aproximado que nos da el fabricante. Para este caso el Fabricante de embragues SACHS nos recomienda el valor de  $\rho = 1.5$  a  $2 \text{ daN/cm}^2$  y el **coeficiente de adherencia** [ $\mu$ ] de  $\mu = 0.3$  a  $0.5$ .

En nuestro proyecto para el cálculo los datos de  $\rho$  y  $\mu$  son valores extremos de  $2 \text{ daN/cm}^2$  y  $0.5$

Con estos valores aplicamos la siguiente formula [*Ecuación 13*]

$$F_{\text{apriete}} = \rho * \mu * A \quad (13)$$

Primeramente se determina el área de la superficie de fricción [*Ecuación 14*]

$$A = \frac{\pi}{4} [(d_{\text{exterior}})^2 - (d_{\text{interior}})^2] \quad (14)$$

En donde  $F_a$  = fuerza de apriete del plato

$\rho$  = es la presión superficial del plato

$\mu$  = es el coeficiente de adherencia

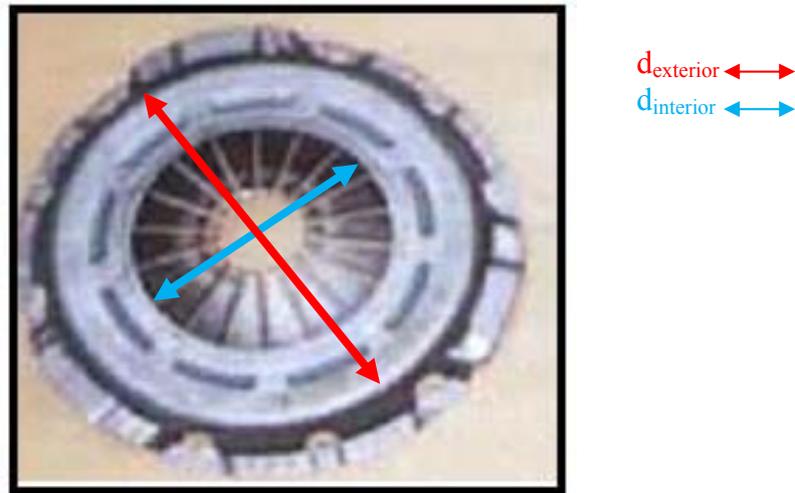
$A$  = superficie de fricción

$d_{\text{exterior}}$  = diámetro exterior del espejo

$d_{\text{interior}}$  = diámetro interior del espejo

A continuación se realiza un ejemplo de cómo se realiza el cálculo:

Calcular la fuerza que debe soportar el diafragma para desembragar en el Suzuki ForzaII. Fig. 3.8.



*Fig.3.7.- Lectura de diámetros del plato de presión.*

*(Fuente: Los autores.)*

Se tiene  $\rho = 2 \text{ daN/cm}^2$

$\mu = 0.5$

$d_{\text{interior}} = 11 \text{ cm}$

$d_{\text{exterior}} = 17,1 \text{ cm}$

Tenemos que calcular la fuerza  $F$ . pero primeramente se calcula el área

$$A = \frac{\pi}{4} [(d_{\text{exterior}})^2 - (d_{\text{interior}})^2]$$

$$A = \frac{\pi}{4} [(17,1 \text{ mm})^2 - (11 \text{ cm})^2]$$

$$A = 134,62 \text{ cm}^2$$

Luego:

$$F_{apriete} = \rho * \mu * A$$

$$F_{apriete \text{ del plato}} = 2 \text{ daN/cm}^2 * 0.5\mu * 134.62 \text{ cm}^2$$

$$F_{apriete} = 134.62 \text{ daN} = 1346.2 \text{ N}$$

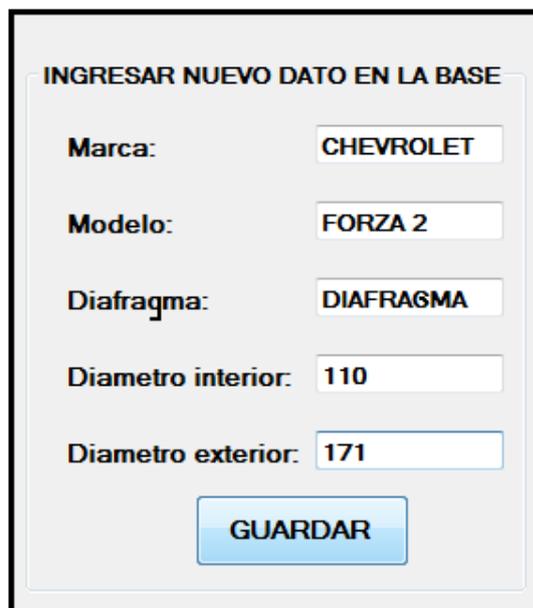
Para transformar de N a lbf. Como se sabe que  $1 \text{ lbf} = 4,4482 \text{ N}$

$$F_{apriete} = \frac{1346.2}{4.4482} = 302.63 \approx 303 \text{ lbf}$$

Siendo este la fuerza que soporta el diafragma al desembregar en el Suzuki Forzall.

### 3.7.1.-INGRESO DE UN NUEVO VEHICULO EN LA BASE DE DATOS.

Para realizar el ingreso de un nuevo vehículo en la base de datos en el software existe una ventana en la cual se ingresa los datos del vehículo tales como: marca, modelo, tipo de plato “DIAFRAGMA”, diámetro interior y exterior del espejo en mm.fig.3.7.1.



INGRESAR NUEVO DATO EN LA BASE

Marca: CHEVROLET

Modelo: FORZA 2

Diafragma: DIAFRAGMA

Diametro interior: 110

Diametro exterior: 171

GUARDAR

Fig.3.7.1.- Ventana de ingreso de vehículos.

(Fuente: Los autores.)

Con estos datos el software se encarga automáticamente de calcular la fuerza necesaria para accionar el embrague, y a mas de esto el software realiza una aproximación de la presión necesaria para accionar el cilindro neumático basada en los valores existentes en la base de datos de otros vehículos con similares características de presión de accionamiento y a su vez de los rangos de calibración dados por el fabricante del cilindro neumático<sup>32</sup>.

---

<sup>32</sup> Ver anexo 8 catalogo de productos FESTO.

## **CONCLUSIONES.**

En el presente capítulo realizamos una investigación sobre la presión promedio que necesitan los conjuntos de embragues de vehículos de turismo con la finalidad de definir que tipo de mecanismo de presión necesitaríamos para el accionamiento de los diafragmas, llegando a la conclusión de que el elemento adecuado y disponible en el mercado es un cilindro neumático de doble efecto que ejerce una presión máxima de 4700 Newton. En función de el cilindro se escogió el modelo deseado para soportar el mismo diseñándose mediante los software AUTO CAD 2008 y SOLID WORKS 2008 una estructura que soporte las cargas generadas al accionar cilindro neumático.

Terminado el diseño pasamos a la construcción de la estructura e implementación de los elementos de seguridad y medida los cuales están basados también en la fuerza promedio de embrague, siendo estos conectados y ubicados estratégicamente para que no sufran averías ya que son muy delicados y costosos.

A mas de esto el banco de pruebas esta conectado con un ordenador el cual posee un software diseñado para leer los datos de los sensores y compararlos con la base de datos existentes en el mismo, determinando el estado del plato de presión.

**CAPITULO IV.**

**ELABORACIÓN DEL MANUAL DE  
FUNCIONAMIENTO DEL BANCO DE  
PRUEBAS Y GUÍAS DE PRÁCTICA.**

**4.- INTRODUCCIÓN.**

En el presente capítulo detallaremos las pruebas de funcionamiento del banco así como también se elaborará el manual de operación del mismo el cual estará constituido por diferentes reglas de seguridad y pasos a seguir para la correcta manipulación de los elementos que constituyen el sistema.

Además se realizarán guías de práctica para que los estudiantes aprendan a manipular el banco y analizar el comportamiento de los diferentes platos de presión que se colocan en el mismo.

#### **4.1.- MANUAL DE FUNCIONAMIENTO.**

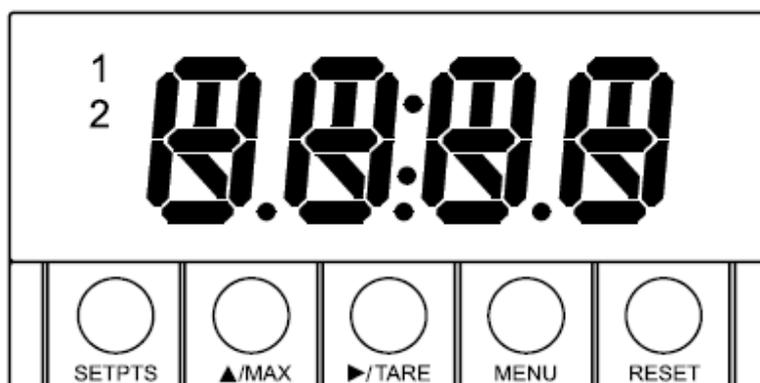
##### **4.1.1.- PROGRAMACIÓN DEL DISPLAY.**

##### **DESCRIPCIÓN DEL DISPLAY**



*Fig.-4.1.1.Display.  
(Fuente: Catalogo omega).*

##### **BOTONES (FRENTE AL INDICADOR).**



*Fig.-4.1.1.1. Esquema de ubicación de los botones del display.  
(Fuente: Catalogo omega).*

##### **BOTONES COLOCACION DE PUNTOS (SET PTS).**

Este botón envía secuencialmente un aviso previo para colocar el punto, a medida que es necesario use **NT/GRS** y **TARE** para cambiar estos puntos luego presione **SET PTS**

Para tener nuevos valores

***BOTON RED (NT/GRS).***

Ordena la lectura o máxima lectura dependiendo del arreglo. Para configurar, cambiar el valor o mostrar el dígito del flash presione este botón. Cuando configura los valores de colocación de puntos presione **NT/GRS** y avance a los valores dígitos de flash 0 a 9 por 1.

***BOTON DE TARADO (TARE).***

Presione este botón para el inicio de la lectura (encender) En la configuración presione este botón para el paso al próximo dígito.

***BOTÓN DE MENU (MENU).***

Presione este botón para entrar a la configuración, o cambiar de memoria y avanzar al ítem del próximo menú.

***BOTON DE RESETEADO (RESET).***

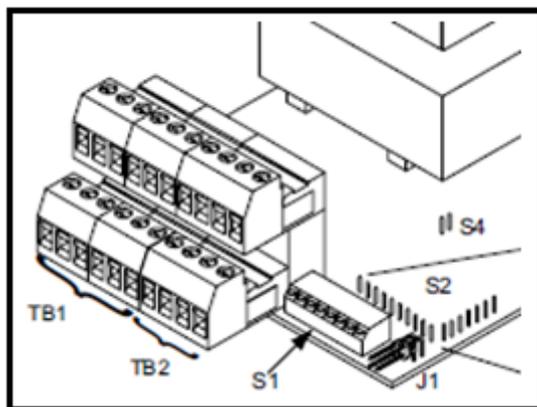
Presione **RESET** para cerrar la colocación de puntos, el indicador muestra “SP RS” y retorna al modo **RUN** (también **TARE RESET**).

En la configuración presione **RESET** para el tarado del valor, el indicador mostrara “TRS”.

En el modo **TARE** presione el botón **RESET** una conectores de la vez para revisar el menú previo, presione el botón **RESET** dos veces y retorne hacia el modo **RUN**.

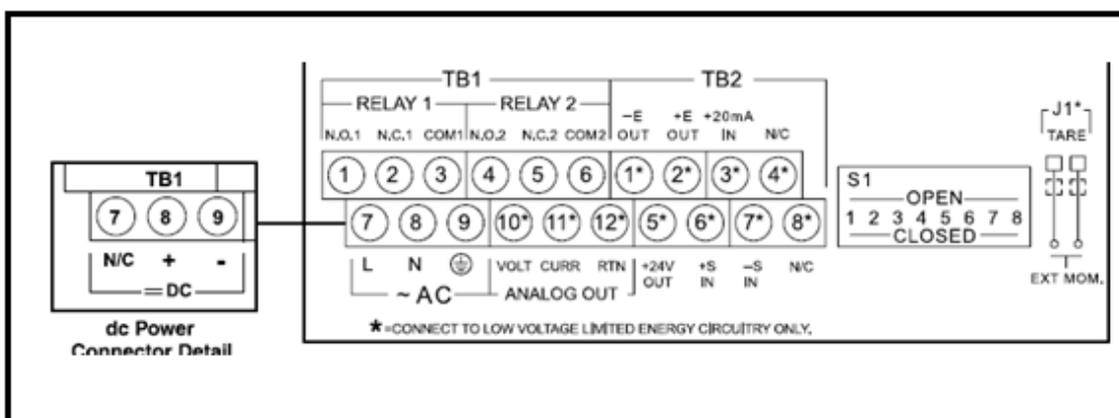
**NOTA:** Cuando en la colocación del punto a modo de configuración si el indicador muestra -1999 o 999 con todos los dígitos de la flash. El valor está por encima, presione el botón **NT/GRS** para comenzar el nuevo valor.

**CONECTORES DE LA PARTE POSTERIOR.**



*Fig.-4.1.1.2. Esquema de ubicación de los conectores del display.*

*(Fuente: Catalogo omega).*



*Fig.-4.1.1.3. Esquema de numeración de los conectores del display.*

*(Fuente: Catalogo omega).*

**TABLA 14: DESCRIPCION DE LOS CONECTORES.**

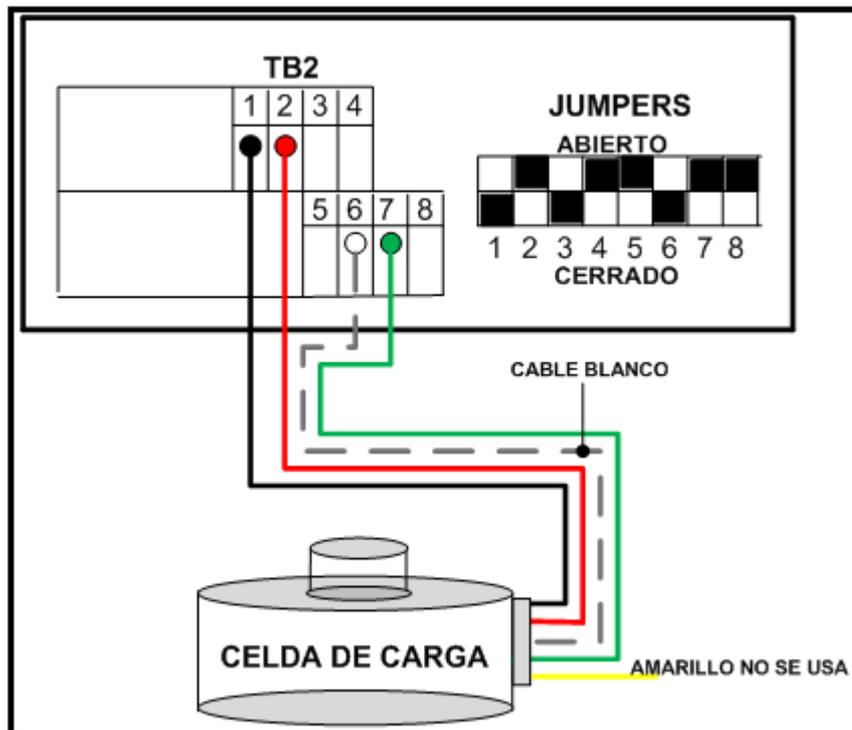
CONECTOR	DESCRIPCION
TB1 1	Colocacion del punto 1: conexión normal abierta (N.O.1)
TB1 2	Colocacion del punto 1: conexión normal cerrado (N.C.1)
TB1 3	Colocacion del punto 1: conexión comun 1
TB1 4	Colocacion del punto 2: conexión normal abierta (N.O.2)
TB1 5	Colocacion del punto 2: conexión normal cerrado (N.O.2)
TB1 6	Colocacion del punto 2: conexión comun 2
TB1 7	ac conexión alta (NC oDCunidades de potencia)
TB1 8	ac conexión baja (Entrada Positiva DC unidades de potencia
TB1 9	ac tierra(dc potencia de retorno o potencia de unidades
TB1 10	Analogo 1 voltaje de salida
TB1 11	Analogo 2 Corriente de salida
TB1 12	Analogo 3 Tierra
TB2 1	-E conexion de Excitacion negativa para el indicador 5,10,12v
TB2 2	+E conexion de Excitacion negativa para el indicador 5,10,12v
TB2 3	zona por conexion analoga de entrada
TB2 4	+R reservado para uso futuro
TB2 5	+24V conexion de salida
TB2 6	+S Señal de entrada positiva
TB2 7	-S Señal de entrada negativa & tierra +24v & corriente retorno externa
TB2 8	"-R Reservado para uso futuro
J1	Conexion remoto de tarado con un switch momentaneo

*Fuente: catalogo omega.*

## CONFIGURACIÓN

El procedimiento es el siguiente:

1. Se colocan los jumpers del panel posterior de acuerdo al tipo de celda.
2. Se conectan los cables de la celda de carga en el conector TB2.



**Fig.-4.1.1.4. Esquema de conexión de la celda de carga y display.**

*(Fuente: Catalogo omega).*

3. Se presenta el punto decimal de acuerdo a la celda.

Presiona menú, menú, el display lee STRD y luego DEC. P (Punto decimal).

Presiona TARE, y selecciona la posición decimal a FFFF.

Para cambiar la posición se presiona TARE y para cambiar el valor NT/GRS

Una vez puesto el valor se almacena presionando MENU el DISPLAY muestra momentáneamente STRD y luego RO.S.O

4. Se selecciona la ganancia natural (tolerancia).

CTS/mV = cuentas por 2 mili voltios.

Para el caso de la celda LCGD 5000lb se elige 100 cts/mV y de acuerdo a la sensibilidad dada por el certificado de calibración (24.059) se elige IN 2 = 2406  
 $24.06 \times 100 = 2406$

El ingreso 1 = Valor más bajo = 0

El ingreso 2 = Valor más alto = 2406

RD1 = Lectura más baja = 0 lb

RD2 = Lectura más alta = 5000 lb

5. Se presiona menú hasta leer RD 5.0

Presiona TARE el medidor indica IN1, presiona TARE nuevamente y se muestra el valor de R1= 000

Presiona MENÚ el lector indica RD1, se presiona TARE y el lector muestra 0000, MENU nuevamente y se obtiene IN2, se coloca 2406 y se presiona MENU, ahora el lector muestra RD2, se coloca 5000 y se presiona MENU.

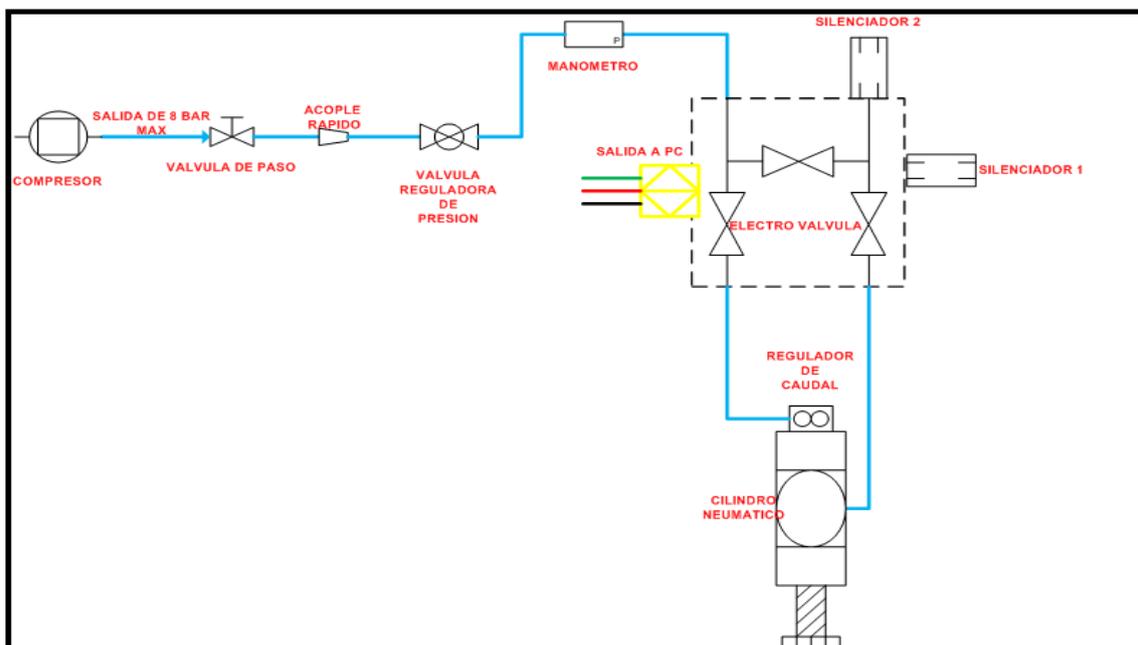
6. Si existe un offset es necesario ajustar dicho valor, 44 en este caso en RD1 y en RD2 5044.
7. Se presiona RESET, RESET y el equipo está listo para funcionar

Para parar el equipo con peso encima se coloca el peso y se presiona TARE el DISPLAY da "0" y se puede colocar ya la carga a utilizarse.

## 4.2.- CALIBRACIÓN DEL SISTEMA NEUMÁTICO.

El sistema neumático del banco de pruebas, funciona con una entrada máxima de 8 bares los cuales son regulados automáticamente por una válvula reguladora de presión, a más de esto para calibrar la velocidad de avance del cilindro el sistema posee una válvula reguladora de caudal la cual se calibra manualmente verificando visualmente la velocidad de salida y retroceso del pistón que posee el cilindro neumático.

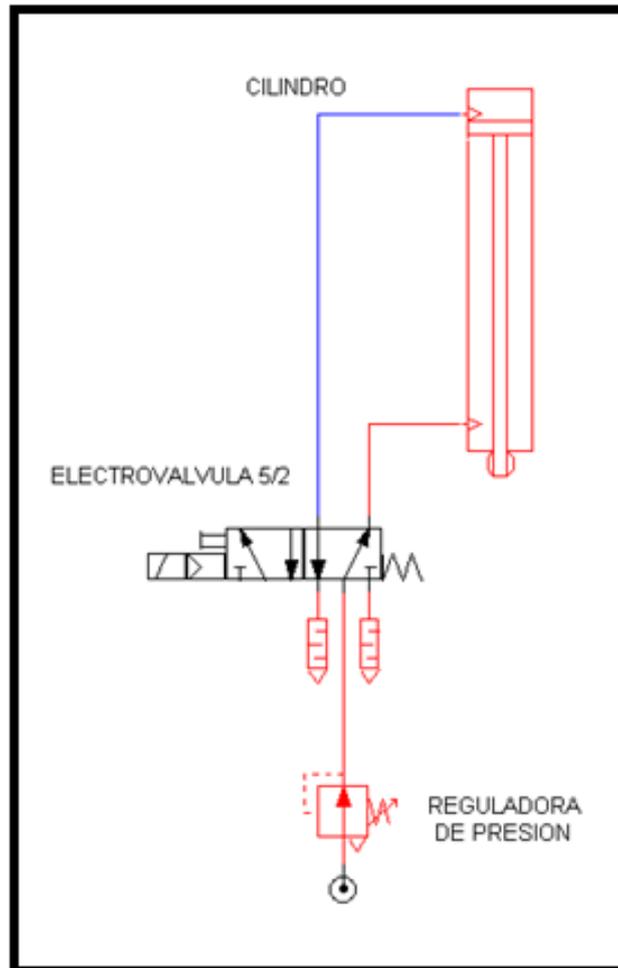
A continuación se muestra un esquema de la disposición de los elementos neumáticos del banco.fig.4.2.1.



