

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

EXTENSIÓN LATACUNGA



CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**“DISEÑO, CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO
DIDÁCTICO DEL SISTEMA DE TRASLACIÓN Y GIRO
DE LOS TRACTORES DE CADENA”**

VLADIMIR ROBERTO LEÓN FLORES

RUBÉN MARCELO YASELGA CARRASCO

**Tesis presentada como requisito previo a la obtención del
grado de:**

INGENIERO AUTOMOTRIZ

JULIO DE 2013

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, VLADIMIR ROBERTO LEÓN FLORES y RUBÉN MARCELO YASELGA CARRASCO,

DECLARAMOS QUE:

El proyecto de grado denominado “DISEÑO, CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DIDÁCTICO DEL SISTEMA DE TRASLACIÓN Y GIRO DE LOS TRACTORES DE CADENA”, fue desarrollado con la debida investigación científica, sabiendo respetar todos los derechos intelectuales de terceros, acorde con las citas que se haga al pie de página correspondiente, las fuentes se añaden a la bibliografía. Por lo que se puede afirmar que este trabajo es de nuestra exclusiva autoría.

En honestidad de esta declaración, nos responsabilizamos de lo comprendido, la veracidad y el alcance científico que tiene este proyecto de grado realizado.

Latacunga, Julio de 2013.

Vladimir Roberto León F.

CC. 1716965023

Rubén Marcelo Yaselga C.

CC. 1804011490

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

CERTIFICADO

ING. JUAN ROCHA (DIRECTOR)

ING. JUAN CASTRO (CODIRECTOR)

CERTIFICAN:

Que el trabajo denominado “DISEÑO, CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DIDÁCTICO DEL SISTEMA DE TRASLACIÓN Y GIRO DE LOS TRACTORES DE CADENA”, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple con normas y estatutos establecidos, en el Reglamento de Estudiantes de la Escuela Politécnica del Ejército.

Es un proyecto de excelente calidad y contenido científico que servirá para la enseñanza/aprendizaje, la aplicación de conocimientos y el desarrollo profesional, por lo que se recomienda su publicación.

Latacunga, Julio de 2013.

Ing. Juan Rocha

DIRECTOR

Ing. Juan Castro

CODIRECTOR

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

AUTORIZACIÓN

Nosotros, VLADIMIR ROBERTO LEÓN FLORES y RUBÉN MARCELO YASELGA CARRASCO,

Autorizamos a la Escuela Politécnica del Ejército para que publique en la Biblioteca Virtual de la institución el trabajo denominado “DISEÑO, CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DIDÁCTICO DEL SISTEMA DE TRASLACIÓN Y GIRO DE LOS TRACTORES DE CADENA”, en el que se encuentra contenidos ideas y criterios que hemos desarrollado bajo nuestra exclusiva autoría.

Latacunga, Julio de 2013.

Vladimir Roberto León F.

CC. 1716965023

Rubén Marcelo Yaselga C.

CC. 1804011490

DEDICATORIA

El presente proyecto se lo dedico a mi familia que gracias a su apoyo pude concluir mi carrera. A mis padres y hermanos por su apoyo y confianza. Gracias por ayudarme a cumplir mis objetivos como persona y estudiante. A mi padre por brindarme los recursos necesarios y estar a mi lado apoyándome y aconsejándome siempre. A mi madre por hacer de mí una mejor persona a través de sus consejos, enseñanzas y amor.

Dedico este trabajo de igual manera a los docentes que me han acompañado durante el largo camino, brindándome siempre su orientación con profesionalismo ético en la adquisición de conocimientos y afianzando mi formación como estudiante universitario.

La realización de este proyecto enmarca el último escalón hacia un futuro en donde sea participe en el mejoramiento del proceso de enseñanza y aprendizaje.

Vladimir Roberto.

DEDICATORIA

A mi hija, quien es el motor de mi vida y me impulsa a superarme día a día para ser ejemplo de perseverancia y constancia.

A mi madre y hermana, porque han sido un apoyo en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor.

A mis maestros, quienes nos brindaron su apoyo y motivación para la culminación de nuestros estudios profesionales

A mis amigos, que nos apoyamos mutuamente en nuestra formación profesional y que hasta ahora, se conserva esa gran amistad.

A la Escuela Politécnica del Ejército y en especial a la Carrera de Ingeniería Automotriz por permitirme ser parte de una generación de triunfadores y gente productiva para el país.

Rubén.

AGRADECIMIENTO

Con numerosas las personas a las que debo agradecer por ayudarme en el logro de mi carrera, demasiado poco, el decir gracia, pero en el fondo de mi ser eternamente les estaré agradecido y siempre presto a tenderles una mano cuando así lo requieran. Sin embargo, resaltaré solo algunas de estas personas sin las cuales no hubiese hecho realidad este sueño tan anhelado como es la culminación de mi carrera universitaria.

- *A mis Padres, Emilio León y Aida Flores por su constante amor inexplicable para mi superación personal, sin ningún interés material han vivido a mi lado cada sentimiento y sin importales mis fallas me han apoyado y eso nunca lo olvidare.*
- *A mis compañeros de clases que durante muchos años compartieron cientos de vivencias buenas y malas, espero que sean mis amigos por siempre y les deseo lo mejor éxitos.*

Vladimir Roberto

AGRADECIMIENTO

A mi querida madre por el amor, la entrega y la comprensión que me supo dar en todo instante de mi vida, por ser un ejemplo de sacrificio, decencia, perseverancia, y que hoy ve los frutos de sus enseñanzas.

A todos quienes en determinado momento me brindaron su ayuda en el transcurso de mi vida estudiantil y aportaron desinteresadamente para la culminación del presente trabajo.

A la Escuela Politécnica del Ejército Extensión Latacunga, al personal docente que conforma la carrera de Ingeniería Automotriz.

Rubén.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO 1	1
1.1 El Problema de la Investigación	1
1.2 Planteamiento del Problema	2
1.3 Formulación del Problema	2
1.4 Objetivo General	3
1.5 Objetivos Específicos	3
1.6 Justificación e Importancia	3
1.7 Hipótesis	4
1.8 Variables	4
1.8.1 Variable Independiente	4
1.8.2 Variable Dependiente	5
1.8.3 Operacionalización de Variables	5
CAPÍTULO 2	6
2.1 Introducción	6
2.2 Tractores de Oruga	7
2.2.1 Bastidor Central	8
2.2.2 Barra de Tiro	9
2.2.3 Eje Muerto	9
2.2.4 Hoja de Empuje	10
2.2.5 Ripper	12
2.2.6 Motor	13
a) Sistema de Alimentación	15
b) Sistema de Enfriamiento	19
b.1 Ventilador de Velocidad Variable	21

c) Sistema de Lubricación.....	23
c.1 Temperatura.....	24
c.2 Distribución adecuada del aceite.....	24
2.3 Tren de Rodaje	26
2.3.1 Partes del Tren de Rodaje	26
a) Bastidor de la oruga.....	27
b) Rueda Cabilla (motriz).....	28
c) Rueda Tensora o Guía.....	30
d) Rodillos.....	30
e) Eslabones, Casquillos y Bulones	32
f) Zapatas o Tejas	33
g) Cadena	35
2.3.2 Tipos de Tren De Rodaje	36
a) Tren de Rodaje Semirrígido o Convencional.....	36
b) Tren de Rodaje Elástico.....	36
c) Rodajes de Excavadoras.....	36
2.3.3 Factores que Determinan la Duración del Tren de Rodaje.....	37
a) Factores Controlables.....	38
a.1 Ajuste y tensión de las cadenas:	38
a.2 Guía de tensión de las cadenas.	38
a.3 Alineación:.....	39
a.4 Asociados al bastidor:.....	39
a.5 Asociados a rueda tensora o rueda motriz:	40
b) Factores No Controlables.....	40
b.1 Condiciones de la Aplicación.....	40

c) Factores Parcialmente Controlables.....	41
c.1 Velocidad.....	41
c.2 Virajes / Giros.....	41
c.3 Giro en Falso	42
2.4 Sistema de Transmisión de Potencia	42
2.4.1 Tren completo de potencia.....	42
2.4.2 Embrague	42
2.4.3 Transmisión Mecánica.....	43
a) Transmisión de engranes planetarios	44
b) Transmisión selectiva de engranes	45
c) Transmisión hidrostática	46
2.4.4 Diferencial.	48
2.4.5 Toma de Fuerza.	48
2.4.6 Embragues de la Dirección.....	49
a) Masa De Entrada.....	50
b) Masa De Salida	50
c) Discos De Embrague.....	50
d) Platos De Embrague.....	50
e) Pistón De Embrague.....	50
f) Caja De Embrague.....	50
2.4.7 Frenos.....	51
a) Platos de Freno.....	52
b) Discos de freno	52
c) Caja de freno	52
2.4.8 Mandos finales.....	52

2.5 Sistema Hidráulico	53
2.5.1 Componentes del Sistema Hidráulico.....	55
a) Tanque de Almacenamiento de Aceite.	55
a.1 Tipos de Tanques Hidráulicos	55
b) Componentes del Tanque.....	57
b.1 Tubo de Llenado.....	57
b.2 Filtros Internos	57
b.3 Indicador de Mirilla.....	57
b.4 Tubería de Retorno	58
b.5 Tapón de Drenaje.	58
b.6 Salida de la Bomba.....	58
b.7 Plancha Deflectora	58
b.8 Válvula de Alivio	58
b.9 Respiradero.....	58
c) Líneas de Conexión.....	59
c.1 Tubos	59
c.2 Mangueras	59
c.3 Construcción de las Mangueras	59
c.4 Tipos de mangueras	60
c.5 Conexiones	61
c.6 Acoplamientos	61
c.7 Tipos de Conectores Roscados.	61
d) Válvulas Hidráulicas.....	63
d.1 Función de las válvulas hidráulicas.....	63
d.2 Válvula de Compuerta.....	63

d.3 Tipos de Válvulas	64
e) Electroválvulas Hidráulicas.	65
e.1 Clases de Electroválvulas Hidráulicas.....	66
f) Bomba Hidráulica.....	67
f.1 Clasificación de las Bombas Hidráulicas	68
f.2 Tipos de Bombas Hidráulicas.	68
g) Motor Hidráulico.	71
g.1 Características nominales de los Motores	71
g.2 Desplazamiento	72
g.3 Par (Torque)	72
g.4 Velocidad.....	73
g.5 Presión	73
g.6 Clases de motores hidráulicos	74
h) Filtros	75
h.1 Diseño del filtro.....	75
h.2 Clasificación de los filtros	76
i) Manómetro de Presión	77
i.1 Tipos de Manómetros	78
2.5.2 Esquemas Hidráulicos.....	81
a) Diagramas de Circuitos	81
a.1 Sistemas de símbolos esquemáticos	82
2.6 Sistema Electrónico	87
2.6.1 Relé	87
a) Tipos de Relés	88
a.1 De Armadura	88

a.2 De Núcleo Móvil	88
2.6.2 Transistores	88
a) Transistor Bipolar	89
b) Transistor de Efecto de Campo.....	90
2.6.3 Micro-controladores.....	91
a) Componentes del Micro-controlador	92
b) Tipos de Micro-controladores.....	94
c) Características de los Micro-controladores.....	95
c.1 Unidad de Procesamiento Central (CPU).....	95
c.2 Memoria de Programa	95
c.3 Memoria de Datos	96
c.4 Generador del Reloj.....	96
c.5 Interfaz de Entrada/Salida.....	96
c.6 Conversores Análogo-Digitales.....	96
c.7 Moduladores por Ancho de Pulso	96
2.6.4 LCD	97
a) Proceso de Desarrollo.	98
b) Tipos de Memorias del LCD	98
b.1 DD RAM (Display Data Ram).....	99
b.2 CG RAM (carácter generator RAM).....	99
2.7 Motor Eléctrico.....	100
2.7.1 Características de los motores eléctricos de corriente alterna	102
CAPÍTULO 3	105
3.1 Parámetros Generales del Sistema	105
3.1.1 Potencia del Motor Hidrostático.....	105

3.1.2 Caudal de La Bomba Hidráulica.....	105
3.1.3 Presión de la Bomba Hidráulica.	105
3.1.4 Potencia del Motor Eléctrico.	106
3.2 Diseño Mecánico	106
3.2.1 Diseño de la Rueda Motriz	106
3.2.2 Diseño de Eje de Rueda Motriz	111
3.2.3 Diseño de la Estructura del Bastidor.....	118
3.2.4 Diseño de Rueda Guía.	122
3.2.5 Diseño de Rodillo	125
3.2.6 Selección de la Banda de Rodadura.....	128
3.3 Diseño Hidráulico.....	132
3.3.1 Diseño del diagrama hidráulico.	132
3.3.2 Selección de Componentes Hidráulicos:	135
a) Motor Hidráulico.....	135
b) Selección de Válvulas Direccionales	137
c) Selección de Electroválvulas	138
d) Selección de Difusor de Caudal.....	138
e) Selección de Tuberías.	139
f) Bomba Hidráulica.....	140
3.3.3 Elementos Constitutivos del Sistema Hidráulico.....	143
3.3.4 Selección del Motor Eléctrico.....	143
3.4 Diseño Electrónico	144
3.4.1 Diseño del Circuito Electrónico.....	145
3.4.2 Selección de Componentes Electrónicos	147
a) Selección del Micro-Controlador.....	147

a.1 Arquitectura del PIC 16F877A.....	147
a.2 Programación del Micro-Controlador.....	149
3.4.3 Selección del LCD	151
CAPÍTULO 4.....	152
4.1 Elaboración del Sistema	152
4.1.1 Descripción del Proceso de Construcción.	153
4.2 Construcción de la Rueda Motriz.....	154
4.3 Construcción del Bastidor	154
4.4 Construcción del Eje de Rueda Motriz.....	155
4.5 Construcción de Rueda Guía.....	156
4.6 Construcción de Rodillos	156
4.7 Construcción de Elementos Secundarios	157
4.8 Ensamblaje del Sistema Hidráulico.....	157
4.9 Construcción del Sistema de Control Electrónico.....	158
4.10 Instalación Completa del Sistema	159
CAPÍTULO 5.....	161
5.1 Funcionamiento del Sistema.	161
5.1.1 Operación del Sistema	161
5.1.2 Manejo del Menú de Fallas de Control del Banco Didáctico	161
5.1.3 Manejo del Software de Simulación de Fallas.....	162
5.2 Pruebas de Funcionamiento.....	164
5.2.1 Plan de pruebas	164
5.2.2 Pruebas y resultados.....	165
a) Velocidad de giro de motores hidráulicos.	165
b) Velocidad real de funcionamiento.	165

c) Presiones del sistema hidráulico.	165
d) Funcionamiento del sistema de control electrónico de fallas.	165
5.1.3 Análisis de Resultados	166
a) Velocidad de giro de motores hidráulicos	166
b) Velocidad real de funcionamiento	166
c) Presiones del sistema hidráulico	167
d) Funcionamiento del sistema de control electrónico de fallas	167
5.3 Elaboración de Guías de Laboratorio	168
GUÍA N° 1 Identificación de Componentes del Banco Didáctico	169
GUÍA N° 2 Identificación de los componentes del sistema Hidráulico	173
GUÍA N° 3 Interrupción del movimiento en reversa del motor izquierdo.....	180
GUÍA N° 4 Interrupción del movimiento hacia adelante del motor izquierdo	182
GUÍA N° 5 Interrupción del movimiento en reversa del motor derecho	184
GUÍA N° 6 Interrupción del movimiento hacia adelante del motor derecho..	186
GUÍA N° 7 Interrupción de movimiento del motor izquierdo	188
GUÍA N° 8 Interrupción de movimiento del motor derecho.....	190
GUÍA N° 9 Interrupción total de movimiento del motor derecho e izquierdo	192
GUÍA N° 10 Interrupción de movimiento del motor derecho e izquierdo en reversa	195
GUÍA N° 11 Interrupción de movimiento del motor derecho e izquierdo hacia adelante.....	197
GUÍA N° 12 Interrupción del motor derecho hacia adelante e izquierdo en reversa	199
GUÍA N° 13 Interrupción del motor derecho en reversa e izquierdo hacia adelante.....	202
5.4 Presupuesto Referencial	204

CONCLUSIONES	206
RECOMENDACIONES	208
BIBLIOGRAFÍA	209
LINKOGRAFÍA	211
ANEXOS	212

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO 2

Figura 2.1 Tractor de Oruga.....	8
Figura 2.2 Bastidor.....	8
Figura 2.3 Barra de Tiro.....	9
Figura 2.4 Hoja Recta.....	11
Figura 2.5 Hoja Universal.....	11
Figura 2.6 Hoja Angulable.....	12
Figura 2.7 Hoja de Empuje Amortiguado.....	12
Figura 2.8 Ripper.....	13
Figura 2.9 Motor completo y en corte.....	14
Figura 2.10 Sistema de Alimentación.....	16
Figura 2.11 Turbocompresor.....	17
Figura 2.12 Comon Rail.....	18
Figura 2.13 Sistema de Enfriamiento.....	19
Figura 2.14 Sistema de Enfriamiento Modular Avanzado.....	20
Figura 2.15 Ventilador de Velocidad Variable.....	21
Figura 2.16 Esquema de Ventilador de Velocidad Variable.....	22
Figura 2.17 Sistema de Lubricación.....	23
Figura 2.18 Partes del Tren de Rodaje.....	27
Figura 2.19 Bastidor de la Oruga.....	28

Figura 2.20 Rueda Cabilla.....	29
Figura 2.21 Rueda Tensora o Guía.....	30
Figura 2.22 Rodillo.....	31
Figura 2.23 Despiece de Rodillo	32
Figura 2.24 Eslabón en corte.....	32
Figura 2.25 Tipos de Zapatas.....	35
Figura 2.26 Cadenas.....	36
Figura 2.27 Tren de Rodaje Excavadora.....	37
Figura 2.28 Factores controlables.....	39
Figura 2.29 Factores controlables.....	39
Figura 2.30 Convergencia o divergencia.....	40
Figura 2.31 Inclinación de los bastidores.....	40
Figura 2.32 Torcimiento de los bastidores.....	40
Figura 2.33 Desplazamiento lateral.....	41
Figura 2.34 Transmisión de engranes planetarios.....	45
Figura 2.35 Diagrama esquemático transmisión de engranes planetarios.....	46
Figura 2.36 Transmisión selectiva de engranes.....	47
Figura 2.37 Transmisión hidrostática.....	48
Figura 2.38 Diferencial convencional de engranes cónicos.....	49
Figura 2.39 Masa de salida y entrada.....	51
Figura 2.40 Embrague.....	52

Figura 2.41 Frenos.....	52
Figura 2.42 Mando final.....	54
Figura 2.43 Líquido bidireccional.....	54
Figura 2.44 Principio de Pascal.....	55
Figura 2.45 Ventaja de la fuerza de trabajo.....	55
Figura 2.46 Tanque hidráulico ventilado.....	56
Figura 2.47 Tanque hidráulico presurizado.....	57
Figura 2.48 Tanque hidráulico.....	57
Figura 2.49 Mangueras.....	60
Figura 2.50 Construcción de mangueras.....	60
Figura 2.51 Acoplamientos rebordeados.....	61
Figura 2.52 Conector macho y hembra.....	62
Figura 2.53 Conector JIC 37°.....	62
Figura 2.54 Conector sello anular de superficie.....	63
Figura 2.55 Conector NPSM.....	63
Figura 2.56 Conector NPTF.....	63
Figura 2.57 Válvula de compuerta.....	64
Figura 2.58 Electroválvula.....	66
Figura 2.59 Bomba de engranajes.....	69
Figura 2.60 Componentes de la bomba hidráulica.....	69
Figura 2.61 Bomba hidráulica de paletas.....	70

Figura 2.62 Componentes de la bomba de paletas.....	70
Figura 2.63 Bomba de pistones.....	71
Figura 2.64 Motor hidráulico.....	72
Figura 2.65 Filtros.....	76
Figura 2.66 Clasificación de los filtros.....	76
Figura 2.67 Posición de los filtros.....	77
Figura 2.68 Manómetro.....	78
Figura 2.69 Manómetro de tubo U.....	79
Figura 2.70 Manómetro de tintero.....	80
Figura 2.71 Manómetro de tubo inclinado.....	80
Figura 2.72 Manómetro de McLeon.....	81
Figura 2.73 Manómetro digital.....	81
Figura 2.74 Circuito en corte transversal.....	82
Figura 2.75 Circuito esquemático.....	83
Figura 2.76 Relé.....	88
Figura 2.77 Transistores bipolares.....	90
Figura 2.78 Transistores de campo.....	91
Figura 2.79 Transistores.....	92
Figura 2.80 Micro-controlador.....	92
Figura 2.81 Componentes del micro-controlador.....	93
Figura 2. 82 Micro-controladores.....	94

Figura 2.83 Distribución de pines del micro-controlador.....	95
Figura 2.84 Ejemplo del líneas y características del LCD.....	99
Figura 2.85 Memoria CG RAM.....	100
Figura 2.86 Motor eléctrico.....	100
Figura 2.87 Componentes del motor eléctrico.....	101
 CAPÍTULO 3	
Figura 3.1 Mallado rueda motriz.....	119
Figura 3.2 Análisis de tensión de rueda motriz.....	110
Figura 3.3 Análisis de deformación – Rueda motriz.....	111
Figura 3.4 Análisis de factor de seguridad – Rueda motriz.....	111
Figura 3.5 Análisis de fuerzas- Eje Rueda motriz.....	112
Figura 3.6 Circulo de Mohr.....	115
Figura 3.7 Mallado de eje rueda motriz.....	116
Figura 3.8 Análisis de tensión- Eje rueda motriz.....	117
Figura 3.9 Análisis de deformación – Eje rueda motriz.....	117
Figura 3.10 Análisis de factor de seguridad – Eje rueda motriz.....	118
Figura 3.11 Bastidor – Solid Works.....	119
Figura 3.12 Análisis de tensión- Bastidor.....	121
Figura 3.13 Análisis de deformación – Bastidor.....	121
Figura 3.14 Análisis de factor de seguridad – Bastidor.....	122
Figura 3.15 Rueda guía sometida a fuerza tangencial.....	123

Figura 3.16 Mallado rueda guía.....	123
Figura 3.17 Análisis de tensión- Rueda guía.....	124
Figura 3.18 Análisis de deformación – Rueda guía.....	125
Figura 3.19 Análisis de factor de seguridad – Rueda guía.....	125
Figura 3.20 Mallado rodillo.....	126
Figura 3.21 Análisis de tensión- Rodillo.....	127
Figura 3.22 Análisis de deformación – Rodillo.....	127
Figura 3.23 Análisis de factor de seguridad – Rodillo.....	128
Figura 3.24 Empalme de bandas por grapas.....	130
Figura 3.25 Esquema hidráulico.....	134
Figura 3.26 Circuito de control de electroválvulas.....	145
Figura 3.27 Diagrama Electrónico de control general PIC 16F877A.....	146
Figura 3.28 Simulación del Circuito Electrónico PIC 16F877A.....	147
Figura 3.29 Distribución de pines del PIC16F877A.....	148
Figura 3.30 Distribución de puertos del PIC16F877A.....	149
Figura 3.31 Diagrama de bloques- programación PIC16F877A.....	150
Figura 3.32 LCD LM016M.....	152
Figura 3.33 Diagrama esquemático de un LCD con un micro-controlador.....	151
 CAPÍTULO 5	
Figura 5.1 Ícono de acceso directo al software.....	161
Figura 5.2 Pantalla inicial del Software.....	162

Figura 5.3 Pantalla de selección de puertos.....	162
Figura 5.4 Pantalla de selección de fallas.....	163

ÍNDICE DE TABLAS

CAPÍTULO 1

Tabla 1.1 Operacionalización de variables independientes.....5

Tabla 1.2 Operacionalización de variables dependientes.....5

CAPÍTULO 2

Tabla 2.1 Tipos de Mangueras.....61

Tabla 2.2 Válvulas de control de presión.....63

Tabla 2.3 Clasificación de las bombas hidráulicas.....67

Tabla 2.4 Simbología hidráulica.....5

CAPÍTULO 3

Tabla 3.1 Características de la rueda motriz.....107

Tabla 3.2 Datos – Circulo de Mohr.....113

Tabla 3.3 Resultados – Circulo de Mohr.....114

Tabla 3.4 Análisis de fuerzas – Bastidor.....119

Tabla 3.5 Tabla de actuadores y accesorios.....143

CAPÍTULO 4

Tabla 4.1 Equipos utilizados en la construcción.....152

Tabla 4.2 Partes constitutivas del banco didáctico.....153

Tabla 4.3 Operaciones ejecutadas en la construcción de la rueda motriz.....154

Tabla 4.4 Operaciones ejecutadas en la construcción del bastidor.....154

Tabla 4.5 Operaciones ejecutadas en la construcción en el eje de rueda motriz..155

Tabla 4.6 Operaciones ejecutadas en la construcción de rueda guía.....	156
Tabla 4.7 Operaciones ejecutadas en la construcción de rodillos.....	156
Tabla 4.8 Operaciones ejecutadas en la construcción de elementos secundarios	156
Tabla 4.9 Ensamblaje y montaje del sistema hidráulico.....	157
Tabla 4.10 Construcción del sistema electrónico.....	158
Tabla 4.11 Montaje e instalación del sistema.....	158
 CAPÍTULO 5	
Tabla 5.1 Pruebas de funcionamiento.....	164
Tabla 5.2 Análisis de resultados.....	166
Tabla 5.3 Costos de los componentes del sistema.....	204
Tabla 5.4 Costo total del diseño y construcción.....	205

ÍNDICE DE ECUACIONES

CAPÍTULO 2

Ecuación 2.1 Diferencia de potencial eléctrico.....103

Ecuación 2.2 Corriente eléctrica.....103

CAPÍTULO 3

Ecuación 3.1 Velocidad tangencial..... 107

Ecuación 3.2 Radio107

Ecuación 3.3 Torque.....108

Ecuación 3.4 Fuerza tangencial.....108

Ecuación 3.5 Fuerza de rozamiento.....108

Ecuación 3.6 Esfuerzo de corte por torsión.....112

Ecuación 3.7 Esfuerzo nominal.....112

Ecuación 3.8 Momento máximo.....113

Ecuación 3.9 Esfuerzo de Von Mises.....115

Ecuación 3.10 Factor de seguridad.....116

Ecuación 3.11 Tensión efectiva de la banda.....130

Ecuación 3.12 Tensión del lado flojo de la banda.....132

Ecuación 3.13 Tensión del lado templado de la banda.....132

Ecuación 3.14 Número de capas de lona.....132

Ecuación 3.15 Factor de seguridad de la banda.....133

Ecuación 3.16 Potencia del motor hidráulico.....136

Ecuación 3.17 Fuerza de rozamiento.....	136
Ecuación 3.18 Caudal de tuberías.....	139
Ecuación 3.19 Velocidad de fluido.....	139
Ecuación 3.20 Número de Reynolds.....	139
Ecuación 3.21 Potencia de bomba hidráulica.....	140
Ecuación 3.22 Caudal de bomba.....	140
Ecuación 3.23 Caudal teórico de la bomba.....	141
Ecuación 3.24 Cilindrada de bomba.....	141
Ecuación 3.25 Presión de la bomba.....	142
Ecuación 3.26 Potencia del motor eléctrico.....	144

RESUMEN

Este documento presenta el trabajo realizado como proyecto de grado y que tiene como objetivo diseñar y construir un banco didáctico del sistema de traslación y giro de los tractores de cadena para uso formativo de profesionales y estudiantes en el área de maquinaria pesada.

En el presente proyecto se podrá representar el funcionamiento del sistema de giro de los tractores de oruga o cadena, para así poder demostrar y comprender como un tractor de orugas puede realizar un sin número de movimientos, incluso el giro sobre su propio eje. Conjuntamente simulando fallas del sistema y vislumbrar de mejor manera su funcionamiento.

Dentro del desarrollo del proyecto se aplicaran un sin número de procedimientos, técnicas, métodos de investigación, diseño y construcción los cuales darán como resultado la culminación exitosa del proyecto planteado.

Para poder desarrollar el proyecto se dividirá en tres puntos de diseño mecánico, hidráulico, electrónico y software, que en conjunto ayudaran a simular el funcionamiento y análisis de fallas del sistema de giro de los tractores de oruga.

El proyecto termina con la realización de pruebas al sistema completo precisamente con el análisis de su funcionamiento y correcciones si así lo requiriere; además 16 guías de operación de simulación del banco de pruebas.

Lo anterior sumado, conduce a la formulación de conclusiones y recomendaciones para el posterior manejo y operación del sistema, igualmente su posterior cuidado y mantenimiento por parte de los educandos.

ABSTRACT

This document presents the work like a graduation project and aims to design and build a bank training translation system and a rotation chain for using tractors training of professionals and students in the area of heavy machinery.

In this project may represent the operation of the rotation of crawler tractors or chain, in order to demonstrate and understand as a crawler tractor can perform a number of movements, including rotation about its own axis. Together simulating of the failures system and it best glimpse of operation.

Within the development of the project will implement a number of procedures, techniques, research methods, design and construction which will result in the successful completion of the proposed project.

In order to develop the project will divide into three points of mechanical, hydraulic, electronic and software, in which together help simulate the performance and analysis in the failure rotation of the crawler tractors.

The project ends with testing the entire system precisely, its performance analysis and corrections if this is indispensable; further 16 operating guides testbed simulation

This coupled, leading to the formulation of conclusions and recommendations for the subsequent management and operation of the system, also its subsequent care and maintenance on the part of learners.

CAPÍTULO 1

1.1 El Problema de la Investigación

La mecánica es una de las más amplias actividades a nivel mundial, el continuo cambio tecnológico en la industria requiere que el Ingeniero Automotriz continúe aprendiendo y actualizando sus conocimientos y sus habilidades.

La carrera de Ingeniería Automotriz, cuenta con docentes calificados y laboratorios especializados en el diseño, construcción, reparación y mantenimiento de los diversos sistemas automotrices, pero sin embargo debido a una carencia existente en el área de maquinaria pesada la cual cuenta con poco material de apoyo didáctico en que los estudiantes que aquí se educan puedan conocer de mejor manera el correcto funcionamiento de los diversos sistemas que conforman la maquinaria pesada, en este caso el sistema de giro de los tractores de oruga.

Los tractores de oruga nacen hace considerable tiempo, aproximadamente en el año 1713, para luego ir evolucionando y a través de los tiempos ser aplicados en diversas tareas como por ejemplo en la segunda guerra mundial donde los vehículos militares poseían un sistema de orugas derivado de los primeros tractores fabricados con ese sistema.

El sistema de giro y en si el tren de rodaje de los tractores de oruga solucionan varios inconvenientes, brindándoles una mayor movilidad, facilitado el acceso a áreas donde otro tipo de tractores no lo podrían hacer, permitiendo así transitar en estos lugares con facilidad, desgastando menos el tractor, bajando los costos de reparaciones y permitiendo que el operario tenga un mayor confort al momento de operar la maquinaria aún en las condiciones más extremas.

Dado que la universidad, contribuye al país en la formación de profesionales de excelencia, capacidad de conducción y liderazgo, proponemos el presente tema como el proyecto de grado, impulsando el desarrollo tecnológico y práctico del

estudiante, a la vez colaborando con la institución para que esta cuente con mejores y nuevos equipos de enseñanza.

1.2 Planteamiento del Problema

El área de maquinaria pesada se ha visto relegada debido a la alta demanda de otras áreas existentes en la mecánica automotriz, de aquí nace la necesidad de realizar dicho proyecto, para ello y después de los estudios e investigaciones correspondientes se programó el desarrollo del mismo en el menor tiempo posible tratando así de solucionar dicho inconveniente en el presente año.

La institución se ha proveído de nuevos y sofisticados sistemas de enseñanza los cuales brindan un gran aporte para de la instrucción de los educandos, es por ello y debido a la necesidad de seguir implementando y actualizando los laboratorios existentes sentimos la obligación de aportar con la elaboración de un banco didáctico del sistema de traslación y giro de los tractores de oruga para la Escuela Politécnica del Ejército, logrando así que los estudiantes pertenecientes a la institución tengan la oportunidad de conocer el funcionamiento del sistema de giro de los tractores de oruga y al mismo tiempo saber cómo brindar un buen uso y mantenimiento a este tipo de maquinaria.

1.3 Formulación del Problema

El alto costo, el difícil acceso y el poco material al que se tiene acceso debido que todo lo concerniente a la maquinaria pesada representa, así como la difícil situación económica y social son causas principales para que el poco material existente, conjuntamente con la información que ronda en el mercado sea sumamente protegida y exista un alto grado de desconfianza y confidencialidad con respecto a poder utilizar dicha información para la enseñanza.

Otro de los aspectos que originan la realización de este proyecto corresponde a que mantener cualquier tipo de maquinaria pesada sin ningún tipo de actividad económica, el costoso mantenimiento que requieren o que tan solo se los utilice para la instrucción no constituye motivo suficiente para que se dedique este tipo

de material a la enseñanza, estableciendo así nuevamente un área para el desenvolvimiento del proyecto.

Debido a ello surge la interrogante ¿es necesario brindar de información suficiente y material didáctico correspondiente al sistema de traslación y giro de los tractores de cadena?

La solución a la interrogante fácilmente se la puede observar reflejada en un futuro, cuando los profesionales venideros, los cuales tuvieren la oportunidad de contar con la suficiente información teórica, así como de material didáctico de estudio, tengan un mejor desenvolvimiento en dichas áreas de la mecánica, lo cual brindara un mejor y más alto estatus académico de la cual se beneficien tanto educandos como educadores.

1.4 Objetivo General

Diseñar, construir un banco didáctico del sistema de traslación y giro de los tractores de cadena para uso formativo de profesionales y estudiantes en el área de maquinaria pesada.

1.5 Objetivos Específicos

- Diseñar y seleccionar de materiales para la elaboración del sistema mecánico de cadenas.
- Diseñar y construir circuitos eléctricos y electrónicos para el control del sistema.
- Diseñar y construir el circuito hidráulico del sistema.
- Elaborar un software de simulación de fallas.

1.6 Justificación e Importancia

Dado que la universidad, contribuye al país en la formación de profesionales de excelencia, capacidad de conducción y liderazgo, e impulsados por desarrollar tecnología e investigación encontramos en el tema varios parámetros y sistemas que en el país no son comunes por el poco mercado que existe en los trenes de

rodaje. La falta de información de su funcionamiento y mantenimiento constituye razón suficiente para el presente tema.

Por la complejidad y alto costo de los elementos que constituyen un tren de rodaje de orugas es difícil disponer del material necesario para poder comprender de una mejor manera como desempeña el sistema de giro de los tractores de oruga.

Los ingenieros debemos prepararnos para ser solucionadores de problemas, es por eso que planteamos el tema que solucione varios problemas que afectan a la mejora de los estudiantes, debido a la carencia de prototipos para que profesores y alumnos tengan a su alcance las herramientas necesarias para poseer una mejor comprensión del funcionamiento del sistema.

La realización de este proyecto nos permitirá ofrecer una solución para dichos sectores, los cuales se verán beneficiados con la creación del banco didáctico del sistema de giro de los tractores oruga.

1.7 Hipótesis

La elaboración del banco didáctico, permitirá el análisis estructural y de forma del tren de rodaje al mismo tiempo que ayudara a comprender de mejor manera el funcionamiento del sistema de traslación y giro de los tractores de oruga.

1.8 Variables

El diseño y la construcción del banco didáctico del sistema de traslación y giro de los tractores de cadena permitirán a los estudiantes de la carrera de ingeniería conocer de manera eficiente la funcionalidad del sistema de desplazamiento y giro.

1.8.1 Variable Independiente

Generar el diseño y la construcción de un banco didáctico del sistema de traslación y giro de los tractores de cadena.

1.8.2 Variable Dependiente.

Entregar a los estudiantes de la carrera de ingeniería automotriz un banco de didáctico en el cual puedan conocer cómo trabaja este sistema de desplazamiento.

1.8.3 Operacionalización de Variables

- Variable Independiente

Tabla 1.1 Operacionalización de Variables Independientes

Fuente: Propia

CONCEPTO	CATEGORÍA	INDICADOR	PREGUNTAS
Diseñar y construir un banco didáctico	<ul style="list-style-type: none"> • Técnica • Académica 	<ul style="list-style-type: none"> • Diseño de la estructura base del tren de rodaje • Construcción de diversos componentes del banco 	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Cuáles son los materiales a elegir? • ¿Qué aspectos influyen en la elección de materiales? • ¿Qué ventaja o desventaja se obtiene en la construcción con los materiales elegidos?

- Variable Dependiente

Tabla 1.2 Operacionalización de variables dependientes

Fuente: Propia

CONCEPTO	CATEGORÍA	INDICADOR	PREGUNTAS
Entregar a los estudiantes de la Carrera de Ingeniería Automotriz un prototipo donde puedan conocer cómo trabaja este sistema de desplazamiento	<ul style="list-style-type: none"> • Técnica • Académica 	<ul style="list-style-type: none"> • Velocidad inadecuada en los ciclos de trabajo • Tendencia a girar siempre a un lado • Patinaje de las cadenas durante el ciclo de trabajo 	<p>¿Cuál es la velocidad adecuada para el giro de la oruga?</p> <p>¿Qué problemas tenemos para la simulación del giro?</p> <p>¿Cómo mejoramos las falencias del sistema?</p>

CAPÍTULO 2

TRACTORES DE ORUGA

2.1 Introducción

El ser humano, inteligente, pero poco potente para la realización de trabajos tan arduos y poco atractivos como son muchas de las faenas agrícolas, ha buscado desde la antigüedad el desarrollo de máquinas que le sustituyan, mejorando de esta forma su calidad de vida.