*Fig.-4.2.1.-Esquema neumático del banco de pruebas de platos de presión.  
(Fuente: los autores).*

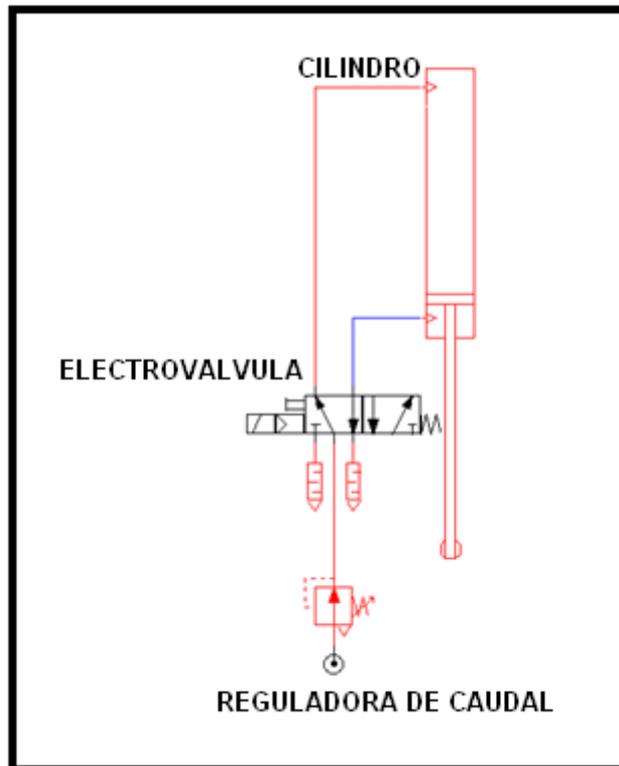
La conexión eléctrica se debe tomar de una fuente de 110 voltios y 60 Hz de frecuencia cerciorándose de la polaridad de los tomacorrientes y verificando que tenga una conexión a tierra para evitar daños en los componentes electrónicos.

Las figuras (4.2.2 y 4.2.3) nos indican las posiciones de operación del cilindro neumático.



*Fig.-4.2.2. Posición inicial.*

*(Fuente: Los autores).*



*Fig.-4.2.3. Posición de trabajo.*

*(Fuente: Los autores).*

### 4.3.-DISPOSICIÓN DE LOS ELEMENTOS EN EL BANCO DE PRUEBAS.

- En la parte posterior del banco de pruebas se encuentra el racor de acople rápido para la alimentación del aire y junto a este se encuentra una advertencia que el operario debe cumplir como se observa en la figura 4.3.1.



*Fig.-4.3.1.Racor de acople rápido.*

*(Fuente: los autores).*

- En la parte frontal del banco de pruebas se encuentran ubicados el botón de parada de emergencia, el botón de encendido y la válvula reguladora de presión fig.4.3.2.



***Fig.-4.3.2.Valvula reguladora de presión, botón de encendido y botón de parada de emergencia.***

***(Fuente: los autores).***

- En la parte lateral izquierda del banco se encuentra el tablero de control el cual posee un computador, el display de calibración de la celda de carga, y el manómetro de verificación de la presión como se observa en la fig.4.3.3.



***Fig.-4.3.3.Tablero de control.***

***(Fuente: Los autores).***

- En la parte lateral derecha del banco de pruebas se encuentra la compuerta que permite el acceso a los componentes internos del banco, la misma que posee una

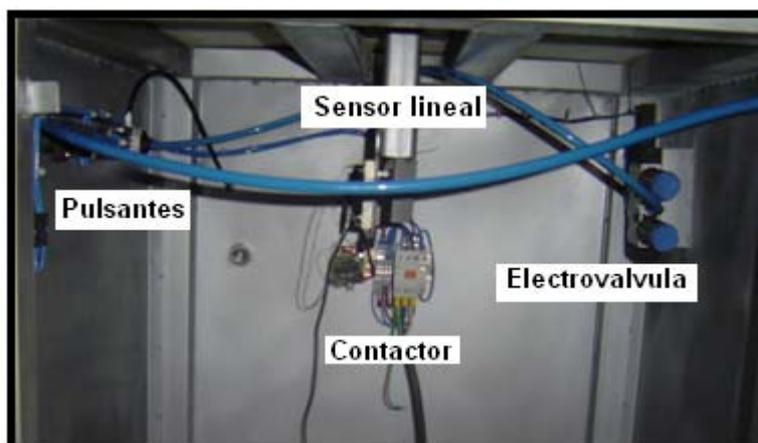
cerradura con la finalidad de que los mismos solo sean manipulados por personal calificado .fig.4.3.4.



***Fig.-4.3.4.Compuerta lateral.***

***(Fuente: Los autores).***

- En la parte interna del banco de pruebas se encuentran varios equipos y elementos tales como: electro válvula, circuito electrónico, sensor lineal, silenciadores y conexiones eléctricas.fig.4.3.5



***Fig.- 4.3.5.Interior del banco de pruebas.***

***(Fuente: Los autores).***

- Dentro de la cámara de protección del banco de pruebas se encuentran el cilindro neumático, la celda de carga, el regulador de caudal y los elementos auxiliares para realizar las pruebas.fig.4.3.6.



*Fig.-4.3.6.Interior de la cámara de protección.*

*(Fuente: Los autores).*

#### **4.4.-PROCEDIMIENTO PARA LA OPERACIÓN DEL BANCO DE PRUEBAS.**

- 1.** Conecte el banco de pruebas a una toma de aire cuya presión máxima no supere los 8 bares.
- 2.** Conecte el cable de alimentación a una fuente de 110V-60Hz verificando que la misma posea conexión a tierra.
- 3.** Active el interruptor de encendido del banco de pruebas, de esta manera se energizan la computadora, la electroválvula, y los sensores.
- 4.** Encienda la computadora y esperar que se inicie el software.
- 5.** Abra el icono denominado banco de pruebas que se encuentra en el escritorio del computador como se ve en la figura 4.4.1.



*Fig.4.4.1. Entorno del software.*

*(Fuente: Los autores).*

6. Con el cursor del computador proceda a ubicarse en el menú denominado “SELECCIONE EL PUERTO DE COMUNICACIÓN” y seleccione el puerto de comunicación deseado ,en este caso para esta PC se selecciona el puerto COM 4, este sirve de vinculo entre la computadora y la tarjeta electrónica, luego presione el icono conectar para iniciar el programa.fig.4.4.2.



*Fig.-4.4.2. Entorno del menú.*

*(Fuente: Los autores).*

7. En el menú denominado “BUSQUEDAS” introduzca la marca o el modelo del vehículo deseado. Automáticamente aparecerá la base de datos con la lista de vehículos, en este cuadro escogemos el vehículo seleccionado dando un doble clic sobre la marca así se cargaran los datos característicos del plato de presión para realizar la prueba. fig.4.4.3.

The screenshot shows a software application window titled 'Form1'. It contains several functional areas:

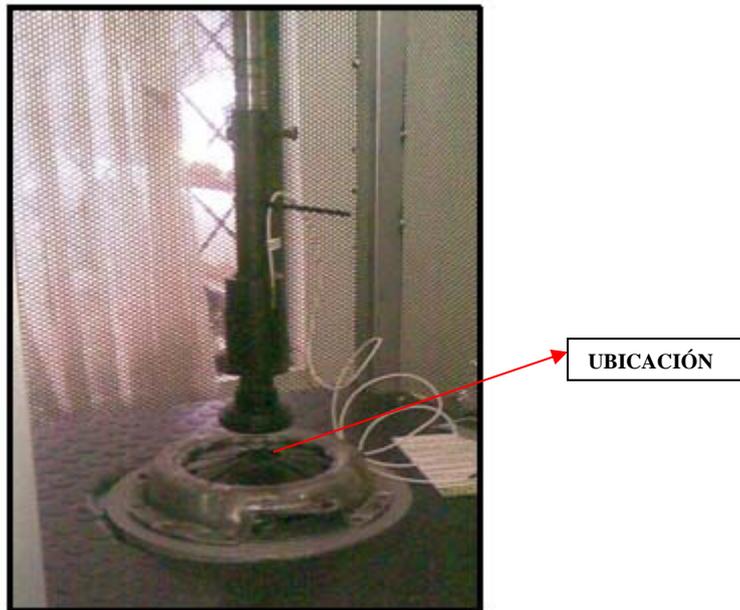
- PUERTO DE COMUNICACIONES:** A dropdown menu set to 'COM7' and a 'CONECTAR' button.
- CONTROL VALVULA:** Radio buttons for 'RELE' and 'TIEMPO[Seg]' set to '2,5', with a 'RELE ON/OFF' button.
- PERIFERICOS:** Input fields for 'TARE' and 'Prueba1', 'Prueba2' with 'mm' units.
- DATOS INGRESO:** Input fields for 'Libras fuerza' (515) and 'Valor en Newtons' (11114.73).
- PRUEBA 1 and PRUEBA 2:** Input fields for 'Libras fuerza', 'Valor en Newtons', and 'PORCENTAGE DE ERROR', along with a 'CALCULAR PORCENTAGE' button.
- DIFERENCIA ENTRE PRUEBAS:** Input fields for 'DIFERENCIA NEWTONS'.
- BUSQUEDAS:** A search section with 'BUSQUEDA POR MARCA' (containing 'chevrolet') and 'BUSQUEDA POR MODELO'. Below it is a table of search results.

marca	modelo	diametro interior	diametro exterior	libras fuerza
CHEVROLET	Gran Vitara 2.5-2...	145	224	515
CHEVROLET	Gran Vitara 2.7 ...	150	225	497
CHEVROLET	Vitara 3p	140	202	374
CHEVROLET	Vitara 5p	140	217	485
CHEVROLET	Luv Dmax	150	225	497
CHEVROLET	Luv diesel 2.5	150	225	497
CHEVROLET	Luv 2.2	150	215	419
CHEVROLET	Luv 2000 y 2300	149	205	350
CHEVROLET	Luv 1500	170	300	863
CHEVROLET	Blazer	165	301	895
CHEVROLET	Cheyenne	165	301	895
CHEVROLET	San Remo 1.6	131	200	403
CHEVROLET	Silverado	165	301	895
CHEVROLET	Swift	128	202	431

**Fig.4.4.3.-Entorno del menú con base de datos.**

*(Fuente: Los autores).*

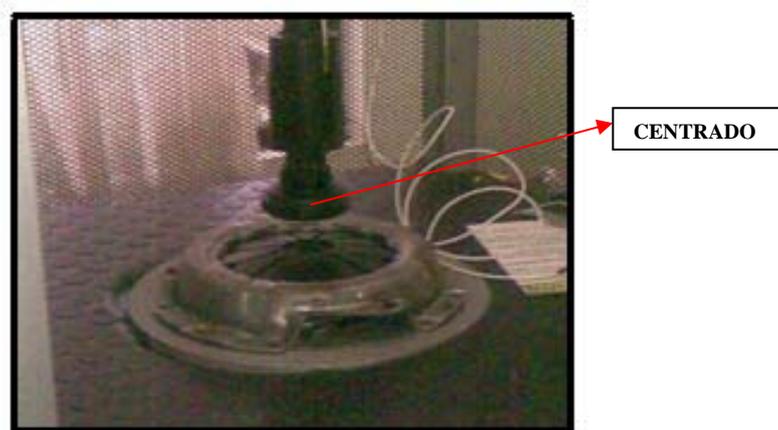
8. Una vez seleccionado el vehículo, introduzca el plato de presión dentro de la cámara colocándolo sobre la base de soporte. Fig.4.4.4.



**Fig.-4.4.4. Ubicación del plato de presión.**

*(Fuente: Los autores).*

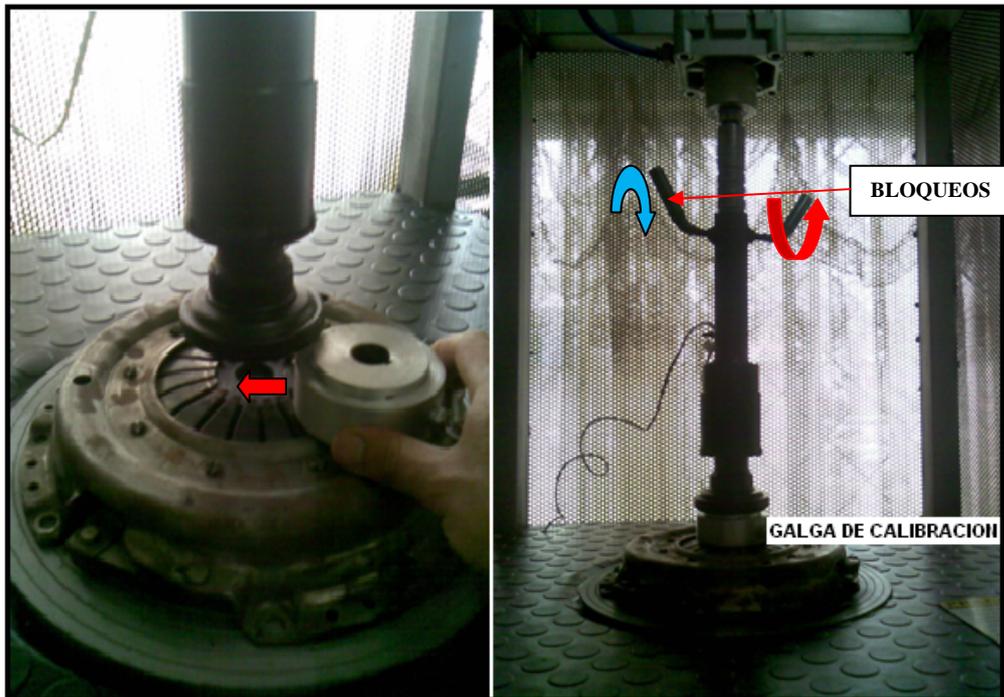
9. Centre el plato de presión con respecto al rodillo del sensor lineal que se encuentra presionado por el diafragma. 4.4.5.



**Fig.-4.4.5. Centrado del plato de presión.**

*(Fuente: Los autores).*

10. Introduzca la galga de calibración entre el vástago de empuje y el diafragma, luego asegure los bloqueos del vástago firmemente para evitar daños al equipo, finalmente retire la galga de calibración, este procedimiento asegura que el recorrido de el cilindro sea estandarizado para todos los tipos de plato de presión. fig.4.4.6.



**Fig.-4.4.6.Caibracion del vástago de empuje.**

*(Fuente: Los autores).*

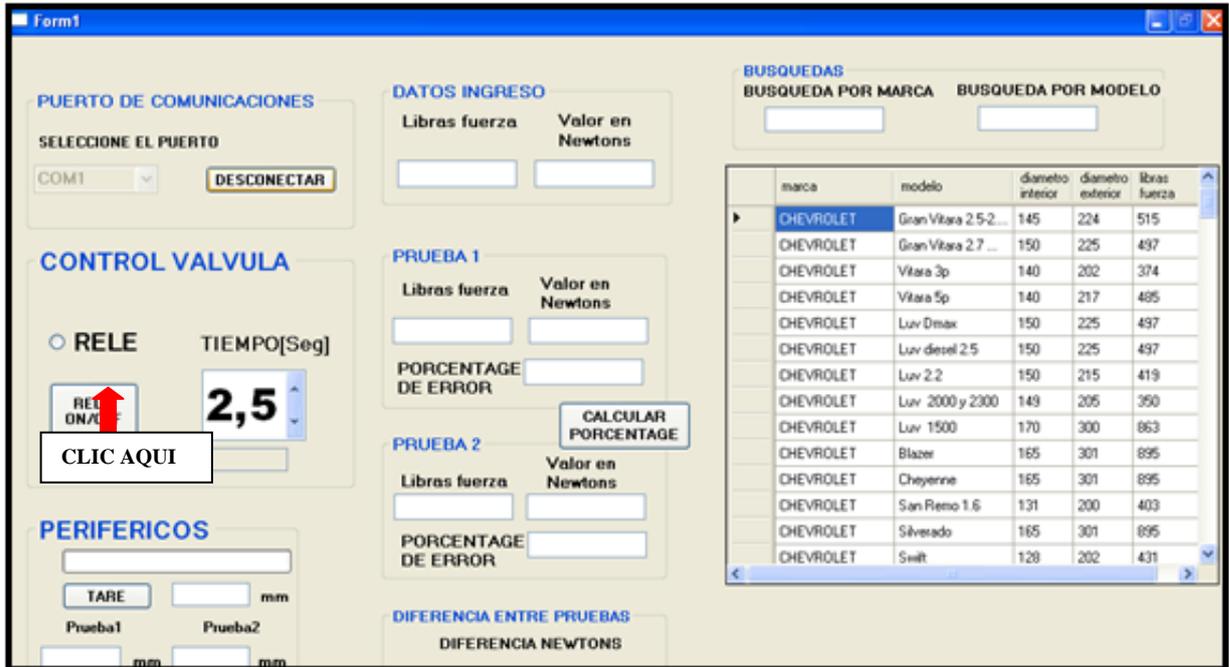
11. Cierre la compuerta de protección del banco de pruebas de o el sistema no funcionara.
12. Inicie la prueba calibrando la válvula reguladora a la presión indicada en el cuadro denominado “DATOS DE INGRESO” el mismo se encuentra parpadeando en color rojo y verde .fig.4.4.7.



**Fig.-4.4.7.Inicio de la prueba.**

*(Fuente: Los autores).*

13. De un clic en el icono denominado “ON / OFF” de esta manera se desplaza el embolo del cilindro neumático ejerciendo la presión sobre la celda de cara y esta a su vez hacia el diafragma que empuja el sensor lineal, indicándonos el valor de los resultados en el display y en la pantalla de computador.fig.4.4.8.



*Fig.-4.4.8.Prueba.  
(Fuente: Los autores).*

14. Ingrese el dato del display en el cuadro denominado “prueba 1” para almacenar ese resultado, luego presione “ENTER” para obtener el error del plato de presión con respecto al dato brindado por el fabricante.fig.4.4.9.

**Form1**

**PUERTO DE COMUNICACIONES**  
SELECCIONE EL PUERTO  
COM1 [v] [CONECTAR]

**DATOS INGRESO**  
Libras fuerza: 515 Valor en Newtons: 11114.73

**BUSQUEDAS**  
BUSQUEDA POR MARCA: chevrolet BUSQUEDA POR MODELO: [ ]

**CONTROL VALVULA**  
RELE [ ] TIEMPO[Seg]: 2,5  
[RELE ON/OFF]

**PRUEBA 1**  
Libras fuerza: 500 Valor en Newtons: 10791  
PORCENTAJE DE ERROR: 2.91%  
[CALCULAR PORCENTAJE]

**PRUEBA 2**  
Libras fuerza: [ ] Valor en Newtons: [ ]  
PORCENTAJE DE ERROR: [ ]

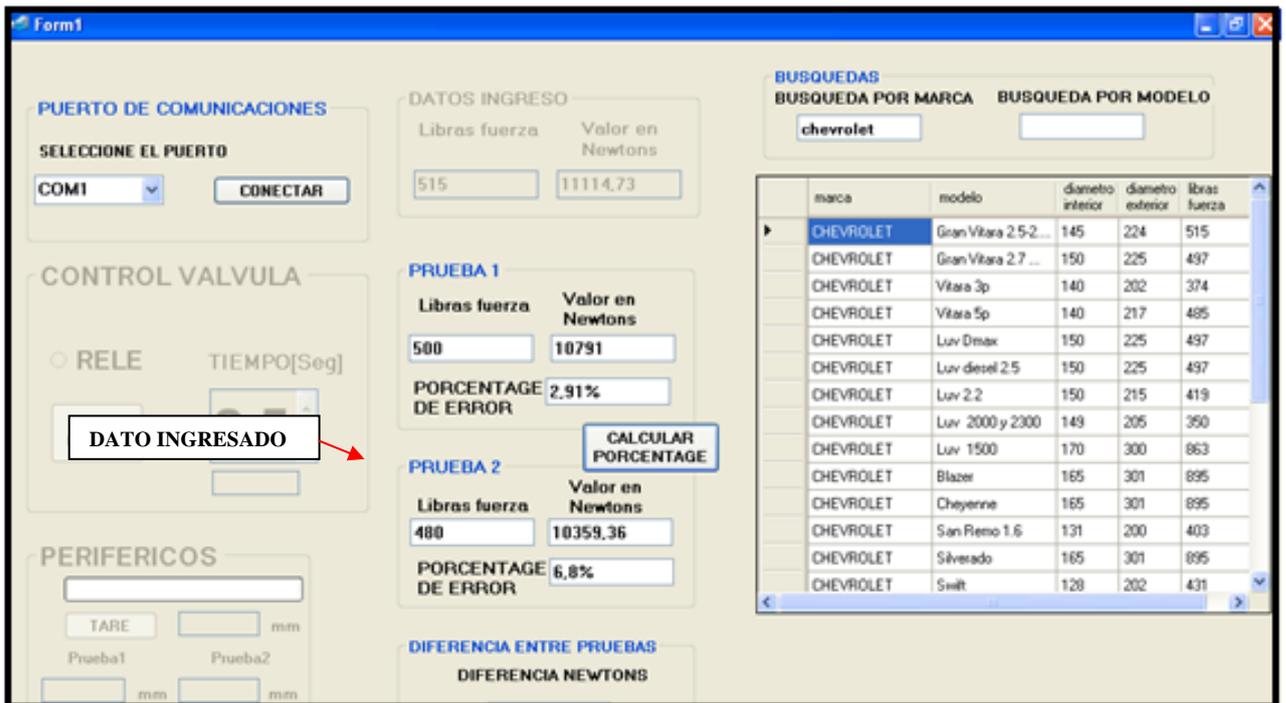
**PERIFERICOS**  
TARE [ ] mm  
Prueba1 [ ] mm Prueba2 [ ] mm

**DIFERENCIA ENTRE PRUEBAS**  
DIFERENCIA NEWTONS [ ]

marca	modelo	diametro interior	diametro exterior	libras fuerza
CHEVROLET	Gran Vitara 2.5-2...	145	224	515
CHEVROLET	Gran Vitara 2.7 ...	150	225	497
CHEVROLET	Vitara 3p	140	202	374
CHEVROLET	Vitara 5p	140	217	485
CHEVROLET	Luv Dmax	150	225	497
CHEVROLET	Luv diesel 2.5	150	225	497
CHEVROLET	Luv 2.2	150	215	419
CHEVROLET	Luv 2000 y 2300	149	205	350
CHEVROLET	Luv 1500	170	300	863
CHEVROLET	Blazer	165	301	895
CHEVROLET	Cheyenne	165	301	895
CHEVROLET	San Remo 1.6	131	200	403
CHEVROLET	Silverado	165	301	895
CHEVROLET	Swift	128	202	431

*Fig.4.4.9.-Ingreso de datos de la prueba 1.  
(Fuente: Los autores).*

15. Realizamos la siguiente prueba con el plato a ser comparado, para esto se setea el display presionando el botón “RESET” y luego el botón “TARE”, esto sirve para encerrar el display.
16. Repita los pasos anteriores del 1 al 12.
17. Ingrese el dato del display en el cuadro denominado “prueba 2” para almacenar ese resultado, luego presione “ENTER” para obtener el error del plato de presión con respecto al dato brindado por el fabricante. Fig.4.4.10.



*Fig.4.4.10.- Ingreso de datos de la prueba 2.  
(Fuente: Los autores).*

18. Los resultados de la prueba se ven en la pantalla del software, en la cual también se observa una grafica de comparación entre fuerza y desplazamiento de los diafragmas. fig.4.4.11.



*Fig.-4.4.11.Resultados.  
(Fuente: Los autores).*

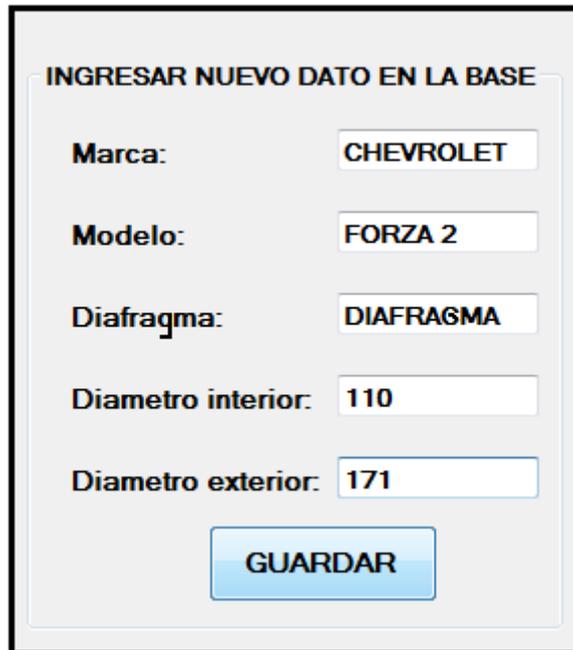
**19.** para realizar una nueva prueba presione en el display y en el menú del programa el botón “**RESET**”.

**20.** Si ha finalizado las pruebas se procede a salir del programa, apagar el computador, desenergizar el sistema eléctrico y desconectar la alimentación neumática.

**21.** En caso que se desee ingresar un nuevo vehículo a la base de datos únicamente se llenan los casilleros del grupo denominado “**INGRESAR NUEVO DATO EN LA BASE**” estos son los siguientes:

- Marca del vehículo.
- Modelo del vehículo.
- Diafragma.
- Diámetro interior del espejo.
- Diámetro exterior del espejo.

Al presionar “**GUARDAR**” El software se encarga automáticamente de calcular la fuerza del plato de presión y de almacenarla en la base de datos. fig.4.4.12.



El formulario muestra un cuadro de diálogo con el título "INGRESAR NUEVO DATO EN LA BASE". Contiene cinco campos de entrada con los siguientes valores: "CHEVROLET" para Marca, "FORZA 2" para Modelo, "DIAFRAGMA" para Diafragma, "110" para Diámetro interior y "171" para Diámetro exterior. En la parte inferior del cuadro hay un botón azul con el texto "GUARDAR".

**Fig.4.4.12.- Cuadro de ingreso de datos de vehículos.**

*(Fuente: Los autores).*

#### **4.5.- GUIAS DE PRÁCTICA.**

Las guías de practica tienen el objeto de evaluar el estado en que se encuentra un plato de presión de embrague para lo cual se debe tomar en cuenta los siguientes aspectos.

- Marca del vehículo.
- Modelo.
- Tipo de plato.
- Presión que soporta el plato.
- Presión obtenida al medir.
- Desplazamiento del diafragma obtenido.
- Observaciones.

A continuación se presenta las guías de práctica para pruebas en el banco y para estudio del embrague hidroneumático de doble disco.

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA.  
LABORATORIO DE TREN DE FUERZA MOTRIZ.  
GUÍAS DE PRÁCTICA DEL BANCO DE PRUEBAS.**

<b>DATOS DEL PROPIETARIO DEL VEHÍCULO:</b>	
<b>NOMBRE:</b>	
<b>DIRECCIÓN:</b>	
<b>TELÉFONO:</b>	
<b>CELULAR:</b>	
<b>RUC O CI:</b>	
<b>E- MAIL:</b>	

<b>DATOS DEL VEHICULO:</b>	
<b>MARCA:</b>	
<b>MODELO:</b>	
<b>AÑO:</b>	
<b>TIPO:</b>	
<b>KILOMETRAJE:</b>	
<b>TRABAJO QUE REALIZA:</b>	

<p><b>TITULO DE LA PRÁCTICA:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>➤ Utilización del banco de pruebas.</li></ul>
<p><b>OBJETIVOS:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>➤ Determinar el estado del plato de presión del conjunto del embrague.</li></ul>
<p><b>MARCO TEÓRICO:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>➤ Realizar una investigación sobre funcionamiento del embrague en función del tipo de accionamiento que posea el vehículo.</li></ul>

**HERRAMIENTAS UTILIZADAS:**

En este ítem el estudiante debe citar las herramientas u equipos que utilizó para esta práctica.

**CÁLCULOS Y RESULTADOS:**

Para realizar los cálculos el estudiante deberá valerse de los conocimientos impartidos por los docentes de la materia y de la investigación personal.

**CONCLUSIONES:****BIBLIOGRAFÍA:**

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA.  
LABORATORIO DE TREN DE FUERZA MOTRIZ.  
GUIAS DE PRÁCTICA.**

**TITULO DE LA PRÁCTICA:**

Reconocimiento de las partes del conjunto del embrague con mando por varilla.

**OBJETIVOS:**

- Analizar detenidamente el funcionamiento del conjunto del embrague con mando por varilla.
- Realizar el despiece de las maquetas con mando por varilla.
- toma de medidas del plato presión y del disco de embrague con la finalidad de realizar los cálculos del sistema.
- Realizar las pruebas del plato de presión en el banco didáctico.
- Realizar el informe siguiendo la guía de práctica.

**MARCO TEÓRICO:**

Realizar una investigación sobre funcionamiento del embrague accionado por varilla esto servirá para la realización del informe.

**PROCEDIMIENTO:**

- Realizar el análisis de funcionamiento del conjunto del embrague con mando por varillas.
- Realizar el despiece de las maquetas.
- Tomar las medidas del plato de presión y del disco de embrague para realizar los cálculos.
- Realizar la prueba del plato de presión en el banco didáctico y analizar los resultados.
- Rearmar la maqueta cerciorándose de colocar todas sus partes adecuadamente siguiendo un orden lógico.

**HERRAMIENTAS UTILIZADAS:**

En este ítem el estudiante debe citar las herramientas u equipos que utilizó para esta práctica.

**CÁLCULOS Y RESULTADOS:**

Para realizar los cálculos el estudiante deberá valerse de los conocimientos impartidos por los docentes de la materia y de la investigación personal.

**CONCLUSIONES:****BIBLIOGRAFÍA:**

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA.  
LABORATORIO DE TREN DE FUERZA MOTRIZ.  
GUIAS DE PRÁCTICA.**

**TITULO DE LA PRÁCTICA:**

Reconocimiento de las partes del conjunto del embrague con mando por cable.

**OBJETIVOS:**

- Analizar detenidamente el funcionamiento del conjunto del embrague con mando por cable.
- Realizar el despiece de las maquetas con mando por cable.
- Toma de medidas del plato presión y del disco de embrague con la finalidad de realizar los cálculos del sistema.
- Realizar las pruebas del plato de presión en el banco didáctico.
- Realizar el informe siguiendo la guía de práctica.

**MARCO TEÓRICO:**

Realizar una investigación sobre funcionamiento del embrague accionado por cable esto servirá para la realización del informe.

**PROCEDIMIENTO:**

- Realizar el análisis de funcionamiento del conjunto del embrague con mando por cable.
- Realizar el despiece de las maquetas.
- Tomar las medidas del plato de presión y del disco de embrague para realizar los cálculos.
- Realizar la prueba del plato de presión en el banco didáctico y analizar los resultados.
- Rearmar la maqueta cerciorándose de colocar todas sus partes adecuadamente siguiendo un orden lógico.

**HERRAMIENTAS UTILIZADAS:**

En este ítem el estudiante debe citar las herramientas u equipos que utilizó para esta práctica.

**CÁLCULOS Y RESULTADOS:**

Para realizar los cálculos el estudiante deberá valerse de los conocimientos impartidos por los docentes de la materia y de la investigación personal.

**CONCLUSIONES:****BIBLIOGRAFÍA:**

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA.  
LABORATORIO DE TREN DE FUERZA MOTRIZ.  
GUÍAS DE PRÁCTICA.**

**TITULO DE LA PRÁCTICA:**

Reconocimiento de las partes del conjunto del embrague con mando por hidráulico.

**OBJETIVOS:**

- Analizar detenidamente el funcionamiento del conjunto del embrague con mando hidráulico.
- Realizar el despiece de las maquetas con mando hidráulico.
- Toma de medidas del plato presión y del disco de embrague con la finalidad de realizar los cálculos del sistema.
- Realizar las pruebas del plato de presión en el banco didáctico.
- Realizar el informe siguiendo la guía de práctica.

**MARCO TEÓRICO:**

Realizar una investigación sobre funcionamiento del embrague con accionamiento hidráulico esto servirá para la realización del informe.

**PROCEDIMIENTO:**

- Realizar el análisis de funcionamiento del conjunto del embrague con mando hidráulico.
- Realizar el despiece de la maqueta.
- Tomar las medidas del plato de presión y del disco de embrague para realizar los cálculos.
- Realizar la prueba del plato de presión en el banco didáctico y analizar los resultados.
- Rearmar la maqueta cerciorándose de colocar todas sus partes adecuadamente siguiendo un orden lógico.

**HERRAMIENTAS UTILIZADAS:**

En este ítem el estudiante debe citar las herramientas u equipos que utilizó para esta práctica.

**CÁLCULOS Y RESULTADOS:**

Para realizar los cálculos el estudiante deberá valerse de los conocimientos impartidos por los docentes de la materia y de la investigación personal.

**CONCLUSIONES:****BIBLIOGRAFÍA:**

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA.  
LABORATORIO DE TREN DE FUERZA MOTRIZ.  
GUÍAS DE PRÁCTICA.**

**TITULO DE LA PRÁCTICA:**

Reconocimiento de las partes del conjunto del embrague con mando hidroneumático.

**OBJETIVOS:**

- Analizar detenidamente el funcionamiento del conjunto del embrague de doble disco con mando hidroneumático.
- Realizar el despiece de la maqueta con mando hidroneumático.
- toma de medidas del plato presión y del disco de embrague con la finalidad de realizar los cálculos del sistema.
- Realizar el informe siguiendo la guía de práctica.

**MARCO TEÓRICO:**

Realizar una investigación sobre funcionamiento del embrague con accionamiento hidroneumático esto servirá para la realización del informe.

**PROCEDIMIENTO:**

- Realizar el análisis de funcionamiento del conjunto del embrague con mando hidroneumático.
- Realizar el despiece de la maqueta.
- Tomar las medidas del plato de presión y del disco de embrague para realizar los cálculos.
- Rearmar la maqueta cerciorándose de colocar todas sus partes adecuadamente siguiendo un orden lógico.
- Tomar fotos del proceso para un mayor entendimiento.

**HERRAMIENTAS UTILIZADAS:**

En este ítem el estudiante debe citar las herramientas u equipos que utilizó para esta práctica.

**CÁLCULOS Y RESULTADOS:**

Para realizar los cálculos el estudiante deberá valerse de los conocimientos impartidos por los docentes de la materia y de la investigación personal.

**CONCLUSIONES:****BIBLIOGRAFÍA:**

## **CONCLUSIONES.**

En el presente capítulo se describe el funcionamiento del banco de pruebas y a su vez se plantea un diseño de guías de prácticas que servirán de material didáctico para que los estudiantes aprendan a utilizar esta herramienta de trabajo, mediante el despiece de las maquetas restauradas.

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES.**

Al haber finalizado nuestro proyecto de tesis podemos decir que culmina un proceso de formación académica y personal, con la fundamental ayuda de los docentes involucrados en el mismo y el incondicional apoyo de nuestros padres, hemos llegado a culminar este largo camino para la obtención de la meta propuesta de ser profesionales en la rama de la Ingeniería Mecánica Automotriz.

Estamos seguros que nuestro trabajo será una herramienta útil para los estudiantes y para los docentes de la carrera de Ingeniería Mecánica Automotriz, ya que el mismo mediante su correcto uso constituirá un aporte práctico para el desarrollo de las destrezas y habilidades de los usuarios permitiendo tener una mirada diferente sobre del análisis de los elementos que constituyen el conjunto del embrague.

Por otro lado podemos decir que se han cumplido las metas y objetivos propuestos en este proyecto de tesis.

### **CAPITULO I.**

Constituye el fundamento teórico del funcionamiento de los diversos sistemas y elementos del embrague a fricción y el desarrollo de innovaciones de los mismos, tanto en diseño como en la aplicación de nuevos materiales.

### **CAPITULO II.**

Consiste en la reconstrucción de cinco maquetas existentes en el laboratorio de tren fuerza motriz de la UPS, adecuándolas a un diseño estructural de soporte estandarizado para brindar comodidad en la manipulación de las mismas, a más de esto se implemento una maqueta del embrague de doble disco hidroneumático de un tracto camión.

### **CAPITULO III.**

En este capitulo se procedió a realizar el diseño y construcción del banco de pruebas, realizando un análisis estructural detallado, también se realizo una base de datos de los diferentes conjuntos de embrague que poseen los vehículos livianos de mayor circulación en nuestro medio.

## **CAPITULO IV.**

Finalmente en este capitulo se elaboraron el manual de funcionamiento del banco de pruebas y las guías de practica que sirven como material didáctico para los estudiantes que realicen practicas en esta herramienta de pruebas.

### **RECOMENDACIONES.**

#### **PARA LAS MAQUETAS.**

- Al momento de realizar las prácticas con las maquetas restauradas se debe tener un orden lógico en el armado y desarmado de las mismas.
- Al realizar las practicas con la maqueta del embrague de doble disco se debe tener mucha precaución al momento de desmontar ya que es un elemento muy pesado, también se recomienda tener cuidado en no regar el liquido que alimenta al servo (booster) en cual puede dañar sus partes y empaques, en el momento de armado se debe purgar el booster y asegurarse que la toma de aire para el mismo no supere los 10 bares.

#### **PARA EL BANCO DE PRUEBAS.**

- Verificar que el ingreso de aire al cilindro actuador no supere los 8 bares, para esto el sistema dispone de una válvula reguladora de presión.
- Verificar que la toma de alimentación de energía sea de 110 V con conexión a tierra.
- Tener extrema precaución con la celda de carga ya que es un elemento muy costoso y delicado, por lo que debe estar bien cubierto y en lo posible evitar todo tipo de golpes y a su vez el cableado de esta no debe ser sometido a tracción alguna.
- En el caso del display no se debe exponerlo a factores externos tales como humedad, lluvia o excesivo calor, debido a que posee elementos electrónicos muy sensibles y pueden sufrir daños.
- Como con algunos instrumentos electrónicos están alimentados a un alto voltaje se debe tener precaución cuando se instala, calibra, o se remueven sus partes.

- Para evitar daños por sobre voltaje o descargas eléctricas se debe tener conexión a tierra.
- Tener mucho cuidado con el sensor de desplazamiento lineal el cual no debe ser manipulado por ningún motivo ya que en su interior existe un muelle de recuperación el cual se puede trabar o romper si su uso no es el adecuado.
- Alinear correctamente el plato a ser probado con el fin de no dañar los sensores, para esto existen en el plato de soporte del banco dibujados diferentes diámetros que permiten centrar los platos de presión.
- Una vez montado el plato que se va a probar se debe cerrar la compuerta de protección o el sistema no estará energizado para iniciar la prueba.
- Precaución en el uso del computador ya que este solo soporta el software diseñado para el banco de pruebas, no se debe introducir ningún tipo de elementos de grabación como: CDs, memory flash, discos extraíbles, etc.
- En caso de mantenimiento del software refiérase al manual de operación del banco de pruebas.

## **BIBLIOGRAFÍA.**

**ALONSO Pérez, José Manuel, Técnicas del Automóvil: Sistemas de Transmisión, Editorial Paraninfo.**

*Accionamientos de los embragues, PRODUCTOS VALEO, 8 de Abril de 2009.*  
*<http://www.mecanica.com/>.*

**AUTODESK INC. AUTOCAD 2008, Estados Unidos 2008,**  
*<http://usa.autodesk.com/adsk/servlet/pc/index?siteID=123112&id=13779270>.*

**BEER, Ferdinand .P I Johnston, E. Russell, Mecánica De Materiales, Tercera Edición, Mc Graw-Hill Interamericana, Mexico, 2004.**

**BEER, Ferdinand .P I Johnston, E. Russell, Diseño de maquinas, Tercera Edición, Mc Graw-Hill Interamericana, México, 2004.**

*Causas de las averías de los embragues, CATALOGO SACHS, 15 de Mayo de 2009*  
*[http://www.etman.com.ar:7778/Informacion\\_Tecnica/problemas\\_soluciones/sachs\\_emb\\_ragues/embragues.htm](http://www.etman.com.ar:7778/Informacion_Tecnica/problemas_soluciones/sachs_emb_ragues/embragues.htm).*

*Descripción de los componentes, CATALOGO DE PRODUCTOS FESTO ONLINE, 7 de Octubre de 2009. <http://www.festo.com>.*

*Descripción de los componentes, BOOSTER SERVO ACISTENCIA, 10 de febrero de 2010. [http://www.wabco-auto.com/nc/es/incinio\\_wabco](http://www.wabco-auto.com/nc/es/incinio_wabco).*

*Dimensiones de platos de presión por diafragma, FRENO SEGURO CATALOGO DE PRODUCTOS, 2008.*

*Dimensiones de platos de presión por diafragma, INFRIZA CATALOGO DE PRODUCTOS, 2009.*

*Funcionamiento del embrague de discos múltiples, MECANICA VIRTUAL, 20 de Abril de 2009.*

*<http://www.mecanicavirtual.org/index.php/component/search/cables%2Bde%2Bembrague?ordering=newest&searchphrase=all&limit=20>.*

*Innovaciones del embragué, EMBRAGUE ELECTROMAGNETICO, 2 de Junio de 2009. <http://www.todomecanica.com/>.*

*Innovaciones en los embragues, EMBRAGUES DE COMPETENCIA, 2 de Junio de 2009. <http://www.mimecanicapopular.com/>.*

*Innovaciones en los embragues, EMBRAGUES DE COMPETENCIA, Revista Mecánica Popular, Edición Colombia/Ecuador/Perú/Venezuela, Año 08, Mes 02.*

**IZQUIERDO, FRANCISCO APARICIO; VERA ALVAREZ, CARLOS; DIAZ LOPEZ, VICENTE,** *Teoría de los vehículos automóviles/ Universidad Politécnica de Madrid. Madrid. 2001.554 p. tabs.*

*Manual del banco de pruebas, CATALOGO OMEGA ONLINE, 5 de marzo de 2010. <http://www.omega.com/>*

*Mandos del embrague, ACCIONAMIENTO POR CABLE AUTO REGULABLE, 28 de abril de 2010. <http://www.sachs.com.ar/argentina.htm>.*

**MANUAL DE LA TÉCNICA DEL AUTOMÓVIL BOSCH/** *Edit. Reverté. Barcelona. Edición facsimilar. [s.f.]. 2 t. ilus.*

**MICROENGINEERING LABS INC,** *PicBasic Pro Compiler, Colorado, 2001.*

**MANUAL CEAC DEL AUTOMOVIL.** *Grupo Editorial CEAC, España, año de publicación 2003.*

**MANUAL SACHS DE EMBRAGUES.** *Grupo editorial Sachs publicaciones Argentina, año 2005.*

**MANUAL BÁSICO DE PROGRAMACIÓN EN VISUAL BASIC.**  
*<http://www.scribd.com/doc/4342579/Manual-Basico-Visual-Basic>.*

*Tratamientos térmicos, SINTERIZACION, 10 DE Abril de 2009.*  
*[http://es.wikipedia.org/wiki/Tratamiento\\_t%C3%A9rmico](http://es.wikipedia.org/wiki/Tratamiento_t%C3%A9rmico).*

*Tabla de propiedades del acero, ACERO ESTRUCTURAL, 3 de Agosto de 2009.*  
*[http://www.dipacmanta.com/lineas.php?ca\\_codigo=15&codlinea=3437](http://www.dipacmanta.com/lineas.php?ca_codigo=15&codlinea=3437).*

**SOLID WORKS CAD DESING SOFTWARE 2008,** *3D mechanical CAD (MCAD) software.* *<http://www.solidworks.com/sw/products/cad-software-3d-design.htm>.*

**SINGER, Ferdinand L,** *Resistencia de Materiales,* Primera Edición, Harper & Row Latinoamericana, México, 1971. p .19.