Aunque los tractores han existido por más de un siglo, se les dio un primer impulso durante la Primera Guerra Mundial y alcanzaron su máximo ímpetu en la Segunda Guerra Mundial.¹

La evolución del tractor ha venido acompañada de cambios en la tecnología aplicada en los campos agrícolas y en el tamaño de estos tractores.

Las primeras máquinas de vapor suministraban potencia por bandas pero tenían que ser transportadas de un lugar a otro por caballos o bueyes. El siguiente paso en la evolución de la potencia fue la conversión de la máquina de vapor a un motor autopropulsado.²

Fue en la última década del siglo XIX cuando aparecieron los primeros tractores con motor de explosión.

Los primeros tractores con motor de combustión interna no aparecieron hasta después de 1890, construidos con motor de ciclo Otto se parecían enormemente a los primitivos tractores accionados por máquinas de vapor, pero al ser su potencia mucho más elevada y su peso más reducido, surgieron problemas debido a la

¹ http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/sedes/medellin/3007073/und_2/pdf/evolucion_de_los_tractores.pdf

² Tractores Diseño y Funcionamiento, Autor: M Carleton, Limusa 1984, México, Pág. 19

reducida capacidad de tracción, lo que dio lugar a trabajos encaminados a su mejora consiguiéndose en un tiempo corto notables avances.³

Para aumentar la capacidad de arrastre los constructores se dedicaron a producir tractores grandes y pesados con ruedas de transmisión cada vez más anchas y con mayor diámetro.

Para la aparición de los tractores de oruga, se fue buscando la máxima capacidad de tracción, y reduciendo la compactación del suelo con el fin de aumentar la estabilidad del tractor en terrenos con pendientes pronunciadas.

El tractor de oruga, tiene hoy en día menos importancia en la agricultura de la que tuvo alguna vez, se usa normalmente en terreno demasiado blando o donde la estabilidad de un tractor de ruedas es un problema.

Mientras que el desarrollo del motor y de cuchillas continuó, un nuevo interés se enfocó: la comodidad del operador del tractor.

Los operadores de tempranos modelos de tractores y bulldózers tenían que mover maquinaria con timones de mano pesados y estaban sujetos a los elementos naturales. Operadores modernos están equipados con controles completamente hidráulicos y sentados en cabinas con aire acondicionado con asientos multiposición, y radios.

2.2 Tractores de Oruga

Para el movimiento de este tractor, se ha sustituido las ruedas por orugas, las mismas que extienden el peso del vehículo sobre una superficie más grande, permitiendo al tractor ejercer una fuerza menor por unidad de área sobre la tierra. Una variedad de accesorios pueden ser agregados al tractor sobre orugas, maximizando de esta manera su utilidad (ver figura 2.1).

³ http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/sedes/medellin/3007073/und_2/pdf/evolucion_de_los_tractores.pdf

Los tractores de oruga tienen un peso que varía entre 1600 y 69000 lb, sin hojas de empuje ni ningún otro equipo.

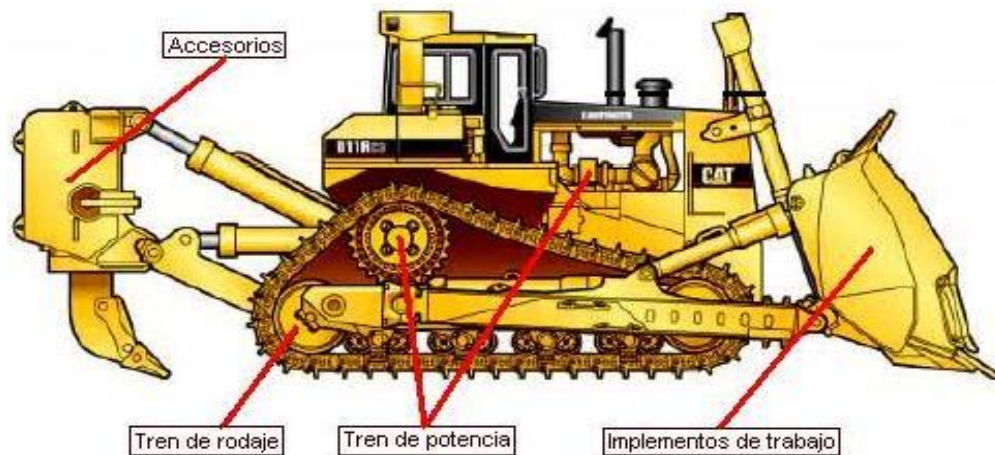


Figura 2.1 Tractor de oruga

Fuente: <http://vimeo.com/27506265>

2.2.1 Bastidor Central

La rigidez en la sección central se obtiene haciendo un vaciado grueso para formar las cubiertas del embrague de la dirección y de la transmisión, como se indica en la figura 2.2, contiene el motor, dos bastidores de las orugas que le proporcionan tracción y apoyo.

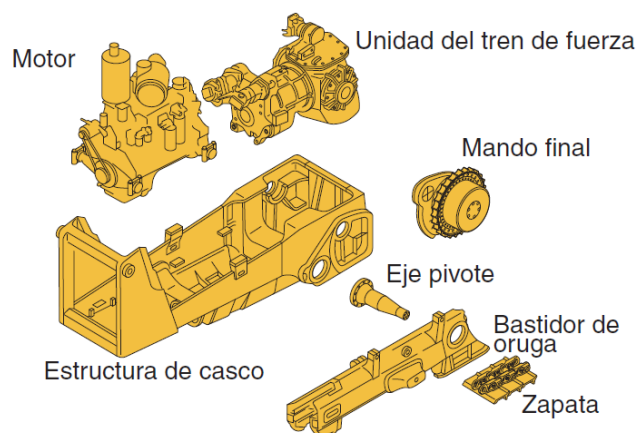


Figura 2.2 Bastidor

Fuente: Catálogo KOMATSU D65

Pueden llevar un gancho de tiro atornillado al cárter, que es una placa que protege la parte inferior del motor. Utilizando este gancho se somete al tractor a esfuerzos

mayores con los fuertes tirones que utiliza la barra de tiro⁴, está constituido de acero de alta resistencia, especialmente diseñado para los grandes esfuerzos que implican empujar y escarificar.

2.2.2 Barra de Tiro⁵

La barra de tiro es una barra gruesa de arrastre, que está sujeta debajo del tractor en el centro como se muestra en la figura 2.3, que se prolonga hacia atrás a través de un brazo de apoyo, y que sobresale hacia atrás. Puede oscilar horizontalmente y se sujeta en la posición deseada por medio de un pasador o cerrojo que atraviesa la barra de soporte o por un par de pernos en una abrazadera.



Figura 2.3 Barra de tiro
Fuente: Catálogo KOMATSU D61

Es conveniente que el anclaje de la barra de tiro sea tan bajo y que esté a la mayor distancia que sea posible como la construcción del trabajo lo permita, para la mejor distribución de los esfuerzos producidos por las cargas remolcadas.

Los tractores mayores usan barra fija, rígidamente conectada al bastidor.

2.2.3 Eje Muerto⁶

El eje muerto es un pasador que atraviesa la parte trasera del tractor, a través o delante de las cubiertas de la transmisión final, une los bastidores de las orugas y

⁴ Reparación de la Maquinaria Pesada, Autor: Herbert L., Continental 5ª edición, Pág. 494

⁵ Reparación de la Maquinaria Pesada, Autor: Herbert L., Continental 5ª edición, Pág. 495

⁶ Reparación de la Maquinaria Pesada, Autor: Herbert L., Continental 5ª edición, Pág. 495

la sección central, que permiten que oscilen verticalmente. Generalmente sirve como eje para la catarina.

Este eje puede ser una flecha continua, o dos en línea con sus extremos inferiores anclados a caja de la transmisión.

2.2.4 Hoja de Empuje⁷

Esta es una hoja metálica instalada en la parte delantera del tractor, mediante la cual se aplica el esfuerzo de empuje sobre los materiales que se desean remover. La hoja está sustentada por dos brazos de empuje, los que se articulan por el lado exterior de las orugas, sobre el bastidor de cadena. Los brazos están suspendidos por dos cilindros hidráulicos, generalmente fijados a la coraza delantera del bastidor de la máquina.

Las hojas de empuje pueden realizar los siguientes movimientos:

Inclinación lateral.

Variación del ángulo de ataque de la hoja.

Variación del ángulo de la hoja respecto de la dirección de avance.

Elevación y descenso de la hoja.

Existen diferentes tipos de hojas:

- **Hoja recta:** aconsejada para trabajos de empuje en general, especialmente en aquellos que requieren pasadas cortas o de media distancia. Es la de mayor versatilidad y capacidad para trabajos en roca (ver figura 2.4).

⁷ <http://www.monografias.com/trabajos-pdf2/fichas-maquinarias/fichas-maquinarias.pdf>

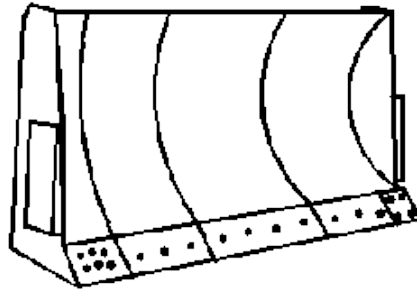


Figura 2.4 Hoja recta

Fuente: http://lh4.ggpht.com/_HekslsvCSpc/TY9kCbCvJwI/AAAAAAAAAsA/U0s9XxQ97yE/s1600-h/clip_image002%5B3%5D.gif

- **Hoja universal o en "U"**: usada para el empuje de grandes volúmenes de material a largas distancias. Por esto, la curvatura de los extremos de la hoja impulsa el material hacia el centro de la misma, disminuyendo los derrames laterales (ver figura 2.5).

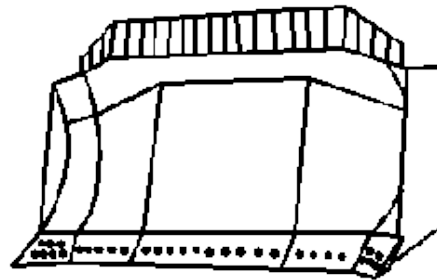


Figura 2.5 Hoja universal

Fuente: http://lh6.ggpht.com/_HekslsvCSpc/TY9kII3iQII/AAAAAAAAAso/_n68cz26pd8/s1600-h/clip_image014%5B3%5D.gif

- **Hoja angulable**: diseñada para empujar el material lateralmente, para lo cual puede situarse en el bastidor de los brazos con ángulos de 25° a la derecha o izquierda respecto de la dirección del tractor (ver figura 2.6).

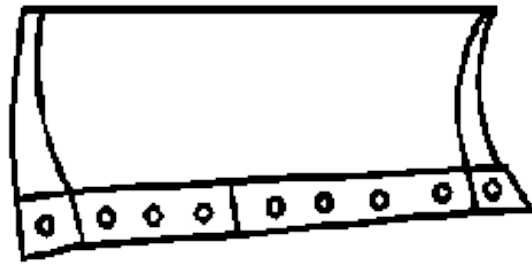


Figura 2.6 Hoja angulable

Fuente: http://lh5.ggpht.com/_HekslsvCSpc/TY9kEZf4CKI/AAAAAAAAAsQ/LIgiJlm6098/s1600-h/clip_image007%5B3%5D.gif

- **Hoja de empuje amortiguado:** se trata de una hoja de poco ancho, lo que le otorga mayor maniobrabilidad al tractor en su labor de empuje (ver figura 2.7).

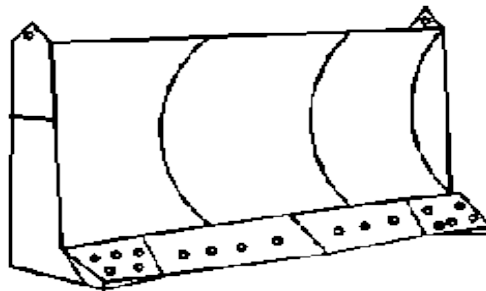


Figura 2.7 Hoja de empuje amortiguado

Fuente: http://lh6.ggpht.com/_HekslsvCSpc/TY9kII3iQII/AAAAAAAAAso/_n68cz26pd8/s1600-h/clip_image014%5B3%5D.gif

2.2.5 Ripper

El ripper o escarificador está formado por un bastidor situado en la parte posterior del tractor, en el cual se fijan uno o varios vástagos o rejonas. Mediante cilindros hidráulicos, los brazos se pueden descender, clavándolos en el suelo, y de esta forma, al ser arrastrados por el tractor, producir profundos surcos que permiten fragmentar y esponjar los materiales rocosos (ver figura 2.8).

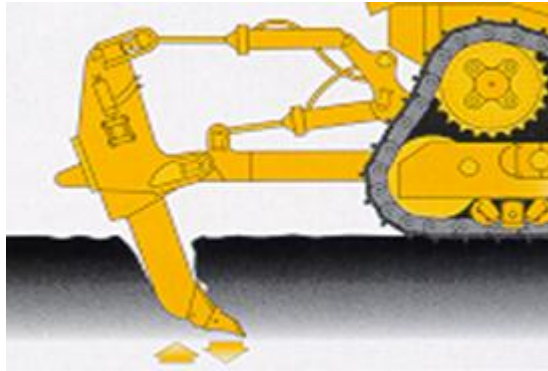


Figura 2.8 Ripper

Fuente: http://3.bp.blogspot.com/_XtBURF-y5-0/SiwH_ZHHoEI/AAAAAAAAAJg/6N0CP9WSE_c/s320/Imagen2.png

Los rippers tienen tres tipos de diseños básicos:

Tipo bisagra o articulado: formado por un bastidor que pivota alrededor de un punto situado en la parte posterior del tractor. El ángulo máximo de giro es de 30 grados.

Tipo paralelogramo articulado: con un ángulo de ataque de 50 grados, tiene una profundidad de rippado independiente del ángulo que el vástago forma con el terreno.

En forma de paralelogramo variable articulado: en que el ángulo de ataque se controla mediante el accionamiento de otros dos cilindros hidráulicos, además de los de elevación y empuje.

2.2.6 Motor⁸

Los motores de los tractores de oruga generalmente son motores diésel turboalimentados, las excepciones se encuentran principalmente entre los menos de 50 hp (ver figura 2.9).

Están montados en la parte delantera, consiguiéndose un mayor componente vertical sobre las hojas de empuje y un mayor equilibrio al disponer del ripper en la parte posterior.

⁸ Especificaciones del Tractor de Cadenas D11R, Pág. 4

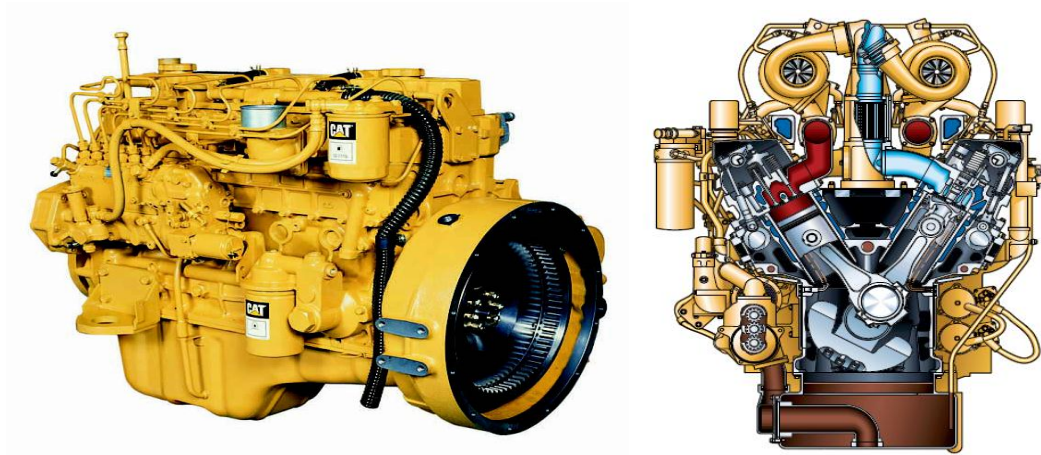


Figura 2.9 Motor completo y en corte
Fuente: Catálogo Caterpillar D11R

La potencia neta, es la potencia neta en el volante, con el motor impulsando todos los accesorios necesarios para la operación normal del tractor. La potencia bruta, es la que produce el motor sin considerar la que consumen los accesorios.

Estos motores trabajan con una potencia neta nominal de 634Kw (850 hp) a 1.800 rpm con una reserva de par del 25%.

El empleo de turbo compresión y pos enfriamiento proporciona una potencia alta mientras se conservan bajas las rpm y las temperaturas de escape durante muchas horas de operación continua.

En la actualidad los motores tienen un sistema de inyectores unitarios electrónicos, este es un sistema de alimentación exclusivo de inyección directa y alta presión de funcionamiento demostrado. Este sistema supervisa electrónicamente los datos de entrada del operador y el sensor para optimizar el rendimiento de motor y la eficiencia de combustible manteniendo unos ajustes precisos de combustible.

El sistema de inyectores unitarios electrónicos proporciona una mayor presión de inyección con una menor duración para disminuir el consumo de combustible y reducir las emisiones.

Válvulas de caras endurecidas, muñones de cigüeñal endurecidos en toda su masa y cojinetes de aluminio ligado con cobre y reforzados con acero que aseguran un rendimiento fiable durante el servicio más riguroso.

Por las largas jornadas de trabajo a las que están sometidos estos motores los componentes deben tener una mayor duración, es por ello que los pistones enfriados por aceite y camisas de cilindro enfriados por agua a todo lo largo permiten una máxima transferencia térmica. Las cabezas de los cilindros también usan conductos de refrigerante adicionales para enfriar el motor al máximo.

El Control automático de exceso de velocidad del motor, accionado hidráulicamente, que permite al operador impedir una velocidad excesiva del motor.

a) Sistema de Alimentación

La alimentación se realiza introduciendo por separado, el aire que en el tiempo de compresión alcanza los 600° C, y el combustible que se inyecta a alta presión, los cuales se mezclan en el interior de la cámara de combustión, donde se produce la quema de esta mezcla.

Generalmente, en el colector de admisión, no hay válvula de mariposa que regule la cantidad de aire que ingreso.

Mediante el pedal del acelerador que activa la bomba de inyección se dosifica la cantidad de combustible que se inyecta en el tercer tiempo, momento en el cual se inflama la mezcla, produciéndose trabajo.

Los factores que influyen sobre la combustión son los siguientes:

- Un buen llenado de aire.
- Buena pulverización del combustible.
- Buen reparto del combustible en el aire.
- Control de la presión.
- Duración de la combustión.

En la figura 2.10, se representa de manera esquemática un sistema de inyección. La bomba capaz de dosificar y elevar la presión a los valores necesarios para la inyección y en el momento preciso del combustible, gira arrastrada por el motor a través de un acoplamiento. Unos conductos de alta presión llevan el combustible hasta los inyectores, que son los encargados de producir el aerosol dentro del cilindro.

Una pequeña bomba adosada a la bomba de inyección y accionada por esta, trasiega el combustible desde el depósito y la alimenta haciéndolo pasar por un juego de filtros. La capacidad de bombeo de trasiego es muy superior a las necesidades del motor, lo que sirve para incluir un regulador de presión que adecua y estabiliza la presión de alimentación a la bomba de inyección, desviando por el retorno el combustible en exceso que sirve además para refrigerar la bomba de inyección.

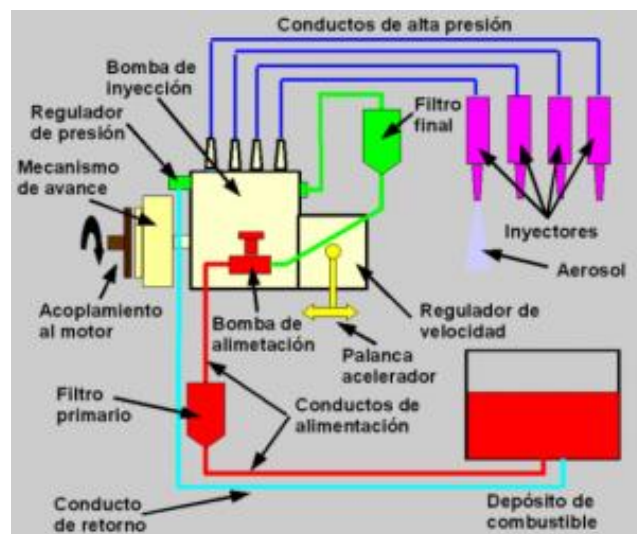


Figura 2.10 Sistema de alimentación

Fuente: <http://www.tallerescuenca.com/esquema-de-sistema-de-inyeccion-diesel>

Un mecanismo especial encargado de regular el avance a la inyección se interpone entre el acoplamiento al motor y la bomba de inyección. Al final de la bomba y acoplado a ella, se encuentra el regulador de velocidad, este regulador incluye una palanca de accionamiento que se acopla al mecanismo del pedal del acelerador,

desde donde el conductor puede aumentar y disminuir la potencia o velocidad de giro del motor.⁹

Algunos motores diésel utilizan un sistema auxiliar de ignición para encender el combustible al arrancar el motor y mientras alcanza la temperatura adecuada.

En los motores diésel el turbocompresor está más difundido debido a que trabaja con exceso de aire al no haber mariposa, por una parte; esto significa que a igual cilindrada unitaria e igual régimen motor (rpm) entra mucho más aire en un cilindro diésel. Por otra parte, y esto es lo más importante, las presiones alcanzadas al final de la carrera de compresión y sobre todo durante la carrera de trabajo son mucho mayores (40 a 55 bares). Esta alta presión, necesaria para alcanzar la alta temperatura requerida para la auto-inflamación o auto-ignición del gasóleo, es el origen de que la fuerza de los gases de escape (ver figura 2.11).

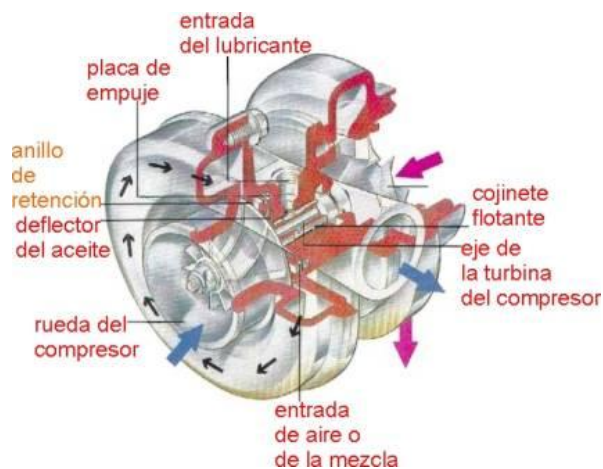


Figura 2.11 Turbocompresor
Fuente: <http://www.oocities.org/mecanicoweb/7.htm>

En la actualidad a medida que la tecnología avanza, los motores de los tractores de orugas no se han quedado atrás, es por ello que tienen el sistema de inyección electrónica common rail.

⁹ <http://www.tallerescuencia.com/esquema-de-sistema-de-inyeccion-diesel/>

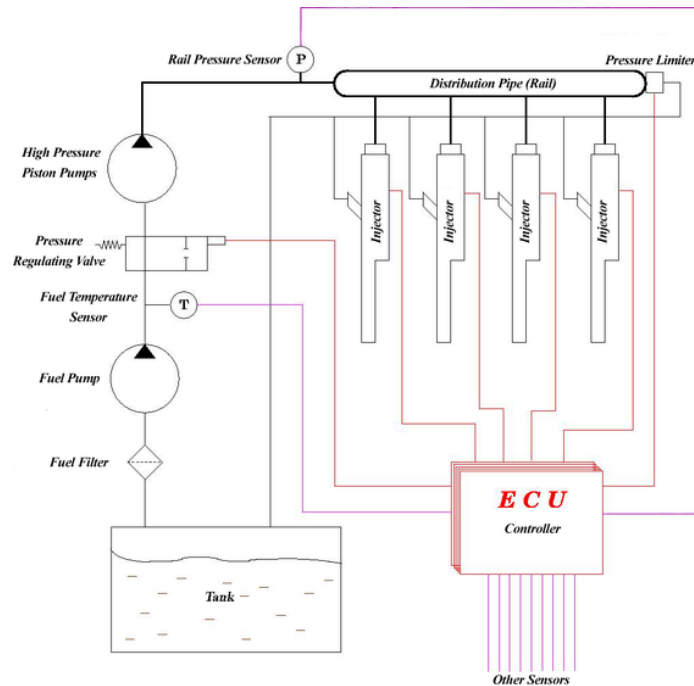


Figura 2.12 Sistema Common Rail

Fuente: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Common_Rail_Scheme.png

El sistema de common rail o conducto común es un sistema de inyección de combustible electrónico para motores diésel de inyección directa en el que el gasóleo es aspirado directamente del depósito de combustible a una bomba de alta presión y ésta a su vez lo envía a un conducto común para todos los inyectores y por alta presión al cilindro (Ver figura 2.12).

El gasoil almacenado en el depósito de combustible a baja presión es aspirado por una bomba de transferencia accionada eléctricamente y enviado a una segunda bomba, en este caso, de alta presión que inyecta el combustible a unos 300 bar hasta 1500 y 1600 bar al cilindro, según las condiciones de funcionamiento.

La bomba de transferencia puede ir montada en la propia bomba de alta presión, accionada por el mecanismo de distribución y sobre todo en el interior del depósito de combustible. El conducto común es una tubería o "rampa" de la que parte una ramificación de tuberías para cada inyector de cada cilindro.

La principal ventaja de este sistema es que nos permite controlar electrónicamente el suministro de combustible permitiéndonos así realizar hasta 5 preinyecciones antes de la inyección principal con lo que conseguimos preparar la mezcla para una óptima combustión. Esto genera un nivel sonoro mucho más bajo y un mejor rendimiento del motor.¹⁰

b) Sistema de Enfriamiento

El sistema de refrigeración se encarga de regular la temperatura del motor durante su funcionamiento, pues ésta no puede ser ni muy baja ni muy alta, sin importar si la temperatura ambiental es alta o baja.

El sistema de enfriamiento es el convencional que utilizan todos los motores como se indica en la figura 2.13.

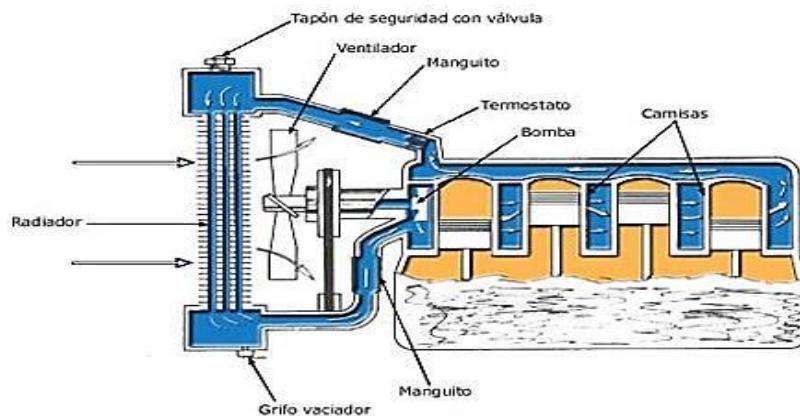
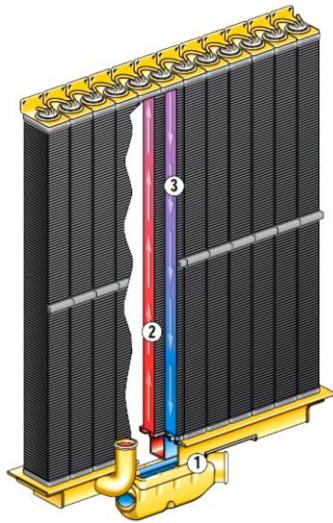


Figura 2.13 Sistema de enfriamiento
Fuente: <http://www.1radiadores.com.uy/fichas.htm>

Debido al gran esfuerzo que realizan estos motores se han empleado el Sistema de Enfriamiento Modular Avanzado (AMOCS), de dos pasadas y una mayor superficie de enfriamiento para proporcionar una capacidad de refrigeración considerablemente mejor que la de los sistemas convencionales (ver figura 2.14).

¹⁰ <http://es.wikipedia.org/wiki/Common-rail>



1. Tanque inferior
2. Elemento de enfriamiento ascendente
3. Elemento de enfriamiento descendente

Figura 2.14 Sistema de enfriamiento modular avanzado

Fuente: Catálogo Caterpillar D11R

El servicio del sistema AMOCS puede efectuarse sin inclinar el protector del radiador.

No hay necesidad de quitar o reemplazar un componente principal como en los radiadores de un solo núcleo.

Cada módulo de núcleo puede reemplazarse individualmente (sin quitar todo el radiador), ahorrando un tiempo de costo y reparación considerable.

El sistema de enfriamiento de dos pasadas hace circular refrigerante del tanque inferior dividido, hacia arriba por un lado del elemento de enfriamiento, y hacia abajo por el otro lado, volviendo a la parte inferior del tanque.

Los elementos de enfriamiento son: Módulos de núcleo individuales conectados a un tanque inferior dividido, no hay tanque superior que haya que quitar o al que haya que efectuar el servicio. Construcción de tubos de latón con cada núcleo.¹¹

¹¹ Especificaciones del Tractor de Cadenas D11R, Pág. 5

b.1 Ventilador de Velocidad Variable.



Figura 2.15 Ventilador de velocidad variable

Fuente: <http://www.dimasur.mx/maquinaria/construccion/tractores/>

Al igual que ocurre en la turbina, el accionamiento del ventilador consume parte de la potencia del motor, y sin embargo, no siempre es necesario que éste esté en funcionamiento, ya que en muchos momentos la temperatura del agua no es lo suficientemente elevada como para necesitar ser enfriada.

Por ello, muchos motores de los tractores actuales disponen de un ventilador de velocidad variable que gira según las necesidades de refrigeración del motor (ver figura 2.15).

Este ventilador funciona a través de un embrague denominado visco-estático que consiste en un disco, accionado por la correa del ventilador, que gira dentro de un cárter con dos orificios, uno de salida siempre abierto y otro de entrada controlado por una válvula. Todo el conjunto está colocado en el interior de una corona cilíndrica que contiene un líquido muy viscoso, a base de siliconas, y a la que están unidas las palas del ventilador. La válvula de apertura o cierre del cárter está unida a un sensor de temperatura del aire que atraviesa el radiador, normalmente una lámina bimetálica (ver figura 2.16).

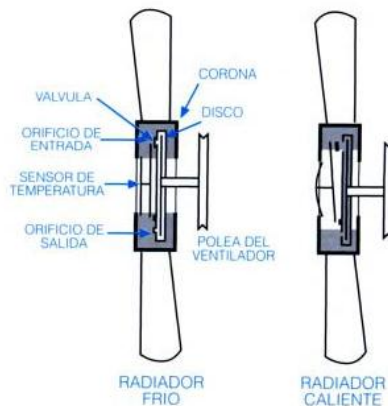


Figura 2.16 Ventilador de velocidad variable.

Fuente: Tractores y Motores Agrícolas, Arnal Atares.

Su funcionamiento es el siguiente, Cuando el agua de la refrigeración está fría, el aire que atraviesa el radiador también está frío, y el sensor de temperatura mantiene cerrado el orificio de entrada del cárter. El disco gira impulsado por la correa, pero sin arrastrar el cárter, y, por lo tanto el ventilador no se mueve.

Cuando el agua se calienta, el aumento de la temperatura del aire hace que el sensor actúe abriendo el orificio y permitiendo que el cárter se llene de líquido. La viscosidad de éste hace que el disco arrastre al cárter en su giro, con lo que se pone en movimiento el ventilador. Este girará más deprisa cuanto más líquido entre en el cárter, lo que está en función de la temperatura del radiador. Al enfriarse el agua, y por lo tanto el aire, el sensor cierra la entrada de líquido al cárter, y el líquido que está en su interior es expulsado de él a través del orificio de salida, con lo que el disco dejará de accionar al ventilador hasta que el motor vuelva a calentarse.

De esta forma se consigue que el ventilador gire solo cuando es preciso que gire y a la velocidad necesaria de acuerdo con la temperatura del agua que tiene que enfriar, obteniéndose un ahorro en la energía consumida.¹²

¹² Tractores y Motores Agrícolas, Autor: Arnal Atares, Mundiprensa 1996, 3ª edición, Pág. 150

c) Sistema de Lubricación

Todo movimiento de dos piezas en contacto y sometida a presiones, producen un rozamiento que depende tanto del estado, como de la naturaleza de las superficies en contacto.

Las superficies, por muy lisas y acabadas que parezcan, siempre presentarán , una serie de rugosidades que al estar en contacto con otras, generan tal cantidad de calor, que ocasiona desgaste y un aumento de temperatura que podrá provocar la fusión de los metales en sus respectivas zonas superficiales de acoplamiento.

Para reducir el rozamiento en los acoplamientos metálicos móviles se interpone entre ambas superficies, una fina película de aceite, de tal manera, que forme una cuña de aceite que mantenga separada e impida el contacto entre sí (ver figura 2.17).

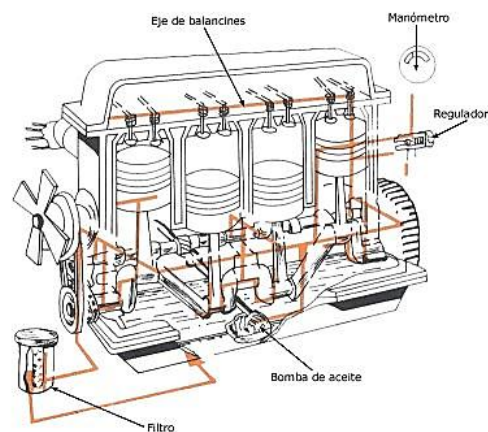


Figura 2.17 Sistema de lubricación

Fuente: <http://img18.imageshack.us/img18/2890/presion.jpg>

En todos los motores diésel existe un sistema imprescindible para su funcionamiento: El sistema de lubricación.

Para la lubricación de un motor se deben tener en cuenta dos factores importantes:

- Temperatura del motor.
- Distribución adecuada del aceite.

c.1 Temperatura.

La temperatura tan alta que se alcanza en ciertos órganos del motor, pese al sistema de refrigeración, exige que el aceite no pierda sus propiedades lubricantes hasta una temperatura aproximada de 200°C y que el punto de inflamación sea superior a 250°C.¹³

c.2 Distribución adecuada del aceite.

En los primitivos motores el engrase se hacía por el barboteo o salpicado. Esto tenía el inconveniente de que al descender el nivel de aceite por el consumo del mismo, el motor perdía poco a poco su lubricación, llegando a faltarle en algún momento.

Estos inconvenientes dieron origen a la adopción del sistema de lubricación forzada a presión, mediante el empleo de bombas instaladas en el cárter.

Componentes y funcionamiento del sistema de lubricación.

Lo que hace fluir el aceite es la bomba, la cual es de engranajes. Se pueden distinguir varias partes:

- Colador de succión. Es el lugar por donde la bomba aspira el aceite del cárter. Lleva una rejilla metálica que impide que entren en la bomba restos o impurezas que arrastre el aceite.
- Eje motriz. Va unido por un piñón al sistema de distribución del motor que hace funcionar la bomba. Arrastra una bomba de piñones que aspira por el colador de succión y envía el aceite por la tubería de presión.
- Tubería de presión. Es la que lleva la presión de aceite al motor.
- Válvula reguladora de presión. Su misión es limitar la presión máxima de aceite en el motor. Cuando el aceite está muy frío y viscoso, se puede producir una sobrepresión en las líneas de aceite que podría afectar algún componente del motor. Solamente lleva un muelle tarado a la presión nominal del sistema, que cuando es vencido por un exceso de presión, envía parte del aceite de nuevo al cárter sin pasar por el sistema.

¹³ <http://sistemaselmotorolo.blogspot.com/>

- Válvula de derivación del enfriador. Cuando se arranca un motor en frío el enfriador de aceite, debido a la cantidad de aceite que contiene, provoca un aumento del tiempo necesario para que el circuito consiga su presión nominal, con esta válvula conseguimos que el aceite no pase por el enfriador mientras el aceite no alcanza una cierta temperatura.
- Filtro de aceite. Es el encargado de quitar las impurezas que el aceite arrastra en su recorrido a través del motor.
- Válvula de derivación del filtro. Cuando el filtro está muy sucio provoca una restricción de aceite en el circuito que podría dar lugar a una falta de lubricación en el motor. Esta válvula evita el paso de aceite por el filtro en el caso de que este se ensucie demasiado.
- Válvula de lubricación del turbo. El turbo necesita con urgencia aceite en cuanto el motor comienza a girar por lo que, para que no se deteriore, la válvula de derivación que lleva en su circuito le da prioridad en el sistema de lubricación.
- Engrase del cigüeñal. El cigüeñal recibe aceite por los cojinetes de bancada que viene de las líneas de aceite de la bomba a través del bloque del motor, parte de este aceite lubrica los cojinetes de bancada y luego se cae al cárter y otra parte se va por el interior del cigüeñal al cojinete de biela para lubricarlo. El cigüeñal por salpicadura engrasa también segmentos y camisas.
- Engrase de pistones y camisas. En ciertos motores existen unos surtidores de aceite que inyectan en la parte inferior de los pistones un chorro de aceite para lubricarlos y refrigerarlos. En otros tipos de motores la propia biela está perforada y recoge aceite del cigüeñal y lo lleva hasta el bulón del pistón para lubricarlo y a su salida hacer lo mismo con las camisas.
- Engrase del árbol de levas y eje balancines. Pueden ser lubricados por salpicadura de aceite o bien tener un conducto interno que va repartiendo el aceite en cada uno de los cojinetes de apoyo.