**VISUAL BASIC 2008,** Lenguaje de programación del software para el banco de pruebas.



Anexo I

# ANEXO I

**Materiales de Fricción**



**Tabla 1. Materiales de fricción para embragues.**

MATERIAL	COEFICIENTE DE FRICCIÓN		TEMPERATURA MÁXIMA		PRESIÓN MÁXIMA	
	EN HUMEDO	EN SECO	°F	°C	Psi	Kpa
Hierro fundido sobre hierro fundido	0,05	0,15-0,20	600	320	150-250	1000-1750
Metal pulverizado* sobre hierro fundido	0,05-0,10	0,10-0,40	1000	540	150	1000
Metal pulverizado* sobre acero duro (templado)	0,05-0,10	0,10-0,30	1000	540	300	2100
Madera sobre acero o hierro fundido	0,16	0,20-0,35	300	150	60-90	400-620
Cuero sobre acero o hierro fundido	0,12	0,30-0,50	200	100	10 40	70-280
Corcho sobre acero o hierro fundido	0,15-0,25	0,30-0,50	200	100	8 14	50-100
Filtro sobre acero o hierro fundido	0,18	0,22	280	140	5 10	35-70
Asbesto tramado* sobre acero o hierro fundido	0,10-0,20	0,30-0,60	350-500	175-260	50-100	350-700
Asbesto moldeado* sobre acero o hierro fundido	0,08-0,12	0,20-0,50	500	260	50-150	350-1000
Asbesto impregnado* sobre acero o hierro fundido	0,12	0,32	500-750	260-400	150	1000
Grafito sobre acero	0,05-0,10	0,25	700-1000	370-540	300	2100

\* El coeficiente de fricción puede mantenerse dentro de  $\pm 5\%$  en el caso de materiales específicos en este grupo.



**Tabla 2. Algunas propiedades de revestimientos para discos de fricción**

	<b>TRAMADOS</b>	<b>MOLDEADOS</b>	<b>DE BLOQUE RÍGIDO</b>
Resistencia a la compresión, Kpsi	10-15	10-18	10-15
Resistencia a la compresión, MPa	70-100	70-125	70-100
Resistencia a la tensión, Kpsi	2,5-3	4-5	3-4
Resistencia a la tensión, MPa	17-21	27-35	21-27
Temperatura máxima, °F	400-500	500	750
Temperatura máxima, °C	200-260	260	400
Velocidad máxima, ft/min	7500	5000	7500
Velocidad máxima, m/s	38	25	38
Presión máxima, Psi	50-100	100	150
Presión máxima, KPa	340-690	690	1000
Coefficiente de fricción, medio	0,45	0,47	0,40-0,45



**Anexo II**

# **ANEXO II**

**Tratamientos Térmicos**



# TRATAMIENTOS TERMICOS

Se conoce como **tratamiento térmico** el proceso al que se someten los metales u otros sólidos con el fin de mejorar sus propiedades mecánicas, especialmente la dureza, la resistencia y la tenacidad. Los materiales a los que se aplica el tratamiento térmico son, básicamente, el acero y la fundición, formados por hierro y carbono. También se aplican tratamientos térmicos diversos a los sólidos cerámicos.

Las características mecánicas de un material dependen tanto de su composición química como de la estructura cristalina que tenga. Los tratamientos térmicos modifican esa estructura cristalina sin alterar la composición química, dando a los materiales unas características mecánicas concretas, mediante un proceso de calentamientos y enfriamientos sucesivos hasta conseguir la estructura cristalina deseada.

Entre estas características están:

- **Resistencia al desgaste:** Es la resistencia que ofrece un material a dejarse erosionar cuando está en contacto de fricción con otro material.
- **Tenacidad:** Es la capacidad que tiene un material de absorber energía sin producir fisuras (resistencia al impacto).
- **Maquinabilidad:** Es la facilidad que posee un material de permitir el proceso de mecanizado por arranque de viruta.
- **Dureza:** Es la resistencia que ofrece un acero para dejarse penetrar. Se mide en unidades BRINELL (HB) o unidades ROCKWEL C (HRC), mediante el test del mismo nombre.

## **KEVLAR SEGMENTADO**

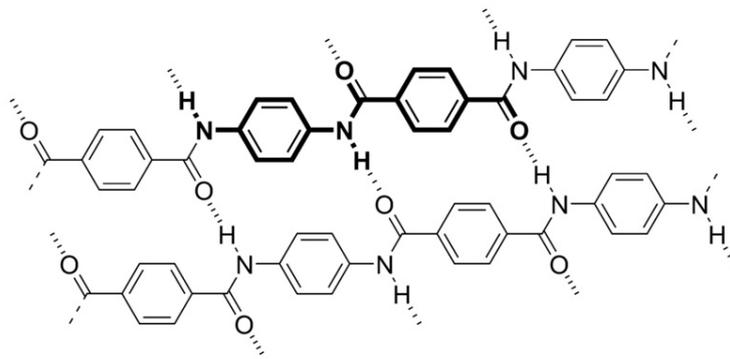
Es el mismo material que luego se describe, pero segmentado (bloques o secciones del forro vacías) para mejor disipación del calor. Presenta menor tendencia a esmaltado y es



## Anexo II

una excelente elección para sistemas de funcionamiento progresivo en vehículos de alta potencia o equipados con transmisiones de tipo secuencial.

El Kevlar (poliparafenileno tereftalamida) es una amida sinterizada por la empresa DuPont. Las fibras de este compuesto presentan altas prestaciones mecánicas por la orientación perfecta de las moléculas del polímero, destacando principalmente su resistencia a tracción y a cizalladura.

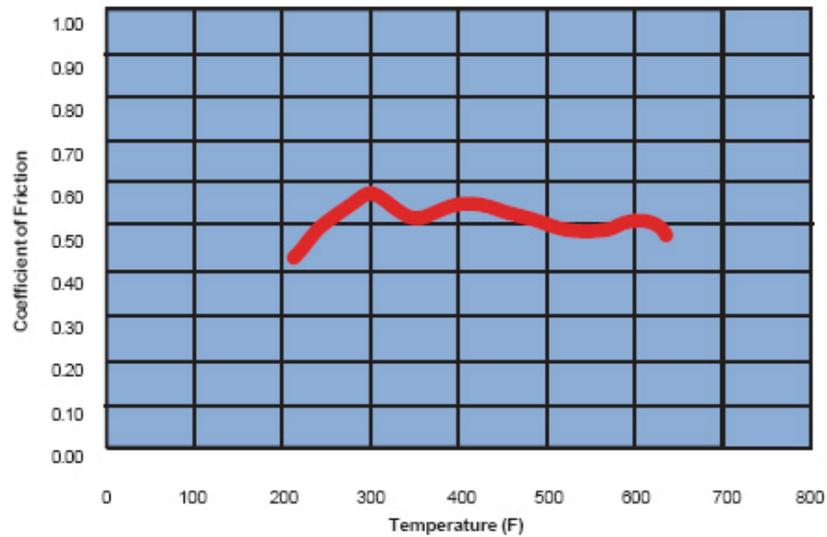


### Polímero Kevlar.

Material de elevada duración, más resistente al uso intenso. Sus cualidades con uso moderado son similares a las de materiales orgánicos, si bien presenta ligera facilidad a esmaltarse en tráfico con paradas continuas, resultando en un deslizamiento hasta un nuevo uso intenso. Rango de temperaturas superior en general, aunque puede destruirse por sobrecalentamiento (no presenta capacidad de retorno a las características originales). Presenta un período de funcionamiento irregular inicial, período de “rodaje”, de en torno a 1000 km, pudiendo producirse deslizamientos. Durante este período se ha de profesar un cuidado especial para evitar sobrecalentamientos producidos por un deslizamiento excesivo. El material es de color homogéneo amarillo/verde.

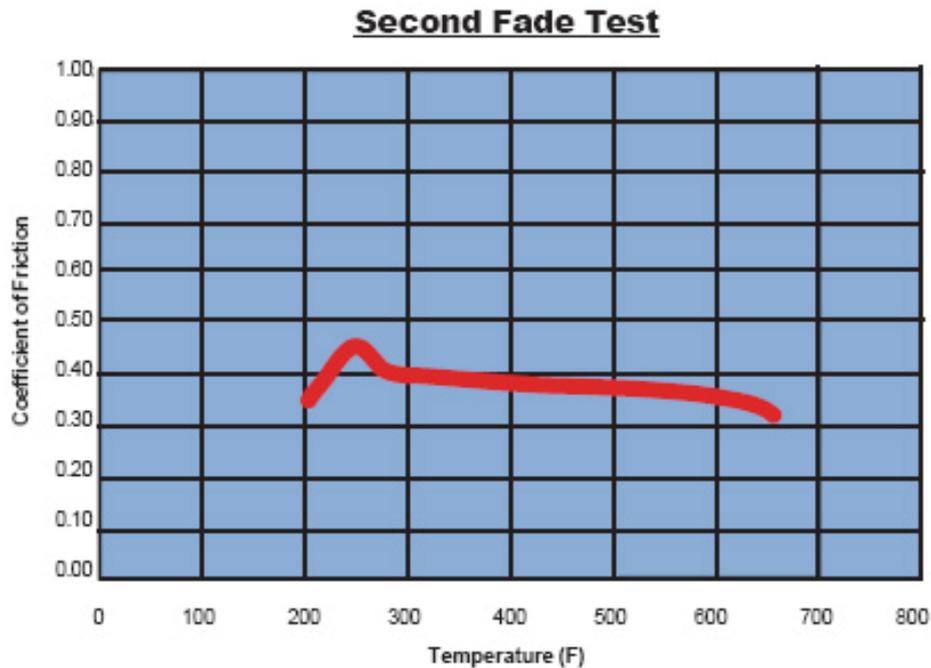


**Second Fade Test**



**CARBOCERÁMICOS**

Esta aleación de materiales son capaces de soportar temperaturas muy elevadas. El carbono, formando fibras obtenidas por termólisis de fibras de poliacrilato, presenta una durabilidad ligeramente mayor, menor peso y menor capacidad de erosión, mientras que el material cerámico soporta temperaturas mayores y presenta mayor rigidez. Combinándolos para así tener un material súper resistente El rango de colores, abarca matices claros como el gris, rosa o marrón.



### **SINTERIZADO**

La sinterización utilizada para los segmentos del forro de discos de embrague se fabrican debido a la compresión en prensa, de polvo de metal en el interior de un molde con la forma adecuada, y el posterior tratamiento en horno de la pieza generada. Es usual añadir al polvo de metal polvo de zinc, latón (en el caso de segmentos de acero) o polvos cerámicos (materiales ceraméticos) para mejorar la conductividad térmica y la resistencia a abrasión.

La sinterización es el proceso que consigue obtener productos metálicos o cerámicos con formas y propiedades prefijadas a partir del polvo o triturado elemental.

Las fases que comprenden el proceso son:

- Elaboración de la materia prima; los polvos o granos elementales.
- Mezcla, de componentes en función del producto.
- Conformado de la materia prima para adoptar la forma de la pieza pero con la resistencia mínima que permite su manipulación cuidadosa.
- Sinterizado, de la pieza conformada obteniendo la resistencia prevista en el diseño.



## Anexo II

- Acabado, de la pieza gasta ultimar la especificación demandada, tanto dimensional como tratamientos térmicos o superficiales.

### DESCRIPCIÓN DEL PROCESO BÁSICO DE SINTERIZACIÓN

Consta de las siguientes fases:

- Compactación.
- Sinterización.

### LA COMPACTACIÓN

En la compactación se obtiene la forma deseada de la pieza, con dimensiones muy aproximadas, por medio de una fuerte compresión del polvo que rellena un molde que, como en la colada, es el negativo volumínico de la pieza a obtener. En la compactación se distinguen tres fases: el llenado del molde, la compresión y la expulsión.

En la fase de llenado, el molde se llena con el polvo que se ha mezclado previamente.

En la fase de compresión, la presión se ejerce con prensas mecánicas o hidráulicas. La presión se transmite a la masa de polvos de tres maneras diferentes:

- Presión aplicada por un solo lado, simple efecto. La presión de compactación sólo se aplica a la masa de polvos por el punzón superior.
- Presión aplicada simultáneamente por los dos extremos, doble efecto. La matriz está equipada con dos punzones móviles, uno inferior y otro superior.
- Matriz flotante. En este caso la matriz está unida a la base por un muelle. La presión se aplica por el punzón superior, de manera que la fuerza de fricción de la masa de polvo con las paredes de la matriz obliga al desplazamiento de ésta hacia abajo.

Una vez se ha alcanzado la forma indicada por el molde, y la altura  $h$  prefijada, por la prensa, se extrae lo que constituye la pieza en verde. El proceso requiere que la pieza en verde tenga la suficiente resistencia que permita su manipulación aunque cuidadosa.



## **LA SINTERIZACIÓN**

## **Anexo II**

La fase de sinterización consiste en el tratamiento isotérmico de la pieza en verde durante el tiempo de operación,  $t_s$ , y la temperatura,  $T_s$ , habitualmente inferior a la de fusión de sus partículas, e inferior a las de cambio alotrópico si lo tuviera.

Por medio de la sinterización, la pieza en verde se transforma en una pieza con la resistencia necesaria para ser aplicada con fines industriales, lo que se logra por la consolidación y extensión de las uniones cohesivas intersuperficiales.

El horno debe permitir la incorporación de atmósferas controladas,  $A_{tc}$ , que aporten neutralidad química, como es el caso de vacío o de gases nobles (helio, argón, nitrógeno): o bien introduzcan elementos que permitan ciertas transformaciones por reacciones químicas.



# Anexo III



# Análisis de tensiones de la estructura.

## Contenido del análisis.

Contenido.....	.....
Lista de ilustraciones.....	.....
Descripción .....	.....
Suposiciones .....	.....
Información de modelo .....	.....
Propiedades del estudio.....	.....
Unidades .....	.....
Propiedades de material .....	.....
Cargas y restricciones .....	.....
Definiciones de conector.....	.....
Contacto .....	.....
Información de malla .....	.....
Escenarios de diseño resultantes .....	.....
Resultados del sensor .....	.....
Fuerzas de reacción.....	.....
Fuerzas de cuerpo libre .....	.....
Fuerzas de perno .....	.....
Fuerzas de pasador.....	.....
Resultados del estudio.....	.....



### Lista de ilustraciones

estructura-analisis-Tensiones-Tensiones 1

estructura-analisis-Desplazamientos-Desplazamientos 1

estructura-analisis-Deformaciones unitarias-Deformaciones unitarias 1

estructura-analisis-Factor de seguridad-Factor de seguridad 1

Descripción.

Resuma el análisis mediante el Método de elementos finitos (MEF) de estructura

### Información de modelo

Nombre de documento	Configuración	Ruta al documento	Fecha de modificación
estructura	Predeterminado	C:\Documents and Settings\Juan\Escritorio\freno\estructura.SLDPRT	Fri abr 15 10:43:04 2009

### Propiedades del estudio

Nombre de estudio	Análisis de la estructura
Tipo de análisis	Estático
Tipo de malla:	Malla sólida
Tipo de solver	Solver tipo FFEPlus
Efecto de rigidización por tensión (Inplane):	Desactivar
Muelle blando (Soft Spring):	Desactivar
Desahogo inercial:	Desactivar
Efecto térmico:	Introducir temperatura
Temperatura a tensión cero	298.000000
Unidades	Kelvin
Incluir los efectos de la presión de fluidos desde SolidWorks Flow Simulation	Desactivar
Fricción:	Desactivar
Ignorar distancia para contacto superficial	Desactivar
Utilizar método adaptativo:	Desactivar



## Unidades

Sistema de unidades:	SI
Longitud/Desplazamiento	m
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	rad/s
Tensión/Presión	N/m <sup>2</sup>

## Propiedades de material

Nº	Nombre de sólido	Material	Masa	Volumen
1	Estructura	[SW]AISI 1020	4.94253 kg	0.000625637 m <sup>3</sup>

Nombre de material:	[SW]AISI 1020
Descripción:	
Origen del material:	
Tipo de modelo del material:	Isotrópico elástico lineal
Criterio de error predeterminado:	Desconocido
Datos de aplicación:	

Nombre de propiedad	Valor	Unidades	Tipo de valor
Módulo elástico	2e+011	N/m <sup>2</sup>	Constante
Coefficiente de Poisson	0.29	NA	Constante
Módulo cortante	7.7e+010	N/m <sup>2</sup>	Constante
Densidad	7900	kg/m <sup>3</sup>	Constante
Límite de tracción	4.2051e+008	N/m <sup>2</sup>	Constante
Límite elástico	3.5157e+008	N/m <sup>2</sup>	Constante
Coefficiente de dilatación térmica	1.5e-005	/Kelvin	Constante
Conductividad térmica	47	W/(m.K)	Constante
Calor específico	420	J/(kg.K)	Constante

## Cargas y restricciones

### Sujeción

Nombre de restricción	Conjunto de selecciones	Descripción
-----------------------	-------------------------	-------------



## ANEXO III

Sujeción-1 <estructura>	activar 1 Cara(s) fijo.	
-------------------------	-------------------------	--

### Carga

Nombre de carga	Conjunto de selecciones	Tipo de carga	Descripción
Fuerza/Torsión-2 <estructura>	activar 3 Cara(s) aplicar fuerza -1096.3 N normal a plano de referencia con respecto a la referencia seleccionada Arista< 1 > utilizando distribución uniforme	Carga secuencial	
Fuerza/Torsión-3 <estructura>	activar 4 Cara(s) aplicar fuerza -1096.3 N normal a plano de referencia con respecto a la referencia seleccionada Arista< 1 > utilizando distribución uniforme	Carga secuencial	
Fuerza/Torsión-4 <estructura>	activar 1 Cara(s) aplicar fuerza normal 266.88 N utilizando distribución uniforme	Carga secuencial	
Fuerza/Torsión-5 <estructura>	activar 3 Cara(s) aplicar fuerza -266.88 N normal a plano de referencia con respecto a la referencia seleccionada Arista< 1 > utilizando distribución uniforme	Carga secuencial	

### Contacto

Estado de contacto: Caras en contacto - Unido

### Información de malla

Tipo de malla:	Malla sólida
----------------	--------------



### ANEXO III

Mallador utilizado:	Malla estándar
Transición automática:	Desactivar
Superficie suave:	Activar
Verificación jacobiana:	4 Points
Tamaño de elementos:	19.273 mm
Tolerancia:	0.96364 mm
Calidad:	Alta
Número de elementos:	8796
Número de nodos:	17360
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:10
Nombre de computadora:	Juan

### Fuerzas de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Suma X	Suma Y	Suma Z	Resultante
Todo el sólido	N	1117.5	1010.16	0.60781	1506.39

### Fuerzas de cuerpo libre

Conjunto de selecciones	Unidades	Suma X	Suma Y	Suma Z	Resultante
Todo el sólido	N	0.00198746	-0.000885025	0.000303328	0.00219665

### Momentos de cuerpo libre

Conjunto de selecciones	Unidades	Suma X	Suma Y	Suma Z	Resultante
Todo el sólido	N-m	0	0	0	1e-033

### Resultados del estudio.

Resultados predeterminados.

Nombre	Tipo	Mín.	Ubicación	Máx.	Ubicación
Tensiones1	VON: Tensión de von Mises	3954.38 N/m <sup>2</sup> Nodo: 16806	(119.482 mm, 309.788 mm, 348.625 mm)	1.49315e+008 N/m <sup>2</sup> Nodo: 9029	(129.55 mm, 281.895 mm, 220.291 mm)
Desplazamientos1	URES:	0 m	(25 mm,	0.000742667 m	(484.993 mm,

**ANEXO III**

	Desplazamiento resultante	Nodo: 1765	0 mm, 310 mm)	Nodo: 15152	358.064 mm, 174.87 mm)
Deformaciones unitarias1	ESTRN: Deformación unitaria equivalente	3.16434e-008 Elemento: 7549	(118.94 mm, 304.688 mm, 348.507 mm)	0.000600071 Elemento: 4367	(468.322 mm, 279.946 mm, 64.1472 mm)

**CALCULO DE LA PALANCA DE ACCIONAMIENTO DE LA MAQUETA.**

$F_T$  = Fuerza de resistencia del diafragma.

$F_1$  = Fuerza en el punto A.

$F_2$  = Fuerza en el punto C.

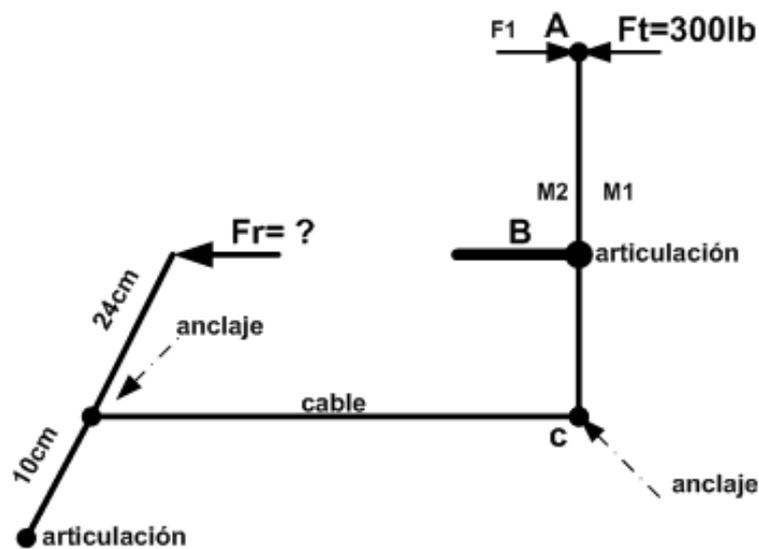
$F_R$  = ?

$d_1$  = Distancia 1.

$d_2$  = distancia 2.

$M_1$  = Momento 1.

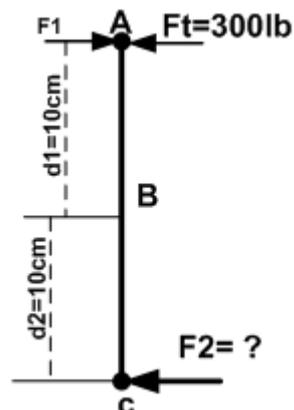
$M_2$  = Momento 2.



*Diagrama de cuerpo libre.*

$$F_1 > F_T$$

$$F_1 = 300 \text{ lb}$$





*Diagrama de distancias.*

$$M1 = M2$$

$$M1 = F1 \times d1$$

$$M2 = F2 \times d2$$

$$F2 = \frac{F1 \times d1}{d2}$$

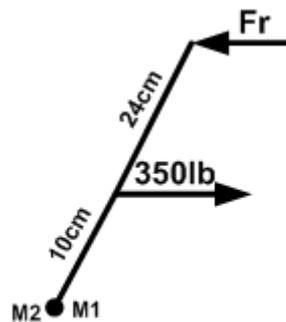
$$F2 = \frac{350lb \times 10cm}{10cm}$$

$$F2 = 350lb$$

$$M1 = F \times d$$

$$M1 = 350lb \times 10cm$$

$$M1 = 3500lbcm$$



*Diagrama de momentos.*

$$M1 = M2$$

$$M2 = Fr \times d$$

$$3500lbcm = Fr \times 24cm$$

$$Fr = \frac{3500lbcm}{24cm}$$

$$Fr = 102,94lb$$

$$FT > 102,94lb$$

La fuerza resultante para vencer la acción del diafragma es de 102,94lb por lo tanto el largo de las varillas de accionamiento se encuentra entre 34 y 40 cm.



## ANEXO III



# ANEXO IV



ANEXO IV

# **CATALOGO DE ACERO ESTRUCTURAL**



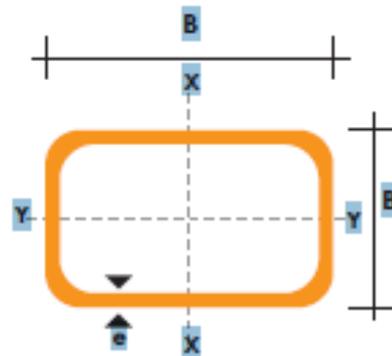
**DIPAC**®  
PRODUCTOS DE ACERO



## TUBO ESTRUCTURAL RECTANGULAR

### Especificaciones Generales

<b>Norma</b>	ASTM A-500
<b>Recubrimiento</b>	Negro o galvanizado
<b>Largo normal</b>	6 mts.
<b>Otros largos</b>	Previa Consulta
<b>Dimensiones</b>	Desde 12mm x 25mm a 40mm x 80mm
<b>Espesor</b>	Desde 2,0mm a 3,0mm





ANEXO IV

DIMENSIONES			AREA		EJES X-X			EJES Y-Y		
A mm	B mm	ESPESOR mm	PESO Kg/m	AREA cm <sup>2</sup>	I cm <sup>4</sup>	W cm <sup>3</sup>	i cm	I cm <sup>4</sup>	W cm <sup>3</sup>	i cm
20	40	1,2	1,09	1,32	2,61	1,30	1,12	0,88	0,88	0,83
20	40	1,5	1,35	1,65	3,26	1,63	1,40	1,09	1,09	0,81
20	40	2,0	1,78	2,14	4,04	2,02	1,37	1,33	1,33	0,79
25	50	1,5	1,71	2,10	6,39	2,56	1,74	2,19	1,75	1,02
25	50	2,0	2,25	2,74	8,37	3,35	1,75	2,80	2,24	1,01
25	50	3,0	3,30	4,14	12,56	5,02	1,74	3,99	3,19	0,99
30	50	1,5	1,88	2,25	7,27	2,91	1,80	3,32	2,21	1,21
30	50	2,0	2,41	2,94	9,52	3,81	1,80	4,28	2,85	1,21
30	50	3,0	3,30	4,21	12,78	5,11	1,74	5,66	3,77	1,16
30	70	2,0	3,03	3,74	22,20	6,34	2,44	5,85	3,90	1,25
30	70	3,0	4,48	5,41	30,50	8,71	2,37	7,84	5,23	1,20
40	60	1,5	2,29	2,91	14,90	4,97	2,26	7,94	3,97	1,65
40	60	2,0	3,03	3,74	18,08	6,13	2,22	9,81	4,90	1,62
40	60	3,0	4,48	5,41	25,31	8,44	2,16	13,37	6,69	1,57
30	70	1,5	2,34	2,91	18,08	5,17	2,49	4,76	3,17	1,28
30	70	2,0	2,93	3,74	22,20	6,34	2,44	5,85	3,90	1,25
30	70	3,0	4,25	5,41	30,50	8,71	2,37	7,84	5,23	1,20
40	80	1,5	2,76	3,74	31,75	7,94	2,91	10,77	5,39	1,70
40	80	2,0	3,66	4,54	37,32	9,33	2,87	12,70	6,35	1,67
40	80	3,0	5,42	6,61	52,16	13,04	2,81	17,49	8,75	1,63
50	100	2,0	4,52	5,74	74,94	14,99	3,61	25,65	10,26	2,11
50	100	3,0	6,71	8,41	106,34	21,27	3,56	35,97	14,39	2,07
50	150	2,0	6,17	7,74	207,45	27,66	5,18	37,17	14,87	2,19
50	150	3,0	9,17	11,41	298,35	39,78	5,11	52,54	21,02	2,15



**ANEXO V**

# **ANEXO V**

**TENSION DE VON-MISES**



# Tensión de Von Mises

La **tensión de Von Mises** es una magnitud física proporcional a la energía de distorsión. En ingeniería estructural se usa en el contexto de las teorías de fallo como indicador de un buen diseño para materiales dúctiles.

La energía de Von Mises puede calcularse fácilmente a partir de las tensiones principales del tensor tensión en un punto de un sólido deformable, mediante la expresión:

$$\sigma_{VM} = \sqrt{\frac{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2}{2}}$$

$\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$

Siendo las tensiones principales.

La tensión de Von Mises y el criterio de fallo elástico asociado debe su nombre a Richard Edler von Mises (1913) propuso que un material dúctil sufría fallo elástico cuando la energía de distorsión elástica rebasaba cierto valor. Sin embargo, el criterio fue claramente formulado con anterioridad por Maxwell en 1865<sup>1</sup> más tarde también Huber (1904), en un artículo en polaco anticipó hasta cierto punto la teoría de fallo de Von Mises.<sup>2</sup> Por todo esto a veces se llama a la teoría de fallo elástico basada en la tensión de Von Mises como teoría de Maxwell-Huber-Hencky-von Mises y también **teoría de fallo  $J_2$** .

La tensión de Von Mises es un escalar proporcional a la energía de de deformación elástica de distorsión que puede expresarse en función de las componentes del tensor tensión, en particular admite una expresión particularmente simple en función de las tensiones

**TENSION DE VON-MISES**



principales, por lo que la tensión de Von Mises puede calcularse a partir de la expresión de la energía de deformación distorsiva.

Igualmente la superficie de fluencia de un material que falla de acuerdo con la teoría de fallo elástico de Von Mises puede escribirse como el lugar geométrico de los puntos donde la tensión de Von Mises como función de las tensiones principales supera cierto valor. Matemáticamente esta ecuación puede expresarse aún como el conjunto de puntos donde el invariante cuadrático de la parte desviadora del tensor tensión supera cierto valor.

### **Energía de deformación.**

La **energía de deformación** de un sólido deformable, iguala al trabajo exterior de las fuerzas que provocan dicha deformación dicha trabajo puede descomponerse, entre el trabajo invertido en cambiar la forma del cuerpo o **energía de distorsión** y el trabajo invertido en comprimir o dilatar el cuerpo manteniendo constantes las relaciones geométricas o **energía elástica volumétrica**:

$$(1) E_{def} = E_{def,V} + E_{def,dist}$$

Los dos términos vienen dados por:

(2a)

$$E_{def,V} = \int_V \frac{3}{2} (\sigma_{xx} + \sigma_{yy} + \sigma_{zz})^2 \frac{1-2\nu}{E} dV = + \int_V \frac{(\sigma_{xx} + \sigma_{yy} + \sigma_{zz})^2}{2K} dV$$

(2b)

$$E_{def,dist} = E_{def} - E_{def,V} = \int_V \frac{1}{6G} [\sigma_{xx}^2 + \sigma_{yy}^2 + \sigma_{zz}^2 - (\sigma_{xx}\sigma_{yy} + \sigma_{yy}\sigma_{zz} + \sigma_{zz}\sigma_{xx})] dV + \int_V \frac{1}{2G} [\tau_{xy}^2 + \tau_{yz}^2 + \tau_{zx}^2] dV$$



Frecuentemente, la energía de distorsión dada por la última expresión, se expresa en términos de una combinación especial de las otras componentes de tensión llamada tensión de Von Mises:

$$(3) \quad E_{def, dist} = \int_V \frac{\sigma_{VM}^2}{6G} dV$$

Igualando los integrandos de (2) y (3) se obtiene que la tensión de Von Mises viene dada precisamente por:

$$(4) \quad \sigma_{VM} = \sqrt{\sigma_{xx}^2 + \sigma_{yy}^2 + \sigma_{zz}^2 - (\sigma_{xx}\sigma_{yy} + \sigma_{yy}\sigma_{zz} + \sigma_{zz}\sigma_{xx}) + 3(\tau_{xy}^2 + \tau_{yz}^2 + \tau_{zx}^2)}$$

### Invariante cuadrático $J_2$

La energía de distorsión considerada en la sección anterior puede ser calculada a partir de la parte desviadora del tensor tensión:

$$[s_{ij}] = [\sigma_{ij}] - \sigma_V [I] = \begin{bmatrix} \sigma_x - \sigma_V & \tau_{xy} & \tau_{xz} \\ \tau_{yx} & \sigma_y - \sigma_V & \tau_{yz} \\ \tau_{zx} & \tau_{zy} & \sigma_z - \sigma_V \end{bmatrix}, \quad \text{con } \sigma_V = \frac{\sigma_x + \sigma_y + \sigma_z}{3}$$

El segundo invariante cuadrático de este tensor denominado  $J_2$ , es proporcional a la tensión de Von Mises y resulta ser:

$$J_2 = \frac{1}{6} \left[ (\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_y - \sigma_z)^2 + (\sigma_x - \sigma_z)^2 + 6(\tau_{yz}^2 + \tau_{zx}^2 + \tau_{xy}^2) \right] = \frac{\sigma_{VM}^2}{3}$$

Por esta razón a veces la teoría de fallo de Von Mises se llama **teoría de fallo  $J_2$** .



## Tensión de Von Mises y tensiones principales

Aunque la expresión (4) ofrece una fórmula práctica para calcular la tensión de Von Mises o equivalentemente la energía de deformación distorsiva. La expresión se simplifica mucho si usamos en cada punto las tres tensiones principales para el cálculo de la tensión de von Mises:

$$(5a) \quad \sigma_{VM} = \sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_3^2 - (\sigma_1\sigma_2 + \sigma_2\sigma_3 + \sigma_3\sigma_1)}$$

Esta expresión se puede simplificar aún más:

$$(5b) \quad \sigma_{VM} = \sqrt{\frac{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2}{2}}$$

## Tensión de Von Mises en una viga

Usualmente en una viga sólo 3 de las 6 componentes del tensor tensión son diferentes de cero: la tensión normal a la sección transversal y dos componentes independientes asociadas a la tensión tangencial, en ese caso las tensiones principales resultan ser:

$$\begin{cases} \sigma_1 = \frac{\sigma_x + \sqrt{\sigma_x^2 + 4(\tau_{xy}^2 + \tau_{xz}^2)}}{2} \\ \sigma_2 = 0 \\ \sigma_3 = \frac{\sigma_x - \sqrt{\sigma_x^2 + 4(\tau_{xy}^2 + \tau_{xz}^2)}}{2} \end{cases}$$



De donde se sigue que:

$$(6) \sigma_{VM} = \sqrt{\sigma_x^2 + 3(\tau_{xy}^2 + \tau_{xz}^2)} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2}$$

## Tensión de Von Mises en una placa.

Usualmente en una viga sólo 3 de las 6 componentes del tensor tensión son diferentes de cero

$\sigma_x, \sigma_y, \tau_{xy}$ , a partir de las cuales se pueden calcular las tensiones principales  $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ :

$$\begin{cases} \sigma_1 = \frac{\sigma_x + \sigma_y + \sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + 4\tau_{xy}^2}}{2} \\ \sigma_2 = 0 \\ \sigma_3 = \frac{\sigma_x + \sigma_y - \sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + 4\tau_{xy}^2}}{2} \end{cases}$$

De donde se sigue que la tensión de Von Mises es:

$$(7) \sigma_{VM} = \sqrt{\sigma_x^2 - \sigma_x\sigma_y + \sigma_y^2 + 3\tau_{xy}^2}$$



**ANEXO VI**

# **ANEXO VI.**

**ANALISIS DE TENSIONES DE BANCO DEL EMBRAGUE**



ANEXO VI

# **Análisis de tensiones de banco embrague**

ANALISIS DE TENSIONES DE BANCO DEL EMBRAGUE



## Contenido

Contenido .....	3
Lista de ilustraciones .....	3
Descripción .....	4
Suposiciones.....	4
Información de modelo .....	4
Propiedades del estudio.....	5
Unidades.....	5
Propiedades de material .....	5
Cargas y restricciones .....	6
Definiciones de conector.....	7
Contacto .....	7
Información de malla .....	7
Escenarios de diseño resultantes .....	7
Resultados del sensor .....	7
Fuerzas de reacción .....	7
Fuerzas de cuerpo libre .....	7
Fuerzas de perno .....	8
Fuerzas de pasador .....	8
Resultados del estudio.....	8
Conclusión.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>

## Lista de ilustraciones

banco embrague-banco de pruebas-Tensiones-Tensiones1 .....	9
banco embrague-banco de pruebas-Desplazamientos-Desplazamientos1.....	10
banco embrague-banco de pruebas-Deformaciones unitarias-Deformaciones unitarias1.....	10
banco embrague-banco de pruebas-Factor de seguridad-Factor de seguridad1.....	11



**Descripción**

Resume el análisis mediante el Método de elementos finitos (MEF) de banco embrague

**Suposiciones**

**Información de modelo**

Nombre de documento	Configuración	Ruta al documento	Fecha de modificación
banco embrague	Predeterminado	I:\embrague\banco embrague.SLDASM	Oct 15 16:05:08 2009
Imported-1	Predeterminado	I:\embrague\Imported.sldprt	Oct 15 16:05:08 2009 16:04:32 2009
Imported1-1	Predeterminado	I:\embrague\Imported1.sldprt	Oct 15 16:05:08 2009 15 16:04:28 2009
Imported10-1	Predeterminado	I:\embrague\Imported10.sldprt	Oct 15 16:05:08 2009 16:03:14 2009
Imported11-1	Predeterminado	I:\embrague\Imported11.sldprt	Oct 15 16:05:08 2009 16:03:06 2009
Imported12-1	Predeterminado	I:\embrague\Imported12.sldprt	Oct 15 16:05:08 2009 16:03:00 2009
Imported13-1	Predeterminado	I:\embrague\Imported13.sldprt	Oct 15 16:05:08 2009 16:02:52 2009
Imported14-1	Predeterminado	I:\embrague\Imported14.sldprt	Oct 15 16:05:08 2009 16:02:46 2009
Imported15-1	Predeterminado	I:\embrague\Imported15.sldprt	Oct 15 16:05:08 2009 16:02:40 2009
Imported16-1	Predeterminado	I:\embrague\Imported16.sldprt	Oct 15 16:05:08 2009 16:02:34 2009
Imported17-1	Predeterminado	I:\embrague\Imported17.sldprt	Oct 15 16:05:08 2009 16:02:26 2009
Imported18-1	Predeterminado	I:\embrague\Imported18.sldprt	Oct 15 16:05:08 2009 16:02:18 2009
Imported19-1	Predeterminado	I:\embrague\Imported19.sldprt	Oct 15 16:05:08 2009 16:02:08 2009
Imported2-1	Predeterminado	I:\embrague\Imported2.sldprt	Oct 15 16:05:08 2009 16:04:18 2009
Imported20-1	Predeterminado	I:\embrague\Imported20.sldprt	Oct 15 16:05:08 2009 16:02:04 2009
Imported21-1	Predeterminado	I:\embrague\Imported21.sldprt	Oct 15 16:05:08 2009 200916:01:56 2009
Imported3-1	Predeterminado	I:\embrague\Imported3.sldprt	Oct 15 16:05:08 2009 16:04:06 2009
Imported4-1	Predeterminado	I:\embrague\Imported4.sldprt	Oct 15 16:05:08 2009 16:04:04 2009
Imported5-1	Predeterminado	I:\embrague\Imported5.sldprt	Oct 15 16:05:08 2009 16:03:52 2009
Imported6-1	Predeterminado	I:\embrague\Imported6.sldprt	Oct 15 16:05:08 2009 16:03:42 2009
Imported7-1	Predeterminado	I:\embrague\Imported7.sldprt	Oct 15 16:05:08 2009 16:03:36 2009
Imported8-1	Predeterminado	I:\embrague\Imported8.sldprt	Oct 15 16:05:08 2009



## ANEXO VI

Imported9-1	Predeterminado	I:\embrague\Imported9.sldprt	16:03:28 2009 Oct 15 16:05:08 2009 16:03:22 2009
-------------	----------------	------------------------------	--

### Propiedades del estudio

Nombre de estudio	banco de pruebas
Tipo de análisis	Estático
Tipo de malla:	Malla sólida
Tipo de solver	Solver tipo FFEPlus
Efecto de rigidización por tensión (Inplane):	Desactivar
Muelle blando (Soft Spring):	Desactivar
Desahogo inercial:	Desactivar
Efecto térmico:	Introducir temperatura
Temperatura a tensión cero	298.000000
Unidades	Kelvin
Incluir los efectos de la presión de fluidos desde SolidWorks Flow Simulation	Desactivar
Fricción:	Desactivar
Ignorar distancia para contacto superficial	Desactivar
Utilizar método adaptativo:	Desactivar

### Unidades

Sistema de unidades:	SI
Longitud/Desplazamiento	m
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	rad/s
Tensión/Presión	N/m <sup>2</sup>

### Propiedades de material

Nº	Nombre de sólido	Material	Masa	Volumen
1	Imported-1	AISI 1020	5.01878 kg	0.000635288 m <sup>3</sup>
2	Imported1-1	AISI 1020	1.83038 kg	0.000231693 m <sup>3</sup>
3	Imported10-1	AISI 1020	1.71229 kg	0.000216745 m <sup>3</sup>
4	Imported11-1	AISI 1020	1.71229 kg	0.000216745 m <sup>3</sup>
5	Imported12-1	AISI 1020	1.71229 kg	0.000216745 m <sup>3</sup>
6	Imported13-1	AISI 1020	1.71229 kg	0.000216745 m <sup>3</sup>
7	Imported14-1	AISI 1020	1.71229 kg	0.000216745 m <sup>3</sup>
8	Imported15-1	AISI 1020	1.71229 kg	0.000216745 m <sup>3</sup>
9	Imported16-1	AISI 1020	1.71845 kg	0.000217525 m <sup>3</sup>
10	Imported17-1	AISI 1020	1.71845 kg	0.000217525 m <sup>3</sup>
11	Imported18-1	AISI 1020	1.71845 kg	0.000217525 m <sup>3</sup>
12	Imported19-1	AISI 1020	1.71845 kg	0.000217525 m <sup>3</sup>
13	Imported2-1	AISI 1020	5.01878 kg	0.000635288 m <sup>3</sup>
14	Imported20-1	AISI 1020	0.295222 kg	3.73699e-005 m <sup>3</sup>
15	Imported21-1	AISI 1020	0.295222 kg	3.73699e-005 m <sup>3</sup>

## ANALISIS DE TENSIONES DE BANCO DEL EMBRAGUE



## ANEXO VI

16	Imported3-1	AISI 1020	5.01878 kg	0.000635288 m <sup>3</sup>
17	Imported4-1	AISI 1020	1.83038 kg	0.000231693 m <sup>3</sup>
18	Imported5-1	AISI 1020	5.01878 kg	0.000635288 m <sup>3</sup>
19	Imported6-1	AISI 1020	1.83038 kg	0.000231693 m <sup>3</sup>
20	Imported7-1	AISI 1020	1.83038 kg	0.000231693 m <sup>3</sup>
21	Imported8-1	AISI 1020	1.83038 kg	0.000231693 m <sup>3</sup>
22	Imported9-1	AISI 1020	1.83038 kg	0.000231693 m <sup>3</sup>

Nombre de material:	AISI 1020
Descripción:	
Origen del material:	
Tipo de modelo del material:	Isotrópico elástico lineal
Criterio de error predeterminado:	Tensión máxima de von Mises
Datos de aplicación:	

Nombre de propiedad	Valor	Unidades	Tipo de valor
Módulo elástico	2e+011	N/m <sup>2</sup>	Constante
Coeficiente de Poisson	0.29	NA	Constante
Módulo cortante	7.7e+010	N/m <sup>2</sup>	Constante
Densidad	7900	kg/m <sup>3</sup>	Constante
Límite de tracción	4.2051e+008	N/m <sup>2</sup>	Constante
Límite elástico	3.5157e+008	N/m <sup>2</sup>	Constante
Coeficiente de dilatación térmica	1.5e-005	/Kelvin	Constante
Conductividad térmica	47	W/(m.K)	Constante
Calor específico	420	J/(kg.K)	Constante

## Cargas y restricciones

### Sujeción

Nombre de restricción	Conjunto de selecciones	Descripción
Sujeción-1 <Imported6-1>	activar 1 Cara(s) fijo.	
Sujeción-2 <Imported10-1>	activar 1 Cara(s) fijo.	
Sujeción-3 <Imported11-1>	activar 1 Cara(s) fijo.	
Sujeción-4 <Imported7-1>	activar 1 Cara(s) fijo.	

### Carga

Nombre de carga	Conjunto de selecciones	Tipo de carga	Descripción
Fuerza/Torsión-1 <Imported21-1, Imported16-1, Imported20-1, Imported17-1>	activar 4 Cara(s) aplicar fuerza normal 4100 N utilizando distribución uniforme	Carga secuencial	
Fuerza/Torsión-2 <Imported19-1, Imported18-1>	activar 2 Cara(s) aplicar fuerza normal 4100 N utilizando distribución	Carga secuencial	

## ANALISIS DE TENSIONES DE BANCO DEL EMBRAGUE



## ANEXO VI

	uniforme		
--	----------	--	--

### Definiciones de conector

No hay conectores definidos

### Contacto

Estado de contacto: **Caras en contacto - Unido**

### Información de malla

Tipo de malla:	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla estándar
Transición automática:	Desactivar
Superficie suave:	Activar
Verificación jacobiana:	4 Points
Tamaño de elementos:	24.88 mm
Tolerancia:	1.244 mm
Calidad:	Alta
Número de elementos:	51710
Número de nodos:	98578
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:42
Nombre de computadora:	NITRO

### Escenarios de diseño resultantes

Los datos no están disponibles.

### Resultados del sensor

Los datos no están disponibles.

### Fuerzas de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Suma X	Suma Y	Suma Z	Resultante
Todo el sólido	N	0.07761	-0.234971	8199.48	8199.48

### Fuerzas de cuerpo libre

Conjunto de selecciones	Unidades	Suma X	Suma Y	Suma Z	Resultante
Todo el sólido	N	-0.0127704	0.00599964	0.0189741	0.0236452



**Momentos de cuerpo libre**

Conjunto de selecciones	Unidades	Suma X	Suma Y	Suma Z	Resultante
Todo el sólido	N-m	0	0	0	1e-033

**Fuerzas de perno**

Los datos no están disponibles.

**Fuerzas de pasador**

Los datos no están disponibles.