- Respiradero del cárter. Es un filtro que deja escapar al exterior una pequeña cantidad de gases de combustión que se fuga a través de los pistones.
- Varilla de nivel. Sirve para comprobar el nivel de aceite en el cárter del motor.¹⁴

2.3 Tren de Rodaje

Para tener la garantía de desplazamiento de los tractores en las condiciones más adversas de tiempo y de terreno se ha utilizado desde hace muchos años el tren de rodaje de orugas o de cadenas. El sistema es asimilable al transporte por ferrocarril, si bien el carril, en este caso, es articulado y sin fin.¹⁵

Constituyen los carriles sobre los cuales avanza la máquina, se impulsan desde la parte trasera moviéndose hacia el frente, colocándose contra el suelo mientras avanza.

Se soporta en el bastidor de rodaje que mantiene los rodillo, rueda guía y rueda motriz en alineación.

2.3.1 Partes del Tren de Rodaje

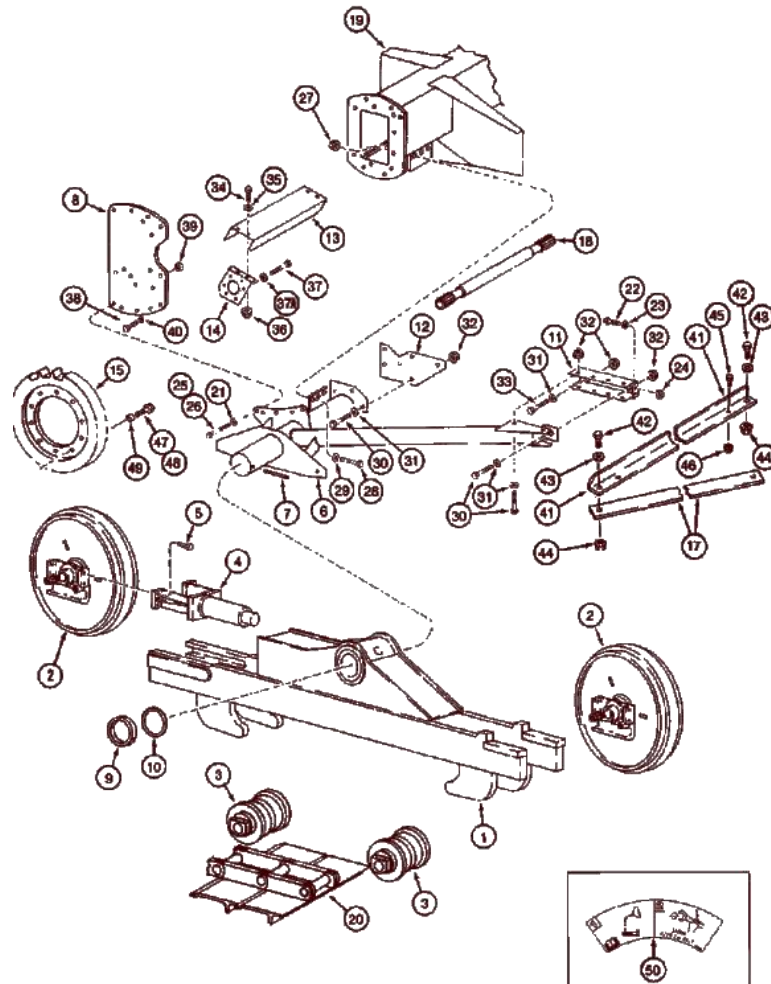
Las piezas principales de que consta un tren de rodaje de orugas son las siguientes:

- Bastidor
- Ruedas cabillas (motrices)
- Ruedas tensoras
- Rodillos de apoyo inferiores
- Rodillos superiores
- Eslabones de cadena
- Casquillos
- Bulones

¹⁴ <http://sistemaselmotorolo.blogspot.com/>

¹⁵ Manual de Maquinaria de Construcción, Autor: Manuel Díaz del Río, Mc-Graw Hill, 2ª edición, Pág. 224

- Tejas
- Elementos de fijación de las tejas (tornillos y tuercas)



1 Bastidor conjunto, 2 Rodillo lojo delante, 3 Rodillo para cadena, 4 Regulador, 5 Tornillo, 6 Bastidor, 7 Pasador de fijación, 8 Placa, 9 Espaciador, 10 Arandela, 11 Apoyadero, 12 Apoyadero, 13 Protección, 14 Apoyadero, 15 Rueda dentada, 17 Banda, 18 Eje, 19 Eje, 20 Oruga, 21 Arandela, 22 Tornillo, 23 Arandela de freno, 24 Tuerca, 25 Tornillo, 26 Tornillo, 27 Tuerca, 28 Tornillo, 29 Arandela, 30 Tornillo, 31 Arandela, 32 Tuerca, 33 Tornillo, 34 Tornillo, 35 Arandela, 36 Arandela, 37 Tornillo, 37A Arandela, 38 Tornillo, 39 Tuerca, 40 Arandela de freno, 41 Pieza de soporte, 42 Tornillo, 43 Arandela, 44 Tuerca, 45 Tornillo, 46, Tuerca, 47 Tornillo, 48 Tornillo, 49 Espaciador, 50 Calcomanía

Figura 2.18 Tren de rodaje

Fuente: <http://www.viarural.com.es/agricultura/tractores/case/cosechadoras/2388/cadena-cinematica/default.htm>

a) Bastidor de la oruga.

Es el elemento en el cual sirve de soporte de rodillos de sustentación o larguero: que corresponde al elemento que soporta fuertes tensiones. Es de construcción robusta, con perfiles de acero (ver figura 2.18).

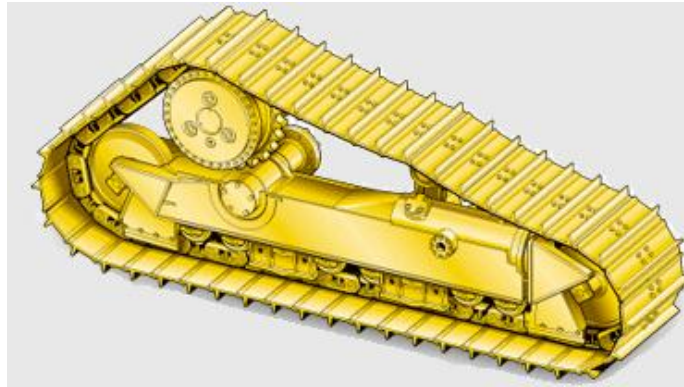


Figura 2.19 Bastidor de la oruga

Fuente: http://www.venequip.com/img/repuestos/tr_07.gif

Puede durar lo que el tractor, sin atención pero los bujes de su pivote trasero pueden requerir cambio, y pueden doblarse o torcerse interfiriendo con la dirección y ser la causa de que la oruga y las ruedas se desgasten rápidamente.

Es normal que aparezcan manchas brillantes en los costados de los rieles de la oruga producidas por el rozamiento contra las cejas si se dan muchas vueltas. Pero si todo un costado de un riel está brillante, si las manchas brillantes tienen una forma definida, o si el riel tiene una raya cuando no trabaja en guijarros que puedan producirlas, es probable que algo anda desalineado y que está haciendo daños serios. Se debe revisar primero si hay un rodillo que tenga su soporte flojo o roto, con un eje roto, que sea la causa de que se incline lateralmente. Si no se encuentra ninguno, es probable que el bastidor esté defectuoso.

b) Rueda Cabilla (motriz)

Las ruedas cabillas son las ruedas motoras de toda la cadena y pueden estar compuestas de una sola pieza o tratarse simplemente de una rueda con taladros en su periferia, en donde se atornillan distintos segmentos con forma de piñón sobre los que se desliza la cadena. Están situadas en la parte posterior de las máquinas, acopladas al eje de salida de los mandos finales (ver figura 2.20).

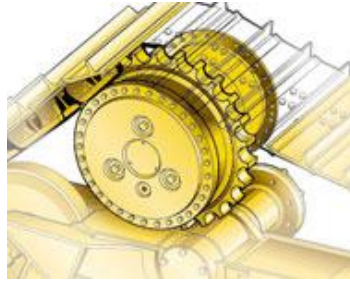


Figura 2.20 Rueda cabilla

Fuente: http://www.venequip.com/repuestos/tr_so_rc.php

Los dientes de las ruedas cabillas son fresados y mecanizados con gran precisión para evitar la concentración de cargas. Cuando el número de dientes de la cabilla es par, los casquillos encajan siempre en los mismos dientes, trabajando, por tanto, solo la mitad de estos. Para utilizar la rueda dentada completa debe desmontarse la cadena una vez que la primera mitad se ha desgastado hasta un límite prefijado y girar la rueda de diente, de modo que trabaje la otra mitad de dientes. Si el número de dientes es impar, la rueda llega hasta el final de su vida desgastando los dientes por igual, ya que en cada vuelta de aquella los casquillos se apoyan en distinta serie de dientes.

En muchos tractores, para corregir los desgastes anormales de las ruedas cabillas o motoras, se ha procedido al establecimiento de sectores atornillados al cubo central que facilitan su rápido recambio a pie de obra, dado de cualquier situación del cubo de la rueda exigiría un desacoplamiento de los mandos finales, operación ciertamente complicada para realizar.

En la rueda cabilla se observa, después de un número suficiente de horas de trabajo, el efecto de desgaste producido por el apoyo de los casquillos. Cuando el uso es correcto, esta huella está limitada por una línea recta paralela a la cresta del diente a una distancia variable de él. Con coronas y cadenas nuevas, la línea de desgaste está alrededor de 25 mm de la cresta del diente, y a medida que se desgasta, esta distancia disminuye.¹⁶

¹⁶ Manual de Maquinaria de Construcción, Autor: Manuel Díaz del Río, Mc-Graw Hill, 2ª edición, Pág. 2269

c) Rueda Tensora o Guía

Tienen por objetivo guiar y atirantar las cadenas, que van colocadas en la parte delantera del larguero. Se utilizan ruedas guías de doble disco, las que llevan en su parte central una pestaña o una guía ancha que sobresale y ajusta entre los eslabones de la cadena (ver figura 2.21).



Figura 2.21 Rueda tensora o guía

Fuente: http://img1.mlstatic.com/s_MPE_v_V_f_3849048993_022013.jpg

Está compuesta normalmente de chapa soldada y tiene también gran resistencia a la abrasión y es, como la rueda cabilla, endurecida por inducción o por tratamiento térmico en superficie.

No es normal que se presente un desgaste importante en las ruedas tensoras dado que el tratamiento térmico a que están sometidas aumenta la dureza de su superficie. En donde resultan con desgastes anormales en las palas cargadoras sobre orugas, ya que en este caso el esfuerzo de giro puede ser más importante. El recargue con soldadura eléctrica de las zonas desgastadas constituye la operación más idónea.¹⁷

d) Rodillos

Situados en la parte superior del bastidor, son el soporte del peso de la oruga, y los de la parte inferior son los que aguantan el peso de la máquina. Los rodillos giran libremente sobre su eje, y la lubricación es permanente (ver figura 2.22).

¹⁷ Manual de Maquinaria de Construcción, Autor: Manuel Díaz del Río, Mc-Graw Hill, 2ª edición, Pág. 227

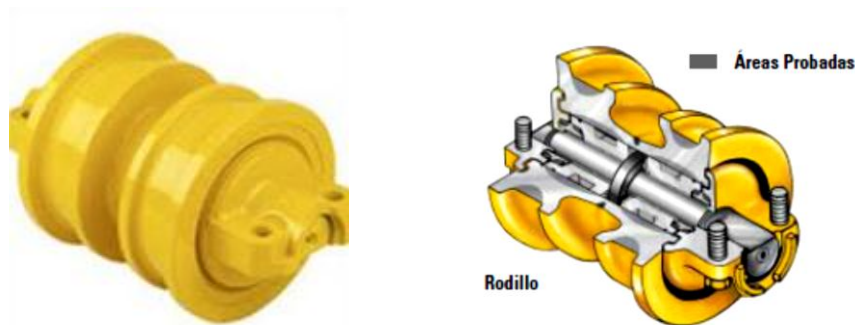
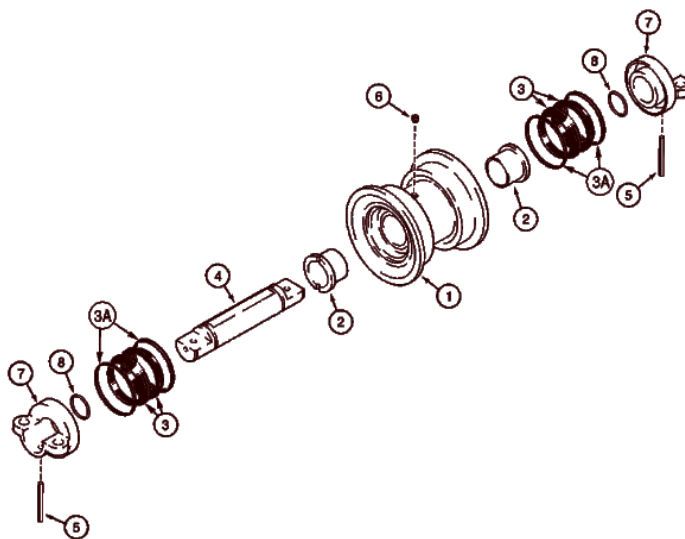


Figura 2.22 Rodillo

Fuente: <http://www.logismarket.cl/ip/cvc-rodillo-superior-e-inferior-rodillos-superiores-e-inferiores-546833-FGR.jpg>

Los rodillos de apoyo inferiores, en número de que oscila de cuatro a siete, son metálicos, construidos con un rodamiento interior o casquillos de bronce o de otro metal con gran facilidad de desplazamiento, y sumergidos en un baño de aceite protegidos por un sellado eficaz.

Los rodillos superiores tienen una construcción muy similar a los de apoyo, aunque su trabajo es menor, y se dispone en número de uno o dos.¹⁸



1 Rodillo, 2 Casquillo, 3-3A Junta hermética, 4 Eje, 6 Perno, 7 Pieza de soporte, 8 Junta hermética

Figura 2.23 Despiece Rodillo

Fuente: <http://www.viarural.com.es/agricultura/tractores/case/cosechadoras/2388/cadena-cinematica/default.htm>

¹⁸ Manual de Maquinaria de Construcción, Autor: Manuel Díaz del Río, Mc-Graw Hill, 2ª edición, Pág. 228

e) Eslabones, Casquillos y Bulones

Se utiliza para el desmontaje rápido de la cadena, siendo el ajuste lo suficientemente seguro para la operación.

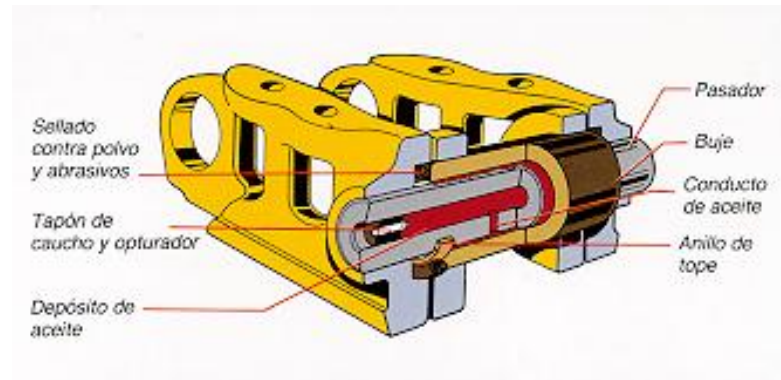


Figura 2.24 Eslabón en corte

Fuente: Pruebas de Trenes de Rodaje Caterpillar

Los eslabones forman las piezas elementales de la cadena, y aunque los de una cadena son similares a los de la otra, no son idénticos.

Los eslabones se unen entre sí por medio de los casquillos, que entran suficientemente ajustados en ambos eslabones, derecho e izquierdo, del mismo lado de la cadena, constituyendo el núcleo elemental de la misma.

Los bulones pasan por el interior de los casquillos con una cierta holgura que permite su giro, quedando fijados también a presión por elementos protectores en la parte exterior de los eslabones; el sellado de la cavidad entre casquillo y bulón se consigue por medio de ingenieros dispositivos de arandelas a presión en la mayor parte de los casos.

Dado que el movimiento de giro de la articulación tiene lugar en situación de tracción de la cadena, existe un rozamiento entre bulón y casquillo, origen del desgaste, que provoca el aumento de longitud de la cadena.

Para evitar este desgaste se ha recurrido a múltiples artificios, el más indicado es el de sellado hermético de la cadena para evitar la entrada de materias abrasivas que pudieran producir un proceso acelerado de desgaste.

Este desgaste también se evita en parte durante el proceso de fabricación de los materiales de que estén constituidos bulones y casquillos, ya que se alcanzan durezas del orden de 60 Rc en el casquillo y 62 Rc en el bulón (ver figura 2.24).¹⁹

f) Zapatas o Tejas

Elementos del tren de rodaje que sustentan la máquina y que ayudan a la tracción. Son de acero tratado para que ofrezca alta resistencia al desgaste en el exterior y al impacto en el interior.

Tiene diversas formas, según sea para fuerte penetración, gran flotabilidad, hielo, palas cargadoras frontales, etc.

La misión de las tejas es proporcionar a la máquina de cadenas un apoyo firme y suave para el desplazamiento.

Las tejas están construidas con acero de un contenido medio de carbono con superficie endurecida térmicamente.

Los factores que deben tenerse en cuenta para un tipo de cadena son:

- Flotación. Varía en función de la presión del tractor sobre el terreno. La flotación del tractor puede regularse fácilmente variando el ancho de la zapata o teja.
- Tracción. La tracción depende de la capacidad de las tejas para su penetración y resistencia al deslizamiento en el terreno, facilitando así el avance de la máquina.
- Penetración. Es la capacidad de una teja de afianzarse en el terreno. Sobre este factor se puede influir variando las garras o su número.²⁰

¹⁹ Manual de Maquinaria de Construcción, Autor: Manuel Díaz del Río, Mc-Graw Hill, 2ª edición, Pág. 229

²⁰ Manual de Maquinaria de Construcción, Autor: Manuel Díaz del Río, Mc-Graw Hill, 2ª edición, Pág. 231

Existen muchas opciones de tejas o zapatas para adaptarse a múltiples circunstancias, en la Figura 2.25, se presentan las diferentes tejas y sus características para usos diversos:

- Estándar de una garra (a). de buena penetración y tracción para condiciones medias
- Estándar descentrada (b). igual q la estándar, cuya única diferencia q posee los orificios para los tornillos a un lado de modo q la maquina pueda llevar tejas más ancha.
- De una garra para uso especial (c). mayor que la estándar, propia para abrasión o impactos que no exijan tejas para condiciones extremas.
- Para condiciones extremas (d). adecuada para condiciones difíciles.
- Estándar de abertura central (e). para evitar la acumulación de nieve o barro.
- Semicalada (f). de buena penetración en hielo o nieve compacta, autolimpiadora.
- De doble garra (g). de dos garras bajas para disminuir su desgaste, reducir resistencia en los giros.
- De triple garra (h). las garras bajas reducen la penetración y facilitan los giros.
- Teja plana para fundiciones (i). propia para suelos de hormigo y usos industriales con suelos planos.
- Plana (j). elimina en los giros los esfuerzos del tren de rodaje, en terrenos rocosos.
- De centro plano (k). de igual características que las planas pero con mejor tracción y penetración.
- De caucho (l). propia para superficies planas y lisas.
- Calada (m). su diseño abierto la hace autolimpiadora, útil para barro o nieve.
- De acero al manganeso (n). para terrenos muy rocosos.
- Garra para hielo y tierra (o). penetra bien en terreno congelado.
- Garra para hielo (p). con buena penetración en hielo y barro congelado.
- Garra para tierra (q). para suelos formados por tierras.
- Planchas para calles (r). para evitar daños en pavimentos.

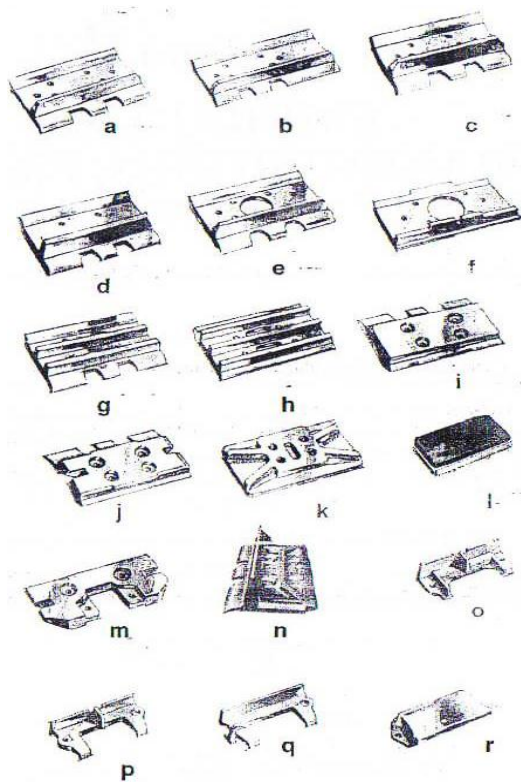


Figura 2.25 Tipos de zapatas

Fuente: Manual de Maquinaria de Construcción, Autor: Manuel Díaz del Río.

g) Cadena

Toma en nombre de cadena una vez que a la oruga se han colocado las tejas y zapatas, la oruga en si consta de una verdadera cadena de rodillos con zapatas atornilladas en ella. Cada par de eslabones se unen entre sí con un buje que va en el extremo de uno de ellos. Se coloca un pasador en el buje que sostiene los extremos que sobresalen del siguiente par de eslabones (ver figura 2.26).



Figura 2.26 Cadenas

Fuente: <http://www.fudeaexcavatorpart.es/product/4-5-1b.jpg>

La superficie interior del riel o cadena de la oruga tiene la forma a propósito para constituir una vía pareja para soportar rodillos y la rueda guía. La superficie exterior esta aplanada y provista de algunos agujeros para los pernos de las zapatas o cojinetes.

2.3.2 Tipos de Tren De Rodaje

Dentro de los distintos tipos de maquinaria que se desplazan sobre cadenas u orugas de goma existentes en el mercado, fácilmente se puede distinguir dos tipos de trenes de rodaje.

Los utilizados en los tractores de orugas o cadenas dentro de los cuales existen dos diseños básicos: uno llamado convencional o semirrígido y uno elástico.

a) Tren de Rodaje Semirrígido o Convencional.

Conjunto de piezas que sirve para el desplazamiento y el sustento del tractor, semirrígido en tres puntos con eje oscilante de los carros suministra unas propiedades tractoras altas, la disminución de las cargas de impacto sobre el tren de rodaje, mejorando las condiciones de trabajo, constituido por: bastidor, ruedas guías, ruedas cabillas rodillos, zapatas o tejas.

b) Tren de Rodaje Elástico.

Provistos de dos ruedas de camino y un rodillo de retorno sobre los que se apoya el chasis mediante ballestas elásticas de suspensión. Eran complementados por otros dos rodillos de retorno. La rueda propulsora está situada al frente.

c) Rodajes de Excavadoras

Los utilizados en las excavadoras de cadenas que se caracterizan por ser de chasis rígido, que está compuesto por carriles de acero soportados sobre los cuales avanza la máquina. Se impulsa desde la parte posterior por medio de una rueda dentada llamada matriz, las cuales son impulsadas por dos motores hidrostáticos que le dan el movimiento a la cadena ver figura (2.27).

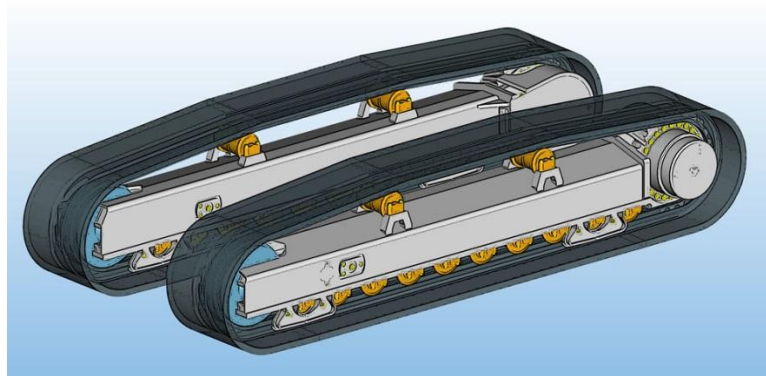


Figura 2.27 Tren de Rodaje Excavadora

Fuente:

http://www.sampierana.it/media/upload/image/cingolati/samp1/10_A_sottocarro_sc9024.jpg

Estas máquinas precisan desplazamientos mucho menores que los tractores, por lo que sus trenes de rodaje son esencialmente distintos.

En las excavadoras, las ruedas motoras o tensoras son de un perfil especial que auto-elimina la suciedad, barro, tierra, etc.; los eslabones forman por lo general una sola pieza con las tejas; no se emplea normalmente el casquillo como elemento de unión, sino simplemente un bulón con un fiador que impide su salida.

La superficie de apoyo es normalmente plana y no tiene los realces de que disponen las tejas de los tractores de orugas o cadenas.

El apoyo se realiza por rodillos en la parte superior e inferior o bien por ruedas que al estar fijas en el bastidor de la oruga producen el apoyo en la parte superior e inferior de la oruga simultáneamente.

2.3.3 Factores que Determinan la Duración del Tren de Rodaje.²¹

Existen tres categorías en las cuáles se pueden clasificar los factores que afectan y acortan la vida útil del tren de rodaje de una maquina con cadenas, estas son:

Factores controlables (dirección, operador)

Factores no controlables (suelo y condiciones de terreno)

²¹ Manual de Servicio Especial Caterpillar, Pág. 11

Factores parcialmente controlables (aplicación)

a) Factores Controlables

a.1 Ajuste y tensión de las cadenas:

La tensión y ajuste adecuados de las cadenas varía para cada tipo de máquina, pero la importancia de esto es igual en todas las máquinas.

Unas cadenas muy tensionadas pueden acortar hasta tres veces la duración del tren de rodaje, al aumentar la fricción entre los bujes y los elementos de contacto.

Es también posible que el aumento de calor y los esfuerzos provocados por la tensión excesiva de las cadenas afecten la integridad de los sellos.

a.2 Guía de tensión de las cadenas.

La distancia X es la que hay entre el punto más bajo de la comba que se forma entre el primer rodillo superior y la rueda guía o tensora, tomado desde la vena o garra de la zapata hasta la regla o barra auxiliar (ver figura 2.28).

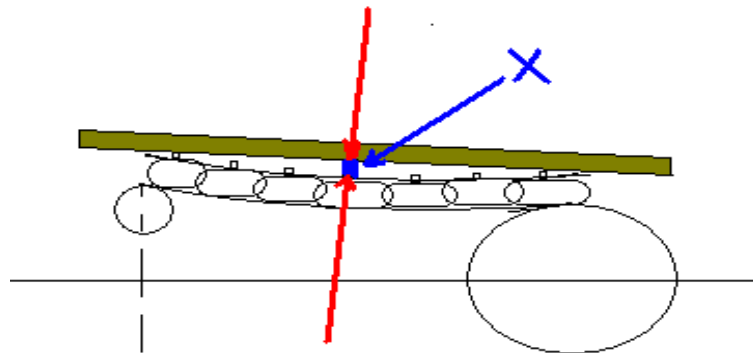


Figura 2.28 Factores Controlables
Fuente: Tren de Rodaje, Ing. Víctor Daniel Martínez

Para Bulldozer la distancia X debe ser aproximadamente 50 mm (2in)

Para Excavadora desde 11 Ton. Puede ajustarse entre 40mm y 55mm.

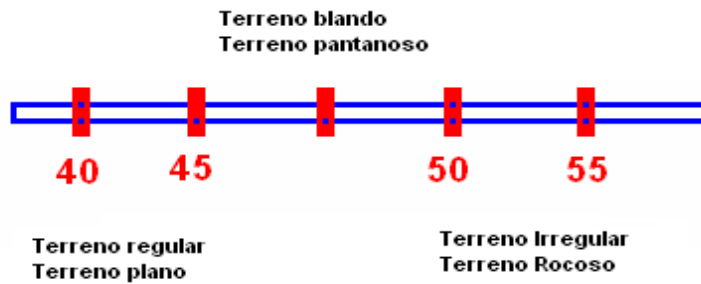


Figura 2.29 Factores Controlables
 Fuente: Tren de Rodaje, Ing. Víctor Daniel Martínez

a.3 Alineación:

La alineación del sistema es vital para garantizar un desgaste uniforme en todos los elementos que componen el tren de rodaje.

Diferencias evidentes entre el desgaste de uno o varios elementos en sus caras internas y externas, entre elementos iguales del lado derecho o izquierdo de la maquina son un indicio de problemas de alineación.

Algunos tipos de desalineación son:

a.4 Asociados al bastidor:

Convergencia / Divergencia de los bastidores

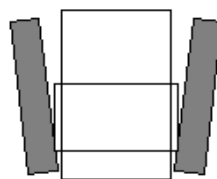


Figura 2.30 Convergencia / Divergencia
 Fuente: Manual de servicio especial Caterpillar

Inclinación uno o los dos bastidores

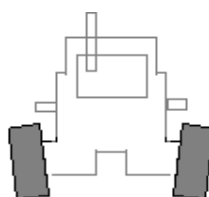


Figura 2.31 Inclinación uno o los dos bastidores

Fuente: Manual de servicio especial Caterpillar

Torcimiento de los bastidores

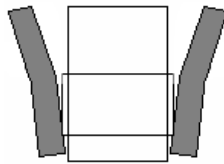


Figura 2.32 Torcimiento de los bastidores

Fuente: Manual de servicio especial Caterpillar

a.5 Asociados a rueda tensora o rueda motriz:

Desplazamiento lateral.

Torcimiento o inclinación

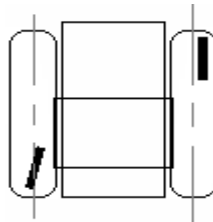


Figura 2.33 Desplazamiento lateral.

Fuente: Manual de servicio especial Caterpillar

b) Factores No Controlables.

b.1 Condiciones de la Aplicación.

Explicación y carga con empuje: El esfuerzo se concentra hacia delante, causando mayor desgaste en ruedas guías y rodillos delanteros.

Desgarramiento con ripper: El esfuerzo se concentra hacia atrás, causando mayor desgaste en las ruedas motrices y rodillos traseros.

Carga de volquetas: La concentración del esfuerzo cambia y se combina hacia atrás y hacia delante, y hacia la izquierda o derecha según el lado.

Excavación: La concentración del esfuerzo cambia y se combina hacia atrás y hacia delante, y hacia la izquierda.

c) Factores Parcialmente Controlables.

Los factores parcialmente controlables son también llamadas condiciones de operación y son función directa de lo que el operador hace en la máquina.

c.1 Velocidad

El desgaste es función directa de la velocidad: A medida que aumenta la velocidad aumenta el desgaste, debido al calentamiento y cargas causadas como vibración e impacto.

En este caso el desgaste es en todos los elementos del tren de rodaje:

- Cadena
- Rueda Guía
- Rodillos
- Ruedas motrices
- Zapatas

El retroceso a alta velocidad aumenta aún más el desgaste por el diseño de las cadenas.

c.2 Virajes / Giros

Cuanto mayor es el número de giros, mayor es el desgaste. Se afectan principalmente los rodillos y los eslabones de las cadenas y ruedas guías particularmente en sus rieles y pestañas.

Los virajes en retroceso aumentan más el desgaste en relación con los giros en marcha adelante.

Girar siempre en una misma dirección, desgastará disparejo un lado respecto del otro.

c.3 Giro en Falso

El desgaste de las garras o venas de las zapatas es todavía más crítico cuando las cadenas giran en falso debido al patinaje de la oruga, se debe evitar girar en falso y tener las precauciones necesarias cuando el terreno es de difícil agarre para las cadenas.

2.4 Sistema de Transmisión de Potencia

2.4.1 Tren completo de potencia.

Un tren de potencia característico empieza desde el motor al eje impulsor. Las partes de que se compone comúnmente son las siguientes:

- Embrague: artefacto que conecta o desconecta dos dispositivos de transmisión de torque.
- Transmisión: dispositivo para transmitir potencia en varias relaciones de velocidad y torque.
- Diferencial: dispositivo que permite que dos ruedas giren a distintas velocidades.
- Toma de fuerza: partes que transmiten el torque desde el motor hasta accesorios.
- Embragues de la dirección: transmiten o cortan el movimiento a las ruedas motrices.
- Freno: dispositivo que detiene el movimiento del tractor.
- Mandos finales: la flecha y las partes de conexión que transmiten el torque desde el diferencial, o del engrase final de reducción de las ruedas.

2.4.2 Embrague

El embrague del motor o embrague principal es generalmente del tipo de un solo disco seco, operado por una palanca de mano con seguro. Unas cuantas de las maquinas más grandes tienen reforzadores hidráulicos para facilitar la operación del embrague.

Los tractores de oruga proyectados para cargadores frontales pueden tener embragues especiales para este servicio tan pesado. Por ejemplo los Caterpillar usan un embrague “mojado” de dos discos que trabajan rociados constantemente por aceite bombeado. Por supuesto estos discos tienen recubrimientos especiales proyectados para agarrar cuando están mojados en aceite.²²

Otras máquinas pueden usar un embrague que es casi ordinario, excepto en que el plato que es casi ordinario puede tener varios discos de cerámica.

Todas las máquinas tienen embrague excepto las que tienen convertidores de par (automáticos), o transmisiones hidráulicas.

2.4.3 Transmisión Mecánica.

Un sistema de transmisión de potencia para tractor tiene dos funciones. Además de transmitir la potencia del motor a las ruedas también, dentro de sus límites de diseño, permite cambiar el torque del motor y la velocidad en el torque y la velocidad requerida por las ruedas para cada tarea.

Una clasificación de transmisiones de tractor puede hacerse de la siguiente forma:

- De engrane selectivo, relación fija
- De engrane selectivo, relación fija más un planetario
- Planetarios en serie
- Hidrodinámica
- Hidrostática

La transmisión es una unidad compacta para el servicio pesado. Los engranes deslizantes se están reemplazando por los de tipo helicoidal de acoplamiento constante. El número de velocidades de la transmisión varía en los diferentes modelos. Pueden ser de dos a ocho velocidades hacia adelante y de una a seis velocidades de reversa.

²² Reparación de la Maquinaria Pesada, Autor: Herbert L., Continental, 5ª edición, Pág. 496

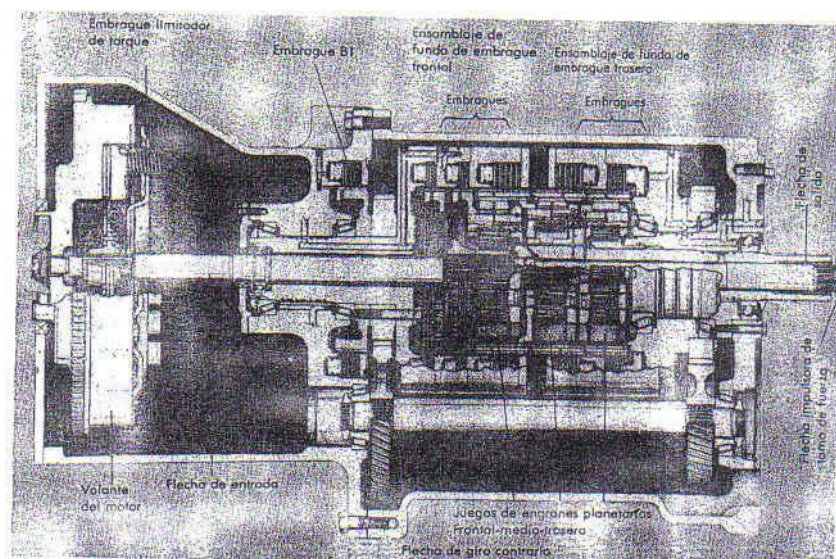
Cuando lleva más de una velocidad de reversa, la transmisión frecuentemente es compuesta, con dos grupos de engranes en serie que se pueden cambiar operados por palancas. Una de ellas controla las velocidades y la otra únicamente controla la marcha hacia adelante o de reversa.

La operación de los cambios de velocidad se dificulta debido que los engranes rectos o convencionales y la rápida desaceleración del tractor imposibilitan hacer los cambios con el tractor en movimiento, por ello para realizar los cambios de velocidades es necesario que el tractor este detenido completamente.

a) Transmisión de engranes planetarios:²³(ver figura 2.34) Apilando o colocando en serie los juegos de engranes planetarios, es posible el desarrollar una transmisión que pueda ser cambiada de cualquier engranaje de marcha, mientras la fuerza le está siendo transmitida.

Dicha transmisión es conocida como transmisión de fluctuación completa o parcial, lo cual significa que pueden efectuarse los cambios bajo de fuerza a través de una fluctuación parcial o completa

En este tipo de transmisión tenemos tres planetarios simples acoplados con una flecha individual produciéndose 6 relaciones hacia adelante y una de reversa.



²³ Tractores Diseño y Funcionamiento, Autor: Carleton M., Limusa 1984, México, Pág. 345

Fig. 2.34 Transmisión de engranes planetarios

Fuente: Tractores Diseño y Funcionamiento

Seis embragues tipo disco son utilizados, un embrague estacionario marcado como B1 y cinco embragues rotatorios marcados A1, B2, A2, C1, y C2. Estos cinco embragues rotatorios están unidos a dos montajes rotatorios mayores; el montaje de embrague delantero está constituido por los embragues A1, B2 y A2 y el montaje del embrague trasero está constituido por los embragues C1 y C2. Una sola flecha acopla estos dos montajes rotatorios. El mecanismo de engrane planetario completo se localiza dentro del ensamble del embrague rotatorio. La salida se completa engranando los embragues en cada relación siguiendo la tabla de frecuencia de la figura 2.35. Nótese que todos los cambios de relación son complementados por una sola transición de embrague; solo un embrague es desacoplado mientras el otro el acoplado para obtener la relación siguiente. Un embrague de límite de torque es abastecido en la flecha de entrada de la transmisión. La flecha de entrada se continua a través de la transmisión e impulsada el tren de engranes de la toma de fuerza independiente y una bomba hidráulica.