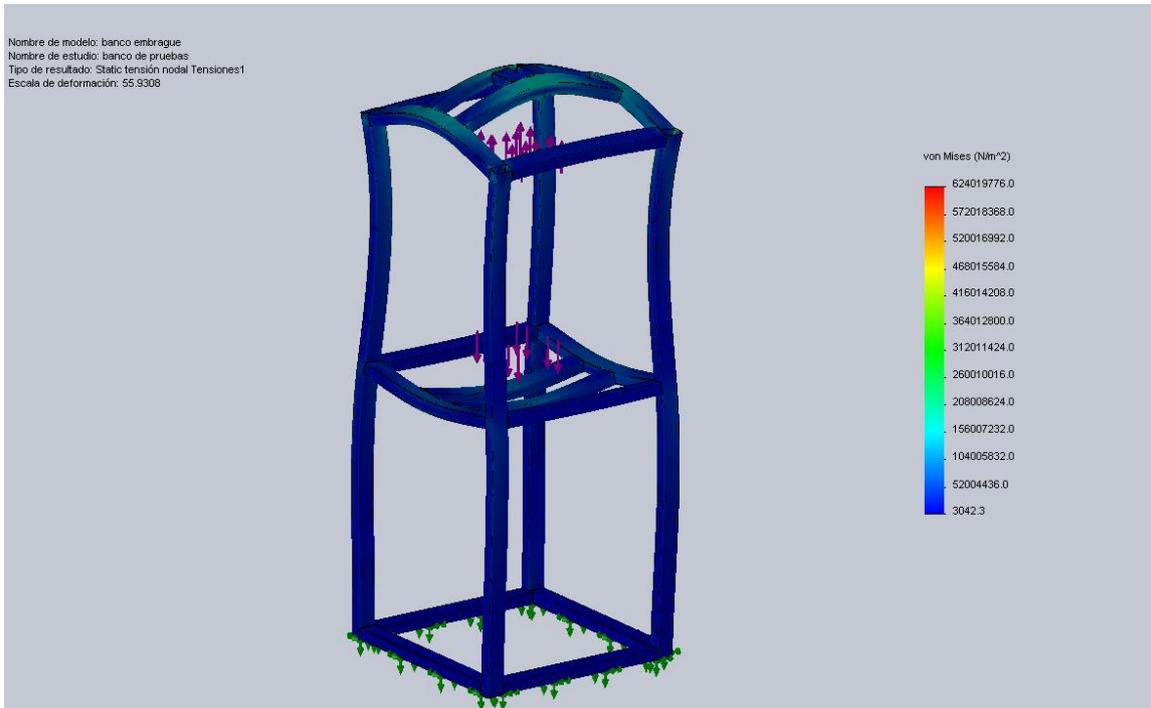
**Resultados del estudio**

Resultados predeterminados

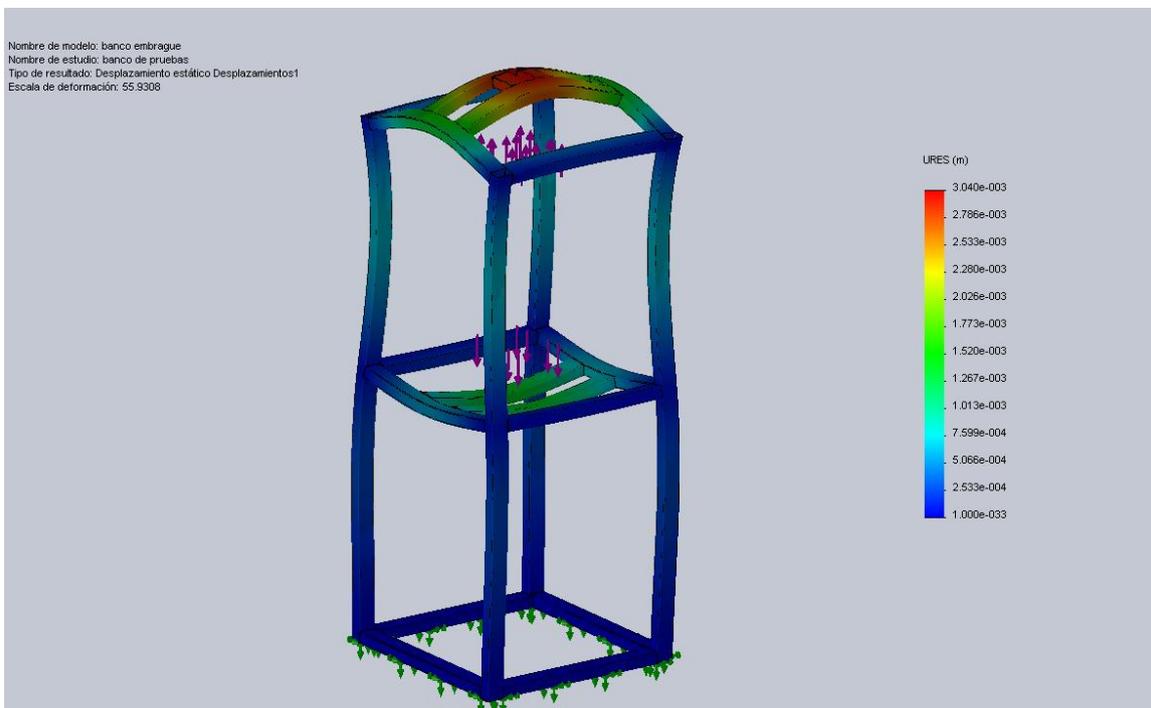
Nombre	Tipo	Mín.	Ubicación	Máx.	Ubicación
Tensiones I	VON: Tensión de von Mises	3042.31 N/m <sup>2</sup> Nodo: 18207	(663 mm, 211.25 mm, 1700 mm)	6.2402e+008 N/m <sup>2</sup> Nodo: 55040	(648.047 mm, -30.5487 mm, -5.12349 mm)
Desplazamientos I	URES: Desplazamiento resultante	0 m Nodo: 221	(20 mm, -26 mm, 1700 mm)	0.00303973 m Nodo: 60608	(317.564 mm, 349.802 mm, -131 mm)
Deformaciones unitarias I	ESTRN: Deformación unitaria equivalente	3.4953e-009 Elemento: 9680	(656.5 mm, 471.042 mm, 1698.5 mm)	0.00232941 Elemento: 29121	(647.711 mm, -30.586 mm, -4.90556 mm)



## ANEXO VI



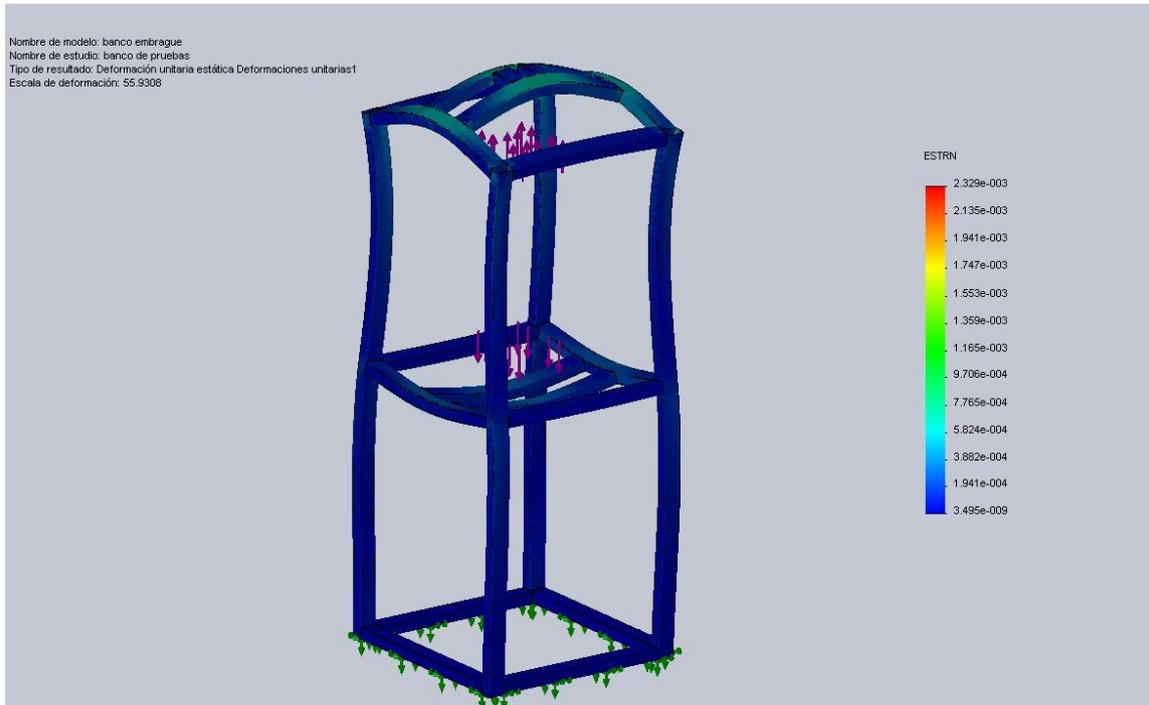
Banco embrague-banco de pruebas-Tensiones-Tensiones1



## ANALISIS DE TENSIONES DE BANCO DEL EMBRAGUE



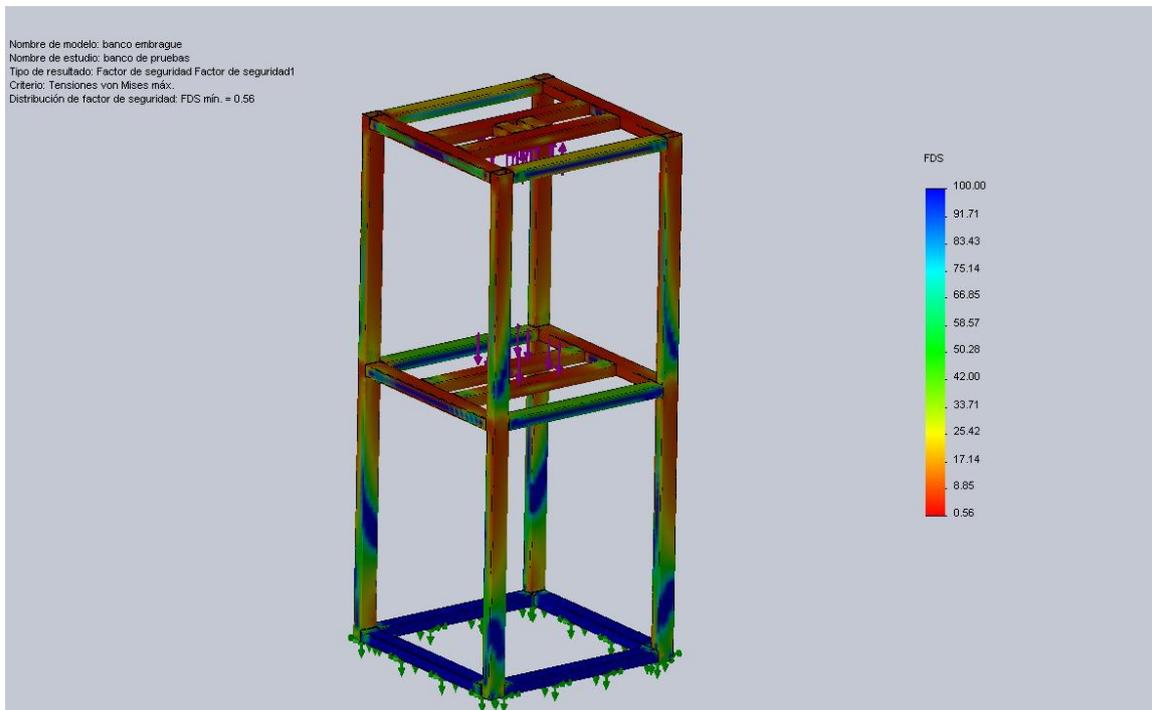
Banco embrague-banco de pruebas-Desplazamientos-Desplazamientos1



Banco embrague-banco de pruebas-Deformaciones unitarias-Deformaciones unitarias1



## ANEXO VI



Banco embrague-banco de pruebas-Factor de seguridad-Factor de seguridad1



**ANEXO VII**

# **ANEXO VII**

**PRUEBAS REALIZADAS EN LA UPS**

Pruebas N° 200910291205

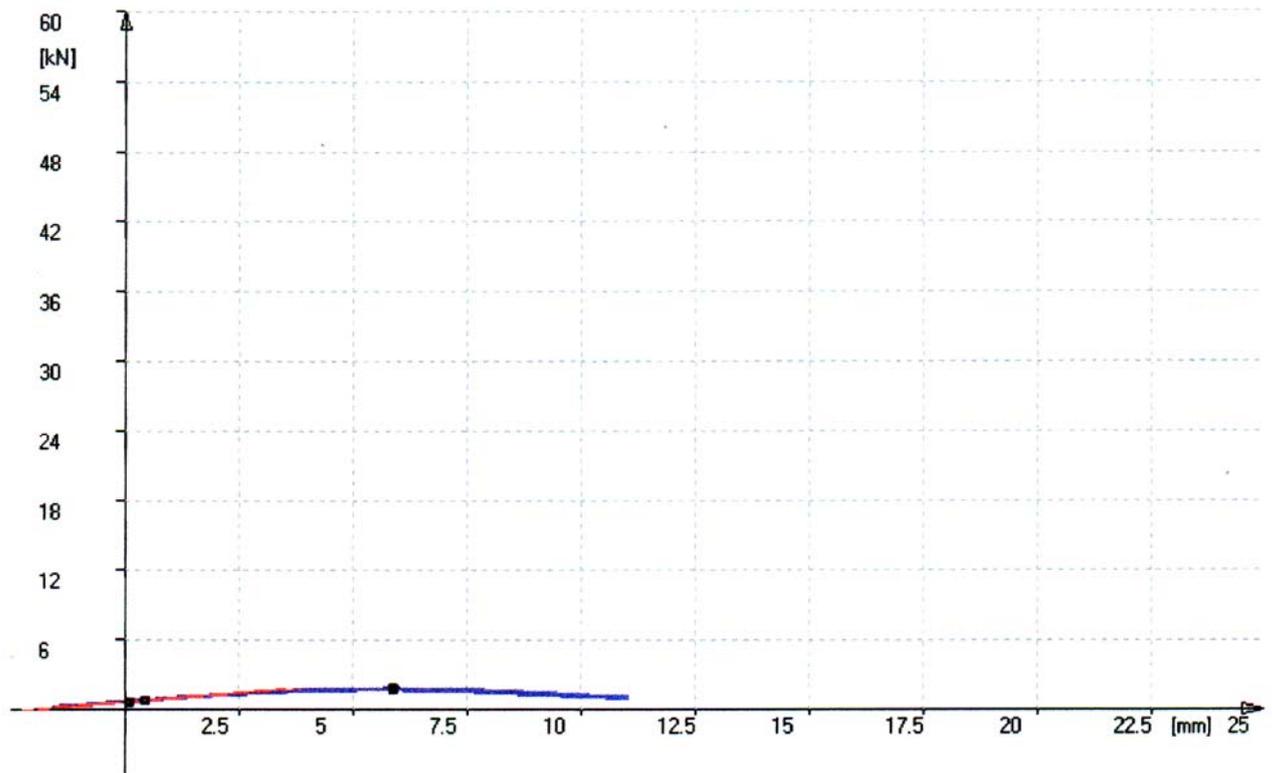
Sec. Tipo: Circular  
 Diámetro: 50 [mm]  
 Lt: 0 [mm]  
 Sec.: 1963.49 [mm<sup>2</sup>]  
 Lo: 25 [mm]  
 Prueba: Tracción  
 Fm: 1.78 [kN]  
**Rm: 0.9 [N/mm<sup>2</sup>]**  
 Fu: 0.20 [kN]  
 A m: -1.48 [%]  
 A m: -0.37 [mm]

Metodo de prueba:

Máquina de prueba: Metro Com

Fecha calibración:

26/09/2007



El Operador

El Técnico

El Verificador

Pruebas N° 200910291156

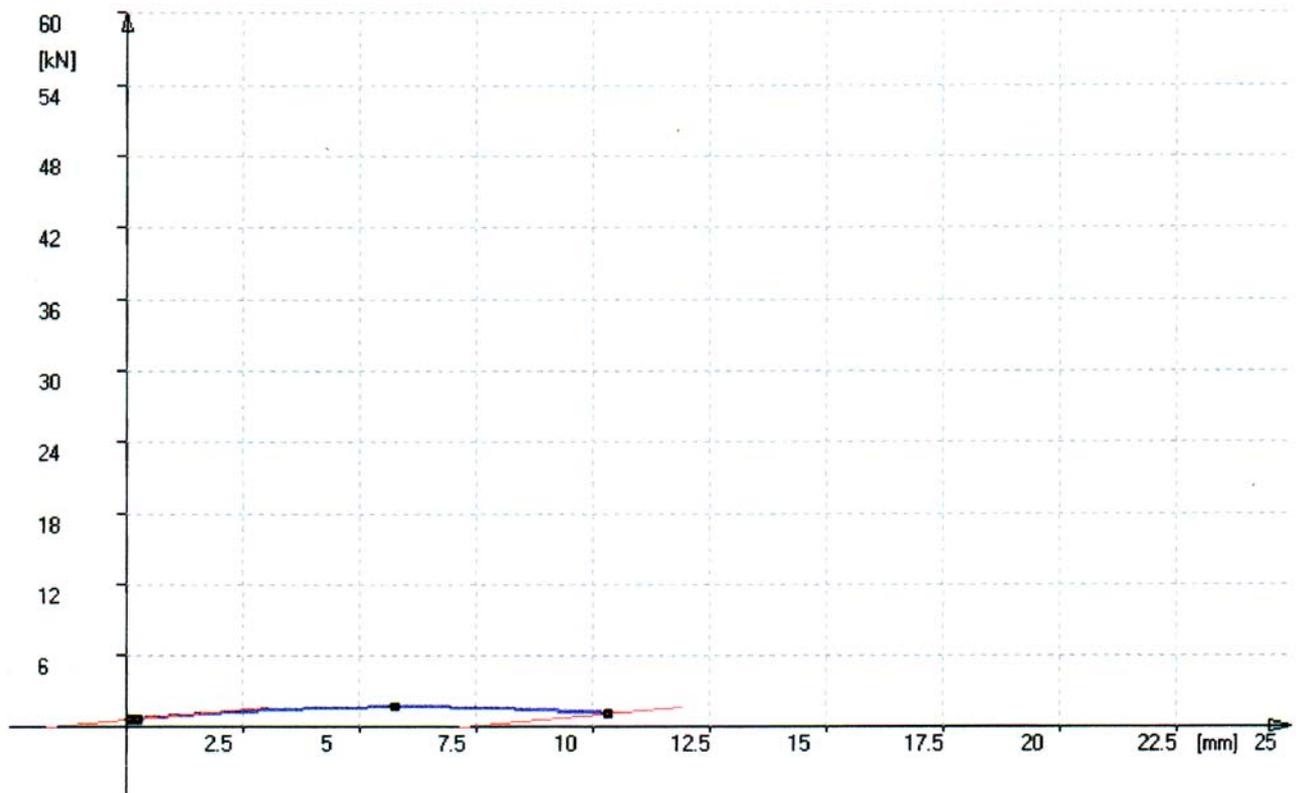
Sec. Tipo: Circular  
 Diámetro: 50 [mm]  
 Lt: 0 [mm]  
 Sec.: 1963.49 [mm<sup>2</sup>]  
 Lo: 25 [mm]  
 Prueba: Tracción  
 Fm: 1.65 [kN]  
**Rm: 0.8 [N/mm<sup>2</sup>]**  
 Fu: 1.09 [kN]  
 A m: 35.43 [%]  
 A m: 8.86 [mm]

Metodo de prueba:

Máquina de prueba: **Metro Com**

Fecha calibración:

**26/09/2007**



El Operador

El Técnico

El Verificador



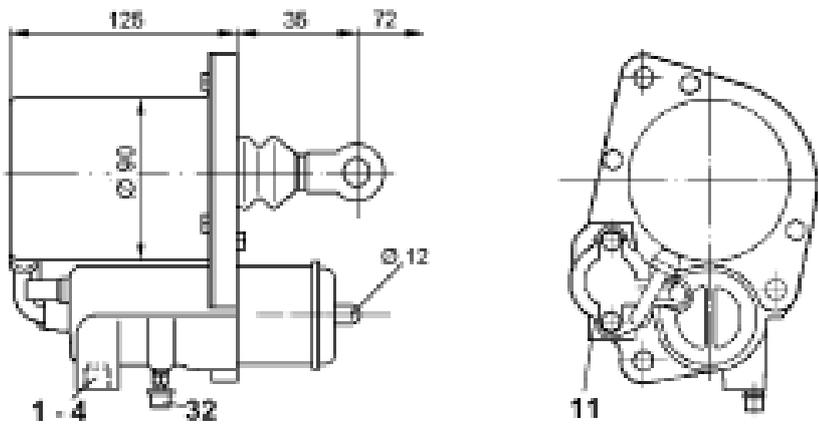
ANEXO IX

# ANEXO VIII

SERVOEMBRAGUE



# SERVOEMBAGUE (BOOSTER)



1. Observaciones: MB Ecosplit
2. Presión máx.: 10 bar
3. Carrera: 72
4. Fuerza del empujador: 700 Nm
5. Alimentación de aire: M 16 x 1.5 ( F )
6. Entrada aceite: M 14 x 1.5 ( E )
7. Tornillo purga: ( D )
8. Medio de pilotaje: Liquido de freno



### **Indicaciones de seguridad:**

Antes del desmontaje y del comienzo de cualquier actividad de reparación, por favor consulte la documentación del fabricante del vehículo. Con la Reparación en general y consejos de prueba aprenderá más acerca de reparaciones seguras:

- La reparación de los vehículos sólo puede ser ejecutada por el personal técnico de un taller cualificado.
- Es imprescindible que obedezca las disposiciones e instrucciones del fabricante Del vehículo.
- Respete las normativas para la prevención de accidentes de la empresa, así como a las normativas nacionales.
- Utilice el equipo protector (gafas, mascarilla, cascos, etc.) siempre que sea necesario.

### **Desmontaje del vehículo**

- Antes de desmontar un aparato de un vehículo tiene que asegurarlo contra el Movimiento.
- Coloque un letrero en una parte visible junto al volante indicando que se están realizando reparaciones en el vehículo.
- Desmonte el aparato sólo cuando se haya enfriado y se encuentre sin presión.
- Marque el lugar de montaje del aparato (tuberías con punto de conexión).
- Marque los cables de conexión
- Lleve a cabo las reparaciones, la limpieza y pruebas únicamente en un
- lugar limpio y recogido.