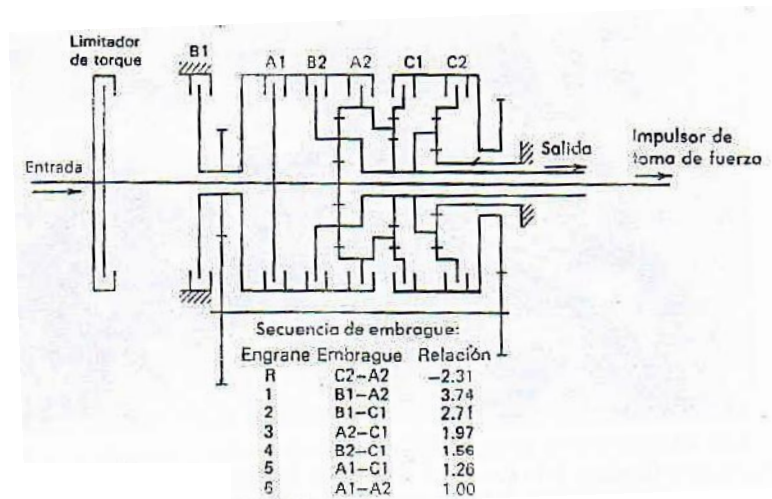


Fig. 2.35 Diagrama esquemático transmisión de engranes planetarios

Fuente: Tractores Diseño y Funcionamiento

b) Transmisión selectiva de engranes: (ver figura 2.36) Es el tipo de transmisión más simple y económica. Las tres velocidades hacia adelante más al reversa están

combinados con un juego de engranes planetarios de alta y baja para dar seis velocidades hacia adelante y dos de reversa.²⁴

El juego de engranes planetarios en la parte izquierda de la transmisión es acoplada manualmente cuando la fuerza no está siendo transmitida.

Algunos fabricantes disponen de un cuarto engrane selectivo justamente el cual sirve para impulsar la toma de fuerza.

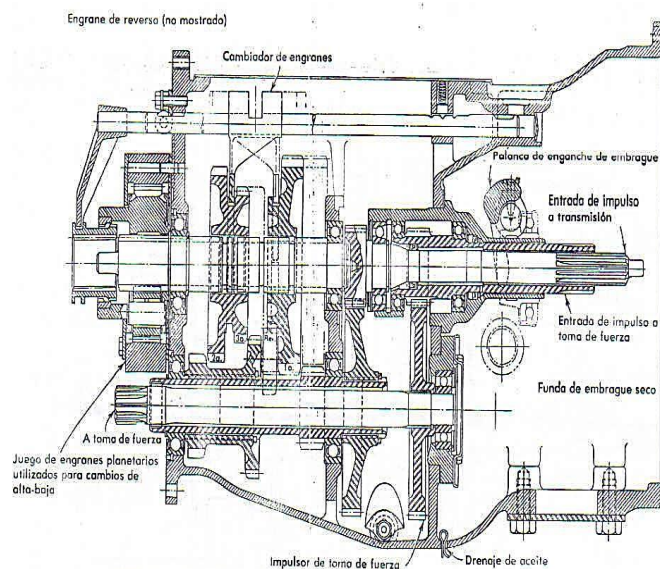


Fig. 2.36 Transmisión selectiva de engranes

Fuente: Tractores Diseño y Funcionamiento

c) Transmisión hidrostática: (ver figura 2.37) En este caso la parte hidrostática del tren de engranes fue diseñada para ser colocada dentro del mismo espacio como una transmisión de engranes convencional. Dicha disposición se utiliza mucho en tractores pequeños para prado y jardín y en unos cuantos tractores agrícolas de tamaño pequeño o mediano.

Otro arreglo muy común de una transmisión hidrostática es separar el motor o motores hidráulicos de la bomba para colocarlos directamente sobre las ruedas

²⁴ Tractores Diseño y Funcionamiento, Autor: Carleton M., Limusa 1984, México, Pág. 348

impulsoras. Dicho arreglo permite mayor flexibilidad en localizar las ruedas impulsoras y eliminar la necesidad de un diferencial.

Una protección de sobrecarga puede incorporarse fácilmente al sistema. Los cambios de velocidad pueden ser efectuados más rápidamente y con mayor suavidad que con las transmisiones de tipo engrane. Los frenos pueden también ser una parte del sistema.²⁵

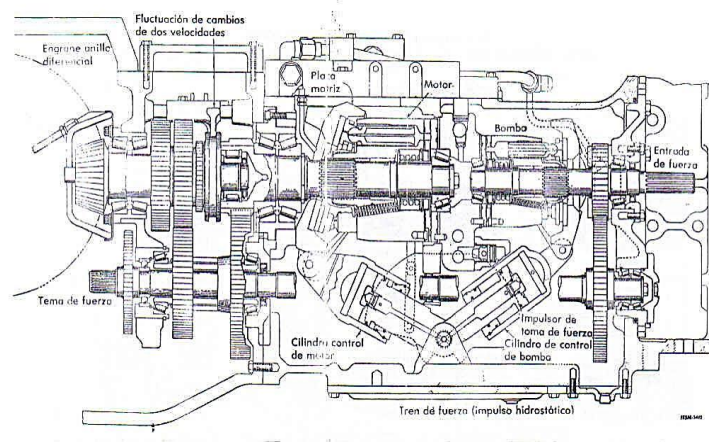


Fig. 2.37 Transmisión hidrostática.

Fuente: Tractores Diseño y Funcionamiento

Con el funcionamiento del motor de combustión interna, se logra suministrar energía mecánica a una bomba hidráulica, la que a su vez transforma esta energía en energía hidráulica llegando a un motor hidráulico que nuevamente transforma energía hidráulica en energía mecánica para accionar las ruedas motrices. Emplean líquidos a grandes presiones a baja velocidad. El funcionamiento de las transmisiones hidrostáticas se basan en los siguientes principios: el de que los líquidos no tienen forma propia y el de que los líquidos no son compresibles.

Existen tres factores que condicionan el funcionamiento de una transmisión hidrostática:

- El caudal de aceite; que determina la velocidad.
- La dirección en que circula el aceite; determina el sentido de giro.

²⁵ Tractores Diseño y Funcionamiento, Autor: Carleton M., Limusa 1984, México, Pág. 350

- La presión de aceite; determina la potencia transmitida.

Estos factores se pueden variar de tal forma que se pueden obtener una gama infinita de velocidades y pares motores.

2.4.4 Diferencial.

La fuerza del motor se aplica a la corona del diferencial por medio de un piñón que la ataca. La corona y los planetarios transmiten la fuerza a los palieres, mientras que los satélites son los encargados de asegurar el efecto diferencial.

Los cuatro satélites y los dos planetarios giran con la corona diferencial como un conjunto único (ver figura 2.38). Cuando el vehículo toma una curva la única rueda que queda girando es la exterior. Cuando la resistencia encontrada por las ruedas motrices es desigual, siempre gira más a prisa la que encuentra menos resistencia; sin embargo cada rueda desarrolla la fuerza de tracción que le corresponda aunque a diferente velocidad.

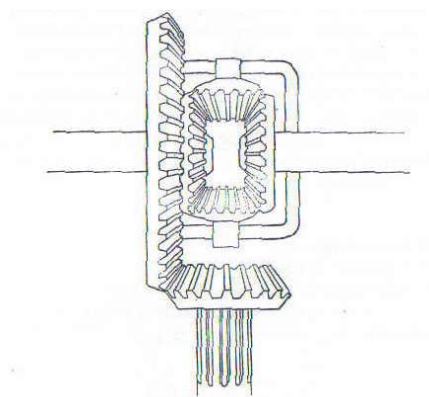


Fig. 2.38 Diferencial convencional de engranes cónicos

Fuente: Tractores Diseño y Funcionamiento

2.4.5 Toma de Fuerza.²⁶

La toma de fuerza ordinaria es una conexión que hace girar una flecha insertada a través de la pared trasera de la caja de engrane. Se usa para impulsar accesorios como las unidades de control de cable, un malacate o una bomba hidráulica. Si la transmisión es compuesta, la toma de fuerza puede tener dos relaciones de

²⁶ Reparación de la Maquinaria Pesada, Autor: Herbet L., Continental 5ª edición, Pág. 500

engranes, de otra manera su velocidad su velocidad se controla únicamente con el motor. Se conecta desconectando el embrague del motor, acoplando una quijada deslizante, conectando luego el embrague. Generalmente la toma de fuerza gira más lentamente que el motor. Funciona en neutra o en cualquier velocidad, pero no cuando el embrague del motor esta desconectado. No le afectan los embragues de la dirección.

Se puede impulsar una toma de fuerza por medio de una flecha dentro de un eje del embrague o de la transmisión, o puede estar en la parte delantera movida por una extensión del cigüeñal del motor.

Las tomas de fuerza vivas pueden o no tener sus propios embragues o mecanismos de desconexión, pero con frecuencia no los tienen.

2.4.6 Embragues de la Dirección.²⁷

Los embragues de la dirección son básicamente los componentes que permiten el giro del tractor al poder acoplar o desacoplar el movimiento transmitido desde el diferencial hacia las ruedas motrices.

Componentes principales en el embrague de dirección

Los Embragues de dirección se conecta hidráulicamente y sus principales componentes son:

- Platos del embrague
- Discos del embrague
- Pistón del embrague
- Caja del embrague
- Masa de entrada
- Masa de salida.

²⁷ Tren de Fuerza I, Finnin Cat, Pág. 79

a) Masa De Entrada

La masa de entrada transfiere potencia desde el semieje interior a la caja del embrague. La masa de entrada está empalmada por estrías al semieje interior (ver figura 2.39).

b) Masa De Salida

La masa de salida transfiere potencia desde la caja del embrague al semieje exterior. La masa de salida está empalmada en estrías al semieje exterior (ver figura 2.39).

c) Discos De Embrague

Los discos del embrague giran con la masa de entrada y son empujados contra los platos del embrague para transmitir potencia a la caja del embrague. Están empalmados por estrías a la masa de entrada y son enfriados por aceite (ver figura 2.40).

d) Platos De Embrague

Los platos del embrague están empalmados por estrías a la caja del embrague y la hacen girar cuando el pistón empuja los discos contra los platos, la potencia se transmite a la masa de salida a través de la caja del embrague (ver figura 2.40).

e) Pistón De Embrague

Al accionarse hidráulicamente el pistón del embrague, empuja a los discos y a los platos conjuntamente para conectar la masa de entrada a la caja del embrague (ver figura 2.40).

f) Caja De Embrague

La caja del embrague esta empalmada por estrías a la masa de entrada. La masa de entrada hace girar a la caja del embrague cuando los discos y platos se conectan (ver figura 2.40).

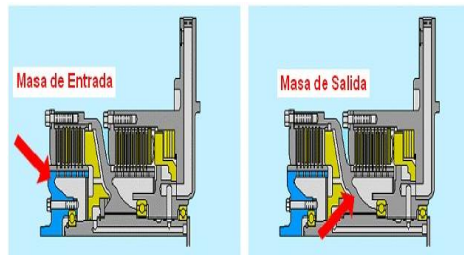


Figura 2.39 Masa de entrada y salida

Fuente: Finning Cat, Tren de Fuerza I

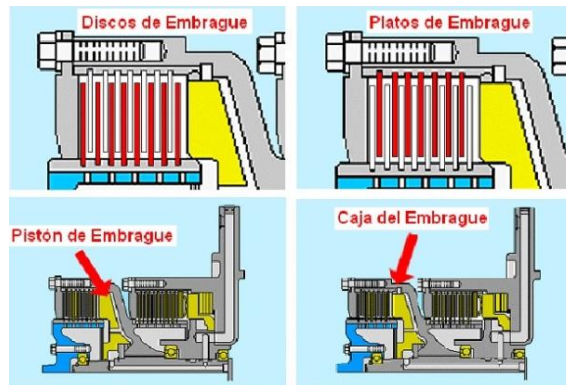


Figura 2.40 Embrague

Fuente: Finning Cat, Tren de Fuerza I

2.4.7 Frenos.²⁸

Los frenos son de discos múltiples, enfriados por aceite, se aplican por la acción de un resorte y se liberan hidráulicamente (ver figura 2.41). Disminuyen la velocidad de la máquina o la detienen completamente. También ayudan en los giros. Los componentes principales son:

- Resorte tipo arandela Belleville.
- Discos
- Platos
- Pistón
- Caja de freno

El resorte tipo arandela empuja el pistón para aplicar los frenos. El pistón empuja discos y platos por la acción del resorte. Se retrae por acción hidráulica.

²⁸ Tren de Fuerza I, Finning Cat, Pág. 82

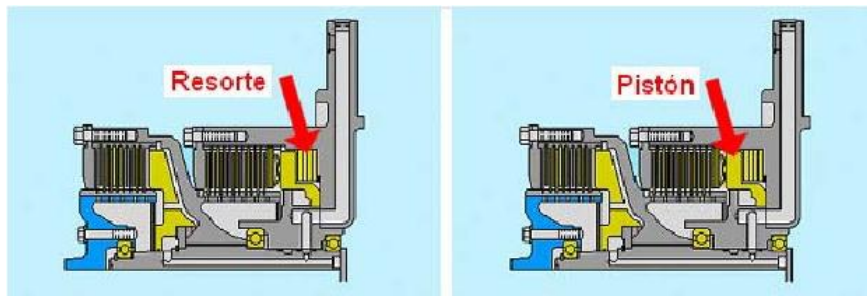


Figura 2.41 Frenos
Fuente: Finning Cat, Tren de Fuerza I

a) Platos de Freno

Los platos de los frenos están empalmados a la caja de los frenos la que se mantiene fija. Cuando el pistón empuja los discos sobre los platos, la caja del embrague reduce la velocidad o se detiene manteniendo inmóviles la masa de salida y el semieje exterior.

b) Discos de freno

Los discos de los frenos están empalmados por estrías a la caja del embrague y giran con esta. Cuando el pistón empuja los discos de los frenos contra los platos, la caja del embrague reduce la velocidad o se detiene, manteniendo inmóviles la masa de salida y el semieje exterior.

c) Caja de freno

La caja de los frenos está empernada a la punta del eje y se mantiene fija. Cuando se conectan los frenos la caja del embrague se traba a la caja de los frenos para reducir la velocidad o detener el tractor.

2.4.8 Mandos finales

Son el último eslabón de la transmisión, consiste en un juego de engranes lubricados por inmersión del tipo sencillo o de doble reducción. El engrane impulsor grande está unido a un eje corto que hace girar la Catarina que impulsa a su vez la oruga, tiene por objeto aumentar el par de torsión de las ruedas motrices. Las grandes máquinas llevan mandos finales a los que se conectan los semiejes de las ruedas motrices (ver figura 2.42).

Las transmisiones finales requieren de poco o ningún ajuste hasta se gastan o rompen.

Tipos de transmisiones finales:

- De eje recto.
- De piñón y engranaje recto.
- Epicicloidal.
- Por cadena.

A excepción del primero, todos reducen la velocidad de giro.

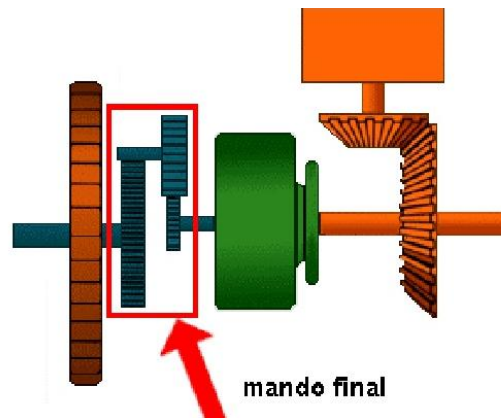


Figura 2.42 Mando Final
Fuente: Finning Cat, Tren de Fuerza I

2.5 Sistema Hidráulico

Los mecanismos que utilizan la maquinaria móvil con el pasar del tiempo han llegado a evolucionar hasta incorporar sistemas hidráulicos.

Un circuito hidráulico, sea simple o complejo, utiliza los siguientes principios hidráulicos básicos:

Un líquido puede asumir cualquier forma y puede ser bidireccional sin que esto afecte el movimiento libre del flujo (ver figura 2.43)

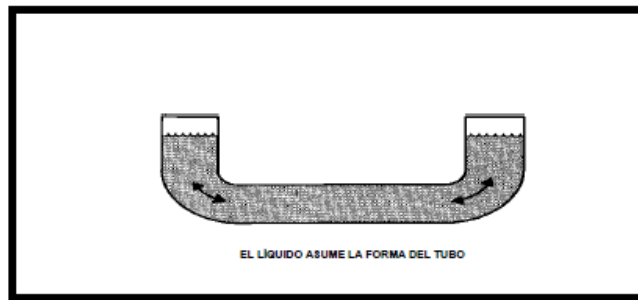


Figura 2.43 Líquido Bidireccional

Fuente: Diagrama hidráulico hidrostático y equipo de prueba, Toro

La ley de Pascal sostiene que cuando un fluido dentro de un contenedor es sometido a presión, la presión se transmite igualmente en todas direcciones y a todas las caras del contenedor. Éste es el principio que se usa para extender el ariete en un cilindro hidráulico (Figura 2.44).

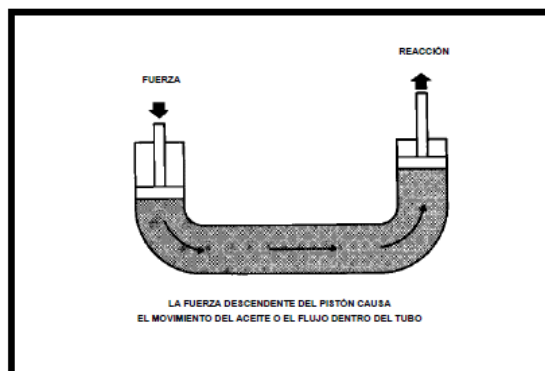


Figura 2.44 Principio de Pascal

Fuente: Diagrama hidráulico hidrostático y equipo de prueba, Toro

Al fabricar los contenedores o cilindros de diferentes tamaños, aumenta la ventana mecánica en la fuerza de trabajo (Figura 2.45).²⁹

²⁹ Diagrama hidráulico hidrostático y equipo de prueba, Toro, Pág. 2

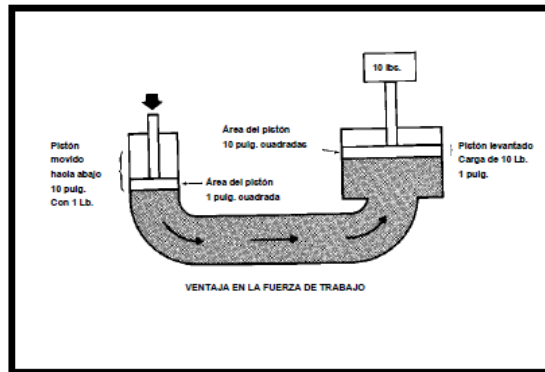


Figura 2.45 Ventaja en la Fuerza de Trabajo

Fuente: Diagrama hidráulico hidrostático y equipo de prueba, Toro

2.5.1 Componentes del Sistema Hidráulico

Los elementos que son necesarios para que un sistema hidráulico funcione son los siguientes:

- Tanque de almacenamiento de aceite,
- Fluido hidráulico (aceite),
- Líneas de conexión,
- Válvulas,
- Bombas
- Actuadores.
- Filtros hidráulicos.

a) Tanque de Almacenamiento de Aceite.

El principal objetivo de los tanques hidráulicos es garantizar que el sistema hidráulico tenga siempre un amplio suministro de aceite.

Los también se utilizan para otros fines: las paredes de los tanques disipan el calor que se acumula en el aceite hidráulico, los deflectores de los tanques ayudan a separar el aire y a la condensación de aceite. Además, algunos contaminantes se sientan en el fondo del tanque, donde se pueden extraer.

a.1 Tipos de Tanques Hidráulicos

En los sistemas hidráulicos móviles se utilizan dos tipos de tanques:

- Los ventilados,
- Los pulverizados

El tanque ventilado respira, permitiendo que haya compensación de presión cuando se producen cambios en los niveles de aceite y de temperatura.

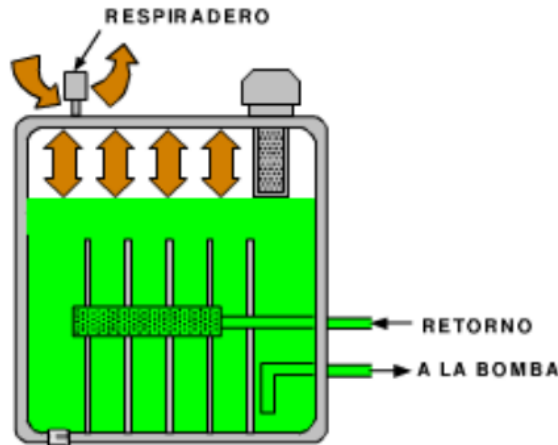


Figura 2.46 Tanque Hidráulico Ventilado

Fuente: <http://cursos.aiu.edu/Sistemas%20Hidraulicas%20y%20Neumaticos/PDF/Tema%201.pdf>

Los tanques presurizados están sellados de la atmósfera, evitando que penetre en ellos la suciedad y la humedad. La presión interna también empuja el aceite hacia la bomba evitando la cavitación de la misma.

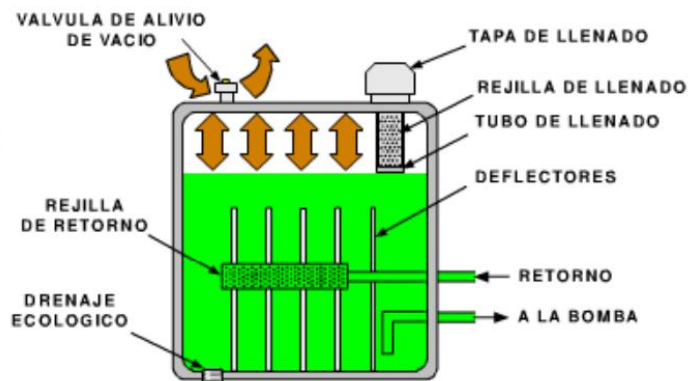


Figura 2.47 Tanque Hidráulico Presurizado

Fuente: <http://cursos.aiu.edu/Sistemas%20Hidraulicas%20y%20Neumaticos/PDF/Tema%201.pdf>

Algunos tanques presurizados tienen bombas de aire externas que presurizan el tanque, otros utilizan la presión que se genera naturalmente a medida que se calienta el fluido hidráulico.

b) Componentes del Tanque

En los tanques hidráulicos podemos encontrar los siguientes elementos:

1. Tubo de llenado
2. Filtros internos
3. Mirilla
4. Tubería de retorno
5. Tapón de drenaje
6. Salida de la bomba
7. Plancha deflectora
8. Válvula de alivio
9. Respiradero

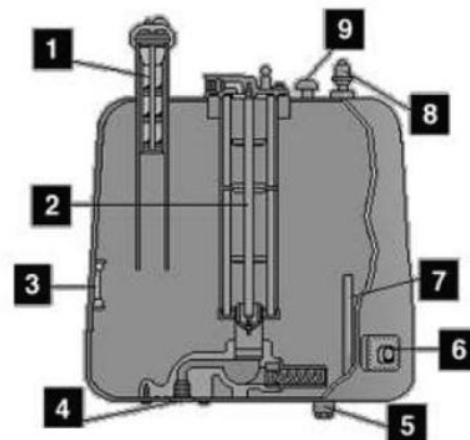


Figura 2.48 Tanque Hidráulico

Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos82/disenio-instalacion-circuitos-hidraulicos-potencia/image014.jpg>

b.1 Tubo de Llenado

El tubo de llenado es el punto de entrada para añadir aceite. La tapa evita que los contaminantes entren en el tanque por el tubo de llenado. La rejilla elimina los contaminantes del aceite a medida que el aceite entra en el tubo de llenado.

b.2 Filtros Internos

Muchos tanques tienen filtros internos que limpian el aceite de retorno.

b.3 Indicador de Mirilla

La mirilla permite inspeccionar visualmente el nivel de aceite actual que tiene el tanque así como los niveles máximos y mínimos de aceite.

b.4 Tubería de Retorno

La tubería de retorno devuelve al tanque el aceite procedente del sistema.

b.5 Tapón de Drenaje.

El tapón de drenaje puede quitarse para drenar el aceite. Puede ser magnético para atraer y ayudar a eliminar las partículas de metal que contaminan el aceite.

b.6 Salida de la Bomba

La salida de la bomba es un pasaje de flujo de aceite que va desde el tanque a la bomba.

b.7 Plancha Deflectora

Las planchas deflectoras separan las zonas de retorno del tanque y dirigen el flujo de aceite en el tanque. Los deflectores aumentan el tiempo que el aceite permanece en el tanque, permitiendo que los contaminantes se asienten, que se evapore el agua y se separe el aire del aceite.

Además, los deflectores reducen las salpicaduras de aceite dentro del tanque ocasionadas por el movimiento que se genera en el trabajo. La plancha deflectora de retorno evita que el aceite de retorno agite el aceite que se encuentra en el tanque.

b.8 Válvula de Alivio

La válvula hidráulica de alivio se utiliza en tanques presurizados. A medida que el aceite se calienta, la presión aumenta y la válvula se abre, evitando el exceso de presión rompa el tanque. A medida que el aire se enfría y la presión descende, la válvula se abre para evitar que el vacío resultante desplome el tanque.

b.9 Respiradero

El respiradero permite la entrada y salida del aire ventilado de los tanques. Tiene un filtro para evitar que la suciedad penetre y está situado más arriba del nivel de aceite del tanque.

c) Líneas de Conexión³⁰

c.1 Tubos

Un tubo es una tubería hidráulica rígida, generalmente hecha de acero. Los tubos se utilizan para conectar los componentes que no rozan unos con otros. En general, los tubos también requieren menos espacio que las mangueras y pueden conectarse firmemente a la máquina, dando mayor protección a las tuberías y una mejor apariencia general a la máquina.

c.2 Mangueras

Las mangueras hidráulicas están sometidas a condiciones extremas como diferencias de presión durante el funcionamiento y exposición al clima, el sol, agentes químicos, condiciones de operación en alta temperatura o manipulación inapropiada durante el funcionamiento o mantenimiento. Las mangueras que se mueven durante la operación son más susceptibles a estas condiciones que las fijas (ver figura 2.49).



Figura 2.49 Mangueras

Fuente: http://static.multipino.es/photoOffer/p/418119_p.jpg

c.3 Construcción de las Mangueras

Las mangueras se hacen de diferentes capas de espiral. El tubo interior de polímero transporta el aceite. Una capa de alambre de refuerzo o envoltura de fibra sostiene al tubo interior. Si hay más capa de refuerzo, están separadas por

³⁰ Localización y Solución de Problemas de Componentes Hidráulicos, ASERCAP, Pág.14

una capa de fricción de polímero. La cubierta exterior protege a la manguera del desgaste (ver figura 2.50).

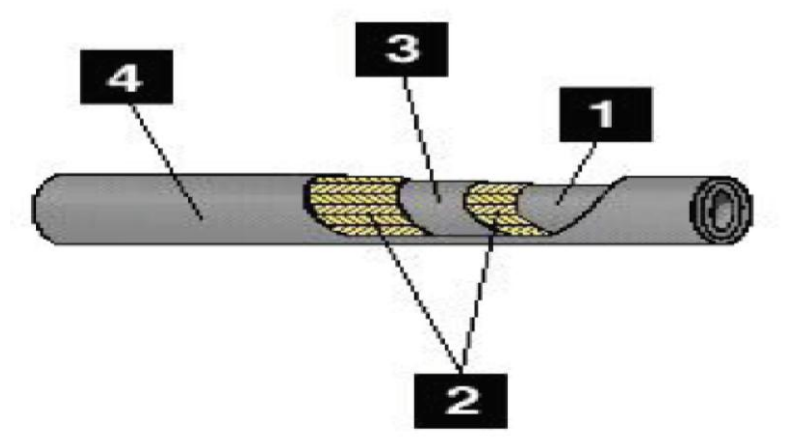


Figura 2.50 Construcción de Mangueras
Fuente: ASERCAP

c.4 Tipos de mangueras

La selección de mangueras dependerá de su uso (temperatura, fluido a transportar, etc.) y desde los niveles de presión que soportará el sistema. En la tabla 2.1 muestra los niveles de presión que soporta cada tipo de manguera CAT.

Tabla 2.1 Tipos de mangueras

Fuente: Especificaciones Mangueras CAT

Tipo de Manguera		Nivel de Presiones
1	XT-3 (Cuatro espirales)	250-4000 PSI
2	XT-5 (cuatro / seis espirales)	5000 PSI
3	XT-6 (Seis espirales)	6000 PSI
4	716 (de una malla de alambre)	625-2750 PSI
5	844 (succión hidráulica)	100-300 PSI
6	556 (de una malla cubierta con tela)	500-3000 PSI
7	1130 (Motor / frenos de aire)	250-1500 PSI
8	1028 (Termoplástico)	1250-3000 PSI
9	294 (de dos mallas de alambre)	2250-5800

c.5 Conexiones

Conexiones es un término que se refiere a una serie de acoplamientos, bridas y conectores que se utilizan para conectar mangueras y tubos a los componentes hidráulicos.

c.6 Acoplamientos

Acoplamientos son las conexiones que se utilizan para conectar las mangueras a los componentes o a otras tuberías.

- Rebordeados.
- Permanentes
- De bajo índice de falla
- Funcionan bien en todas las aplicaciones de presión



Figura 2.51 Acoplamiento Rebordeado
Fuente: ASERCAP

c.7 Tipos de Conectores Roscados.

- **Macho de sello anular de rosca SAE**

Se recomienda para lograr un control óptimo de las fugas en las conexiones de lumbrera de los sistemas de presión media y alta. El macho tiene una rosca recta y un sello anular. La lumbrera hembra tiene una rosca recta y una ranura para el sello anular.



Figura 2.52 Conector Macho y Hembra
Fuente: ASERCAP

- **JIC 37°**

Muy común en sistemas hidráulicos. Las mitades macho y hembra de las conexiones tienen asientos a 37°.



Figura 2.53 Conector JIC 37°
Fuente: ASERCAP

- **Sello anular de superficie**

El mejor control de fugas disponible.

El macho tiene una rosca recta y un sello anular en la superficie.

La hembra tiene una rosca recta y una cara plana torneada.



Figura 2.54 Conector Sello Anular de Superficie
Fuente: ASERCAP

- **NPSM**

Se utiliza en algunos sistemas hidráulicos.

La mitad hembra tiene una rosca recta y un asiento invertido a 30°.

La mitad macho tiene una rosca recta y un bisel interno a 30°. El sellado se produce por la compresión del asiento de 30° en la cámara.



Figura 2.55 Conector NPSM

Fuente: ASERCAP

- **NPTF**

Se utiliza ampliamente, la rosca es cónica y el sello se produce por la deformación de las roscas.



Figura 2.56 Conector NPTF

Fuente: ASERCAP

d) Válvulas Hidráulicas.³¹

d.1 Función de las válvulas hidráulicas

Son aquellas que se utilizan para regular las condiciones del flujo de aceite, tales como caudal, presión y dirección. Todos los sistemas hidráulicos utilizan válvulas para accionar los cilindros y los motores y para controlar otros requisitos de caudal de fluido y presión del sistema.

Estas válvulas pueden ser componentes individuales, agrupados dentro de una sola caja, o apilados en bancos de válvulas.

d.2 Válvula de Compuerta

El tipo de válvula más simple es la válvula de compuerta común (ver figura 2.57). El flujo se controla acercando o alejando el vástago de la válvula del asiento de la

³¹ Localización y Solución de Problemas de Componentes Hidráulicos, ASERCAP, Pág.19

válvula. Esta válvula sencilla también puede afectar la presión del circuito. A medida que se cierra la abertura entre el asiento de la válvula y el vástago, se restringe el flujo, haciendo que caiga la presión del lado posterior a la válvula. Este fenómeno se llama “efecto del orificio restrictor”.

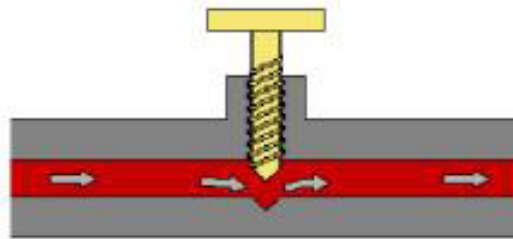


Figura 2.57 Válvula de Compuerta
Fuente: ASERCAP

d.3 Tipos de Válvulas

Se pueden agrupar en tres categorías:

- **Válvulas de Control de Dirección.** Controlan el recorrido del flujo por el sistema.
- **Válvulas de Control de Flujo.** Controlan la velocidad de flujo (caudal) por un circuito.
- **Válvulas de Control de Presión.** Limitan la presión máxima dentro de un circuito o mantienen una diferencia de presión deseada entre dos circuitos.

Tabla 2.2 Válvulas de control de presión
Fuente: ASERCAP

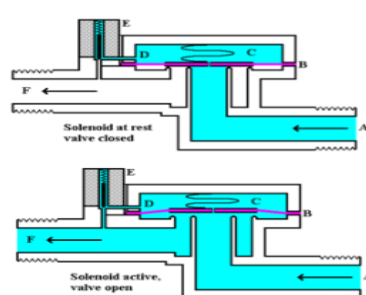
De control de dirección	Válvula selectora	Controlan el funcionamiento de los accionadores y demás componentes de un sistema hidráulico dirigiendo el caudal al circuito deseado
	Válvula de retención	Permite el flujo en una sola dirección
	Válvula compensadora	Permite que el aceite de retorno fluya directamente hacia las tuberías del accionador cada vez que la presión de retorno sea mayor que la presión de entrada al accionador
	Válvula de caída rápida	Permite suministrar aceite adicional del retorno para un llenado más rápido
De control de	Válvula de control	Permite predeterminar el máximo caudal de

flujo	de flujo	aceite que puede penetrar en un circuito
	Válvula carrete	Detecta la presión a ambos lados del orificio restrictor
	Válvula divisora de flujo	Divide el caudal de aceite en cantidades iguales entre dos circuitos
De control de presión	Válvula de alivio	Limita la presión máxima del sistema
	Válvula de alivio modulado	Permite el aumento gradual de presión
	Válvula reductora de presión	Limita la presión máxima de un circuito secundario a un valor menor que la del suministro
	Válvula de diferencia de presión	Permite establecer una secuencia en el suministro de aceite a dos circuitos o mantener una diferencia constante de presión entre dos circuitos

e) Electroválvulas Hidráulicas.

Una electroválvula es una válvula electromecánica, diseñada para controlar el flujo de un fluido a través de un conducto como puede ser una tubería. La válvula está controlada por una corriente eléctrica a través de una bobina solenoidal.

No se debe confundir la electroválvula con válvulas motorizadas, que son aquellas en las que un motor acciona el cuerpo de la válvula.³²



- A. Entrada
- B. Diafragma
- C. Cámara de presión
- D. Conducto de vaciado de presión
- E. Solenoide
- F. Salida

Figura 2.58 Electroválvula

Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/Electrov%C3%A1lvula>

³² <http://es.wikipedia.org/wiki/Electrov%C3%A1lvula>

Una electroválvula tiene dos partes fundamentales: el solenoide y la válvula. El solenoide convierte energía eléctrica en energía mecánica para actuar la válvula (ver figura 2.58).

e.1 Clases de Electroválvulas Hidráulicas.

Existen varios tipos de electroválvulas. En algunas electroválvulas el solenoide actúa directamente sobre la válvula proporcionando toda la energía necesaria para su movimiento. Es corriente que la válvula se mantenga cerrada por la acción de un muelle y que el solenoide la abra venciendo la fuerza del muelle. Esto quiere decir que el solenoide debe estar activado y consumiendo energía mientras la válvula deba estar abierta.

También es posible construir electroválvulas bi-estables que usan un solenoide para abrir la válvula y otro para cerrar o bien un solo solenoide que abre con un pulso y cierra con el siguiente.

Las electroválvulas pueden ser cerradas en reposo o normalmente cerradas lo cual quiere decir que cuando falla la alimentación eléctrica quedan cerradas o bien pueden ser del tipo abiertas en reposo o normalmente abiertas que quedan abiertas cuando no hay alimentación.

Hay electroválvulas que en lugar de abrir y cerrar lo que hacen es conmutar la entrada entre dos salidas. Este tipo de electroválvulas a menudo se usan en los sistemas de calefacción por zonas lo que permite calentar varias zonas de forma independiente utilizando una sola bomba de circulación.

En otro tipo de electroválvula el solenoide no controla la válvula directamente sino que el solenoide controla una válvula piloto secundaria y la energía para la actuación de la válvula principal la suministra la presión del propio fluido.³³

³³ <http://es.wikipedia.org/wiki/Electrov%C3%A1lvula>

f) Bomba Hidráulica

Las bombas hidráulicas convierten la energía mecánica en energía hidráulica en forma de flujo de fluido. Cuando el fluido hidráulico encuentra alguna resistencia, se crea presión.

Aunque las bombas no generan directamente presión hidráulica, deben diseñarse para aguantar los requisitos de presión del sistema. Por lo general, cuanto mayor sea la presión de operación, mayor será la bomba.³⁴

Dicho de otra manera, una bomba debe suministrar un caudal de aceite a una determinada presión.

El caudal de una bomba está determinado por la siguiente relación:

$$\text{CAUDAL} = \text{CILINDRADA} * \text{VELOCIDAD}$$

El caudal así obtenido es llamado caudal teórico, que es simplemente superior al caudal real en función del rendimiento volumétrico de la bomba, es decir de las fugas internas de la misma.

Se define el rendimiento volumétrico como la relación entre el caudal real y el caudal teórico:

Este rendimiento volumétrico oscila entre el 80 y el 99% según el tipo de bomba, su construcción y sus tolerancias internas, y según las condiciones específicas de velocidad, presión, viscosidad del fluido, temperatura, etc.

El rendimiento total de una bomba es el producto de sus rendimientos volumétrico y mecánico:

El rendimiento total de una bomba nueva puede oscilar entre el 50 y el 90%, valores que disminuirán con el uso y el desgaste de los elementos de estanqueidad interna propia de la bomba.³⁵

³⁴ Localización y Solución de Problemas de Componentes Hidráulicos, ASERCAP, Pág. 9

³⁵ Manual Básico de Oleohidráulica, Autor: Sohípren S.A., Argentina 2005, 2ª edición, Pág. 7

f.1 Clasificación de las Bombas Hidráulicas

Existen varias clasificaciones de las bombas hidráulicas, de acuerdo a estas, pueden ser (ver tabla 2.3):

Tabla 2.3 Clasificación de las bombas hidráulicas
Fuente: Manual básico de oleohidráulica

BOMBAS	Hidrostáticas	Reciprocante	<ul style="list-style-type: none"> • Pistón • Diafragma
		Rotativas	<ul style="list-style-type: none"> • Engrane • Alabes • Tornillo
	Cinéticas	Centrifugas	
		Hélice	
		Especiales	<ul style="list-style-type: none"> • Chorro • Transportadora de gas • Ariete hidráulico • Electromagnéticas

f.2 Tipos de Bombas Hidráulicas.

• Bombas de Engranajes

Las bombas de engranajes son bombas de caudal positivo y fijo. Su diseño simple, de recia construcción, las hacen útiles en una amplia gama de aplicaciones.

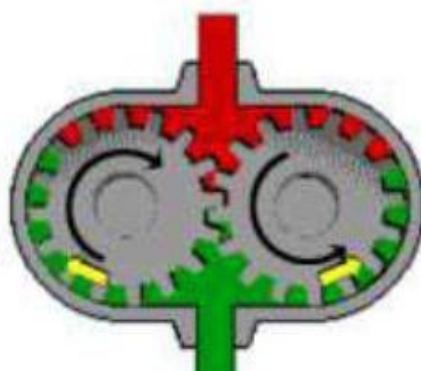


Figura 2.59 Bomba de Engranajes
Fuente: ASERCAP

Los componentes de una bomba de engranajes se identifican:

1. Sellos
2. Plancha de presión
3. Engranaje loco
4. Engranaje de impulsión
5. Caja



Figura 2.60 Componentes de la Bomba Hidráulica
Fuente: ASERCAP

Operación de las bombas de engranajes

Un eje de impulsión hace girar el engranaje impulsor, el cual hace girar el engranaje loco. A medida que giran los engranajes, los dientes del engranaje forman un sello contra la caja. El aceite entra por la lumbrera de entrada quedando atrapado entre los dientes y la caja, y es impulsado y obligado a salir por la lumbrera de salida (ver figura 2.59).³⁶

• Bombas de Paletas

Las bombas de paletas son bombas de caudal positivo y fijo. Estas bombas son de larga duración y suave funcionamiento, son de uso frecuente.

Un eje de impulsión gira el rotor. El aceite penetra en la cámara creada entre las dos paletas y la caja, y es impulsado hacia la lumbrera de salida. La bomba de paletas consiste en: un anillo de leva, paletas y rotor ranurado (ver figura 2.61).³⁷



Figura 2.61 Bomba hidráulica de Paletas
Fuente: ASERCAP

³⁶ Localización y Solución de Problemas de Componentes Hidráulicos, ASERCAP, Pág. 10

³⁷ Localización y Solución de Problemas de Componentes Hidráulicos, ASERCAP, Pág. 11

Los componentes de una bomba de paletas son los siguientes:

1. Caja del extremo
2. Plancha flexible
3. Anillo excéntrico
4. Rotor
5. Paletas
6. Sello
7. Caja del extremo



Figura 2.62 Componentes Bomba de Paletas

Fuente: ASERCAP

- **Bombas de Pistones**

Las bombas de pistones pueden ser de caudal fijo o variable, según su diseño. Estas bombas versátiles y eficientes se utilizan frecuentemente en los sistemas hidráulicos de detección de carga y presión compensada.

El eje impulsor está conectado al tambor de cilindros. A medida que gira, los pistones, que están conectados al plato basculante, suben y bajan en los cilindros. A medida que el pistón se retrae, hace penetrar aceite en el cilindro por la lumbrera de entrada y luego lo expulsa en la carrera descendente por la lumbrera de salida.

El caudal de aceite impulsado depende del ángulo del plato basculante. Cuando el plato basculante está situado en un ángulo máximo, habrá el máximo caudal. Cuando está situado en un ángulo cero, no habrá caudal ni flujo.³⁸

Una bomba de pistones de caudal variable consiste en:

³⁸ Localización y Solución de Problemas de Componentes Hidráulicos, ASERCAP, Pág. 11

1. Eje impulsor.
2. Tambor de cilindros.
3. Placa de la lumbrera.
4. Pistones.
5. Retenes.
6. Placa de retracción.
7. Plato basculante.

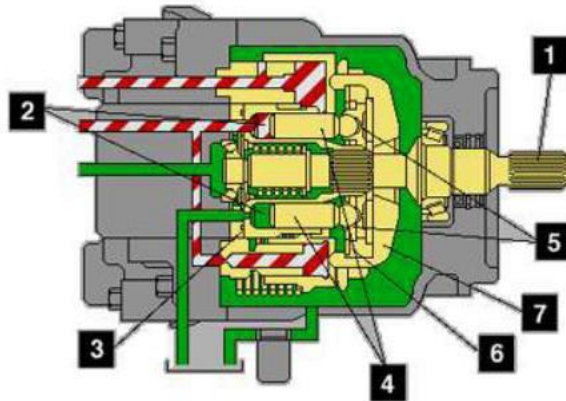


Figura 2.63 Bomba de Pistones
Fuente: ASERCAP

g) Motor Hidráulico.³⁹

Un motor hidráulico es un actuador mecánico que convierte presión hidráulica y flujo en un par de torsión y un desplazamiento angular, es decir, en una rotación o giro. Su funcionamiento es pues inverso al de las bombas hidráulicas y es el equivalente rotatorio del cilindro hidráulico. Se emplean sobre todo porque entregan un par muy grande a velocidades de giro pequeñas en comparación con los motores eléctricos.



Figura 2.64 Motor Hidráulico
Fuente http://images04.olx.cl/ui/3/70/48/56276248_1.jpg

g.1 Características nominales de los Motores

Los motores hidráulicos se clasifican según su desplazamiento (tamaño), capacidad de par, velocidad y limitaciones de la presión máxima.

³⁹ Motores Hidráulicos y Motores Eléctricos en Sistemas Hidráulicos, Autor: Castellón R, Pág. 4

g.2 Desplazamiento

Es la cantidad de fluido requerida por el motor para que su eje gire una revolución. El desplazamiento del motor es igual a la capacidad de una cámara multiplicada por la cantidad de cámaras que el motor contiene. Este desplazamiento se expresa Volumen, en pulgadas cúbicas por revolución (in^3/rev), o centímetros cúbicos por revolución (cm^3/rev).

El desplazamiento de los motores hidráulicos puede ser fijo o variable para un mismo caudal de entrada y presión de trabajo constantes. El motor de desplazamiento fijo suministra un par constante (Torque constante) a velocidad constante. Bajo las mismas condiciones, el motor de desplazamiento variable proporciona un par variable (Torque variable) a velocidad variable.

g.3 Par (Torque)

El Par es el componente de fuerza a la salida del motor. Su concepto es equivalente al de fuerza en un cilindro. Se define como un esfuerzo giratorio o de torsión. No se requiere movimiento para tener un par, pero este movimiento se efectuará si el par es suficiente para vencer el rozamiento y resistencia de la carga.

El par de salida se puede expresar en Newton metro, en libras - pulgadas o en libras – pie, y es función de la presión del sistema y del desplazamiento del motor. Los valores del par de un motor se dan generalmente para una diferencia específica de presiones, o caída de presión a través del mismo. Los valores teóricos indican el par disponible en el eje del motor suponiendo un rendimiento del 100%.

El par de arranque con carga es el par requerido para conseguir que gire una carga en reposo. Hace falta más Par para empezar a mover una carga que para mantenerla moviéndose.

El par de giro puede referirse a la carga del motor o al motor mismo. Cuando se utiliza con referencia a una carga, indica el par requerido para mantenerla girando. Cuando se refiere al motor, este par indica el par que el motor puede realmente

realizar para mantener una carga girando. El par de giro toma en consideración el rendimiento del motor y se expresa como un porcentaje del par teórico. El par de giro de los motores normales de pistones, paletas y engranajes es aproximadamente un 90% del teórico.

El par de arranque sin carga se refiere a la capacidad de un motor hidráulico. Indica el valor del par que el motor puede desarrollar para empezar a mover una carga. En algunos casos, este par es mucho menor que el par de giro. Este par de arranque se expresa también como un porcentaje del par teórico y para los motores corrientes de pistones, paletas y engranajes suele estar comprendido entre el 60 y el 90% del par teórico.

El rendimiento mecánico es la relación entre el par real desarrollado y el par teórico.

g.4 Velocidad

La velocidad del motor depende de su desplazamiento y del volumen de fluido que se le suministra. Su velocidad máxima es la velocidad a una presión de entrada específica que el motor puede mantener durante un tiempo limitado sin dañarse. La velocidad mínima es la velocidad de rotación suave, continua y más baja de su eje. El drenaje es la fuga interna a través del motor, o el fluido que lo atraviesa sin realizar ningún trabajo. La velocidad puede ser expresada en revoluciones por minuto. El motor hidráulico debe ser operado dentro de sus rangos de eficiencia.

El sistema hidráulico puede sufrir daños si el motor es sobre revolucionado o provocar un desgaste prematuro acelerado.

g.5 Presión

La presión necesaria para el funcionamiento de un motor hidráulico depende del par y del desplazamiento. Un motor con gran desplazamiento desarrollará un par determinado con menos presión que un motor con un desplazamiento más

pequeño. El par desarrollado por un motor se expresa generalmente en pulgadas - libra por 100 psi de presión (newton – metro por bar)

g.6 Clases de motores hidráulicos

En Los motores hidráulicos pueden clasificarse según su aplicación, en tres categorías:

- Motores de velocidad elevada y par bajo (HSLT)
- Motores de baja velocidad y par elevado (LSHT)
- Motores de rotación limitada (Generadores de par)

Motores HSLT. (High Speed, Low Torque) motores de alta velocidad y bajo torque pueden utilizarse en aplicaciones cuando se requiere que funcione continuamente a velocidades relativamente elevadas. Como ejemplos, ventiladores, accionamiento de generadores y compresores. Mientras que la velocidad es elevada y relativamente constante, la carga puede ser fija, como en ventiladores, o completamente variable como en compresores y generadores. Los motores HSLT son excelentes para este tipo de aplicaciones. Los cuatro tipos mayormente utilizados son los motores de pistones en línea y en ángulo, los de paletas y los engranajes.

Motores LSHT. (Low speed, High Torque) Motores de baja velocidad y alto torque, pueden utilizarse en algunas aplicaciones, cuando el motor debe mover cargas relativamente elevadas a velocidades bajas y a un par sensiblemente constante. Algunos de ellos funcionan suavemente hasta una o dos rpm y son de diseño sencillo con un número mínimo de piezas, completamente fiables y generalmente de menos costo que los motores de velocidad elevadas utilizados con dispositivos de reducción de la velocidad.

Idealmente, los motores LSHT deben tener rendimiento elevado con relación a sus pares de arranque y funcionamiento, y buenos rendimientos volumétricos y mecánicos. Deben arrancar suavemente bajo carga total y suministrar el par total en todo el intervalo de funcionamiento. Estos motores deben presentar poco o ninguna caída de par a la salida en todo el intervalo de funcionamiento, y la

variación de velocidad con relación a la velocidad media, a presión constante, debe ser mínima.

Los diseños básicos de los motores LSHT son los motores de engranajes internos, paletas, una paleta giratoria, pistones radiales y pistones axiales, en línea y en ángulo.

h) Filtros⁴⁰

Los filtros mantienen el aceite hidráulico limpio eliminando los contaminantes que pueden dañar las piezas de los componentes. A medida que el aceite pasa por el elemento del filtro, los contaminantes quedan atrapados. El aceite continúa por el sistema.

El elemento o malla se clasifica en micrones, según el tamaño de las perforaciones, de acuerdo con su capacidad de atrapar las partículas. Cuanto más pequeño sea el tamaño de las perforaciones, más pequeñas serán las partículas que podrá atrapar.

h.1 Diseño del filtro

Existen básicamente dos tipos de filtros de aceite. Figura 2.65 (1) Los de superficie y figura 2.65 (2) los de profundidad. Tal como el nombre lo indica, los filtros de superficie recogen los contaminantes en la superficie del elemento del filtro o malla. Los filtros de profundidad recogen los contaminantes de diferentes tamaños a diferentes niveles dentro del elemento.

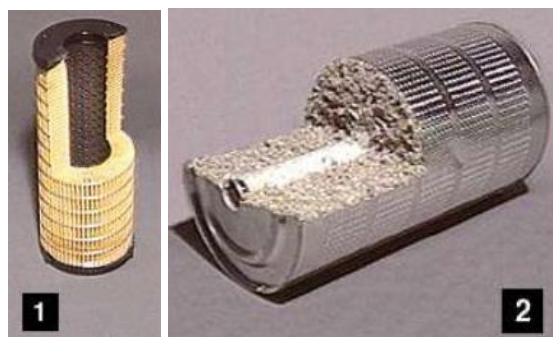


Figura 2.65 Filtros
Fuente: ASERCAP

⁴⁰ Localización y Solución de Problemas de Componentes Hidráulicos, ASERCAP, Pág. 5

h.2 Clasificación de los filtros

Los filtros de aceite pueden clasificarse con uno de estos tres diseños:



Figura 2.66 Clasificación de los Filtros
Fuente: ASERCAP

- **Filtro de tubo.** El elemento del filtro va dentro de la caja.
- **Filtro enroscable.** Filtro y caja de una sola pieza. (Similar al filtro de aceite de los automóviles).
- **Malla (screen).** Malla metálica que recoge los contaminantes de aceite de gran tamaño antes de que penetren en el sistema.

h.3 Ubicaciones del filtro

Un sistema hidráulico puede requerir varios filtros, cada uno con su propio propósito y ubicación (ver figura 2.67).

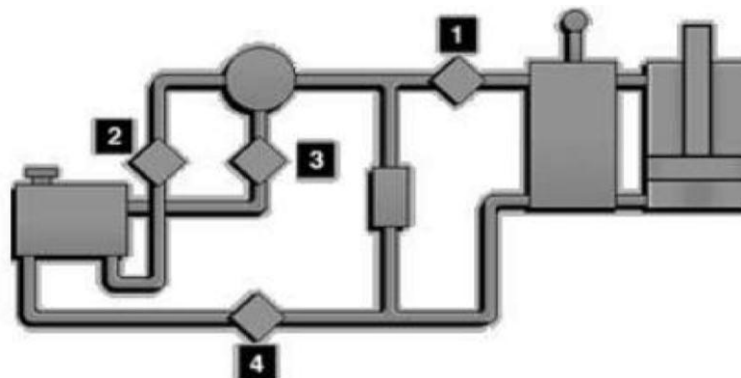


Figura 2.67 Posición de los Filtros
Fuente: ASERCAP

- **Filtro presurizado (1).** El filtro presurizado evita que las partículas finas contaminantes penetren en las válvulas y los accionadores y puede ser un filtro del tipo de superficie o del tipo de tubo de profundidad.

- **Filtro de succión (2).** El filtro de succión evita que los contaminantes de gran tamaño penetren en las bombas y demás componentes. Hay muy poca caída de presión entre la entrada y la salida, para evitar la cavitación de la bomba. Los filtros de succión por lo general son filtros de superficie.
- **Filtro de drenaje de la caja del motor o de la bomba (3).** Elimina los residuos que se producen con el desgaste o falla de un motor o bomba. Es un filtro de baja presión y poco volumen y puede ser del tipo de tubo o enroscable.
- **Filtro de retorno (4).** El filtro de retorno elimina los contaminantes que entran en el sistema durante la operación, evitando que penetren en el tanque. Es un filtro de superficie.

i) **Manómetro de Presión**⁴¹



Figura 2.68 Manómetro

Fuente: <http://1.bp.blogspot.com/->

[P25VsfmNQQU/UVnaFnMQSvI/AAAAAAACIA/Vmb7Cr4MzXs/s1600/](http://1.bp.blogspot.com/-P25VsfmNQQU/UVnaFnMQSvI/AAAAAAACIA/Vmb7Cr4MzXs/s1600/)

El manómetro es un instrumento utilizado para la medición de la presión en los fluidos, generalmente determinando la diferencia de la presión entre el fluido y la presión local.

En la mecánica la presión se define como la fuerza por unidad de superficie que ejerce un líquido o un gas perpendicularmente a dicha superficie.

⁴¹ <http://fluidos.eia.edu.co/hidraulica/articulos/medidores/manometro/manometro.html>

Muchos de los aparatos empleados para la medida de presiones utilizan la presión atmosférica como nivel de referencia y miden la diferencia entre la presión real o absoluta y la presión atmosférica, llamándose a este valor presión manométrica; dichos aparatos reciben el nombre de manómetros y funcionan según los mismos principios en que se fundamentan los barómetros de mercurio y los aneroides. La presión manométrica se expresa ya sea por encima, o bien por debajo de la presión atmosférica. Los manómetros que sirven exclusivamente para medir presiones inferiores a la atmosférica se llaman vacuómetros. También manómetros de vacío.

i.1 Tipos de Manómetros

Hay varias clases de manómetros entre los cuales tenemos:

- Manómetro de Burdon
- Manómetro de columna de líquido (Manómetro de tubo de U, Manómetro de Tintero y Manómetro de Tubo inclinado)
- Manómetro de McLeon
- Manómetro Digital

- **Manómetro de Burdon**

Esta clase de manómetros se caracterizan porque tienen un tubo metálico enrollado; el cual se define como el elemento sensible del sistema dicho tubo está aplanado y cerrado en un extremo; el otro extremo es por donde se va a hacer la medición del fluido ocasionando que el tubo se enrolle más o se enderece en caso contrario; dicho movimiento del tubo está conectado a una aguja que marca el valor obtenido en atmosferas.

- **Manómetro de Columna de Líquido**

Este tipo de manómetros se utilizan para medir diferencias de presiones muy bajas; consiste en dos columnas donde se ubica de un lado mercurio y del otro el líquido al cual se le va a calcular la presión; este tipo de manómetros se subdivide en tres tipos:

- Manómetros de tubo de U,
- Manómetro de Tintero y

- Manómetro de Tubo inclinado.

Manómetro de tubo U: son elaborados en vidrio y funcionan por la diferencia de presión de un lado y del otro del tubo en forma de u; de un lado con presión alta y del otro baja.

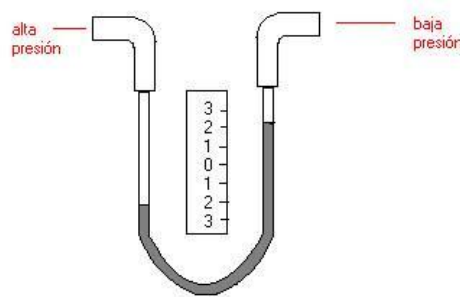


Figura 2.69 Manómetro de tubo U
Fuente: Enciclopedia Encarta 99

Manómetro de Tintero: este tipo de manómetros tienen un depósito de un lado y del otro lado una escala medida en atmosferas que señalan la presión claro esta que esta escala contiene mercurio el cual sube, baja o se mantiene según las condiciones del líquido a medir.

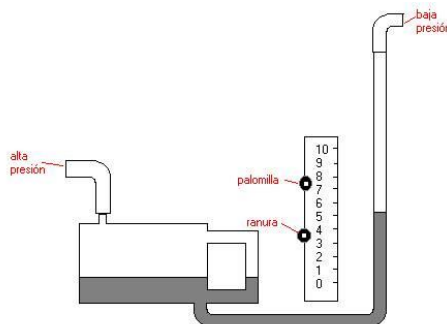


Figura 2.70 Manómetro de Tintero
Fuente: Enciclopedia Encarta 99

Manómetro de Tubo inclinado: tiene el mismo mecanismo del Manómetro de Tintero; con la diferencia de que el Manómetro de tubo inclinado es más pequeño y por supuesto mide escalas más pequeñas.

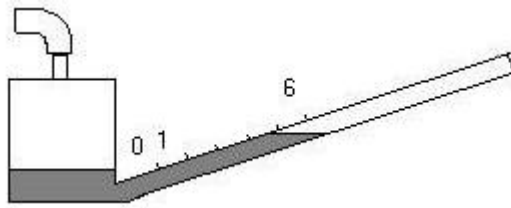


Figura 2.71 Manómetro de Tubo Inclinado

Fuente: Encarta 99

- **Manómetro de McLeon**

También llamado vacuómetro de McLeon este tipo de manómetros solo pueden medir presiones de fluidos muy bajas; está compuesta por un embolo y un tubo vertical con mercurio sometida a cierta presión predispuesta la cual a entrar en contacto con la presión del fluido a medir, esto es suficiente para que el mercurio comience a correr por la escala.

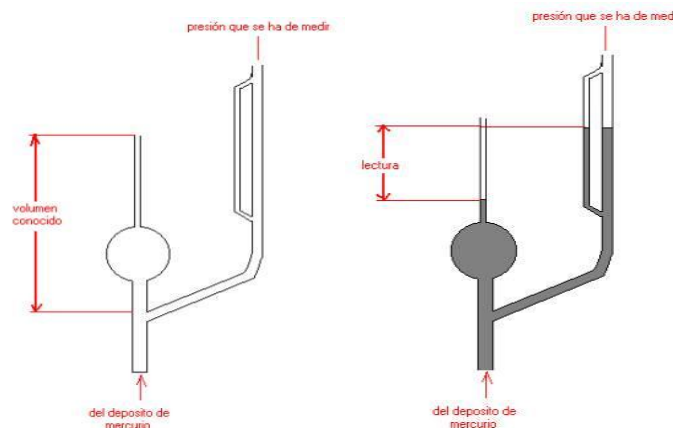


Figura 2.72 Manómetro de McLeon

Fuente: <http://fluidos.eia.edu.co/hidraulica/articulos/es/medidores/manometro/manometro.html>

- **Manómetro Digital**

Este tipo de manómetro está compuesta por microchips, transistores, un sensor que recibe los datos de la presión del líquido del exterior y los convierte en datos que ya previamente han sido procesados y convertidos a través de su base de datos interna estos datos se pueden observar a través de una pantalla digital en atmósferas (ver figura 2.73).



Figura 2.73 Manómetro Digital

Fuente: http://img.directindustry.es/images_di/photo-g/manometro-digital-19150-2846715.jpg

2.5.2 Esquemas Hidráulicos

Los diagramas hidráulicos son representaciones gráficas y simbólicas de cómo interactúan los componentes de un circuito hidráulico, estos sirven para mostrar el funcionamiento de los distintos componentes, lo cual es útil para diagnosticar y reparar dichos sistemas.

a) Diagramas de Circuitos

Existen dos tipos de diagramas de circuitos.

- Los Diagramas de circuito en corte transversal muestran la construcción interna de los componentes además de las rutas que sigue el flujo de aceite. Mediante colores, sombras o diversos patrones en líneas y pasos, pueden mostrar muchas condiciones diferentes de presión y flujo (ver figura 2.74).

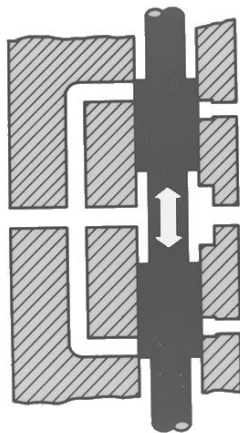


Figura 2.74 Circuito en Corte Transversal

Fuente: Diagrama hidráulico hidrostático y equipo de prueba, Toro

- Los Diagramas de circuito esquemáticos se usan preferentemente para la solución de fallas por su capacidad de mostrar las funciones actuales y potenciales del sistema. Los diagramas esquemáticos están compuestos de símbolos geométricos que corresponden a los componentes y sus controles y conexiones (ver figura 2.75).

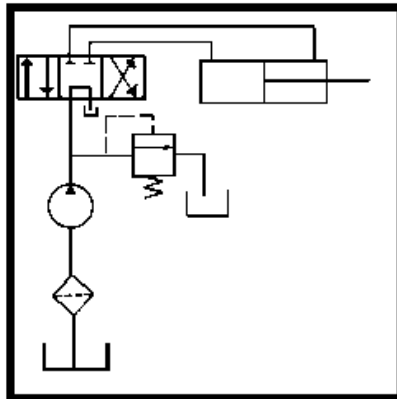


Figura 2.76 Circuito Esquemático

Fuente: Diagrama hidráulico hidrostático y equipo de prueba, Toro

a.1 Sistemas de símbolos esquemáticos

En la industria los símbolos y diagramas gráficos son los más utilizados, valiéndose de formas geométricas sencillas que indican las funciones e interconexiones de las líneas y de los componentes. Para todos estos tipos de representaciones existen distintas entidades encargadas de la normalización de los sistemas y símbolos utilizados en la industria, entre estas tenemos:

I.S.O = Organización Internacional de Estándares




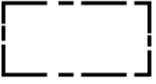
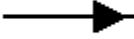
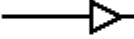
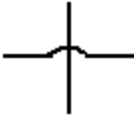
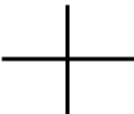



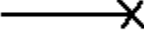

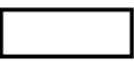
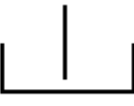

A.N.S.I. = Instituto Americano Nacional de Estándares









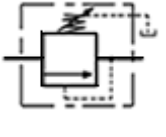
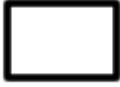
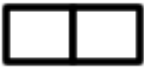



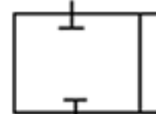
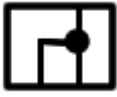

A.S.A = Asociación Americana de Estándares


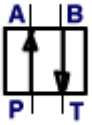

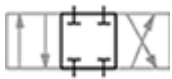

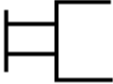
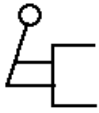
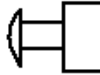

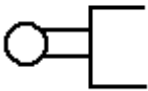
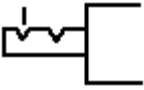
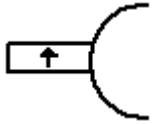
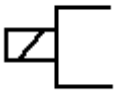
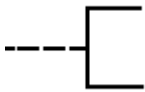
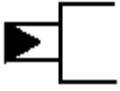




J.I.C. = Conferencia de Industrias Consolidadas



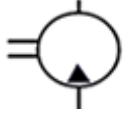

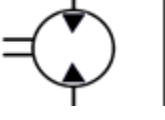

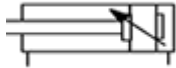

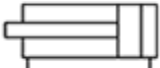



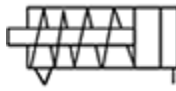


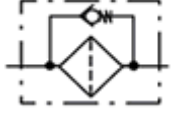
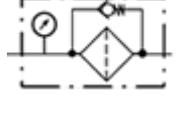
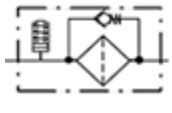
Aquí se indica los símbolos más comunes clasificados de la siguiente manera (ver tabla 2.4):






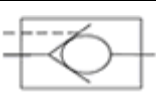


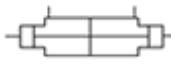
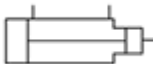
Tabla 2.4 Simbología Hidráulica
 Fuente: Neumática, Hidráulica, Electricidad Aplicada

SIMBOLOGÍA HIDRÁULICA			
1. LÍNEAS			
	Tubería continua Tubería principal		Piloto de línea punteada Línea de señal
	Línea de drenaje		Contorno de componente
	Caudal Hidráulico		Caudal Neumático
	Líneas cruzadas 1		Líneas cruzadas 2
	Líneas unidas		Líneas con restrictor fijo
	Línea flexible		Tapón
2. DEPÓSITOS			
	Depósito abierto a la atmósfera		Depósito presurizado
	Retorno sobre nivel del aceite		Retorno bajo el nivel del aceite

3. VÁLVULAS DE CONTROL DE FLUJO			
	Restricción fijo		Regulador de caudal ajustable
	Regulador de caudal compensada por temperatura		Regulador de caudal compensada por presión
	Regulador de caudal ajustable unidireccional		Regulador de caudal compensada presión
4. VÁLVULAS DE CONTROL DE PRESIÓN			
	Válvula seguridad		Válvula secuencia
	Válvula reductora		
5. VÁLVULAS DIRECCIONALES Y DE ACCIONAMIENTO			
	Contorno de la válvula		Cantidad de posiciones
	Funcionamiento de la válvula		Sentido de circulación del fluido
	Cantidad de vías		Posición de cierre
	Unión de conductos		Conexiones de la válvula

	Posiciones de la válvula		Identificar el tipo de conexión
	Identificación de las posiciones de la válvula		Posición de reposo
	Muelle – resorte		Manual
	Palanca		Botón
	Pedal		Mecánico
	Retención mecánica		Compensado por presión
	Solenoides		Piloteada
	Piloteada hidráulicamente		
6. BOMBAS			
	Bomba unidireccional		Bomba bidireccional
	Bomba doble		Bomba caudal variable manual

	Caudal variable compensada		
7. MOTORES			
	Motor		Motor de desplazamiento fijo
	Motor de desplazamiento variable unidireccional		Motor de desplazamiento fijo bidireccional
	Motor de desplazamiento variable bidireccional		
8. CILINDROS			
	Cilindro con amortiguador		Cilindro buzo
	Cilindro doble efecto		Cilindro tándem
	Cilindro doble vástago		Cilindro simple efecto
	Cilindro simple efecto vuelta por resorte		Cilindro telescópico
9. FILTROS			
	Filtro hidráulico		Filtro hidráulico con válvula anti-retorno
	Filtro hidráulico con válvula anti-retorno y manómetro		Filtro hidráulico con válvula anti-retorno e indicador de saturación
10. ACUMULADORES			

	Acumulador		Acumulador de contrapeso
	Acumulador de resorte		Acumulador de vejiga
11. OTROS			
	Válvula anti-retorno		Válvula anti-retorno pilotada
	Flujómetro o caudalímetro		Manómetro
	Multiplicador de presión doble efecto		Multiplicador de presión simple efecto

2.6 Sistema Electrónico

2.6.1. Relé

El relé o relevador, es un dispositivo electromecánico, que funciona como un interruptor controlado por un circuito eléctrico en el que, por medio de una bobina y un electroimán, se acciona un juego de uno o varios contactos que permiten abrir o cerrar otros circuitos eléctricos independientes. Fue inventado por Joseph Henry en 1835.

Dado que el relé es capaz de controlar un circuito de salida de mayor potencia que el de entrada, puede considerarse, en un amplio sentido, como un amplificador eléctrico.⁴²

⁴² <http://es.wikipedia.org/wiki/rele>

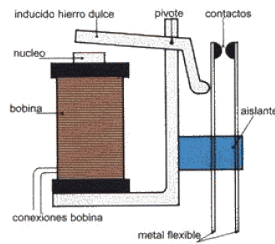


Figura 2.76 Relé

Fuente: <http://st-elf.electronicafacil.net/tutoriales/147/rele1b.gif>

Un relé es un interruptor accionado por un electroimán. Un electroimán está formado por una barra de hierro, llamada núcleo, rodeada por una bobina de hilo de cobre (ver figura 2.76).

Al pasar una corriente eléctrica por la bobina el núcleo de hierro se magnetiza por efecto del campo magnético producido por la bobina, convirtiéndose en un imán tanto más potente cuanto mayor sea la intensidad de la corriente y el número de vueltas de la bobina. Al abrir de nuevo el interruptor y dejar de pasar corriente por la bobina, desaparece el campo magnético y el núcleo deja de ser un imán.

a) Tipos de Relés

a.1 De Armadura

El electroimán hace vascular la armadura al ser excitada, cerrando los contactos dependiendo de si es normalmente abierto o normalmente cerrado.

a.2 De Núcleo Móvil

Tienen un émbolo en lugar de la armadura. Se utiliza un solenoide para cerrar los contactos. Se suele aplicar cuando hay que manejar grandes intensidades.

2.6.2 Transistores

Los transistores son unos elementos que han facilitado, en gran medida, el diseño de circuitos electrónicos de reducido tamaño, gran versatilidad y facilidad de control.

Vienen a sustituir a las antiguas válvulas termoiónicas de hace unas décadas. Gracias a ellos fue posible la construcción de receptores de radio portátiles

llamados comúnmente "transistores", televisores que se encendían en un par de segundos, televisores en color. Antes de aparecer los transistores, los aparatos a válvulas tenían que trabajar con tensiones bastante altas, tardaban más de 30 segundos en empezar a funcionar, y en ningún caso podían funcionar a pilas, debido al gran consumo que tenían.⁴³

Un transistor es un componente que tiene, básicamente, dos funciones:

- Deja pasar o corta señales eléctricas a partir de una PEQUEÑA señal de mando.
- Funciona como un elemento AMPLIFICADOR de señales.

Hay dos tipos básicos de transistor:

- Transistor bipolar o BJT (Bipolar Junction Transistor)
- Transistor de efecto de campo, FET (Field Effect Transistor) o unipolar

a) Transistor Bipolar⁴⁴

Consta de tres cristales semiconductores (usualmente de silicio) unidos entre sí. Según como se coloquen los cristales hay dos tipos básicos de transistores bipolares.

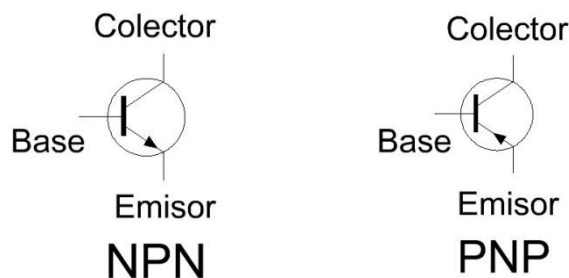


Figura 2.77 Transistores Bipolares

Fuente: <http://www.neoteo.com/images/Cache/6D12x900y900.jpg>

Transistor NPN: en este caso un cristal P está situado entre dos cristales N. Son los más comunes (ver figura 2.77).

Transistor PNP: en este caso un cristal N está situado entre dos cristales P. La capa de en medio es mucho más estrecha que las otras dos (ver figura 2.77).

⁴³ <http://electrónica.ugr.es/transistores>

⁴⁴ <http://iesvillalbahervastecnologia.files.wordpress.com/transistores>

En cada uno de estos cristales se realiza un contacto metálico, lo que da origen a tres terminales:

- Emisor (E): Se encarga de proporcionar portadores de carga.
- Colector (C): Se encarga de recoger portadores de carga.
- Base (B): Controla el paso de corriente a través del transistor. Es el cristal de en medio.

El conjunto se protege con una funda de plástico o metal.

b) Transistor de Efecto de Campo

El transistor de efecto de campo de unión (JFET), fue el primer transistor de efecto de campo en la práctica. Lo forma una barra de material semiconductor de silicio de tipo N o P. En los terminales de la barra se establece un contacto óhmico, tenemos así un transistor de efecto de campo tipo N de la forma más básica. Si se difunden dos regiones P en una barra de material N y se conectan externamente entre sí, se producirá una puerta. A uno de estos contactos le llamaremos surtidor y al otro drenador. Aplicando tensión positiva entre el drenador y el surtidor y conectando la puerta al surtidor, estableceremos una corriente, a la que llamaremos corriente de drenador con polarización cero. Con un potencial negativo de puerta al que llamamos tensión de estrangulamiento, cesa la conducción en el canal.

El transistor de efecto de campo, o FET por sus siglas en inglés, que controla la corriente en función de una tensión; tienen alta impedancia de entrada (ver figura 2.78).

- Transistor de efecto de campo de unión, JFET, construido mediante una unión PN.
- Transistor de efecto de campo de compuerta aislada, IGFET, en el que la compuerta se aísla del canal mediante un dieléctrico.
- Transistor de efecto de campo MOS, MOSFET, donde MOS significa Metal-Óxido-Semiconductor, en este caso la compuerta es metálica y está separada del canal semiconductor por una capa de óxido.

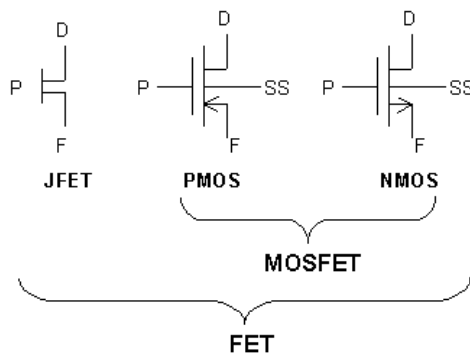


Figura 2.78 Transistores de Campo

Fuente: http://www.unedcervera.com/c3900038/estrategias/transistores_2.gif

En la figura 2.79 se muestra una selección de los transistores más típicos, mostrando su encapsulado y distribución de patillas.