### **Reparación:**

Información específica (despieces y conj. de reparación) puede encontrarse en la lista de despieces: Lista de despieces 970 051 131 0 fr Lista de despieces 970 051 131 0 fr

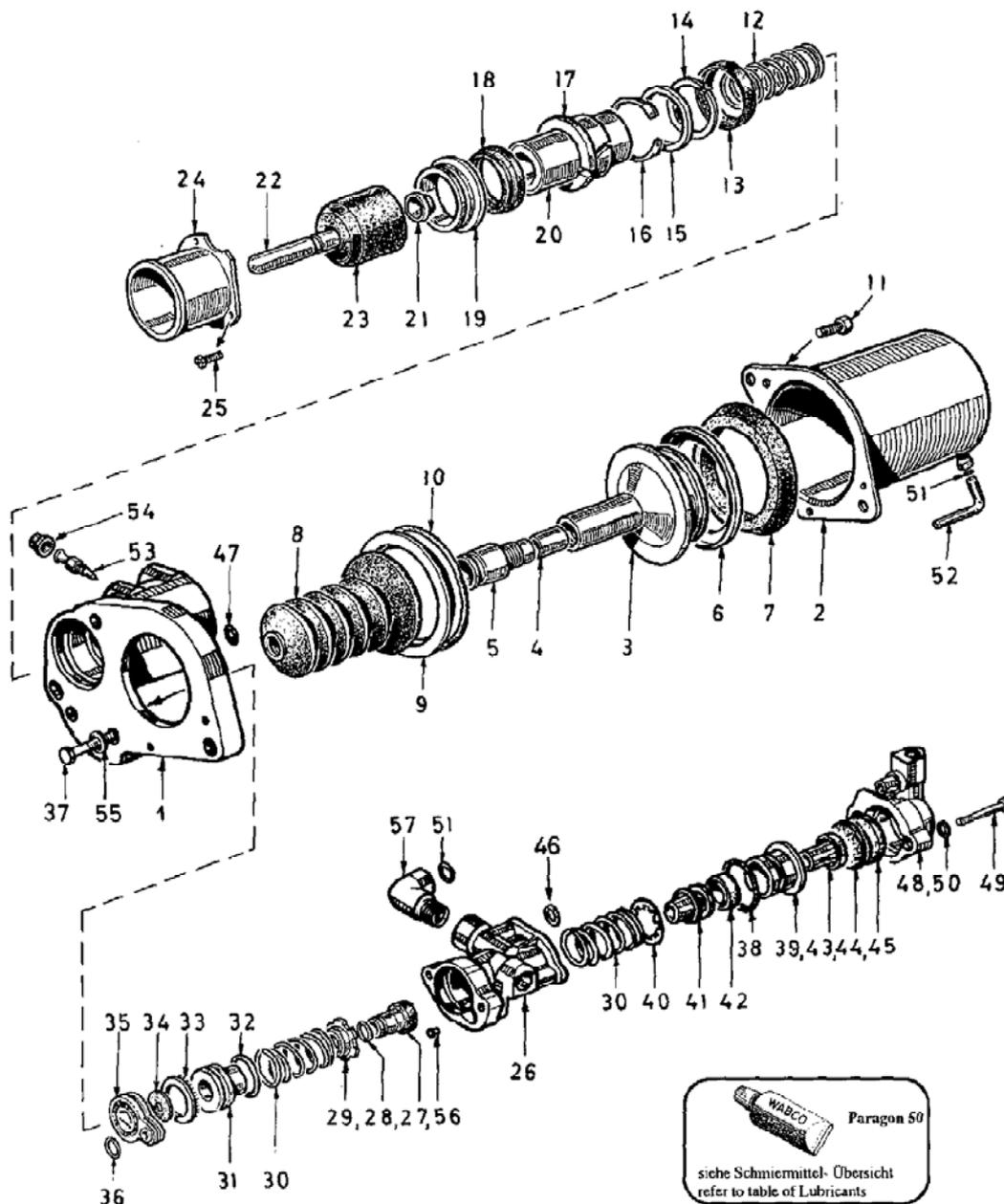
Éste es el link a la información del conj. de reparación. 970 051 903 2



**ANEXO IX**

## **DESPIECE DEL SERVOEMBAGUE 970051**

**SERVOEMBAGUE**



# C 19

# WABCO

970 051 911 3    Ausgabe 06.90

**Comprobación:** Si una instrucción para la comprobación no se encontrara disponible, por favor utilice las especificaciones técnicas que aparecen en el plano.

# 1/8 DIN STRAIN, PROCESS, AND TEMPERATURE METERS WITH OPTIONAL RELAYS AND ANALOG OUTPUT

Panel punches available, visit [omega.com/panelpunches](http://omega.com/panelpunches)

## DP25B Series

Starts at  
**\$245**



### Inputs

- ✓ Thermocouple
- ✓ RTD
- ✓ Process (DC Voltage and Current)
- ✓ Strain Gage

### Options

- ✓ Relay Output with Adjustable Deadband
- ✓ Isolated or Non-Isolated Analog Output
- ✓ Totally Programmable Color Display
- ✓ Low-Voltage Power Options

### Panel Meters/Controllers

The OMEGA® DP25B Series meters have the biggest, brightest display of any 1/8 DIN panel meter. The user can select the display color: **RED, AMBER,** or **GREEN.**

Along with the 4-digit, 9-segment display, these low-cost panel meters/controllers provide unparalleled accuracy in signal conditioning. Additional features include microprocessor-based operation; dual 5 A SPDT relays (optional); and isolated or non-isolated analog output in ranges of 0 to 10 Vdc, 0 to 20 mA, or 4 to 20 mA, which can be used for retransmission of the display value or as a proportional control output. The DP25 Series includes models with inputs for process (DC voltage and current), strain gages, thermocouples, and RTDs.

### Thermocouple and RTD Models

These models combine versatility with ease of programming. The DP25B-TC is selectable for J, K, T, or J DIN thermocouples. The DP25B-RTD accepts Pt 100 Ω (0.00385 curve) RTDs.

### SPECIFICATIONS

**Display:** 4-digit, 9-segment, 21 mm (0.83") high red, amber or green LED (programmable)

**Analog-to-Digital Technique:** Dual slope

**Internal Resolution:** 15-bit

**Polarity:** Automatic

**Read Rate:** 3/s

**Step Response:** 2 s

**Relay Outputs (Optional):** 2 form "C" (SPDT) relays rated 5 A 250 Vac, programmable for active high/low alarms with latching/non-latching relays



DP25B, \$245, shown close to actual size.

**MONOGRAM SERIES**

**PATENTED**

Covered by U.S. and International patents and pending applications

### DP25B-TC (Thermocouple)

INPUT TYPE	RANGE		ACCURACY
J	-210 to 760°C	-346 to 1400°F	0.5°C (0.9°F)
K	-270 to 1372°C	-454 to 2500°F	
T	-210 to 400°C	-346 to 752°F	
J DIN	-200 to 900°C	-328 to 1652°F	

**Analog Output (Optional):** 0 to 10 V, 4 to 20 mA or 0 to 20 mA; can be assigned to a display range (scalable) or proportional control output with setpoint #1 when used as a control output

**Power:** 115 Vac or 230 Vac ±10%, 10 to 32 Vdc, 26 to 56 Vdc; 8 W max (DP25B-TC or -RTD), 11 W max (DP25B-E or -S); 240 Vrms overvoltage protection

**Isolation:** Dielectric strength to 2500 V transient per 3 mm spacing based on EN61010 for 260 Vrms or Vdc

**NMR:** 60 dB

**CMR:** 120 dB

**Operating Temperature:** 0 to 50°C (32 to 122°F)

**Storage Temperature:** -40 to 85°C (-40 to 185°F)

**Relative Humidity:** 90% @ 40°C (104°F), non-condensing

**Dimensions:** 48 H x 96 W x 152 mm D

(1.89 x 3.78 x 6.0")

**Panel Cutout:** 45 H x 92 mm W (1.772 x 3.622")

**Weight:** 36 g (1.27 lb)

### THERMOCOUPLE METER SPECIFICATIONS

**Input:** T/C types J, K, T and J DIN

**Relay Hysteresis:**

Programmable from 0 to 9999

**Accuracy:** ±0.5°C (0.9°F) after 30 min warm-up

**Temperature Coefficient:** ±50 ppm/°C

**Input Resistance:** 100 MΩ

# STRAIN, PROCESS, AND TEMPERATURE METERS

## Process and Strain Models

Because they accept a wide range of DC voltage and current inputs, the DP25B-E strain meters can handle most process and strain applications. Features include easy front-panel scaling to virtually any engineering units, a remote tare function for weighing applications, and a hardware lockout to prevent unauthorized changes in setup. In addition, the DP25B-E meters feature built-in excitation in 4 user-selectable voltages, which makes them compatible with most transducers and transmitters.



DP25B-TC, \$245, programmed for optional green display, shown actual size.

## DP25B-RTD (RTD)

INPUT TYPE	RANGE	ACCURACY
RTD, 100 Ω Pt, 2-, 3-, 4-wire	-200 to 850°C (-328 to 1562°F)	0.5°C (0.9°F)

## SPECIFICATIONS

### (RTD Temperature Meter/Controller)

**Input:** RTD 100 Ω Pt (0.00385 curves); 2-, 3- and 4-wire selectable

**Accuracy:** ±0.5°C (0.9°F) after 30 min warm-up

**Temperature Coefficient:** ±50 ppm/°C

**Input Resistance:** 100 MΩ

## PROCESS AND STRAIN METERS

### DP25B-E (Process)/DP25B-S (Strain)

INPUT TYPE	RANGE	ACCURACY
mV, V, mA	0 to 100 mV, ±50 mV, 0 to 10V ±5V, 0 to 20 mA, 4 to 20 mA	0.02% rdg

## SPECIFICATIONS

### (Process and Strain Meters/Controllers)

**Input Ranges:** 0 to 100 mV, ±50 mV, 0 to 10V, ±5V, 0 to 20 mA, 4 to 20 mA

**Protection:** 240 Vrms max for voltage input ranges; 200 mA for current ranges

**Input Impedance:** 100 MΩ for 100 mV or ±50 mV range; 1 MΩ for 10V or ±5V range; 5 Ω for 20 mA current input

**Analog-to-Digital Technique:** Dual slope

**Internal Resolution:** 15-bit

**Polarity:** Automatic

**Max Error Strain/Process:** ±0.03% rdg

**Span Temperature Coefficient:** ±50 ppm/°C

**Warm-Up to Rated Accuracy:** 30 min

**Excitation Voltage:** 24V @ 25 mA or 12V @ 50 mA; 10V @ 120 mA or 5V @ 60 mA



## Select Your Color!

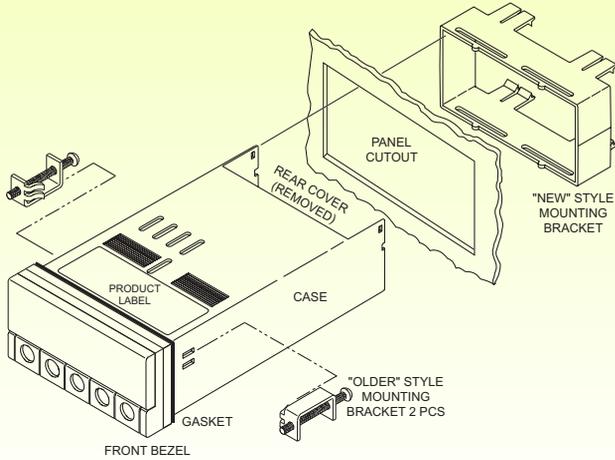
Program to Display in **RED**, **AMBER**, or **GREEN**.

### Totally Programmable Color Displays

The OMEGA® DP25B Series meters and controllers have totally programmable color displays—for **RED**, **AMBER**, or **GREEN**.



Dimensions: mm (in)



Visit [omega.com/panelpunches](http://omega.com/panelpunches).

## CUSTOM CONFIGURATIONS

Custom firmware and hardware available in quantity.

### CUSTOM COLORS

Custom-color bezels and enclosures are available for original equipment manufacturers.

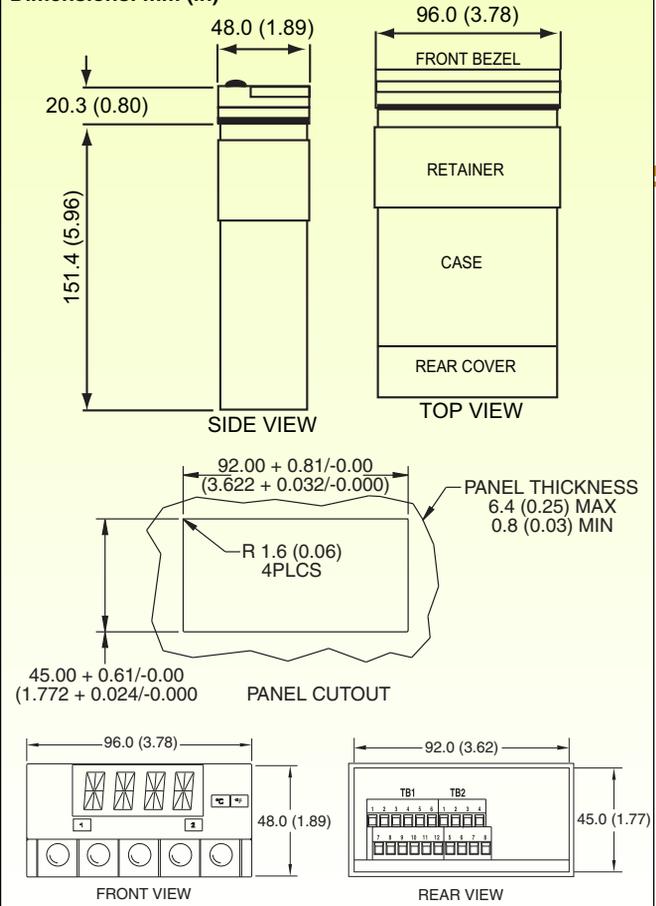
Enhance the appearance of your equipment design with custom colors.

Consult the **OMEGA<sup>®</sup> OEM GROUP**

1-800-82-66342<sup>MC</sup>  
1-800-TC-OMEGA



Dimensions: mm (in)



**MOST POPULAR MODELS HIGHLIGHTED!**

### To Order (Specify Model Number)

MODEL NO.	PRICE	DESCRIPTION
DP25B-TC	\$245	Thermocouple
DP25B-RTD	245	RTD
DP25B-E	245	Process (DC voltage and current)
DP25B-S	245	Strain input

### POWER OPTIONS\*

ORDER SUFFIX	PRICE	POWER
-230	N/C	230 Vac
-DC10/32	\$95	10 to 32 Vdc
-DC26/56	120	26 to 56 Vdc

### OUTPUT OPTIONS\*

ORDER SUFFIX	PRICE	POWER
-A	\$80	Analog output
-AI-R	160	Isolated analog output
-R	70	Dual 5 A relays
-AR	150	Analog and relay options

### ACCESSORY

MODEL NO.	PRICE	DESCRIPTION
DPP-5	\$525	1/8 DIN panel punch

\* Not field installable. For "-AI" option, the "-R" option is required.

Comes complete with operator's manual.

**Ordering Examples:** DP25B-TC-DC10/32-AR, thermocouple indicator for J, K, T or J DIN input, low-voltage power, analog output and dual 5 A relays, \$245 + 95 + 150 = \$490.

DP25B-E, process meter, \$245.

Recommended Reference Book: Microcontroller Based Temperature Monitoring and Control, **EE-2683, \$42**  
See Section Y For Additional Books



**CE** The following LVD (Low Voltage Directive/Safety) requirements have been met to comply with EN 61010-1, 1993 (Electrical equipment for measurement, control and laboratory use)

1. Pollution Degree 2      2. Installation Category II      3. Double Insulation  
DP25/DP26/PHCN-37/ORCN-37/OPCN-37 complies with the following EMC Immunity Standards as tested per EN 50082-2, 1995 (Industrial environment)

Phenomena	Test Specification	Basic Standard
Electrostatic Discharge	+/- 4 kV contact discharge +/- 8 kV air discharge	IEC 1000-4-2 Perf. Criteria B
Radio Frequency electromagnetic field	27 - 1000 MHz 10 V/m 80% AM (1 KHz)	IEC 1000-4-3 Perf. Criteria A
Fast Transients	+/- 2 kV (ac mains) +/- 1 kV (dc, signal I/O) 5/50 ns Tr/Th, 5 KHz repet. Freq.	IEC 1000-4-4 Perf. Criteria B
Radio Frequency conducted	0.15 - 80 MHz 10 V/m 80% AM (1 KHz)	IEC 1000-4-6 Perf. Criteria A
Surges	+/- 2 kV line to earth +/- 1 kV line to line 1.2/50 (8/20) $\mu$ s Tr/Th	IEC 1000-4-5 Perf. Criteria B
Voltage Dips	30% reduction 10 ms 60% reduction 100 ms	IEC 1000-4-11 Perf. Criteria B
Voltage Interruption	>95% reduction 5000 ms Perf. Criteria C	IEC 1000-4-11

DP25/DP26/PHCN-37/ORCN-37/OPCN-37 complies with the following EMC Emission Standards as tested per EN 50081-1, 1997 (Residential, Commercial and Light Industrial)

Phenomena	Frequency Range	Limits	Basic Standard
Radiated Emission	30 - 230 MHz 230 - 1000 MHz	30 dB $\mu$ V/m at 10 m 37 dB $\mu$ V/m at 10 m quasi peak	CISPR 22 Class B
Conducted Emission	0.15-0.5 MHz 0.5-5 MHz 5-30 MHz	66-56 dB $\mu$ V q.peak 56 dB $\mu$ V quasi peak 60 db $\mu$ V quasi peak	CISPR 22 Class B



#### UNITED STATES

[www.omega.com](http://www.omega.com)  
1-800-TC-OMEGA  
Stamford, CT.

#### CANADA

[www.omega.ca](http://www.omega.ca)  
Laval(Quebec)  
1-800-TC-OMEGA

#### GERMANY

[www.omega.de](http://www.omega.de)  
Deckenpfronn, Germany  
0800-8266342

#### UNITED KINGDOM

[www.omega.co.uk](http://www.omega.co.uk)  
Manchester, England  
0800-488-488

#### FRANCE

[www.omega.fr](http://www.omega.fr)  
Guyancourt, France  
088-466-342

#### CZECH REPUBLIC

[www.omegaeng.cz](http://www.omegaeng.cz)  
Karviná, Czech Republic  
596-311-899

#### BENELUX

[www.omega.nl](http://www.omega.nl)  
Amstelveen, NL  
0800-099-33-44



## More than 100,000 Products Available!

### • Temperature

Calibrators, Connectors, General Test and Measurement Instruments, Glass Bulb Thermometers, Handheld Instruments for Temperature Measurement, Ice Point References, Indicating Labels, Crayons, Cements and Lacquers, Infrared Temperature Measurement Instruments, Recorders Relative Humidity Measurement Instruments, RTD Probes, Elements and Assemblies, Temperature & Process Meters, Timers and Counters, Temperature and Process Controllers and Power Switching Devices, Thermistor Elements, Probes and Assemblies, Thermocouples Thermowells and Head and Well Assemblies, Transmitters, Wire

### • Flow and Level

Air Velocity Indicators, Doppler Flowmeters, Level Measurement, Magnetic Flowmeters, Mass Flowmeters, Pitot Tubes, Pumps, Rotameters, Turbine and Paddle Wheel Flowmeters, Ultrasonic Flowmeters, Valves, Variable Area Flowmeters, Vortex Shedding Flowmeters

### • pH and Conductivity

Conductivity Instrumentation, Dissolved Oxygen Instrumentation, Environmental Instrumentation, pH Electrodes and Instruments, Water and Soil Analysis Instrumentation

### • Data Acquisition

Auto-Dialers and Alarm Monitoring Systems, Communication Products and Converters, Data Acquisition and Analysis Software, Data Loggers Plug-in Cards, Signal Conditioners, USB, RS232, RS485 and Parallel Port Data Acquisition Systems, Wireless Transmitters and Receivers

### • Pressure, Strain and Force

Displacement Transducers, Dynamic Measurement Force Sensors, Instrumentation for Pressure and Strain Measurements, Load Cells, Pressure Gauges, Pressure Reference Section, Pressure Switches, Pressure Transducers, Proximity Transducers, Regulators, Strain Gages, Torque Transducers, Valves

### • Heaters

Band Heaters, Cartridge Heaters, Circulation Heaters, Comfort Heaters, Controllers, Meters and Switching Devices, Flexible Heaters, General Test and Measurement Instruments, Heater Hook-up Wire, Heating Cable Systems, Immersion Heaters, Process Air and Duct, Heaters, Radiant Heaters, Strip Heaters, Tubular Heaters



## LINEAS DE PROGRAMACION DEL SOFTWARE. CODIGO

```
Imports System.IO.Ports
Imports System.Collections.Specialized
Public Class fuerzal
    Public graff As Graphics
    Friend xmax As Integer = 32
    Friend xmin As Double = -4
    Friend ymax As Double = 26
    Friend ymin As Double = -3
    Friend aux1 As Byte
    Friend auxrele As Byte
    Friend timex As Byte
    Friend releonoff As Byte
    Friend tare As Double
    Friend pruebax As Byte
    Friend adcxx As Integer
    Dim strAux As String
    Dim aux2 As Double
    Dim aux As Double
    Dim aux3 As Double

    Private Sub fuerzal_FormClosing(ByVal sender As Object, ByVal e As
System.Windows.Forms.FormClosingEventArgs) Handles Me.FormClosing
        If MSCOM.IsOpen Then
            MSCOM.Close()
        End If
    End Sub
    Private Sub fuerzal_Load(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles MyBase.Load

        'TODO: esta línea de código carga datos en la tabla
'BD_Fuerza_de_los_embraguesDataSet.Tprincipal' Puede moverla o quitarla
según sea necesario.

Me.TprincipalTableAdapter.Fill(Me.BD_Fuerza_de_los_embraguesDataSet.Tprin
cipal)
        Timer1.Enabled = False
        'Rele_time.Enabled = False
        GroupRele.Enabled = False
        Groupinput.Enabled = False
        GroupDatos.Enabled = False
        aux1 = 1
        auxrele = 1
        timex = 0
```

LINEAS DE PROGRAMACION Y CARACTERISTICAS DE LOS COMPONENTES ELECTRONICOS

```

releonoff = 50
tare = 0
pruebax = 1
Rele_time.Value = 2.5
inicom.Text = "CONECTAR"
Picturegraff1.BackColor = Color.Black
Checkgrid.Text = "Grid OFF"
Checkgrid.Checked = False
Groupgraff.Enabled = False

```

End Sub

```

Private Sub inicom_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles inicom.Click

```

```

    If aux1 = 1 Then

```

```

        aux1 = 2

```

```

        inicom.Text = "DESCONECTAR"

```

```

        If TextBox1.Text = "" Then

```

```

        Else

```

```

            MSCOM.PortName = UCase(TextBox1.Text)

```

```

        End If

```

```

        TextBox1.Enabled = False

```

```

        ComboCOMX.Enabled = False

```

```

        Timer1.Enabled = True

```

```

        GroupRele.Enabled = True

```

```

        Groupinput.Enabled = True

```

```

        GroupDatos.Enabled = True

```

```

        Groupgraff.Enabled = True

```

```

        'Rele_time.Enabled = True

```

```

    ElseIf aux1 = 2 Then

```

```

        aux1 = 1

```

```

        inicom.Text = "CONECTAR"