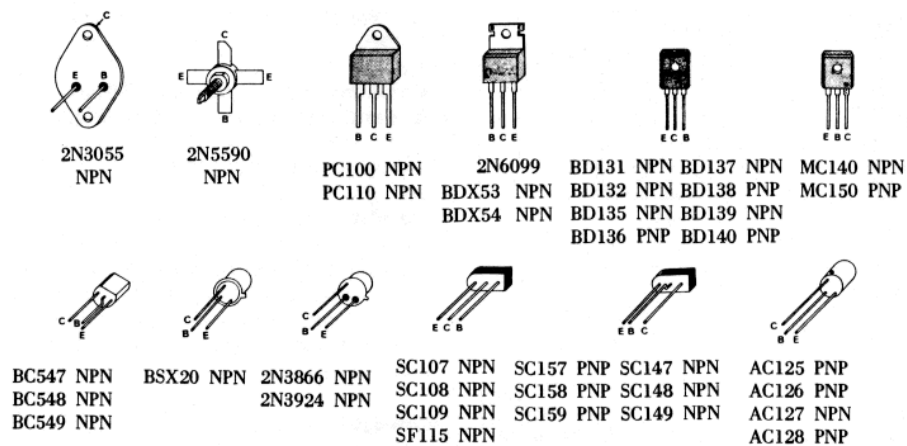


Figura 2.79 Transistores

Fuente: http://electronica.ugr.es/~amroldan/asignaturas/curso03-04/cce/practicas/encapsulados/encapsulados/tr_muestra2.gif

2.6.3 Micro-controladores⁴⁵

Los micro-controladores son computadores digitales integrados en un chip, en su interior encontramos un procesador, memoria, y varios periféricos. El beneficio que se obtiene del micro-controlador es su tamaño, su precio y su diversidad.

⁴⁵ Tutorial Microcontroladores Pic, Autor: Torres M., Pág. 3



Figura2.80 Micro-controlador

Fuente:<http://avecomputointe.blogspot.com/2012/02/microcontroladores.html>

a) Componentes del Micro-controlador⁴⁶

Los componentes principales del micro-controlador son:

- Procesador o UCP (Unidad Central de Proceso).
- Memoria RAM para Contener los datos.
- Memoria para el programa tipo ROM/PROM/EPROM.
- Líneas de E/S para comunicarse con el exterior.
- Diversos módulos para el control de periféricos (temporizadores, Puertas Serie y Paralelo, CAD: Conversores Analógico/Digital, CDA: Conversores Digital/Analógico, etc.).
- Generador de impulsos de reloj que sincronizan el funcionamiento de todo el sistema.

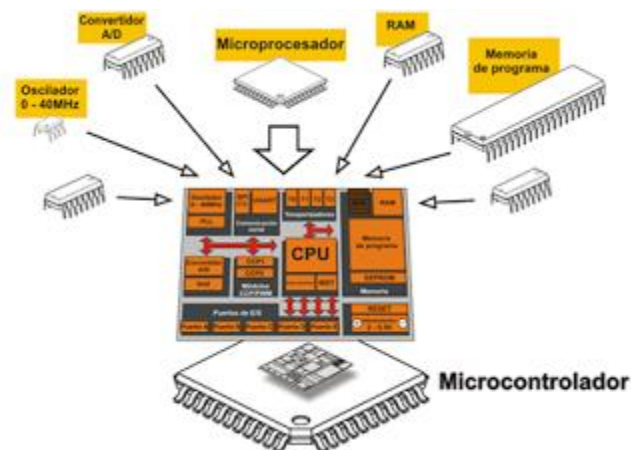


Figura 2.81 Componentes del micro-controlador

Fuente: <http://avecomputointe.blogspot.com/2012/02/microcontroladores.html>

⁴⁶ <http://avecomputointe.blogspot.com/2012/02/microcontroladores.html>

Procesamiento de datos: puede ser necesario que el micro-controlador realice cálculos críticos en un tiempo limitado. En ese caso debemos asegurarnos de seleccionar un dispositivo suficientemente rápido para ello. Por otro lado, habrá que tener en cuenta la precisión de los datos, si no es suficiente con un micro-controlador de 8 bits, puede ser necesario acudir a micro-controladores de 16 o 32 bits, o incluso a hardware de coma flotante.

Entrada Salida: para determinar las necesidades de Entrada/Salida del sistema es conveniente dibujar un diagrama de bloques del mismo, de tal forma que sea sencillo identificar la cantidad y tipo de señales a controlar. Una vez realizado este análisis puede ser necesario añadir periféricos hardware externos o cambiar a otro micro-controlador más adecuado a ese sistema.

Consumo: algunos productos que incorporan micro-controladores están alimentados con baterías y su funcionamiento puede ser tan vital como activar una alarma antirrobo. Lo más conveniente en un caso como éste puede ser que el micro-controlador esté en estado de bajo consumo pero que despierte ante la activación de una señal (una interrupción) y ejecute el programa adecuado para procesarla.



Figura2.82 Micro-controladores

Fuente: <http://avecomputointe.blogspot.com/2012/02/microcontroladores.html>

Memoria: para detectar las necesidades de memoria de nuestra aplicación debemos separarla en memoria volátil (RAM), memoria no volátil (ROM, EPROM, etc.) y memoria no volátil modificable (EEPROM). Este último tipo de

memoria puede ser útil para incluir información específica de la aplicación como un número de serie o parámetros de calibración.

b) Tipos de Micro-controladores⁴⁷

Los micro-controladores más populares se encuentran son:

- **8048 (Intel).** Es el padre de los micro-controladores actuales, el primero de todos. Su precio, disponibilidad y herramientas de desarrollo hacen que todavía sea muy popular.
- **8051 (Intel y otros).** Es sin duda el micro-controlador más popular. Fácil de programar, pero potente. Está bien documentado y posee cientos de variantes e incontables herramientas de desarrollo.
- **80186, 80188 y 80386 EX (Intel).** Versiones en micro-controlador de los populares microprocesadores 8086 y 8088. Su principal ventaja es que permiten aprovechar las herramientas de desarrollo para PC.
- **68HC11 (Motorola y Toshiba).** Es un micro-controlador de 8 bits potente y popular con gran cantidad de variantes.
- **683xx (Motorola).** Surgido a partir de la popular familia 68k, a la que se incorporan algunos periféricos. Son micro-controladores de altísimas prestaciones.
- **PIC (MicroChip).** Familia de micro-controladores que gana popularidad día a día. Fueron los primeros micro-controladores RISC.

Distribución de pines del micro-controlador.

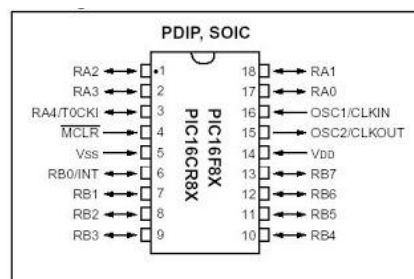


Figura 2.83 Distribución de pines del micro-controlador

Fuente: <http://avecomputointe.blogspot.com/2012/02/microcontroladores.html>

⁴⁷ www.monografias.com/microcontroladores.eshtml

Vemos que las patas llamadas RA0/1/2/3/4 y RB0/1/2/3/4/5/6/7 son puertos que se los pueden configurar mediante la programación como Puertos de "entrada" o "salida" de información (Ver figura 2.83).

Después tenemos la pata "Vss" que es la de alimentación, ahí tienen que entrar 5V y la pata 14 llamada VDD es donde tendríamos que conectar a "Tierra".

El funcionamiento de los micro-controladores está determinado por el programa almacenado en su memoria. Este puede escribirse en distintos lenguajes de programación. Además, la mayoría de los micro-controladores actuales pueden reprogramarse repetidas veces.

Por las características mencionadas y su alta flexibilidad, los micro-controladores son ampliamente utilizados como el cerebro de una gran variedad de sistemas embebidos que controlan máquinas, componentes de sistemas complejos, como aplicaciones industriales de automatización y robótica, domótica, equipos médicos, sistemas aeroespaciales, e incluso dispositivos de la vida diaria como automóviles, hornos de microondas, teléfonos y televisores.

Frecuentemente se emplea la notación μC o las siglas MCU (por microcontroller unit) para referirse al micro-controlador.

c) Características de los Micro-controladores.⁴⁸

Las principales características del micro-controlador son:

c.1 Unidad de Procesamiento Central (CPU)

Típicamente de 8 bits, pero también las hay de 4, 32 y hasta 64 bits con arquitectura Harvard, con memoria/bus de datos separada de la memoria/bus de instrucciones de programa, o arquitectura de von Neumann, también llamada arquitectura Princeton, con memoria/bus de datos y memoria/bus de programa compartidas.

c.2 Memoria de Programa

Es una memoria ROM (Read-Only Memory), EPROM

⁴⁸ Tutorial Microcontroladores Pic, Autor: Torres M., Pág. 3

(Electrically Programmable ROM), EEPROM (Electrically Erasable/Programmable ROM) o Flash que almacena el código del programa que típicamente puede ser de 1 kilobyte a varios megabytes.

c.3 Memoria de Datos

Es una memoria RAM (Random Access Memory) que típicamente puede ser de 1, 2, 4, 8, 16, 32 kilobytes.

c.4 Generador del Reloj

Usualmente un cristal de cuarzo de frecuencias que genera una señal oscilatoria de entre 1 a 40 MHz, o también resonadores o circuitos RC.

c.5 Interfaz de Entrada/Salida

Puertos paralelos, seriales (UARTs, Universal Asynchronous Receiver/Transmitter), I2C (Inter-Integrated Circuit), Interfaces de Periféricos Seriales (SPIs, Serial Peripheral Interfaces), Red de Área de Controladores (CAN, Controller Area Network), USB (Universal Serial Bus).

c.6 Conversores Análogo-Digitales (A/D, analog-to-digital)

Para convertir un nivel de voltaje en un cierto pin a un valor digital manipulable por el programa del micro-controlador.

c.7 Moduladores por Ancho de Pulso (PWM, Pulse-Width Modulation)

Para generar ondas cuadradas de frecuencia fija pero con ancho de pulso modificable.

La alta integración de subsistemas que componen un micro-controlador reduce el número de chips, la cantidad de pistas y espacio que se requeriría en un circuito impreso si se implementase un sistema equivalente usando chips separados.

Un aspecto de especial interés para el desarrollador de circuitos basados en micro-controladores son las interfaces de entrada/salida. A través de los pines del chip asociados a las interfaces de entrada/salida el micro-controlador puede interactuar con otros circuitos externos enviándoles señales de comando o recibiendo

estímulos correspondientes a variables externas. Por lo general varios pines de datos son bidireccionales, es decir pueden configurarse como entradas o salidas.

Cuando son entradas, pueden adquirir datos interpretando el valor de voltaje como un valor lógico 0 o 1, mientras que cuando son salidas pueden entregar una señal binaria de voltaje cuya magnitud dependerá del valor lógico 0 o 1. Monitoreando el valor de las entradas, el micro-controlador puede responder a eventos externos y realizar una cierta acción, como variar las señales de salida de acuerdo al valor en las entradas. Para responder a eventos externos, los micro-controladores cuentan con un recurso conocido como interrupciones. Las interrupciones son señales que se generan internamente en el micro-controlador que detienen la ejecución normal del programa para ejecutar alguna subrutina de respuesta al evento. Una vez ejecutada la subrutina de interrupción la ejecución del programa continúa en el punto en que se encontraba antes de generarse la interrupción. Un ejemplo típico es el de un botón pulsador conectado a un pin de entrada. Una vez pulsado, se genera una señal de interrupción que iniciaría la ejecución de la subrutina de interrupción, que por ejemplo podría activar un pin de salida para encender un led.

No todas las interrupciones necesariamente están asociadas al cambio del estado de los pines de entrada. También hay interrupciones que pueden estar asociadas al valor de una entrada AD, o al cumplimiento de un periodo de tiempo fijado por un timer o temporizador. Estas características dependerán del modelo de micro-controlador empleado.

2.6.4 LCD⁴⁹

La definición más clara de un LCD es: una pantalla de cristal líquido que visualiza unos ciertos caracteres. Para poder hacer funcionar un LCD, debe de estar conectado a un circuito impreso en el que estén integrados los controladores del display y los pines para la conexión del display. Sobre el circuito impreso se encuentra el LCD en sí, rodeado por una estructura metálica que lo protege.

⁴⁹ http://server-die.alc.upv.es/asignaturas/lсед/2002-03/Pantallas_LCD/LCD.pdf

En total se pueden visualizar 2 líneas de 16 caracteres cada una, es decir, $2 \times 16 = 32$ caracteres. A pesar de que el display sólo puede visualizar 16 caracteres por línea, puede almacenar en total 40 por línea. Es el usuario el que especifica qué 16 caracteres son los que se van a visualizar.

Tiene un consumo de energía de menos de 5mA y son ideales para dispositivos que requieran una visualización pequeña o media.

En la actualidad existe una gran variedad de versiones, clasificadas en dos grupos. El primer grupo está referido a los módulos LCD de caracteres (solamente se podrán presentar caracteres y símbolos especiales en las líneas predefinidas en el módulo LCD) y el segundo grupo está referido a los módulos LCD matriciales (Se podrán presentar caracteres, símbolos especiales y gráficos). Los módulos LCD varían su tamaño físico dependiendo de la marca; por lo tanto en la actualidad no existe un tamaño estándar para los módulos LCD.

a) Proceso de Desarrollo.

El proceso de desarrollo de una aplicación basada en micro-controladores se compone de las siguientes etapas principales:

- **Desarrollo de software:** Esta etapa corresponde a la escritura y compilación/ensamblaje del programa que registrará las acciones del micro-controlador y los sistemas periféricos conectados a este.
- **Programación del micro-controlador:** En esta etapa el código de máquina correspondiente al programa desarrollado en la etapa anterior se descarga en la memoria del micro-controlador.
- **Prueba y verificación:** Por último, el micro-controlador debe conectarse al circuito base y someterse a pruebas para verificar el funcionamiento correcto del programa.

b) Tipos de Memorias del LCD

Un dispositivo LCD dispone de dos tipos de memorias ambas independientes.

Estas memorias se denominan DD RAM y CG RAM.

b.1 DD RAM (Display Data Ram)

Es la memoria encargada de almacenar los caracteres de la pantalla que se estén visualizando en ese momento, o bien, que estén en una posición no visible. El display tiene una capacidad de 2 líneas horizontales por 40 caracteres cada una, de los cuales solo serán visibles 2 líneas de 16 caracteres cada una. La DDRAM tiene un tamaño de $2 \times 40 = 80$ bytes.

Una vez conocida la disposición de almacenamiento del display, es fácil pensar en un display de 2 líneas de 40 caracteres sobre el que se desplaza una ventana de 2 líneas por 16 caracteres como se muestra en la figura 2.84.

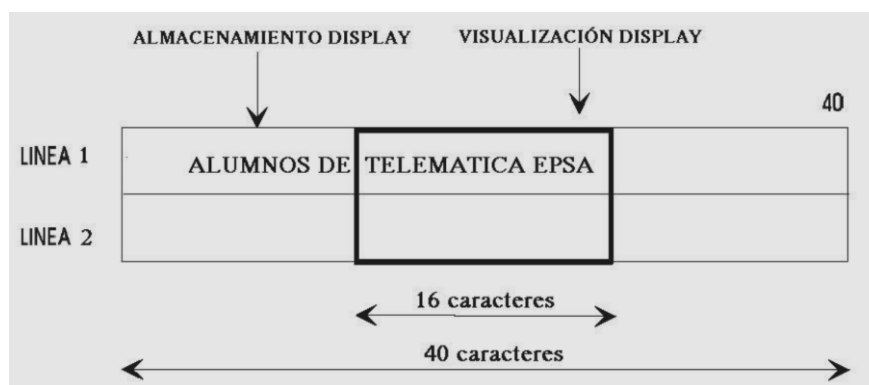


Figura 2.84 Ejemplo de líneas y caracteres del LCD

Fuente: http://server-die.alc.upv.es/asignaturas/lged/2002-03/Pantallas_LCD/LCD.pdf

b.2 CG RAM (carácter generator RAM)

La CG RAM contiene los caracteres que pueden ser definidos en la figura 2.85, es decir que pueden ser personalizados. Está formada por 64 posiciones, con direcciones 00-3F. Cada posición es de 5 bits.

La memoria está dividida en 8 bloques que corresponden a los posibles caracteres creados por el usuario que van del 0 al 7 como se muestra en el dibujo.

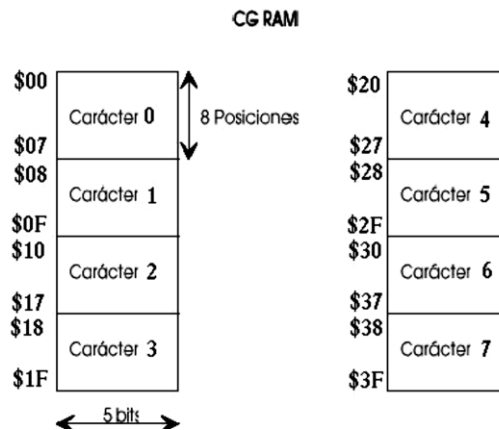


Figura 2.85 Memoria CG RAM

Fuente: http://server-die.alc.upv.es/ asignaturas/l sed/2002-03/Pantallas_LCD/LCD.pdf

2.7 Motor Eléctrico⁵⁰

Un motor eléctrico es una máquina eléctrica que transforma energía eléctrica en energía mecánica por medio de campos electromagnéticos variables. Algunos de los motores eléctricos son reversibles, pueden transformar energía mecánica en energía eléctrica funcionando como generador.



Figura 2.86 Motor Eléctrico

Fuente: <http://www.weg.net/mx/Productos-y-Servicios/Motores-Electricos/Monofasicos/TEFC-Uso-Rural>

Estos funcionan generalmente bajo los principios de magnetismo, que serían de Corriente Directa, de Corriente Alterna y según el número de fases en Monofásicos, Bifásicos y Trifásicos, siendo este último el más utilizado a nivel industrial.

⁵⁰ www.monografias.com/motores-electricos.shtml

Los motores eléctricos se hallan formados por varios elementos, sin embargo, las partes principales son: el estator, la carcasa, la base, el rotor, la caja de conexiones, las tapas y los cojinetes (ver figura 2.87).

No obstante, un motor puede funcionar solo con el estator y el rotor

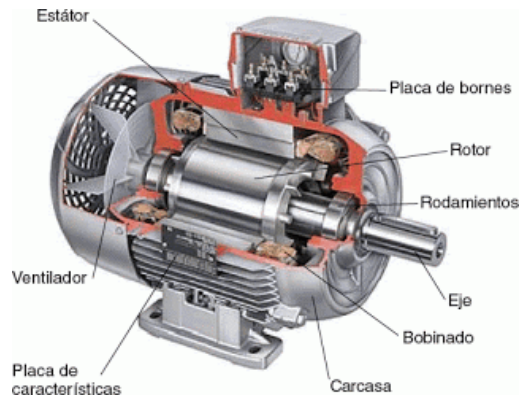


Figura 2.87 Componentes Motor Eléctrico

Fuente: [http://2.bp.blogspot.com/-](http://2.bp.blogspot.com/-5zhN2qJBRWk/UKPaxhSk4QI/AAAAAAAAAC8/9j1G0qeu1Dw/s320/motor-electrico.gif)

[5zhN2qJBRWk/UKPaxhSk4QI/AAAAAAAAAC8/9j1G0qeu1Dw/s320/motor-electrico.gif](http://2.bp.blogspot.com/-5zhN2qJBRWk/UKPaxhSk4QI/AAAAAAAAAC8/9j1G0qeu1Dw/s320/motor-electrico.gif)

Atendiendo al tipo de corriente utilizada para su alimentación, los motores se clasifican en:

- Motores de corriente continua
 - De excitación independiente
 - De excitación en serie
 - De excitación shunt o derivación
 - De excitación compuesta compund.
- Motores de corriente continua
- Motores síncronos
- Motores asíncronos
- Monofásicos
 - De bobinado auxiliar

- De espira en cortocircuito
- Universal
- Trifásicos.
 - De rotor bobinado
 - De rotor en cortocircuito(jaula de ardilla)

Todos los motores de corriente continua así como los síncronos de corriente alterna incluidos en la clasificación anterior tienen una utilización y una función específica.

Los motores asíncronos de corriente alterna, tanto monofásicos como trifásicos son los que tienen una aplicación más generalizada gracias a su facilidad de utilización, poco mantenimiento bajo costo de fabricación y por ser parte del presente trabajo nos centraremos únicamente en constitución de estos.

2.7.1 Características de los motores eléctricos de corriente alterna

Los parámetros de operación de un motor designan sus características, es importante determinarlas, ya que con ellas conoceremos los parámetros determinantes para la operación del motor. Las principales características de los motores de C.A. son:

Potencia: Es la rapidez con la que se realiza un trabajo.

En física la Potencia = Trabajo/tiempo, la unidad del Sistema Internacional para la potencia es el joule por segundo, y se denomina watt (W). Sin embargo estas unidades tienen el inconveniente de ser demasiado pequeñas para propósitos industriales.

Por lo tanto, se usan el kilowatt (kW) y el caballo de fuerza (HP) que se definen como:

$$1 \text{ kW} = 1000 \text{ W}$$

$$1 \text{ HP} = 747 \text{ W} = 0.746 \text{ kW}$$

$$1 \text{ kW} = 1.34 \text{ HP}$$

Voltaje: También llamada tensión eléctrica o diferencia de potencial, existe entre dos puntos, y es el trabajo necesario para desplazar una carga positiva de un punto a otro:

$$E = [V_A - V_B] \quad \text{Ec. 2.1}$$

donde:

E = Voltaje o Tensión

V_A = Potencial del punto A

V_B = Potencial del punto B

La diferencia de tensión es importante en la operación de un motor, ya que de esto dependerá la obtención de un mejor aprovechamiento de la operación.

Los voltajes empleados más comúnmente son: 127V, 220V, 380V, 440V, 2300V y 6000V.

Corriente: La corriente eléctrica [I], es la rapidez del flujo de carga [Q] que pasa por un punto dado [P] en un conductor eléctrico en un tiempo [t] determinado.

$$I = \frac{Q}{t} \quad \text{Ec. 2.2}$$

donde:

I = Corriente eléctrica

Q = Flujo de carga que pasa por el punto P

t = Tiempo

La unidad de corriente eléctrica es el ampere. Un ampere [A] representa un flujo de carga con la rapidez de un coulomb por segundo, al pasar por cualquier punto.

$$IA = \frac{IC}{Is}$$

Los motores eléctricos esgrimen distintos tipos de corriente, que fundamentalmente son: corriente nominal, corriente de vacío, corriente de arranque y corriente a rotor bloqueado.

- **Corriente nominal:** En un motor, el valor de la corriente nominal es la cantidad de corriente que consumirá el motor en condiciones normales de operación.
- **Corriente de vacío:** Es la corriente que consumirá el motor cuando no se encuentre operando con carga y es aproximadamente del 20% al 30% de su corriente nominal.
- **Corriente de arranque:** Todos los motores eléctricos para operar consumen un excedente de corriente, mayor que su corriente nominal, que es aproximadamente de dos a ocho veces superior.
- **Corriente a rotor bloqueado:** Es la corriente máxima que soportara el motor cuando su rotor esté totalmente detenido.

CAPÍTULO 3

3.1. Parámetros Generales del Sistema

En esta sección se mencionara únicamente las particularidades de los componentes que forman parte del sistema en general.

3.1.1 Potencia del Motor Hidrostático.

Debido al hecho que el banco didáctico no debe convertirse en un riesgo al momento de su manipulación, consecuentes al peso total y al alto torque entregado por los sistemas hidráulicos, se ha planteado que el banco no supere velocidades mayores a los 2.5 km/h (0.694 m/s) para ello los motores hidrostáticos seleccionados deben otorgar una velocidad máxima de giro de 100 RPM (10.47 rad/s).

3.1.2 Caudal de La Bomba Hidráulica.

En la selección del tipo de bomba a utilizarse, se debe tomar en cuenta los parámetros de funcionamiento de los motores hidráulicos mencionados anteriormente, igualmente de las condiciones del motor eléctrico.

Se ha seleccionado una bomba de marca Kompass de $9,1 \text{ cm}^3/\text{rev}$ (teórico) (Anexo A1)

3.1.3 Presión de la Bomba Hidráulica.

Todos los fabricantes otorgan a sus bombas un valor denominado presión máxima de trabajo, algunos incluyen las presiones de rotura o la presión máxima intermitente, y otros adjuntan la gráfica presión / vida de sus bombas.

Estos valores los determina el fabricante en función de una duración razonable de la bomba trabajando en condiciones determinadas. Se ha de observar que no existe un factor de seguridad normalizado; por ello algunos fabricantes incluyen la presión de rotura del elemento, o el número de ciclos de cero a X que resiste la bomba.

Es por esa razón que para el proyecto se dispuso utilizar una bomba con una presión de 70 kgf/cm^2 (1000 psi). (Anexo A1)

3.1.4 Potencia del Motor Eléctrico.

Un solo motor eléctrico acciona la bomba de los motores hidráulicos, por lo tanto para una eficiencia combinada del grupo bomba – motor, de 80%, la potencia requerida en el motor eléctrico se explicará en el numeral 3.3.4.

Se opta por la utilización de un motor eléctrico de 2Hp y 1750 rpm.

3.2 Diseño Mecánico

Para mejorar el aprendizaje del funcionamiento de la maquinaria pesada, se dispuso la construcción de un banco didáctico, para explicar el sistema de giro de los tractores de oruga, el mismo que se utilizará para prácticas de los estudiantes.

Además se verificará el funcionamiento de la mecánica, electrónica e hidráulica del tren de rodaje, aplicando los conocimientos obtenidos, con el fin de incorporarse en el medio, en cual hay una gran variedad de maquinaria.

3.2.1. Diseño de la Rueda Motriz

Todo tractor de orugas tiene como elemento fundamental para brindar de movimiento al tren de rodaje una rueda cabilla o motriz.

Para el diseño de la rueda motriz se considera que esta debe soportar fuerzas como el Torque (T) del motor hidrostático y la fuerza tangencial (Ft); se utiliza como base fundamental la velocidad expuesta anteriormente de 2.5km/h (0.694 m/s), y la velocidad de giro de los motores hidráulicos 100 RPM (10,47 rad/s); objetando que dicha velocidad es prácticamente controlable sin incurrir en problemas de operación.

Como parte esencial del diseño se utiliza el software SOLIDWORKS 2012, el cual es una herramienta completa y necesaria al momento del diseño de elementos mecánicos.

Diseño analítico de la rueda motriz

Partiendo de:

$$V = \omega * r \quad \text{Ec. 3.1}$$

donde :

V = velocidad tangencial

ω = velocidad angular

r = radio

$$r = \frac{v}{\omega} \quad \text{Ec. 3.2}$$

$$r = \frac{0,694 \text{ m/s}}{10,47 \text{ rad/s}}$$

$$r = 0.06628 \text{ m}$$

$$r = 66.28 \text{ mm}$$

$$\varnothing = r * 2$$

$$\varnothing = 132.56 \text{ mm}$$

En consideración al resultado, se utilizará una rueda estándar de acero estructural AISI 1010 de 125mm de diámetro y 19 dientes, existente en el mercado local, la cual es la más acorde al diseño.

Tabla 3.1 Características de la Rueda Motriz

Fuente: Propia

CARACTERÍSTICAS RUEDA MOTRIZ	
# dientes	19
Ø exterior (mm)	125
Ø de raíz (mm)	115
Paso (mm)	15

Altura del diente (mm)	10
Espesor (mm)	11
Material	Acero AISI 1010

Acorde al diámetro de la rueda estándar se encontrará la velocidad real de funcionamiento del sistema.

donde:

$$V = \omega * r$$

$$V = 10.47 \text{ rad/s} * 125 \text{ mm} / 2$$

$$V = 654.5 \text{ mm/s}$$

$$V = 0.655 \text{ m/s}$$

En consideración al funcionamiento del sistema, la rueda motriz está sometida a distintas fuerzas:

Torque: es la fuerza requerida por la rueda dentada otorgada por los motores hidráulicos para mover el sistema que tiene un peso de 200kg (2000N).

Partiendo de:

$$T = F_T * r \quad \text{Ec. 3.3}$$

$$F_T = Fr \quad \text{Ec. 3.4}$$

$$Fr = \mu_c * W_T \quad \text{Ec. 3.5}$$

$$Fr = 0.85 * 2000 \text{ N}$$

$$Fr = 1700 \text{ N}$$

$$T = 1700 \text{ N} * (125 \text{ mm} / 2)$$

$$T = 106250 \text{ Nmm}$$

$$T = 106.25 \text{ Nm}$$

donde:

μ_c = coeficiente de fricción caucho – concreto seco (Anexo A2)

F_T = fuerza tangencial

F_r = fuerza de rozamiento

W_T = peso total

T = torque

Diseño simulado de la rueda motriz mediante software SolidWorks.

Las opciones de mallado son factores esenciales en la determinación de la calidad del análisis y por tanto de los resultados.

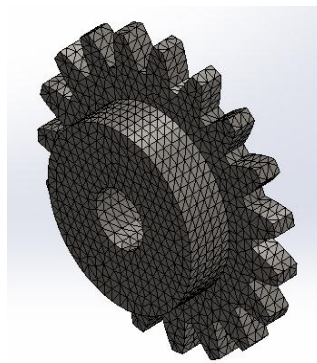


Figura 3.1 Mallado rueda motriz

Fuente: Propia-SolidWoldwors

El mallado de la rueda motriz utilizado en el análisis es de 19205 elementos y 4355 nodos, los cuales se consideran adecuado para obtener resultado aproximado al analítico.

Tensión: para el análisis de esta fuerza recurrimos al Software, en el cual se emplea los resultados obtenidos anteriormente como son el r , T y la F_T al igual que las características y propiedades físicas de la rueda motriz seleccionada, para establecer el comportamiento de la rueda al momento de su plena operación.

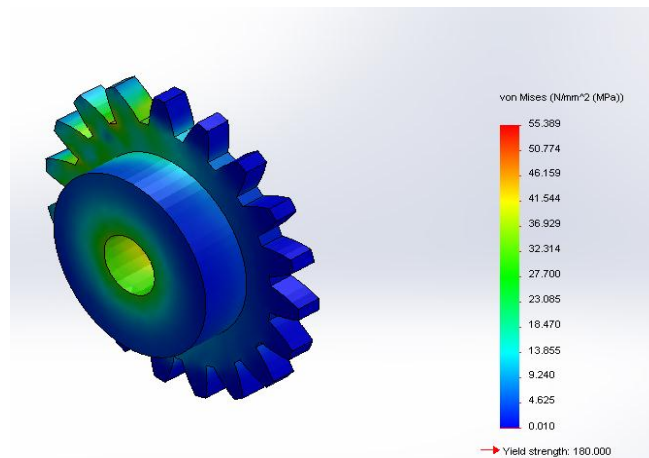


Figura.3.2 Análisis de tensión - rueda motriz
Fuente: Propia-SolidWoldwors

La tensión min es de 0.00996478 MPa

La tensión máx. es de 55.3891 MPa

En la figura 3.2 se observa claramente el comportamiento que tiene el elemento al momento de tolerar la tensión existente en los puntos de contacto, los colores muestran los distintos niveles de fuerza de la tensión al cual está sometida la pieza.

Deformación: todo componente mecánico sometido a fuerzas, torques y tensiones soporta deformaciones o desplazamientos en su estructura por mínima que esta sea.

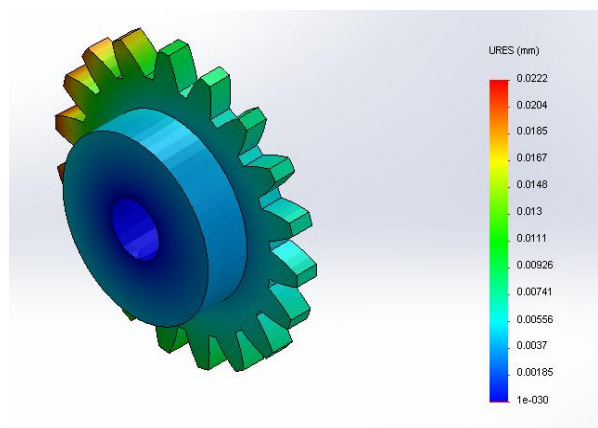


Figura. 3.3 Análisis de deformación – rueda motriz
Fuente: Propia-SolidWoldwors

La deformación mín es de 0.00 mm

La deformación máx. es de 0.00222213 mm

En la figura 3.3 se observa el análisis de deformación de la rueda motriz, los colores indican los puntos críticos máximos y mínimos de deformaciones al cual está sometido. Se puede identificar claramente que los puntos o zonas marcadas por el color rojo son las más expuestas a deformaciones, esto obedece que sobre estos puntos se engrana la banda de rodadura.

Factor de seguridad: Este brinda una mayor confiabilidad en que la selección de los componentes ha sido la correcta.

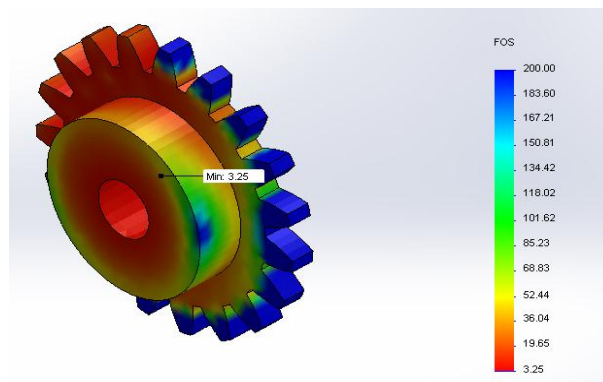


Figura. 3.4 Análisis de factor de seguridad- rueda motriz
Fuente: Propia-SolidWoldwors

Del análisis realizado en el software, da un resultado admisible relacionado con los parámetros propuestos en un inicio para el diseño (ver figura 3.4).

En la aplicación que se lleva a cabo se obtiene un Factor de seguridad de 3.25, el cual satisface las condiciones mecánicas - teóricas y reales de trabajo.

3.2.2 Diseño de Eje de Rueda Motriz

Para el diseño del eje de la rueda motriz se tomara en cuenta el diámetro del eje de los motores hidrostáticos (1 in), el torque calculado para la rueda motriz y la fuerza de fricción F_r . (ver figura 3.5) Se utilizará acero de transmisión ASTM A-36 (Anexo A3)

Diseño analítico del eje de la rueda motriz.

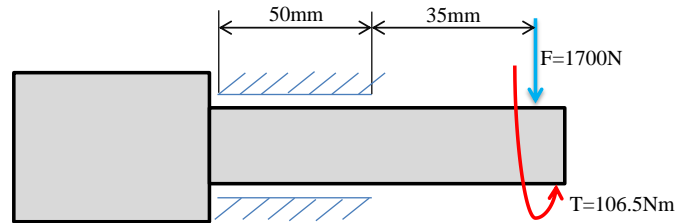


Figura. 3.5 Análisis de fuerzas – eje rueda motriz
Fuente: Propia

El esfuerzo de corte por torsión viene dado por:

$$\tau_{xy} = \frac{16 * T}{\pi * \phi^3} \quad \text{Ec. 3.6}$$

$$\tau_{xy} = \frac{16 * 106.5 \text{ Nm}}{\pi * (0.0254 \text{ m})^3}$$

$$\tau_{xy} = 33.02 \times 10^6 \text{ Nm} = 33.02 \text{ Nm}$$

El esfuerzo nominal debido a la flexión viene dado por:

$$\sigma_x = \frac{32 * M_{max}}{\pi * \phi^3} \quad \text{Ec. 3.7}$$

donde:

$$M_{max} = F * d \quad \text{Ec. 3.8}$$

$$M_{max} = 1700 \text{ N} * 0.0035 \text{ m}$$

$$M_{max} = 59.5 \text{ Nm}$$

$$\sigma_x = \frac{32 * 59.5 \text{ Nm}}{\pi * (0.0254 \text{ m})^3}$$

$$\sigma_x = 36.98 \times 10^6 \text{ N/m}^2 = 36.98 \text{ MPa}$$

Aplicando el círculo de Mohr para esfuerzos combinados se obtienen los siguientes esfuerzos principales, para ello se utilizó una hoja de cálculo de Excel.

Tabla 3.2 Datos - Círculo de Mohr

Fuente: Propia-excel

Esfuerzo de flexión(MPa) (σ_x)	3,70E+01
Esfuerzo de flexión(Mpa) (σ_y)	0
Esfuerzo de corte(Mpa) (τ_{xy})	3,30E+01
Centro	18,49
Radio	37,84442495
σ_{max}	56,33442495
σ_{min}	-19,354425
τ_{max}	37,84442495

Tabla 3.3 Resultados – Círculo de Mohr

Fuente: Propia-excel

Angulo 2π	Angulo (rad)	σ	τ
0	0	56,334425	0
10	0,174532925	55,7594831	6,571615428
20	0,34906585	54,0521269	12,94355565
30	0,523598776	51,2642334	18,92221248
40	0,698131701	47,4805114	24,32592746
50	0,872664626	42,8159275	28,99051144
60	1,047197551	37,4122125	32,7742334
70	1,221730476	31,4335556	35,56212687
80	1,396263402	25,0616154	37,2694831
90	1,570796327	18,49	37,84442495
100	1,745329252	11,9183846	37,2694831
110	1,919862177	5,54644435	35,56212687
120	2,094395102	-0,43221248	32,7742334
130	2,268928028	-5,83592746	28,99051144
140	2,443460953	-10,5005114	24,32592746
150	2,617993878	-14,2842334	18,92221248

160	2,792526803	-17,0721269	12,94355565
170	2,967059728	-18,7794831	6,571615428
180	3,141592654	-19,354425	4,6365E-15
190	3,316125579	-18,7794831	-6,571615428
200	3,490658504	-17,0721269	-12,94355565
210	3,665191429	-14,2842334	-18,92221248
220	3,839724354	-10,5005114	-24,32592746
230	4,01425728	-5,83592746	-28,99051144
240	4,188790205	-0,43221248	-32,7742334
250	4,36332313	5,54644435	-35,56212687
260	4,537856055	11,9183846	-37,2694831
270	4,71238898	18,49	-37,84442495
280	4,886921906	25,0616154	-37,2694831
290	5,061454831	31,4335556	-35,56212687
300	5,235987756	37,4122125	-32,7742334
310	5,410520681	42,8159275	-28,99051144
320	5,585053606	47,4805114	-24,32592746
330	5,759586532	51,2642334	-18,92221248
340	5,934119457	54,0521269	-12,94355565
350	6,108652382	55,7594831	-6,571615428
360	6,283185307	56,334425	-9,27301E-15

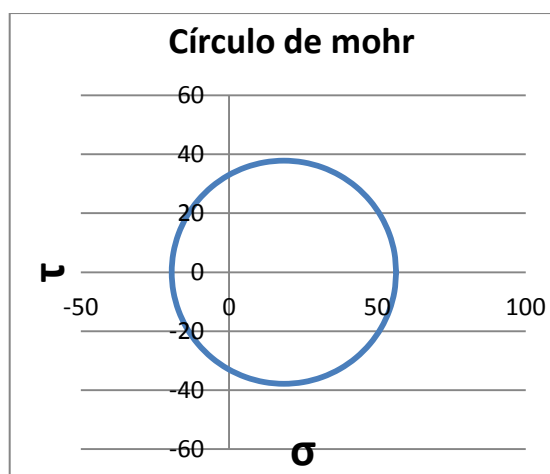


Figura. 3.6 Círculo de Mohr
Fuente: Propia-excel

donde:

$$\sigma_1 = 56.33 \text{ MPa}$$

$$\sigma_2 = -19.35 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\max} = 37,84 \text{ MPa}$$

Utilizando la teoría de la energía de deformación para materiales dúctiles, se obtiene el esfuerzo de Von Mises (σ'):

$$\sigma' = \sqrt{\sigma_1^2 - \sigma_1 \sigma_2 + \sigma_2^2} \quad \text{Ec. 3.9}$$

$$\sigma' = \sqrt{(56.33)^2 - (56.33 * (-19.35)) + (-19.35)^2}$$

$$\sigma' = 68.09 \text{ MPa}$$

Por lo tanto el factor de seguridad (Fs) es :

$$Fs = \frac{Sy}{\sigma'} \quad \text{Ec. 3.10}$$

donde:

Sy: es el limite a la fluencia del acero ASTM A-36 = 248 MPa (Anexo A3)

$$Fs = \frac{248 \text{ MPa}}{68.09 \text{ MPa}}$$

$$Fs = 3.64$$

Diseño simulado del eje de la rueda motriz mediante software SolidWorks.

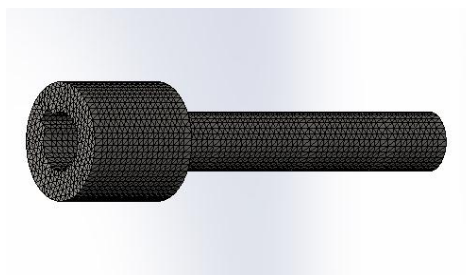


Figura 3.7 Mallado eje rueda motriz
Fuente: Propia-SolidWoldwors

El mallado del eje de la rueda motriz utilizado en el análisis es de 46232 elementos y 9401 nodos, los cuales se consideran adecuado para obtener resultado aproximado al analítico.

Tension:

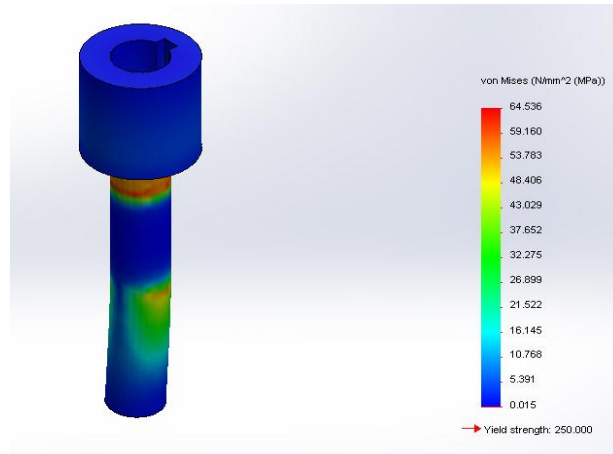


Figura. 3.8 Análisis de tensión – eje rueda motriz
Fuente: Propia-SolidWoldwors

La tensión min es de 0.015 MPa

La tensión máx. es de 64.5364 MPa

En la figura 3.8 se observa claramente el comportamiento que tiene el elemento al momento de tolerar la tensión existente en los puntos de contacto, los colores muestran los distintos niveles de fuerza de la tensión al cual está sometida la pieza

Deformacion:

La deformación min es de 0.00 mm

La deformación máx. es de 0.0389413 mm

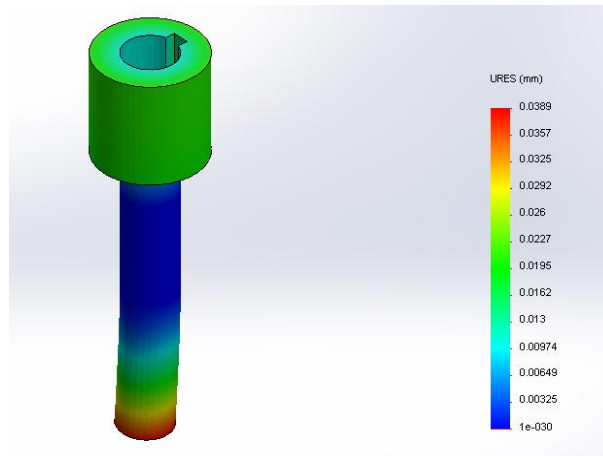


Figura. 3.9 Análisis de deformación – eje rueda motriz
Fuente: Propia-SolidWoldwors

En la figura 3.9 se observa el análisis de deformación del eje de la rueda motriz, los colores indican los puntos críticos máximos y mínimos de deformaciones al cual está sometido. Se puede identificar claramente que los puntos o zonas marcadas por el color rojo son las más expuestas a deformaciones, esto obedece que sobre estos puntos se ejerce la mayor tensión debida que es el punto de unión entre el eje y la rueda dentada.

Factor de seguridad:

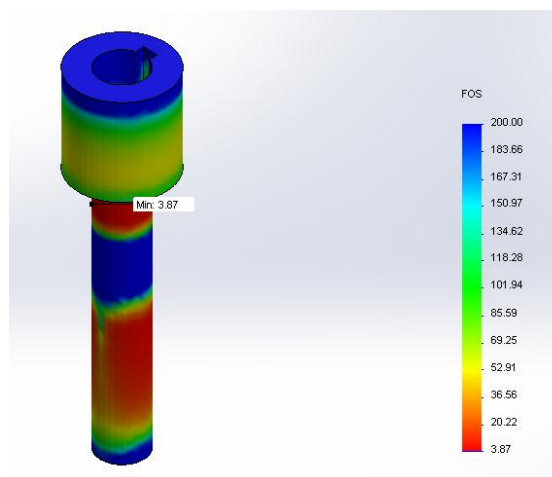


Figura. 3.10 Factor de seguridad – eje rueda motriz
Fuente: Propia-SolidWoldwors

Del análisis realizado se obtiene un factor de seguridad de 3.87 el cual cumple con las condiciones mecánicas necesarias.

En la figura 3.10 se denota con color rojo los puntos críticos en que interactúa el factor de seguridad.

Al hacer una comparación entre los resultados del análisis analítico y el análisis asistido por computadora, se concluye que la diferencia de resultados se da por la utilización de decimales y cierto grado de error en el software.

3.2.3. Diseño de la Estructura del Bastidor

Acorde con la necesidad de obtener un banco de alta confiabilidad y fácil maniobrabilidad, el diseño se basa en las fuerzas al cual va a ser sometido, como el peso total de los componentes que conforman el sistema hidráulico, electrónico, y los elementos del tren de rodaje, así como el torque, fuerza de fricción en los puntos de sujeción del motor, rueda motriz y rueda guía (ver tabla 3.4).

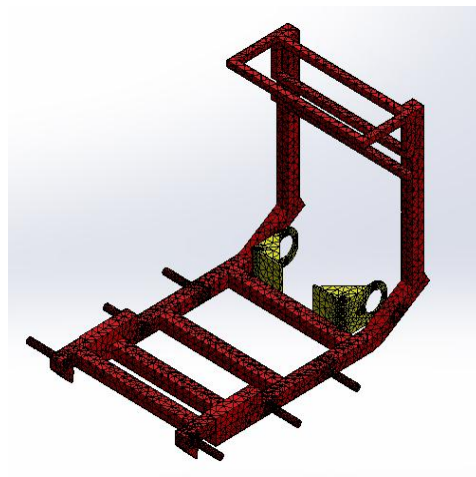


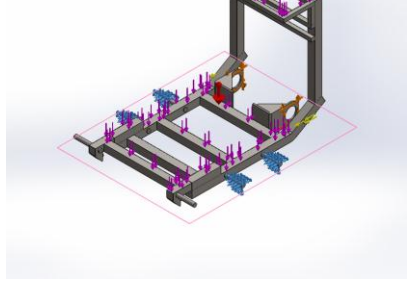

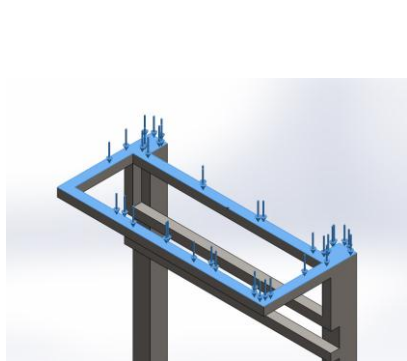
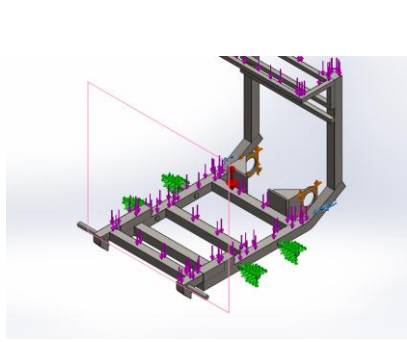
Figura 3.11 Bastidor – Solidworks
Fuente: Propia-SolidWoldwors

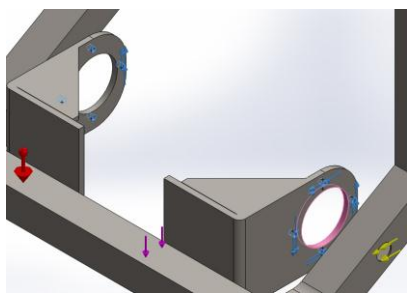
Diseño simulado del bastidor mediante software SolidWorks.

Para el diseño del bastidor se utilizará el acero ASTM- A36 (Anexo A3); El mallado del bastidor utilizado en el análisis es de 31740 elementos y 9478 nodos, los cuales se consideran adecuados para obtener resultado aproximado al real.

Tabla 3.4 Análisis de Fuerzas - Bastidor

Fuente: Propia-SolidWoldwors

Tipo de Fuerza	Imagen de la Carga	Detalles de las Fuerzas
Gravedad		<p>La gravedad determina la fuerza que ejerce el peso total del banco sobre los ejes de los rodillos, sirviendo estos de apoyo</p>
Fuerza 1, (Peso componentes hidráulicos y ruedas guías)		<p>En las zonas demarcadas se puede apreciar los puntos sobre los cuales se ejercen la fuerza producida por el peso de los componentes hidráulicos y ruedas guías. Con un valor de 1400 N</p>
Fuerza 2(Peso de componentes hidráulicos y tablero de mando)		<p>En las zonas demarcadas se puede apreciar los puntos sobre los cuales se ejercen la fuerza producida por el peso de los componentes hidráulicos, electrónicos y tablero de mando. Con un valor de 600 N</p>
Fuerza tangencial		<p>En la zona demarcada por las flechas azules se observa la aplicación de la fuerza tangencial que la misma producida por el peso y el rozamiento a la rueda dentada, siendo esta trasladada al bastidor. Con un valor de</p>

		1700 N
Torque		El torque producido por los motores se ve reflejado en las bases de los mismos, afectando directamente al bastidor. Con un valor 106.25 Nm

Tensión:

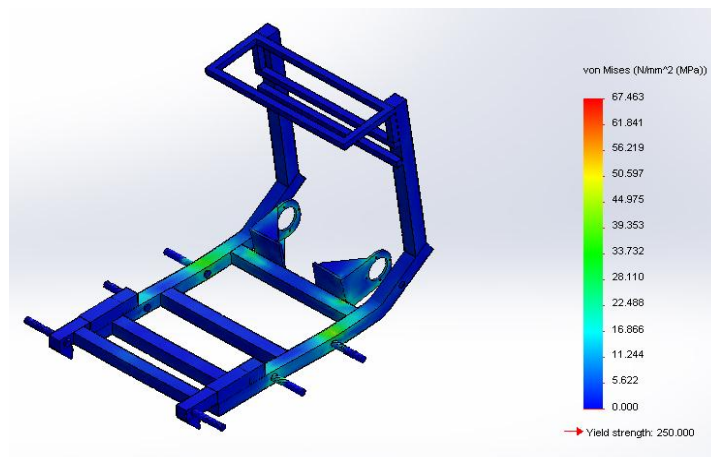


Figura. 3.12 Análisis de Tensión – Bastidor
Fuente: Propia-SolidWoldwors

La tensión min es de 0.0002467 MPa

La tensión máx. es de 67.4628 MPa

En la figura 3.12 se observa claramente el comportamiento que tiene el elemento al momento de tolerar la tensión existente en los puntos de contacto, los colores muestran los distintos niveles de fuerza de la tensión al cual está sometida la pieza, al no presentarse colores que tienden al rojo se entiende que la estructura no tiene puntos críticos de ruptura a la tensión.

Deformación:

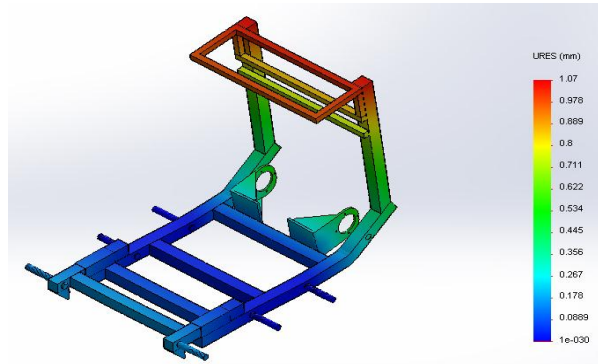


Figura. 3.13 Análisis de Deformación – Bastidor
Fuente: Propia-SolidWoldwors

La deformación min es de 0.00 mm

La deformación máx es de 1.06703 mm

En la figura 3.13 se observa el análisis de deformación del bastidor, los colores indican los puntos críticos máximos y mínimos de deformaciones al cual está sometido. Se puede identificar claramente que los puntos o zonas marcadas por el color rojo son las más expuestas a deformaciones, en este caso esta zona es usada únicamente para el soporte de peso de algunos componentes hidráulicos, electrónicos y tablero de mando lo cual no sugiere riesgo alguno; en las zonas de mayor esfuerzo las cuales son los puntos de apoyo de las bases de los motores y de los ejes de las ruedas guías se puede observar que no tendrá mayores consecuencias en cuanto a deformación.

Factor de seguridad:

Del análisis realizado en el software este nos da un resultado admisible, relacionado con los parámetros propuestos en un inicio para el diseño.

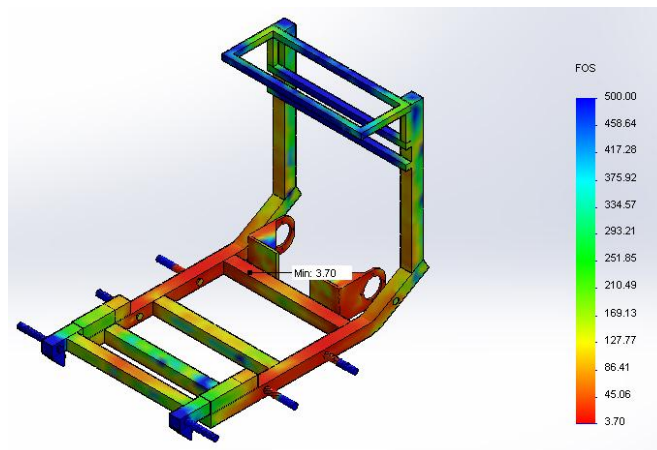


Figura 3.14 Factor de seguridad – bastidor
Fuente: Propia-SolidWoldwors

En la aplicación que se lleva a cabo se obtiene un Factor de seguridad de 3.7 (ver figura 3.14), el cual satisface las condiciones mecánicas - teóricas y reales de trabajo a las cuales está sometida la estructura.

3.2.4 Diseño de Rueda Guía.

Dentro de la aplicación de la rueda guía en el proyecto esta se encuentra sometida únicamente a la fuerza tangencial, para el diseño se utilizará aluminio 1060 Alloy (Anexos A4);

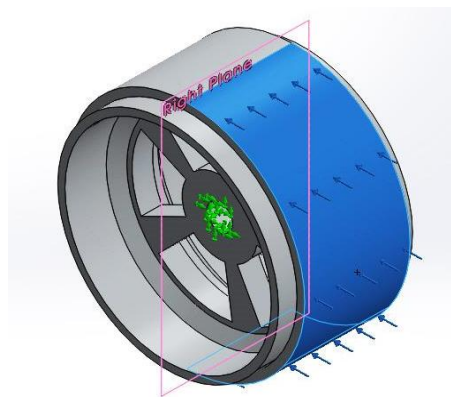


Figura.3.15 Rueda Guía sometida a fuerza tangencial
Fuente: Propia-SolidWoldwors

Diseño simulado del bastidor mediante software SolidWorks.

Como indica la figura 3.15 la fuerza tangencial de 1700 N, está siendo aplicada en las superficies de contacto de la rueda guía con la banda de rodadura, siendo esta la misma fuerza que soportan ciertos elementos que conforman parte del tren de rodaje.

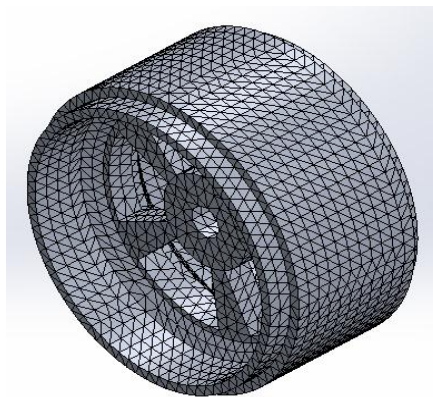


Figura. 3.16 Mallado rueda guía
Fuente: Propia-SolidWorks

El mallado de la rueda guía utilizado en el análisis es de 19170 elementos y 4836 nodos, los cuales se consideran adecuados para obtener resultado aproximado al real.

Tensión:

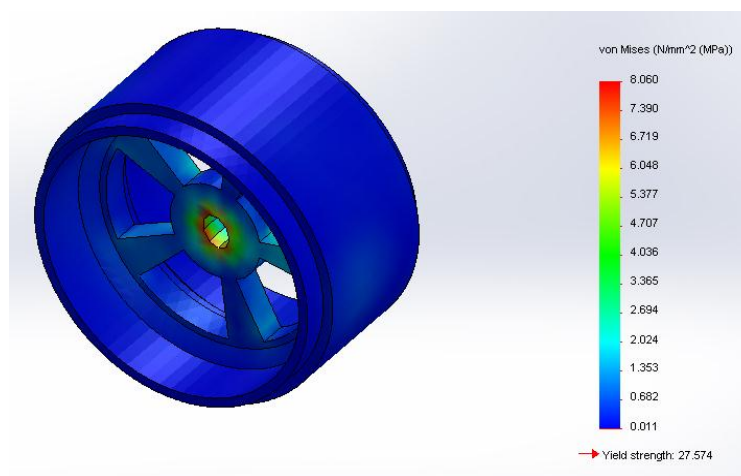


Figura. 3.17 Análisis de tensión - rueda guía
Fuente: Propia-SolidWorks

La tensión min es de 0.0112786 MPa

La tensión máx es de 8.06048 MPa

En la figura 3.17 se observa claramente el comportamiento que tiene el elemento al momento de tolerar la tensión existente en los puntos de contacto, los colores muestran los distintos niveles de fuerza de la tensión al cual está sometida la pieza, los puntos de color rojo marcan la máxima tensión que soporta la rueda en su operación al contacto con el eje fijo del bastidor.

Deformación:

La deformación min es de 0.00mm

La deformación máx es de 0.00310884 mm

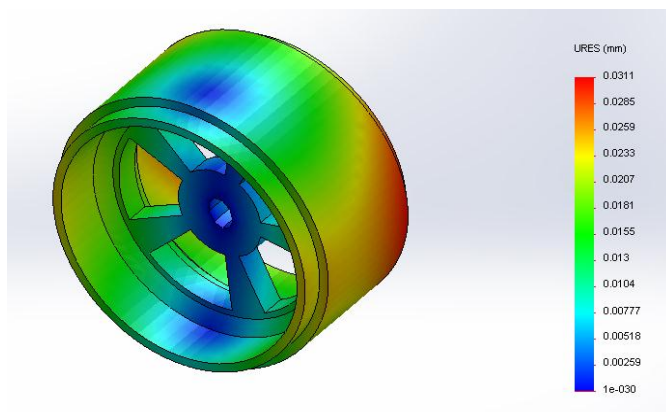


Figura. 3.18 Análisis de Deformación - rueda guía
Fuente: Propia-SolidWorks

Según el análisis en la figura 3.18, determina que la rueda guía tiene una deformación prácticamente nula, de lo cual se concluye esta no presentara ningún tipo de fallas en su funcionamiento.

Factor de Seguridad:

Del análisis realizado en el software, este da un resultado admisible, relacionado con los parámetros de diseño

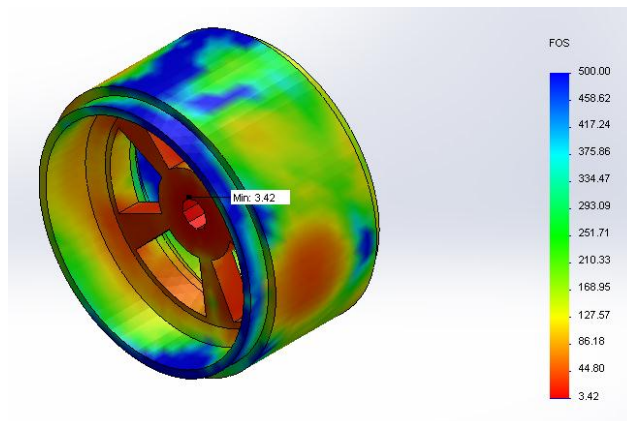


Figura. 3.19 Factor de seguridad - rueda guía
Fuente: Propia-SolidWorks

En la aplicación que se lleva a cabo se obtiene un Factor de seguridad de 3.42 (ver figura 3.19), el cual satisface las condiciones mecánicas - teóricas y reales de trabajo a las cuales está sometida la rueda guía.

3.2.5 Diseño de Rodillo

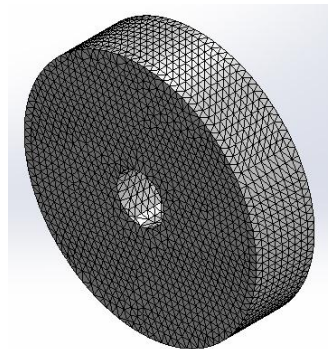


Figura.3.20 Mallado Rodillo
Fuente: Propia-SolidWorks

Luego de varios intentos y análisis de fuerzas en el software con diferentes materiales, se concluye que el material más adecuado para el diseño de los rodillos es el DURALON, se escogió este material puesto que en base a los resultados, y acorde a la aplicación, en comparación con materiales como el acero y el aluminio se obtuvo factores de seguridad fuera del rango normal y un sobredimensionamiento.

El diseño de los rodillos se realiza en base a los resultados y planos de la estructura portante o bastidor, con la finalidad que estos sirvan de apoyo a todo el banco didáctico y a su vez guíen a la banda de rodadura.

Las fuerza que el rodillo soportara será únicamente el peso total del banco el cual es de 2000 N, esta fuerza se divide en dos debido al hecho que en cada eje del bastidor serán colocados dos rodillos. A continuación se realiza el análisis de las fuerzas.

Diseño simulado del rodillo mediante software SolidWorks.

Como indica la figura 3.20 el mallado de la rueda guía utilizado en el análisis es de 51077 elementos y 10013 nodos, los cuales se consideran adecuados para obtener resultado aproximado al real.

Tensión:

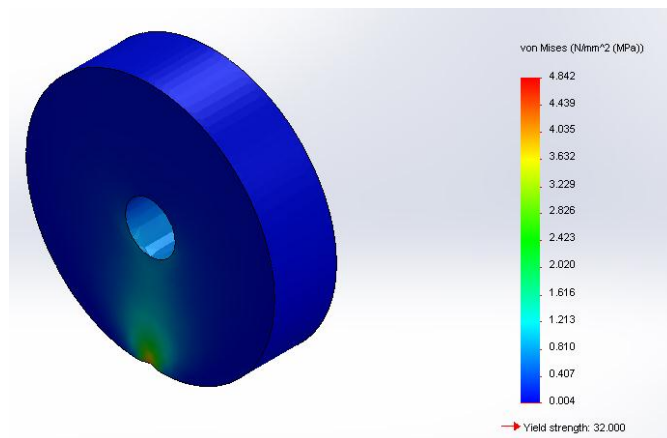


Figura 3.21 Análisis de tensión - rodillo
Fuente: Propia-SolidWorks

La tensión min es de 0.00358809 MPa.

La tensión máx es de 4.84185 MPa.

Como se observa en la figura 3.21 el rodillo no está sometido a mayores tensiones más que en el punto de contacto con la banda de rodadura y el piso.

Deformación:

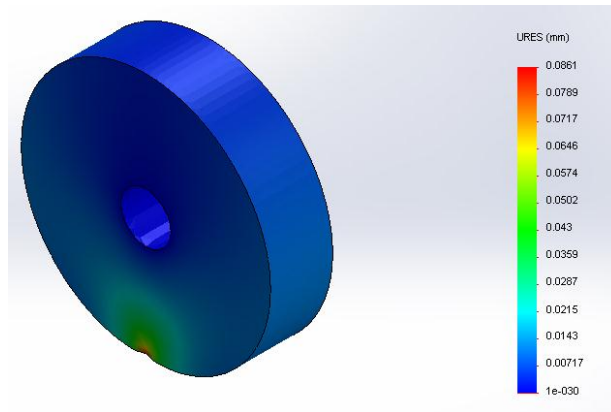


Figura 3.22 Análisis de deformación - rodillo
Fuente: Propia-SolidWorks

La deformación máxima a la cual se somete el rodillo es de 0.0860776 mm (ver figura 3.22), siendo esta prácticamente nula, lo cual nos indica que el rodillo trabajara sin ningún tipo de falla.

Factor de Seguridad:

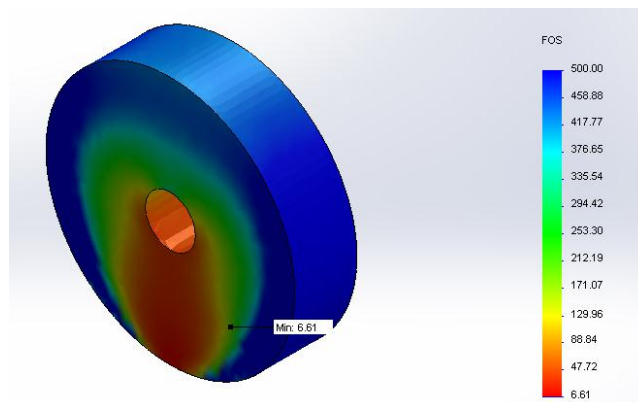


Figura. 3.23 Análisis de factor de seguridad - rodillo
Fuente: Propia-SolidWorks

En la aplicación que se lleva a cabo se obtiene un Factor de seguridad de 6.6, el cual sobrepasa las condiciones mecánicas - teóricas y reales de trabajo a las cuales está sometida la rueda, pero como se indicó en un inicio se debe al hecho que este material es el de menor sobredimensionamiento. (Ver figura 3.23)

3.2.6 Selección de la Banda de Rodadura.⁵¹

Para seleccionar la banda de rodadura del proyecto se tomó en cuenta que debe ser un material flexible y resistente a la tracción, para ello se elegirá una banda transportadora de material pétreo, esta selección se rige a que en el mercado local no existe tipo alguno de bandas de goma específicas de las dimensiones propuestas en el proyecto, al igual que alto costo que implica la utilización de bandas de rodadura para tractores de oruga.

Las bandas transportadoras de materiales en la industria generalmente están conformados por una superficie móvil de caucho, a la que, propiamente, se le llama banda pues es un segmento alargado de dos caras planas y cerrado. La razón por la que las bandas están hechas de caucho responde a la necesidad de un material flexible y resistente para soportar las cargas y efectos de abrasión del material transportado; la estructura de la banda transportadora permite que la banda tenga un cierto grado de flexión. Dichas bandas son la parte viajera de estos mecanismos, es una tira plana y cerrada que puede tener desde algunos metros hasta dos o tres kilómetros de longitud y 0.6m hasta 2.0 m de ancho, está hecha de caucho con alma de fibras sintéticas o de acero, según las necesidades de resistencia; también funciona como mecanismo de tracción por estar acopladas directamente a las poleas motrices.

La selección de la banda se hace tomando en cuenta el tipo de transportador y la forma de su operación, o sea:

- Ancho de banda: el ancho de la banda es utilizado para determinar la capacidad de la banda, así como pesos de las partes móviles con los cuales se calcula la tensión efectiva.
- Velocidad de la banda: la velocidad de la banda en pies/ min es usada para el cálculo de la tensión efectiva y de la potencia requerida. La capacidad de una banda cargada depende totalmente de esta.

⁵¹ Metodología de un Programa de Mantenimiento de Bandas Transportadoras, Aguilar B, México 2010, Pág. 34 (Tesis)

- Distancia entre poleas: es la distancia en pies medida a lo largo del transportador al centro de poleas terminales. Se usa en los cálculos de tensión de la banda para vencer la fricción de la banda.
- Empalmes: el tipo de empalme (vulcanizado o engrapado), determinan la tensión máxima permisible de la banda. Los empalmes vulcanizados son más eficientes y durables que los de grapas, reduce los costos y los cambios de empalmes son menos frecuentes.
- Transmisión: se debe conocer si la transmisión de la banda es por una o dos poleas motrices; si la superficie de las poleas son lisas o recubiertas así como el arco de contacto con las poleas en grados.
- Tensores: se requiere conocer el tipo de tensor (de gravedad o tornillo), en un tensor de gravedad la tensión real del lado de retorno puede determinarse cuando se conoce todo el peso soportado por la banda.
- Motor de transmisión: los datos de la placa del motor (potencia, RPM y tipo de arranque)

Empalme de las bandas: los empalmes engrapados (ver figura 3.24), realizados en las bandas, contienen elementos mecánicos de materiales metálicos. Su implementación implica la perforación de la superficie de la cinta para coser las grapas en los extremos,



Fig. 3.24 Empalme de Bandas por grapas
Fuente: http://beltservice.com/_images/_slideshow/lacing-1.jpg

Cálculo para la tensión efectiva de la banda:

El cálculo de la tensión de la banda se lo realiza con los siguientes datos:

Longitud: 2.20m

Capacidad: 200kg

Ancho: 14 in

Altura: 0.2286m

$$T_e = C(L + L_o) \left(Q + \frac{100 T}{3s} \right) + \left(\frac{100 TH}{3s} \right) \quad \text{Ec. 3.11}$$

donde:

Te= tensión efectiva

C= factor de fricción (Tabla 4F del Manual de GOODYEAR) (Anexo A5)

L = proyección horizontal de la longitud de la banda (pies)

Lo = factor de longitud (Tabla 4F del Manual de GOODYEAR) (Anexo A5)

Q y B = factores de densidad y servicio (Tabla 4F del Manual de GOODYEAR) (Anexo A5)

T = capacidad de diseño (ton)

S= velocidad de la banda (pies/min)

H = proyección vertical de la longitud de la banda transportadora (pies)

De las tablas del Manual de GOODYEAR se obtiene:

C = 0.03

L = 7.22pies

Lo = 150

$$Q = 19$$

$$B = 3$$

$$T = 0.22 \text{ ton}$$

$$S = 127.95 \text{ pies/min}$$

$$H = 0.75 \text{ pies}$$

Reemplazando en la ecuación:

$$T_e = 0.03(7.22 + 150) \left(19 + \frac{100 * 0.22}{3 * 127.95} \right) + \left(\frac{100 * 0.22 * 0.75}{3 * 127.95} \right)$$

$$T_e = 89.94 \text{ lb}$$

Cálculo de la tensión del lado templado y lado flojo.

Formulas del manual GOODYEAR (Tabla 4d del Manual de GOODYEAR)
(Anexo A6)

$$T_o = 6.25 \left(B + \frac{100 * T}{3 * S} \right) * L_o \quad \text{Ec. 3.12}$$

$$T_o = 6.25 \left(3 + \frac{100 * 0.22}{3 * 127.95} \right) * 150$$

$$T_o = 2866.23 \text{ lb}$$

$$T_m = T_o - \left(\frac{C * Q * L}{2} \right) + T_e \quad \text{Ec. 3.13}$$

$$T_m = 2866.23 - \left(\frac{0.03 * 19 * 7.22}{2} \right) + 89.94$$

$$T_m = 2954.11 \text{ lb}$$

$$T_m = 1339.96 \text{ Kg}$$

Calculo del factor de seguridad:

$$Z = \frac{S \cdot T_m}{100 \cdot B \cdot R_i} \quad \text{Ec. 3.14}$$

donde:

Z= número de capas de lona de la banda (3 capas)

S = factor de seguridad

T_m = tensión de la banda

R_i = resistencia nominal de cada capa de lona (kg/cm)

La resistencia nominada de cada capa textil de Polyester- Nylon es de 8.3(kg/cm)

Al utilizar bandas transportadoras se aconsejan factores de seguridad del orden de 11 para el diseño.

Al reemplazar:

$$S = \frac{100 \cdot B \cdot R_i \cdot Z}{T_m} \quad \text{Ec. 3.15}$$

$$S = \frac{100 \cdot 3 \cdot 8.3 \cdot 3}{1339.96}$$

$$S = 5.57$$

El factor de seguridad resultante se encuentra dentro del rango permitido, lo cual asegura que la banda seleccionada es la correcta.

3.3 Diseño Hidráulico

3.3.1 Diseño del diagrama hidráulico.

En la figura 3.23 se muestra el esquema del circuito hidráulico, el mismo que ha sido seleccionado por su sencillez y cumple con la secuencia de operación necesaria, el circuito se compone de los siguientes elementos

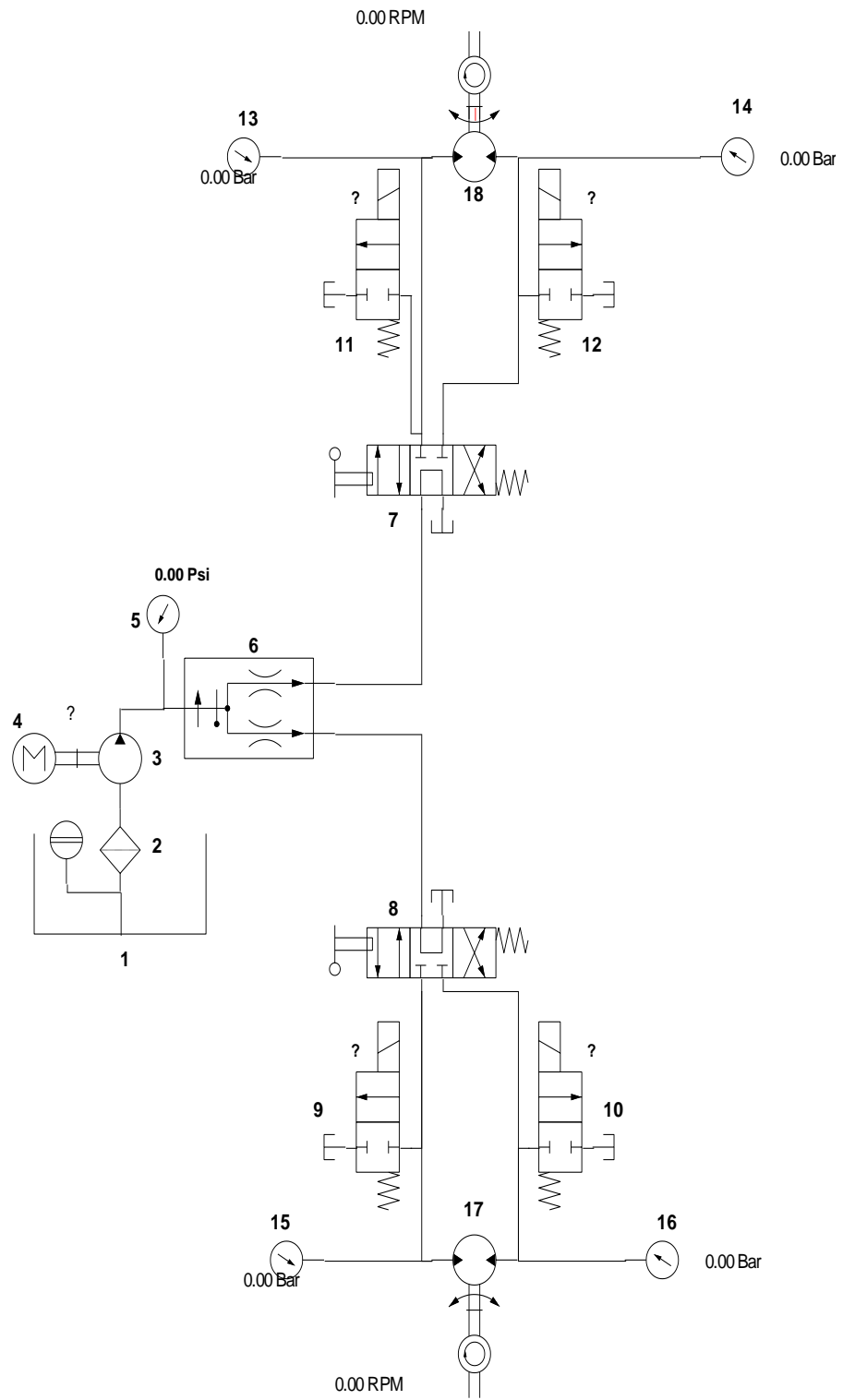


Fig.3.25 Esquema Hidráulico
Fuente: Propia-Automation Studio

- | | |
|--------------------------------------|---------------------------------------|
| 1. Reservorio. | 10. Electroválvula direccional 2x2 NC |
| 2. Filtro. | 11. Electroválvula direccional 2x2 NC |
| 3. Bomba hidráulica. | 12. Electroválvula direccional 2x2 NC |
| 4. Motor eléctrico. | 13. Manómetro (11) |
| 5. Manómetro (B) | 14. Manómetro (12) |
| 6. Válvula difusora de caudal | 15. Manómetro (9) |
| 7. Válvula direccional 4x3 | 16. Manómetro (10) |
| 8. Válvula direccional 4x3 | 17. Motor hidráulico (Der) |
| 9. Electroválvula direccional 2x2 NC | 18. Moto hidráulico (Izq) |

Para el diseño del sistema hidráulico se parte de los parámetros establecidos anteriormente, y de los resultados obtenidos del diseño mecánico. Con la ayuda de software especializado (AUTOMATION STUDIO 5.0; FLUIDSIM HYDRAULICS 4.0 “FESTO”) en diseño hidráulico se planteó el diagrama del sistema.