```

```

        TextBox1.Enabled = True

```

```

        ComboCOMX.Enabled = True

```

```

        Timer1.Enabled = False

```

```

        'Rele_time.Enabled = False

```

```

        GroupRele.Enabled = False

```

```

        Groupinput.Enabled = False

```

```

        GroupDatos.Enabled = False

```

```

        Groupgraff.Enabled = False

```

```

        'MSCOM.Close()

```

```

    End If

```

End Sub

```

Private Sub Timer2_Tick(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles Timer2.Tick

```

```

    'timer utilizado para tempo de la electrovalvula

```

```

    timex = timex + 1

```

```

    Texttime.Text = timex / 10

```

```

    If timex >= Rele_time.Value * 10 Then

```

```

        If pruebax = 1 Then

```

```

            TextL1.Text = TextTare.Text

```

```

            pruebax = 2

```

```

        ElseIf pruebax = 2 Then

```

```

            TextL2.Text = TextTare.Text

```

**LINEAS DE PROGRAMACION Y CARACTERISTICAS DE LOS COMPONENTES ELECTRONICOS**

```

        pruebax = 1
    End If
    auxrele = 1
    rele.Checked = False
    timex = 0
    Timer2.Enabled = False
    releonoff = 50
End If
End Sub

Private Sub Buttonrele_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e
As System.EventArgs) Handles Buttonrele.Click
    If Rele_time.Value <> 0 Then
        If auxrele = 1 Then
            auxrele = 2
            rele.Checked = True
            Timer2.Enabled = True
            releonoff = 49
        ElseIf auxrele = 2 Then
            auxrele = 1
            rele.Checked = False
            timex = 0
            Timer2.Enabled = False
            releonoff = 50
        End If
    End If
    If txtpruebalX.Text = "" Then
        txtpruebalX.Focus()
    ElseIf txtprueba2X.Text = "" Then
        txtprueba2X.Focus()
    End If
End Sub

Private Sub Timer1_Tick(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles Timer1.Tick
    'bucle principal de programa
    graff = Picturegraff1.CreateGraphics
    Dim aa As Integer = 5
    Dim maxpixelx As Integer = Picturegraff1.Width
    Dim maxpixely As Integer = Picturegraff1.Height
    Dim ceroy As Integer = (Picturegraff1.Height / (ymax - ymin)) *
(ymax)
    Dim cerox As Integer = (Picturegraff1.Width / (xmax - xmin)) * (-
xmin)
    Dim xraya As Integer
    Dim grid As Integer
    graff.DrawLine(Pens.White, cerox, maxpixely, cerox, 0)
    graff.DrawLine(Pens.White, 0, ceroy, Picturegraff1.Width, ceroy)
    For a As Integer = 1 To xmax Step 1

        xraya = (maxpixelx / (xmax - xmin)) * (a - xmin)
        graff.DrawLine(Pens.White, xraya, ceroy - 3, xraya, ceroy +
3)

        If a = aa Then
            aa = aa + 5
            If Checkgrid.Checked = True Then

```

**LINEAS DE PROGRAMACION Y CARACTERISTICAS DE LOS COMPONENTES ELECTRONICOS**

```

        For b As Double = 0 To ymax Step 1
            grid = (maxpixely / (ymin - ymax)) * (b - ymax)
            graff.DrawEllipse(Pens.WhiteSmoke, xraya, grid,
1, 1)
                Next
            End If
            graff.DrawLine(Pens.White, xraya, ceroy - 7, xraya, ceroy
+ 7)
            graff.DrawString(a.ToString + "mm", New Font("Verdana",
8), Brushes.White, xraya - 15, ceroy + 7)
            End If
        Next
        aa = 5
        For a As Double = 0 To ymax Step 1
            xraya = (maxpixely / (ymin - ymax)) * (a - ymax)
            graff.DrawLine(Pens.White, cerox - 3, xraya, cerox + 3,
xraya)
            If a = 0 Then
                graff.DrawString(a.ToString, New Font("Verdana", 8),
Brushes.White, cerox - 10, xraya)
            End If
            If a = aa Then
                aa = aa + 5
                If Checkgrid.Checked = True Then
                    For b As Double = 0 To xmax Step 1
                        grid = (maxpixelx / (xmax - xmin)) * (b - xmin)
                        graff.DrawEllipse(Pens.WhiteSmoke, grid, xraya,
1, 1)
                            Next
                        End If
                        graff.DrawLine(Pens.White, cerox - 7, xraya, cerox + 7,
xraya)
                        graff.DrawString(a.ToString + "kN", New Font("Verdana",
8), Brushes.White, cerox - 40, xraya - 5)
                    End If
                End If
            Next
            Dim mbuffer As Byte() = New Byte(1) {}
            Dim var1(9) As Byte
            Dim adc As Double
            Dim i As Double
            Dim j As Double
            mbuffer(0) = &H40
            mbuffer(1) = releonoff
            MSCOM.Open()
            'MSCOM.Write(Chr(64))
            MSCOM.Write(mbuffer, 0, mbuffer.Length)
            MSCOM.Write(mbuffer, 0, mbuffer.Length)
            .....
            'espera un tiempo hasta que el buffer de lectura se llene
            For i = 0 To 5000
                For j = 0 To 500
                    Next
                Next
            Next
            Next
            .....

```

**LINEAS DE PROGRAMACION Y CARACTERISTICAS DE LOS COMPONENTES ELECTRONICOS**

```

    If MSCOM.BytesToRead > 0 Then
        MSCOM.Read(var1, 0, 10)
        For i = 0 To 9
            var1(i) = var1(i) - 48
        Next
        adc = var1(0) * 10000 + var1(1) * 1000 + var1(2) * 100 +
var1(3) * 10 + var1(4)

        adcxx = adc
        If adc - tare < 0 Then
            adcx.Value = 0
        Else
            adcx.Value = adc - tare
        End If

        adc = adc - tare
        adc = adc * 51 / 1024
        TextTare.Text = Format(adc, "Fixed")
        textadcaux.Text = adc.ToString
        If var1(9) = 0 Then
            emergencia.BackColor = Color.Lime
            emergencia.Text = "EMERGENCIA OFF"
        Else
            emergencia.BackColor = Color.Red
            emergencia.Text = "EMERGENCIA ON"
        End If

    End If
    MSCOM.Close()
    'TextBox3.Text = releonoff
    .....
End Sub

Private Sub Tarex_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles Tarex.Click
    tare = adcxx
End Sub

Private Sub ComboCOMX_SelectedValueChanged(ByVal sender As Object,
ByVal e As System.EventArgs) Handles ComboCOMX.SelectedValueChanged
    TextBox1.Text = ComboCOMX.Text
End Sub

Private Sub TprincipalBindingNavigatorSaveItem_Click(ByVal sender As
System.Object, ByVal e As System.EventArgs)
    Me.Validate()
    Me.TprincipalBindingSource.EndEdit()

Me.TableAdapterManager.UpdateAll(Me.BD_Fuerza_de_los_embraguesDataSet)

End Sub

Private Sub TprincipalDataGridView_DoubleClick(ByVal sender As
Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles
TprincipalDataGridView.DoubleClick

```

## LINEAS DE PROGRAMACION Y CARACTERISTICAS DE LOS COMPONENTES ELECTRONICOS

```

        Me.TextBox2.Text = Me.TprincipalBindingSource.Current("libras
fuerza")
        Me.TXTBARES.Text = Me.TprincipalBindingSource.Current("precion en
bares")

```

```

    End Sub
    Private Sub TextBox2_TextChanged(ByVal sender As System.Object, ByVal
e As System.EventArgs) Handles TextBox2.TextChanged
        If TextBox1.Text <> "" Then
            Me.Newton.Text = (Me.TextBox2.Text * 2.2) * 9.81
        End If
    End Sub

```

```

    Private Sub txtBusquedaMarca_TextChanged(ByVal sender As
System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles
txtBusquedaMarca.TextChanged
        Me.TprincipalBindingSource.Filter = ""
        strAux = Me.txtBusquedaMarca.Text
        Me.TprincipalBindingSource.Filter = "marca LIKE'" & strAux & "%'"

```

```

    End Sub
    Private Sub txtBusquedaModelo_TextChanged(ByVal sender As System.Object,
ByVal e As System.EventArgs) Handles txtBusquedaModelo.TextChanged
        Me.TprincipalBindingSource.Filter = ""
        strAux = Me.txtBusquedaModelo.Text
        Me.TprincipalBindingSource.Filter = "modelo LIKE'" & strAux &
"%'"

```

```

    End Sub
    Private Sub txtprueba1X_KeyPress(ByVal sender As Object, ByVal e As
System.Windows.Forms.KeyPressEventArgs) Handles txtprueba1X.KeyPress

```

```

        If Asc(e.KeyChar) = 13 Then
            If TextBox2.Text <> "" Then
                If (Me.txtprueba1X.Text <> "") Then
                    Me.txtprueba1N.Text = (Me.txtprueba1X.Text * 2.2) *
9.81
                Else
                    Me.txtprueba1N.Text = 0
                End If
                If ((Me.txtprueba2X.Text = "") Or (Me.txtprueba1X.Text =
"")) Then
                    Me.txtDiferencia.Text = 0
                End If
                If ((Me.txtprueba1X.Text = "")) Then
                    Me.txtPorcentage1.Text = 0
                End If

                If ((Me.txtprueba1X.Text <> "")) Then
                    aux2 = (100 * (Val(Me.TextBox2.Text) -
Me.txtprueba1X.Text)) / Me.TextBox2.Text
                    aux2 = Format(aux2, "Fixed")
                    Me.txtPorcentage1.Text = CStr(aux2) + "%"
                End If
                txtprueba2X.Focus()

```

**LINEAS DE PROGRAMACION Y CARACTERISTICAS DE LOS COMPONENTES ELECTRONICOS**

```

Else
    MsgBox("Debe seleccionar un tipo de embrage de la base de
datos", MsgBoxStyle.Information, "ERROR")
End If
End If
End Sub

Private Sub txtprueba2X_KeyPress(ByVal sender As Object, ByVal e As
System.Windows.Forms.KeyPressEventArgs) Handles txtprueba2X.KeyPress
    If Asc(e.KeyChar) = 13 Then
        If TextBox2.Text <> "" Then
            If ((Me.txtprueba2X.Text <> "") And (Me.txtpruebalX.Text
<> "")) Then
                Me.txtprueba2N.Text = (Me.txtprueba2X.Text * 2.2) *
9.81
                If ((Me.txtpruebalX.Text - txtprueba2X.Text) < 0)
Then
                    Me.txtDiferencia.Text = (Me.txtpruebalX.Text -
txtprueba2X.Text) * -1
                Else
                    Me.txtDiferencia.Text = (Me.txtpruebalX.Text -
txtprueba2X.Text)
                End If
            Else
                Me.txtprueba2N.Text = 0
            End If
            If ((Me.txtprueba2X.Text = "") Or (Me.txtpruebalX.Text =
"")) Then
                Me.txtDiferencia.Text = 0
            End If
            If ((Me.txtprueba2X.Text = "")) Then
                Me.txtPorcentage2.Text = 0
            End If

            If (Me.txtprueba2X.Text <> "") Then
                aux = (100 * (Val(Me.TextBox2.Text) -
Me.txtprueba2X.Text)) / Me.TextBox2.Text
                aux = Format(aux, "Fixed")
                Me.txtPorcentage2.Text = CStr(aux) + "%"
            End If

.....
.....

            If TextL1.Text <> "" And TextL1.Text <> "" And
txtpruebalN.Text <> "" And txtprueba2N.Text <> "" Then
                graffline(0, 0, TextL1.Text, txtpruebalN.Text / 1000)
                graffline(TextL1.Text, txtpruebalN.Text / 1000,
TextL2.Text, txtprueba2N.Text / 1000)
            End If

Else
    MsgBox("Debe seleccionar un tipo de embrage de la base de
datos", MsgBoxStyle.Information, "ERROR")
End If
End If
End Sub

```

**LINEAS DE PROGRAMACION Y CARACTERISTICAS DE LOS COMPONENTES ELECTRONICOS**

```

Private Sub Button1_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles Button1.Click
    txtDiferencia.Text = ""
    txtPorcentage1.Text = ""
    txtPorcentage2.Text = ""
    txtprueba1N.Text = ""
    txtprueba1X.Text = ""
    txtprueba2N.Text = ""
    txtprueba2X.Text = ""
    graff.Clear(Color.Black)
    TextL1.Text = ""
    TextL2.Text = ""
    aux1 = 1
    auxrele = 1
    timex = 0
    releonoff = 50
    tare = 0
    pruebax = 1
    Rele_time.Value = 2.5
End Sub

Public Sub graffline(ByVal xx1 As Double, ByVal yy1 As Double, ByVal
xx2 As Double, ByVal yy2 As Double)
    graff = Picturegraff1.CreateGraphics
    Dim xcall As Integer
    Dim ycall As Integer
    Dim xcal2 As Integer
    Dim ycal2 As Integer
    Dim maxpixelx As Integer = Picturegraff1.Width
    Dim maxpIXELy As Integer = Picturegraff1.Height
    Dim ceroy As Integer = (Picturegraff1.Height / (ymax - ymin)) *
(ymax)
    Dim cerox As Integer = (Picturegraff1.Width / (xmax - xmin)) * (-
xmin)
    'graff.Clear(Color.Black)
    xcall = (Picturegraff1.Width / (xmax - xmin)) * (xx1 - xmin)
    ycall = (Picturegraff1.Height) / (ymin - ymax) * (yy1 - ymax)
    xcal2 = (Picturegraff1.Width / (xmax - xmin)) * (xx2 - xmin)
    ycal2 = (Picturegraff1.Height) / (ymin - ymax) * (yy2 - ymax)
    graff.DrawLine(Pens.White, xcall, ycall, xcal2, ycal2)
    graff.DrawEllipse(Pens.White, xcal2 - 3, ycal2 - 3, 6, 6)

End Sub

Private Sub Button2_Click_1(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles Button2.Click
    graff.Clear(Color.Black)
End Sub

Private Sub Checkgrid_MouseClick(ByVal sender As Object, ByVal e As
System.Windows.Forms.MouseEventArgs) Handles Checkgrid.MouseClick
    graff.Clear(Color.Black)
    If Checkgrid.Checked = True Then
        Checkgrid.Text = "Grid ON"
    End If
End Sub

```

**LINEAS DE PROGRAMACION Y CARACTERISTICAS DE LOS COMPONENTES ELECTRONICOS**

```

Else
    Checkgrid.Text = "Grid OFF"
    'txtprueba2X_KeyPress(ByVal sender As Object, ByVal e As
System.Windows.Forms.KeyPressEventArgs)
End If
End Sub

Private Sub TprincipalDataGridView_CellContentClick(ByVal sender As
System.Object, ByVal e As System.Windows.Forms.DataGridViewCellEventArgs)
Handles TprincipalDataGridView.CellContentClick

End Sub

Private Sub Button3_Click(ByVal sender As System.Object, ByVal e As
System.EventArgs) Handles Button3.Click
    Me.TprincipalBindingSource.Filter = ""
    Me.TprincipalBindingSource.AddNew()

    Me.TprincipalBindingSource.Current("marca") =
Me.MarcaTextBox.Text
    Me.TprincipalBindingSource.Current("modelo") =
Me.ModeloTextBox.Text
    Me.TprincipalBindingSource.Current("diafracma") =
Me.DiafracmaTextBox.Text
    Me.TprincipalBindingSource.Current("diametro interior") =
Me.Diametro_interiorTextBox.Text
    Me.TprincipalBindingSource.Current("diametro exterior") =
Me.Diametro_exteriorTextBox.Text
    Me.TprincipalBindingSource.Current("libras fuerza") =
Me.Libras_fuerzaTextBox.Text
    Me.TprincipalBindingSource.Current("precion en bares") =
Me.Precion_en_baresTextBox.Text

    Me.TprincipalBindingSource.EndEdit()

Me.TprincipalTableAdapter.Update(BD_Fuerza_de_los_embraguesDataSet.Tprinc
ipal)
End Sub

Private Sub Diametro_exteriorTextBox_TextChanged(ByVal sender As
System.Object, ByVal e As System.EventArgs) Handles
Diametro_exteriorTextBox.TextChanged
    If Diametro_exteriorTextBox.Text <> "" Then
        aux3 = Val((((Math.PI / 4) *
((Math.Pow(Val(Me.Diametro_exteriorTextBox.Text / 10), 2) -
(Math.Pow(Val(Me.Diametro_interiorTextBox.Text / 10), 2)))) * 2 * 0.5 *
10) / 4.4482)
        aux3 = Format(aux3, "Fixed")
        Me.Libras_fuerzaTextBox.Text = aux3
    End If
End Sub

End Class

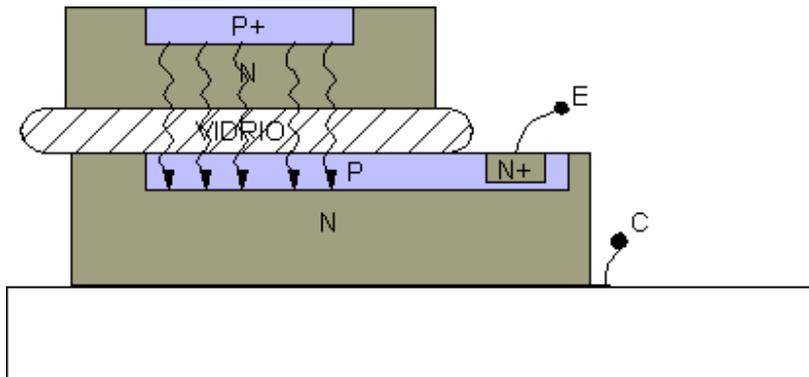
```

**LINEAS DE PROGRAMACION Y CARACTERISTICAS DE LOS COMPONENTES ELECTRONICOS**

## EL OPTOACOPLADOR.

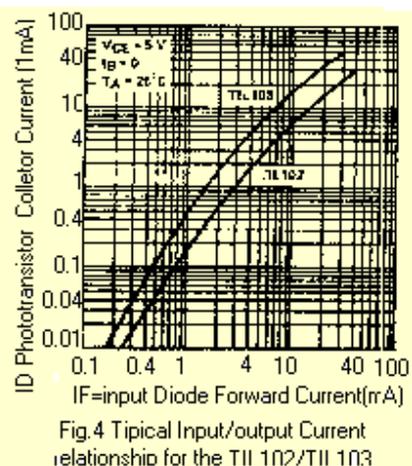
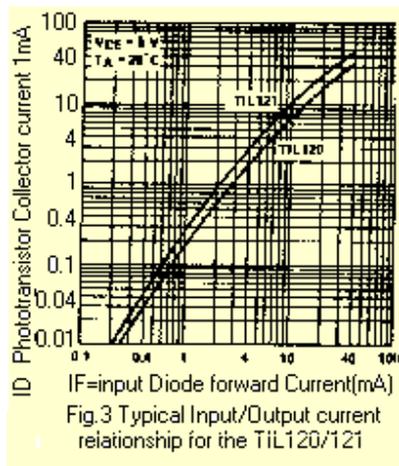
Un óptico acoplador es un componente formado por la unión de al menos un emisor (diodo LED) y un foto detector (fototransistor u otro) acoplados a través de un medio conductor de luz, pueden ser encapsulados o de tipo discreto.

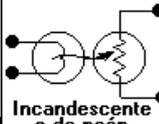
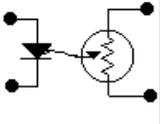
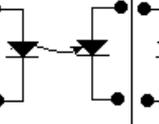
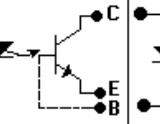
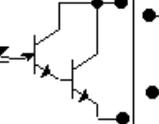
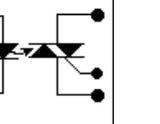
Figura 1 Esquema de un óptico acoplador



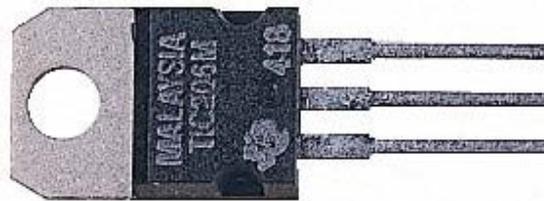
Cuanta mayor intensidad atraviesa el fotodiodo, mayor será la cantidad de fotones emitidos y, por tanto, mayor será la corriente que recorra el fototransistor. Se trata de una manera de transmitir una señal de un circuito eléctrico a otro. Obsérvese que no existe comunicación eléctrica entre los dos circuitos, es decir existe un trasiego de información pero no existe una conexión eléctrica: la conexión es óptica.

Descripción general de los Optoacopladores:



tipo de optoaislador	Discretos					
	Lamp/fotoresistor	LED/fotoresistor	LED/fotodiodo	LED/fototransistor	LED/fotodárlington	LED/Foto-SCR
características	 Incandescente o de neón					
(CTR) razón de transferencia de corriente	$\Delta R_{sur} / \Delta V_{in} = 100\Omega \text{ to } 10k\Omega/V$	$\Delta R_{sur} / \Delta V_{in} = 10k\Omega / A$	0.2%	10% to 200%	600% typ	$I_{in}$ a disparador = 10 - 30mA
Razón de datos (MHz)	$10^{-3}$ to $10^{-4}$ MHz	$10^{-4}$ MHz	4MHz	0.2MHz	0.02MHz conventional 0.3MHz split darlington	
Voltaje de separación (kV)	0.5 to 1.6kV	0.5 to 2.0kV	0.2 to 50kV	0.5 to 10kV	15 to 4 kV	2.0kV
$I_{in}$ requerido (mA) Máx	1.0 to 40mA	40mA	2 to 80mA 60 to 100mA	15 to 60mA 60 to 150mA	0.5 to 20mA 60mA	

### ENCAPSULADO BT136.



### Especificaciones.

- ✓ Altura de producto 9.4
- ✓ Anchura de producto 4.5
- ✓ Conteo de pines 3
- ✓ Corriente de apagado de pico repetitiva 0.5mA
- ✓ Corriente de disparo de puerta máxima 10mA
- ✓ Corriente de retención máxima 10mA
- ✓ Encapsulado fabricante TO-220AB
- ✓ Longitud de producto 10.3
- ✓ Montaje Pasante
- ✓ Temperatura de funcionamiento máxima 125°C

✓	Temperatura de funcionamiento mínima	-40°C
✓	Tensión de bloqueo directo de pico repetitiva	600V
✓	Tensión de disparo de puerta máxima	1.5V
✓	Tensión inversal de pico repetitiva	600V
✓	Tensión ánodo-cátodo máxima en el estado conductor	1.7
✓	Tipo	TRIAC
✓	Valor nominal transitorios de corriente	27A