Descripción del Diagrama: (ver figura 3.25) El fluido hidráulico es almacenado en el reservorio (1), y limpiado en el filtro (2) cuando es succionado por la bomba (3). El caudal necesario para accionar los actuadores (motores) lo suministra el grupo motor - bomba (2-3). El caudal se distribuye hacia los actuadores mediante una válvula difusora de caudal (6).

El accionamiento de los motores (17 -18) en uno u otro sentido lo controla las válvulas de direccionamiento (7-8) respectivamente. El accionamiento de la electroválvula (9-10-11-12) permite el paso directo del fluido desde la bomba al reservorio, con la finalidad de limitar el paso del fluido hacia los motores en uno u otro sentido respectivamente.

La electroválvula (9-10), deriva el paso del fluido hacia el reservorio restringiendo el paso del cauda hacia el motor (17), con la finalidad de limitar su funcionamiento, proponiendo esto la simulación de fallas requerida. El manómetro (15-16) justifica el accionamiento de la electroválvula (9-10), todo esto en ambos sentido de giro.

Para las electroválvulas (11-12), motor (18), manómetros (13,14) el funcionamiento es el mismo mencionado en el párrafo anterior.

Las válvulas de direccionamiento (7 - 8) son de cuatro vías y tres posiciones, estas se utilizan para dar el sentido de giro de los motores (17-18) respectivamente, su desplazamiento es vertical y para el bloqueo de las líneas cuando sea necesaria su posición central el bloqueada.

Las electroválvulas (9-10-11-12) son de dos vías y dos posiciones, es monoestable

3.3.2 Selección de Componentes Hidráulicos:

Para la selección de los elementos en general se impone una presión de trabajo de 1000PSI o 70 bares, la presión del sistema se la puede apreciar en el manómetro principal.

a) Motor Hidráulico

Las fuerzas a vencer por este motor fue calculado en el numeral 3.2.1; la velocidad de giro propuestas es de 100 RPM. Para el sistema utilizaremos dos motores hidrostáticos independientes

Potencia requerida por el motor hidrostático:

$$Ph = F * V \qquad \text{Ec. 3.16}$$

Para :

$$F = Ff$$

$$Ph = Ff * V$$

$$Ff = \mu_c * Wt \quad \text{Ec. 3.17}$$

Entonces:

$$Ph = \mu_c * Wt * V$$

De donde:

Ph = potencia de motor hidráulico

F = fuerza

Ff = fuerza de fricción

V = velocidad real de avance

Wt = peso total

μ_c = coeficiente de fricción caucho- concreto 0.85 (Anexo A2)

$$Ph = 0.85 * 2000 \text{ N} * 0.655 \text{ m/s}$$

$$Ph = 1113.5 \text{ W}$$

$$Ph = 1.1 \text{ KW}$$

$$Ph = 1.5 \text{ HP}$$

Debido que se emplea dos motores hidráulicos, cada uno tendrá una potencia de $\frac{3}{4}$ HP; Con los valores calculados recurrimos a la Tablas de motores hidrostáticos INTENATIONAL, (ver anexo A7) y se ha seleccionado el motor BMG – 076 2SK cuyas características son:

Velocidad: 0 a 475 RPM máx

Torque: 0 a 202 Nm

Potencia: 0 a 12.2 HP

Presión: 0 a 1810 PSI máx (127.25 Kg/cm²)

Caudal: 0 a 16 GPLmax

Peso: 13.2 Kg

b) Selección de Válvulas Direccionales

El caudal para la selección de las válvulas es el otorgado por la bomba $Q = 4.2$ G/min. Para la selección de las válvulas se considera que el sentido de giro del motor se desarrolla en ambas direcciones, además estas trabajan verticalmente por lo que se necesita eliminar la libertad de movimiento por gravedad. Por las razones antes señaladas lo aconsejable son distribuidores 4X3 en la posición central no enlace (bloqueado).

Del catálogo de válvulas direccionales INTERNACIONAL (ver anexo A8), se tienen las válvulas IFP MD 20 1S71, cuyas características son:

MD = Válvula monoblock

20 = serie de la válvula

1 = número de mandos

S = SAE estándar

71 = número de designación

$Q_{\text{máx}} = 15$ GPM (56 l/min)

$Q_{\text{rec}} = 12$ GPM (45 L/min)

$P_{\text{máx}} = 5000$ PSI (350 bar)

$P_{\text{min}} = 1160$ PSI (80 bar)

Caída de presión:

$$\text{Vías P - A: } \Delta p = 0.3 \text{ bar}$$

$$\text{Vías B - T: } \Delta p = 0.3 \text{ bar}$$

$$\Delta p = 0.6 \text{ bar}$$

$$\Delta p = 1.2 \text{ bar (Esto corresponde por las 2 válvulas direccionales)}$$

c) Selección de Electroválvulas

Para la selección de las electroválvulas y en base del diagrama realizado anteriormente, se necesita que esta derive el fluido hacia el depósito.

Del Catálogo de Electroválvulas de EATON VICKERS (ver anexo A9) se tienen las válvulas SV4 – 8 – C/CM Solenoid Valve cuyas características son:

$$Q = 3 \text{ GPM (11 L/min)}$$

$$P = 210 \text{ bar (3000 PSI)}$$

$$\Delta p = 0.03$$

$$\Delta p = 0.12 \text{ (Esto corresponde por las 4 electroválvulas)}$$

d) Selección de Difusor de Caudal.

Del catálogo de Prince Hydraulics de Válvulas de Control de Flujo Ajustable Compensadas se tiene la válvula RD 100 (ver anexo A10) cuyas características son:

$$Q_{ent} = 30 \text{ GPM max @ 3000PSI}$$

$$Q_{sal} = 0 \text{ a } 8 \text{ GPM}$$

$$\Delta p = 0.8$$

e) Selección de Tuberías.

Para las conexiones entre la central hidráulica y los actuadores se utiliza una tubería flexible de presión con un diámetro de $\frac{3}{4}$ in.

Según la ecuación de continuidad

$$Q = A * v \quad \text{Ec. 3.18}$$

$$V = \frac{4*Q}{\pi * d_t^2} \quad \text{Ec. 3.19}$$

donde:

$$Q = 4.2 \text{ GPM} = 16.17 \text{ in}^3/\text{s}$$

$$d_t = \text{diámetro interior de la tubería (in)} = 0.75 \text{ in}$$

$$v = 36.60 \text{ in/s}$$

Las pérdidas de presión en las tuberías dependen de si el régimen de las partículas líquidas es laminar o turbulento, el tipo de régimen se caracteriza por el número de Reynolds

$$Re = \frac{v * d_t * \rho}{\mu} \quad \text{Ec. 3.20}$$

donde:

Re= número de Reynolds

d_t = diámetro interior de la tubería

$$v = \text{velocidad del fluido a } 15^\circ \text{ C} = 0.88 \text{ kg/l} = 0.032 \text{ lb/in}^3$$

$$\mu = \text{viscosidad dinámica del fluido} = 0.011 \text{ lb/in}^2 \cdot \text{s}$$

$$Re = \frac{36.60 * 0.75 * 0.032}{0.011}$$

$$Re = 79.85$$

Como el número de Reynolds es menor a 2000, la selección para la tubería para el sistema hidráulico es la correcta y se tiene un flujo laminar.

Para este tipo de régimen se recomienda tomar una pérdida de 0.06 bar por metro de tubería por lo tanto se tiene:

$$\text{Pérdida en la tubería} = 0.06 \text{ bar/m} * 8 \text{ m} = 0.48 \text{ bares}$$

f) Bomba Hidráulica

Para la selección de la bomba se encuentra el caudal máximo requerido por los actuadores hidráulicos, en las características generales del motor nos señala que este puede otorgar 127.25 Kg/cm² (124.79 bar).

Para las condiciones reales de trabajo encontramos el caudal que la bomba entrega al motor.

De la fórmula de, Potencia = caudal x presión, teniendo en cuenta sus unidades y conversiones tenemos:

$$P(Kw) = \frac{Q \left(\frac{l}{min} \right) * Pr (bar)}{600} \quad \text{Ec. 3.21}$$

$$Q(l/min) = \frac{P(Kw) * 600}{Pr(bar)} \quad \text{Ec. 3.22}$$

$$Q(l/min) = \frac{1.1135(Kw) * 600}{124.79(bar)}$$

$$Q = 5.35 \text{ l/min} = 5350 \text{ cm}^3/\text{min}$$

donde:

P = potencia

Q = caudal

Pr = presión

Tomando este caudal, como caudal efectivo tenemos:

$$Q_{ef} = 5350 \text{ cm}^3/\text{min}$$

como :

$$Q_t = \frac{Q_{ef}}{\eta_v} \quad \text{Ec. 3.23}$$

donde:

Q_t = caudal teórico

η_v = eficiencia volumétrica (0.95)

luego:

$$Q_t = \frac{5350}{0.95}$$

$$Q_t = 5631.58 \text{ cm}^3/\text{min}$$

La bomba se acopla a un motor cuya velocidad angular es de 1720 RPM

$$C = \frac{Q}{N} \quad \text{Ec. 3.24}$$

donde:

C = cilindrada

N = velocidad angular del motor eléctrico

Q = caudal

$$C = \frac{5631.58}{1720}$$

$$C = 3.27 \text{ cm}^3/\text{rev}$$

El valor obtenido de la cilindrada es calculado en base al caudal requerido por un solo motor, por lo tanto esta cilindrada deberá duplicarse.

$$\text{Cilindrada} = 6.54 \text{ cm}^3/\text{rev}$$

La presión total para seleccionar la bomba es la suma de la presión de trabajo más la presión de pérdidas.

$$P_{\text{bomba}} = P_{\text{trabajo}} + P_{\text{pérdidas}} \quad \text{Ec. 3.25}$$

donde:

$$P_{\text{trabajo}} = 70 \text{ bares}$$

$P_{\text{pérdidas}}$ = pérdida en la tubería + pérdida en electroválvula + pérdida en válvulas direccionales + pérdida en difusora de caudal

$$P_{\text{bomba}} = 70 + 0.48 + 0.12 + 0.6 + 0.8$$

$$P_{\text{bomba}} = 72 \text{ bares}$$

$$P_{\text{bomba}} = 73.42 \text{ kg/cm}^2$$

Para una presión de 73.42 kg/cm^2 y una cilindrada de $6.54 \text{ cm}^3/\text{rev}$. Del Catálogo de KOMPASS (ver anexo A1) se selecciona la siguiente bomba: P109RU01GT cuyas características son:

$$P_{\text{máx}} = 250.42 \text{ kg/cm}^2$$

$$P_{\text{operacion}} = 210.42 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Cilindrada} = 9.1 \text{ ml/rev}$$

$$\text{Rango de velocidad} = 600 - 4000 \text{ RPM}$$

Sentido de rotación horario

Puertos de conexión = UNF(rosca fina)

3.3.3 Elementos Constitutivos del Sistema Hidráulico

De todo el proceso de selección y elementos y accesorios para el sistema hidráulico se puede obtener un resumen de las partes que se muestran en la tabla 3.5.

Tabla 3.5 Tabla de actuadores y accesorios
Fuente: Propia

No	Cant.	Designación	Código
1	1	Bomba	P109RU01GT
2	2	Motores	BMG 076 2SK
3	4	Electroválvulas 2x2	SV4 – 8 – C/CM
4	2	Válvulas direccionales 4x3	IFP MD 20 1S71
5	1	Válvula difusora de caudal	RD 100
6	8	Tubería(metros)	Diámetro int. = 0.75
7	1	Filtro	TFS- 100-0
8	1	Indicador de nivel	SNA076BST12
9	1	Respiradero	SES3P40S80D
10	1	Coples de mordaza	Diámetro 1 in

3.3.4 Selección del Motor Eléctrico

El motor eléctrico debe tener una velocidad de 1720 RPM como se había asumido anteriormente.

Para encontrar la potencia necesaria del motor eléctrico se calcula la potencia hidráulica requerida por el sistema hidráulico.

$$P_E = \frac{P_H}{n} \quad \text{Ec. 3.26}$$

donde:

P_E = potencia del motor eléctrico

P_H = potencia del motor hidráulico

η_m = eficiencia mecánica

Un solo motor eléctrico accionara la bomba de los motores hidráulicos, por lo tanto para una eficiencia combinada del grupo bomba- motor se considerara 80 % de eficiencia

$$P_E = \frac{P_H}{n}$$

$$P_H = \frac{1.5}{0.8}$$

$$P_H = 1.875 \text{ HP}$$

Del catálogo de Motores Eléctricos WEG (ver anexo A11), se selecciona el motor WEG NEMA 48/56 – IP55 cuyas características son:

Potencia: 1.5 KW (2HP)

Frecuencia: 60 Hz

Rotación nominal: 1750 RPM

Voltaje nominal: 115/230 V

Corriente Nominal: 21/10.5 A

Par nominal: 8.19N

Peso: 24 Kg

3.4 Diseño Electrónico

El diseño del circuito electrónico se lo realizó con el Software Proteus, el realiza la simulación del circuito.

3.4.1 Diseño del Circuito Electrónico.

Con la finalidad de simular las fallas del sistema de giro de los tractores oruga, se desarrolló un software y hardware, el cual es el encargado de activar o desactivar las electroválvulas, las cuales tienen como función el derivar el fluido hidráulico y así representar físicamente el funcionamiento y fallas del sistema de giro.

Para el diseño del circuito electrónico, se utilizó las distintas herramientas disponibles como los Software: Proteus, LabVIEW 2010, y MicroCode.

En el programa Proteus se realizó el diagrama completo de control de las electroválvulas del sistema, presentación visual del proceso de selección de fallas, selección manual del proceso de fallas, interfaz con puerto USB para controlar el sistema manual, y visual.

Debido al reducido espacio físico para la colocación de las tarjetas electrónicas, se separó en dos circuitos, los cuales se intercomunicarán entre sí mediante un bus de datos, la figura 3.27 continuación muestra el diagrama de control general, en la cual se aprecian los elementos primordiales como el PIC16F87A, LCD LM016L de los cuales se explicará posteriormente.

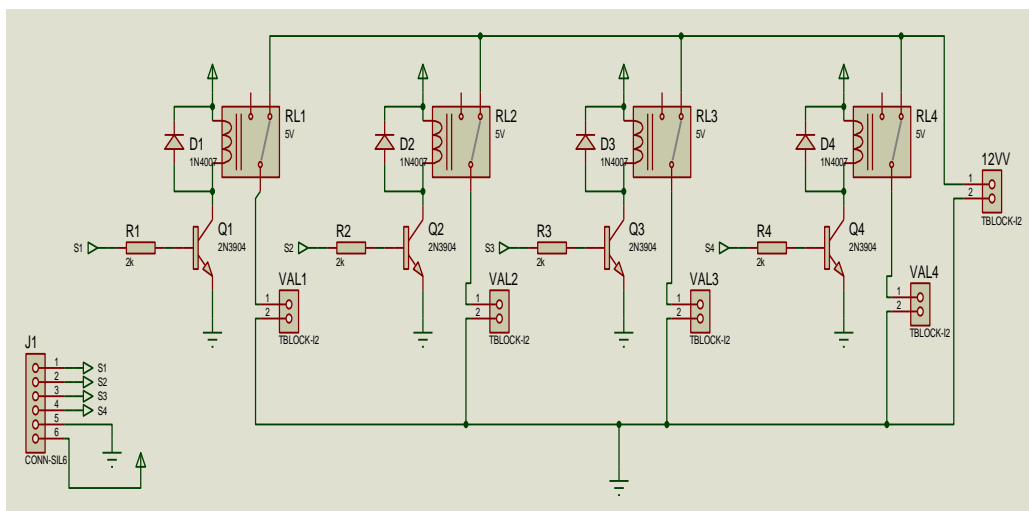


Figura.3.26 Circuito electrónico de control de electroválvulas
Fuente: Propia-Proteus 7.8 (ISIS)

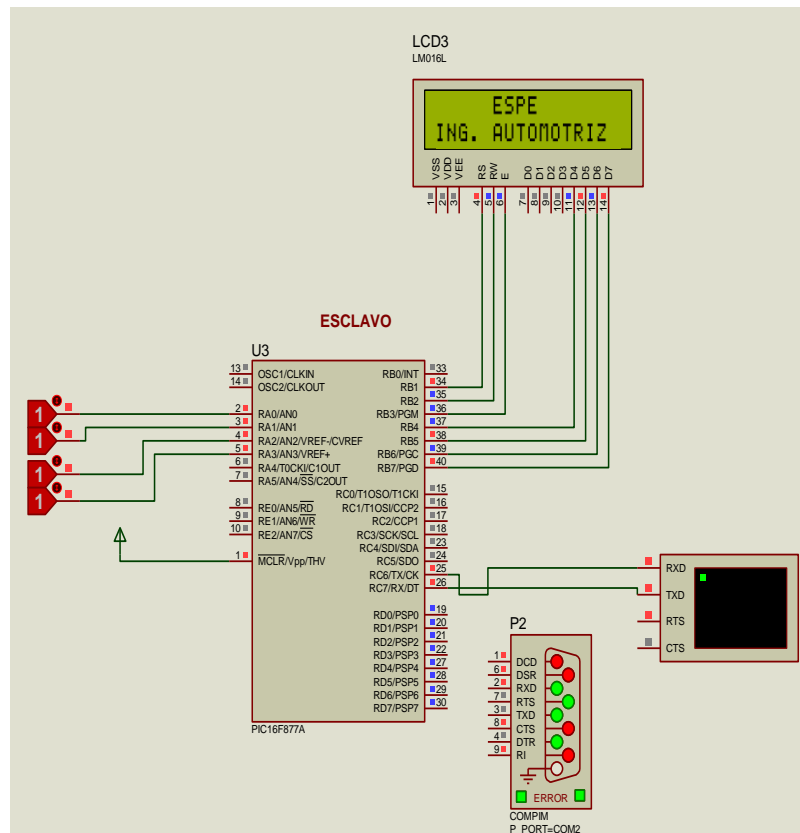


Figura 3.28 Simulación del Circuito Electrónico PIC16F877A
Fuente: Propia-Proteus 7.8 (ISIS)

3.4.2. Selección de Componentes Electrónicos

a) Selección del Micro-Controlador

Micro-controladores PIC (Peripheral Interface Controller). Para el diseño del proyecto se selecciona el PIC 16F877A, por su variedad de aplicaciones y acceso en el mercado.

a.1 Arquitectura del PIC 16F877A⁵²

El PIC16F877 es un micro-controlador con memoria de programa tipo FLASH, lo que representa gran facilidad en el desarrollo de prototipos y en su aprendizaje ya que no se requiere borrarlo con luz ultravioleta como las versiones EPROM, sino que permite reprogramarlo nuevamente sin ser borrado con anterioridad.

⁵² Datasheet, Microcontrolador Pic 16f877A

El encapsulado más común para este micro-controlador es el DIP (Dual In-line Pin) de 40 pines, propio para usarlo en experimentación. La referencia completa es PIC16F877-04 para el dispositivo que utiliza cristal oscilador de hasta 4 MHz, PIC16F877-20 para el dispositivo que utiliza cristal oscilador de hasta 20 MHz o PIC16F877A-I para el dispositivo tipo industrial que puede trabajar hasta a 20 MHz. Sin embargo, hay otros tipos de encapsulado que se pueden utilizar según el diseño y la aplicación que se quiere realizar. Por ejemplo, el encapsulado tipo surface mount (montaje superficial) tiene un reducido tamaño y bajo costo, que lo hace propio para producciones en serie o para utilizarlo en lugares de espacio muy reducido (ver figura 3.29).

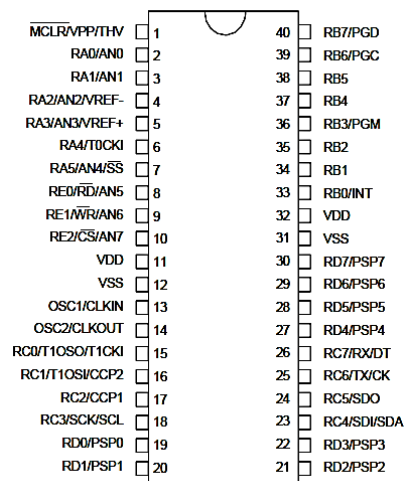


Figura. 3.29 Distribucion de Pines del PIC16F877
Fuente:Datasheet PIC16F877

Los pines de entrada/salida de este micro-controlador están organizados en cinco puertos, el puerto A con 6 líneas, el puerto B con 8 líneas, el puerto C con 8 líneas, el puerto D con 8 líneas y el puerto E con 3 líneas. Cada pin de esos puertos se puede configurar como entrada o como salida independiente programando un par de registros diseñados para tal fin. En ese registro un bit en "0" configura el pin del puerto correspondiente como salida y un bit en "1" lo configura como entrada. Dichos pines del micro-controlador también pueden cumplir otras funciones especiales, siempre y cuando se configuren para ello.

Los pines del puerto A y del puerto E pueden trabajar como entradas para el convertidor Análogo a Digital interno, es decir, allí se podría conectar una señal proveniente de un sensor o de un circuito analógico para que el micro-controlador la convierta en su equivalente digital y pueda realizar algún proceso de control o de instrumentación digital. El pin RB0/INT se puede configurar por software para que funcione como interrupción externa, para configurarlo se utilizan unos bits de los registros que controlan las interrupciones (ver figura 3.30).

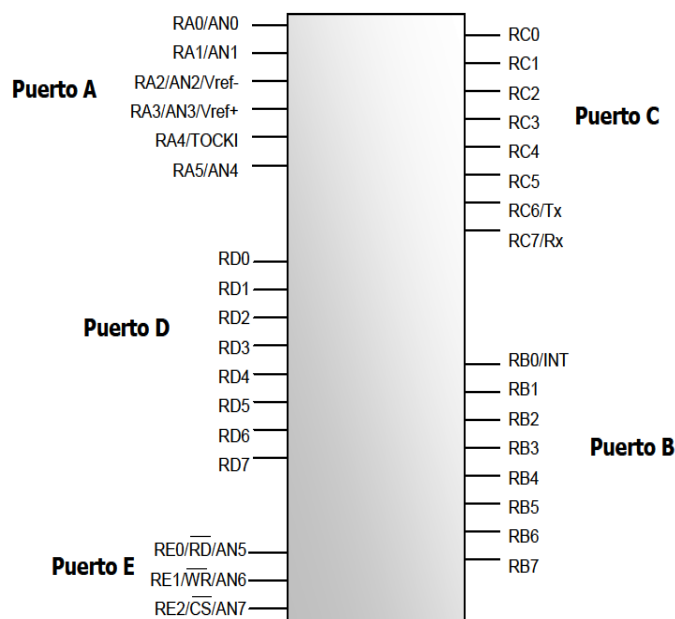


Figura 3.30 Distribución de puertos del PIC 16F877
Fuente: Datasheet PIC16F877

a.2 Programación del Micro-Controlador

El propósito de la programación del micro-controlador es crear un software que exhiba un comportamiento deseado acorde las funciones del proyecto.

El código fuente fue escrito en un lenguaje de programación, el cual incluye varias características de la lógica formal, debido a su gran extensión este está adjunto en el anexo A12.

Para brindar una sinopsis del funcionamiento general de la programación, se ha desarrollado un diagrama de bloques, el mismo que explica el funcionamiento del software (ver figura 3.31).

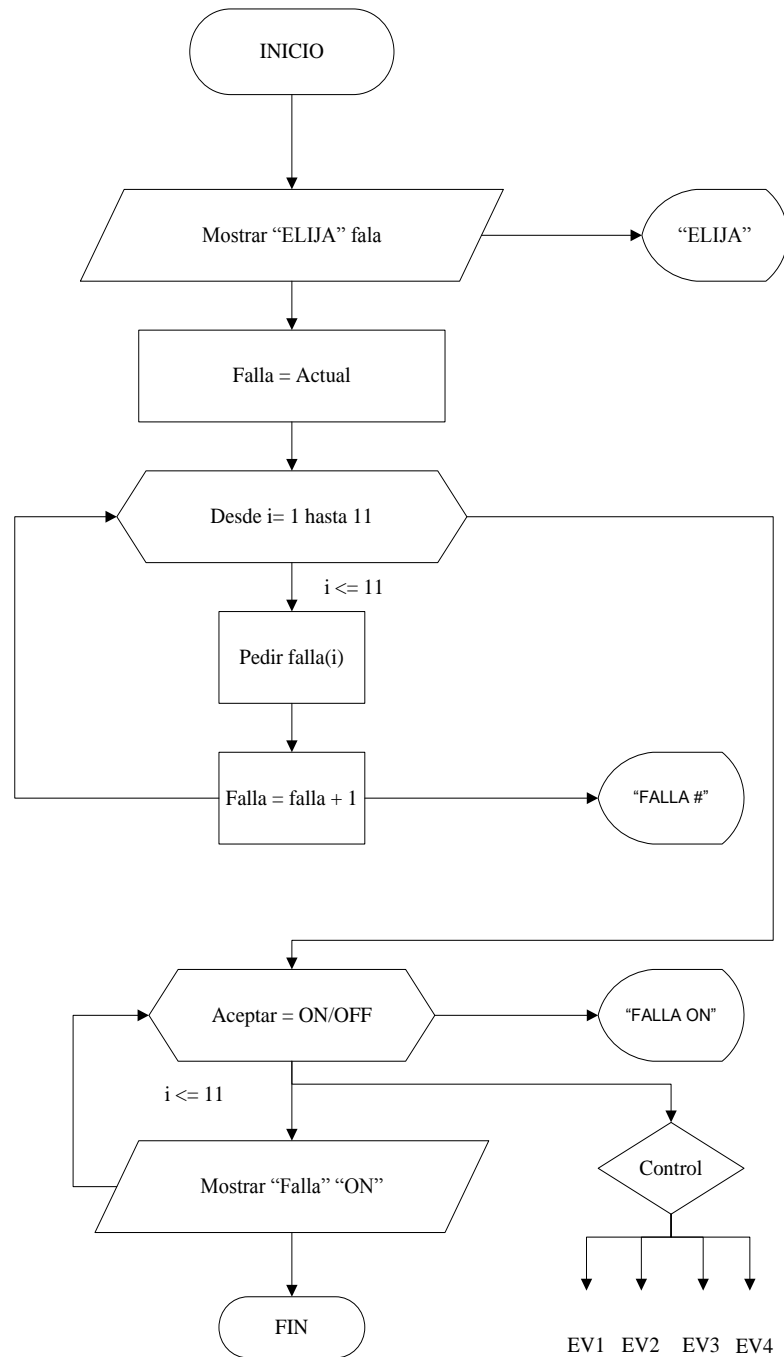


Figura 3.31 Diagrama de bloques programación PIC 16F877A

Fuente: Propia

3.4.3 Selección del LCD

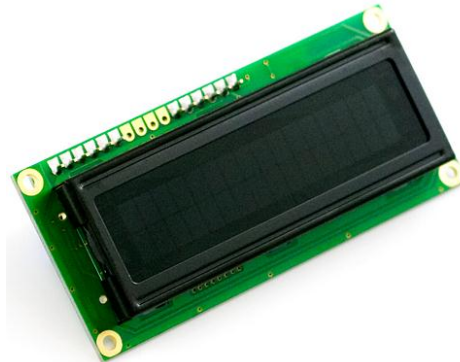


Figura. 3.32 LCD LM016L

Fuente: http://www.skpang.co.uk/catalog/images/lcd/serial_lcd/09069-03-L.jpg

Para emplear en nuestro proyecto se ha elegido un LCD, el cual vamos a utilizarlo con un PIC 16F877, en el cual las conexiones entre el micro-controlador y la pantalla LCD, serán la del bus de datos de 8 bits y las de los pines de control. Debido a esto, el micro-controlador deberá utilizar 11 bits para controlar la pantalla (ver figura 3.33).

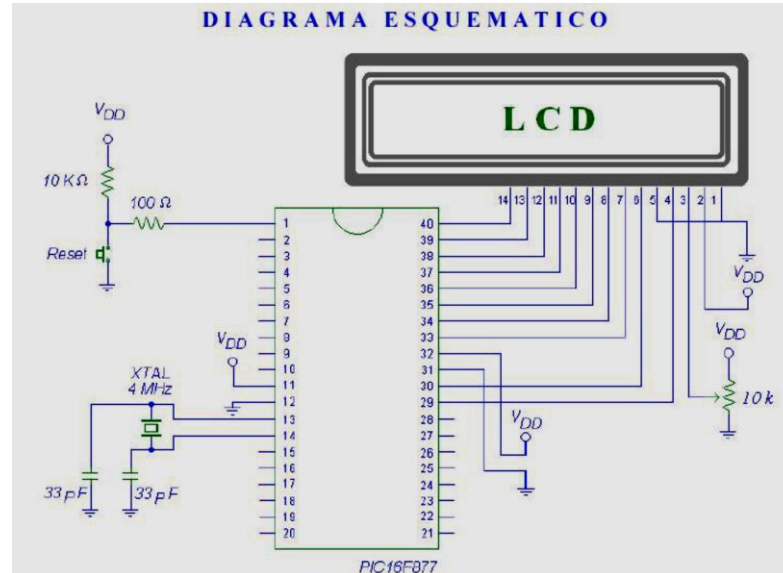


Figura. 3.33 Diagrama Esquemático de un LCD con un micro-controlador

Fuente: http://server-die.alc.upv.es/asignaturas/lсед/2002-03/Pantallas_LCD/LCD.pdf

CAPÍTULO 4

4.1 Elaboración del Sistema

Durante el proceso de construcción, montaje e instalación de los componentes del banco didáctico, se utilizaron los siguientes equipos, herramientas y accesorios detallados en la tabla 4.1.

Tabla 4.1 Equipos utilizados en la construcción
Fuente: Propia

CÓDIGO	EQUIPO
MH1	Soldadora SMAW
MH2	Torno
MH3	Taladro de pedestal
MH4	Taladro de mano
MH5	Dobladora de tol
MH6	Esmeril
MH7	Moladora
MH8	Tronzadora
MH9	Cizalla
MH10	Entenalla
MH11	Remachadora
MH12	Arco de sierra
MH13	Calibrador pie de rey
MH14	Suelda autógena
MH15	Tijeras
MH16	Cautín
MH17	Brocas y machuelos
MH18	Martillos, alicates, destornilladores, flexo metros, escuadra, nivel, llaves mixtas, llave inglesa, etc
MH19	Sacabocados

4.1.1 Descripción del Proceso de Construcción.

Para el proceso de construcción del banco didáctico, deben tomarse en cuenta las siguientes consideraciones:

- El tipo de material a utilizarse en la construcción del bastidor es tubo cuadrado estructural ASTM A-36, ya que este soportara el peso de todos los componentes, además de las fuerzas hidráulicas.
- Las formas, dimensiones, tipo de material de las piezas están detallados en los planos correspondientes (ver anexo A15).

En la tabla 4.2 se mencionan los elementos constitutivos del banco didáctico.

TABLA 4.2 Partes constitutivas del banco didáctico
Fuente: Propia

SISTEMA	ELEMENTO	CANTIDAD	MATERIAL/MODELO
BASTIDOR	tubo cuadrado	1	ASTM A-36
	ejes	8	ASTM A-36
	perno templador	2	ASTM A-36
	tuerca	4	ASTM A-36
	cubierta	1	TOL GALVANIZADO
	bases de motores	2	ASTM A-36
TREN DE RODAJE	rueda motriz	2	AISI 1010
	rodillos	8	DURALON
	rueda guía	2	ALUMINIO ALOY 1060
	eje rueda motriz	2	ASTM A-36
	banda de rodadura	2	POLYESTER- NYLON
SISTEMA HIDRÁULICO	motor eléctrico	1	WEG
	bomba hidráulica	1	KOMPASS
	difusor de caudal	1	PRINCE HIDRAULICS
	válvulas direccionales	2	INTERNATIONAL
	electroválvulas	4	EATON - VICKERS
	motor hidráulico	2	INTERNATIONAL
	filtro hidráulico	1	STAUFF
	respiradero	1	STAUFF

	nivel de aceite	1	STAUFF
	mangueras y accesorios		
	cople mordaza	1	MARTIN
SISTEMA ELECTRÓNICO	micro-controlador	1	PIC 16F87A
	LCD	1	LM016L
	relés	4	OMROM G5CLE
	cable programación + software	1	TWIDO SOFT
	pulsador	3	TELEMECANIQUE
	interruptor eléctrico	1	SASSIN
	borneras	3	

4.2 Construcción de la Rueda Motriz

Las principales operaciones necesarias para la construcción o adaptación de la rueda motriz se detallan en la siguiente tabla 4.3.

TABLA 4.3 Operaciones ejecutadas en la construcción de la rueda motriz
Fuente: Propia

SISTEMA	ELEMENTO	No	OPERACIÓN	TIEMPO(min)
TREN DE RODAJE	RUEDA MOTRIZ	1	Trazado	10
		2	Maquinado	30
		3	Taladrado	10
		4	Machuelado	15
		5	Pulido	60
		6	Pintado	60

4.3 Construcción del Bastidor

Las operaciones realizadas para la construcción del bastidor se especifican en la tabla 4.4.

TABLA 4.4 Operaciones ejecutadas en la construcción del bastidor

Fuente: Propia

SISTEMA	ELEMENTO	No	OPERACIÓN	TIEMPO(min)
BASTIDOR	ESTRUCTURA	7	Trazado	240
		8	Corte	180
		9	Soldado	900
		10	Taladrado	240
		11	Pulido	180
	EJES DE RODILLOS	12	Trazado	120
		13	Corte	10
		14	Maquinado	20
		15	Soldado	30
		16	Pulido	20
	TEMPLADOR	17	Trazado	60
		18	Corte	20
		19	Soldado	30
		20	Taladrado	20
		21	Pulido	20
	BASE DE MOTORES	22	Trazado	40
		23	Corte	120
		24	Doblado	60
		25	Taladrado	20
		26	Refrentado	50
		27	Soldado	30
		28	Pulido	20
		29	Pintado	15

Las imágenes ilustrativas de la construcción se las presenta en el Anexo A13.

4.4 Construcción del Eje de Rueda Motriz

Las operaciones realizadas para la construcción del eje de rueda motriz se especifican en la tabla 4.5.

TABLA 4.5 Operaciones ejecutadas en la construcción del eje de rueda motriz
Fuente: Propia

SISTEMA	ELEMENTO	No	OPERACIÓN	TIEMPO(min)
TREN DE RODAJE	EJE DE RUEDA MOTRIZ	30	Trazado	30
		31	Maquinado	20
		32	Taladrado	10
		33	Machuelado	15
		34	Pulido	60
		35	Pintado	60

4.5 Construcción de Rueda Guía

TABLA 4.6 Operaciones ejecutadas en la construcción de rueda guía
Fuente: Propia

SISTEMA	ELEMENTO	No	OPERACIÓN	TIEMPO(min)
TREN DE RODAJE	RUEDA GUÍA	36	Trazado	60
		37	Maquinado	120
		38	Taladrado	40
		39	Machuelado	120
		40	Pulido	60
		41	Pintado	60

Las imágenes ilustrativas de la construcción se las presenta en el Anexo A14.

4.6 Construcción de Rodillos

TABLA 4.7 Operaciones ejecutadas en la construcción de rodillos
Fuente: Propia

SISTEMA	ELEMENTO	No	OPERACIÓN	TIEMPO(min)
TREN DE RODAJE	RODILLOS	42	TRAZADO	30
		43	MAQUINADO	80
		44	TALADRADO	120
		45	PINTADO	120

Las imágenes ilustrativas de la construcción se las presenta en el Anexo A14.

4.7 Construcción de Elementos Secundarios

TABLA 4.8 Operaciones ejecutadas en la construcción de elementos secundarios

Fuente: Propia

SISTEMA	ELEMENTO	No	OPERACIÓN	TIEMPO(min)
CONTROL	TABLERO DE MANDOS	46	Trazado	30
		47	Corte	80
		48	Taladrado	120
		49	Pintado	120
TREN DE RODAJE	BANDA DE RODADURA	50	Trazado	120
		51	Corte	900
		52	Perforado	240
		53	Empalme	240

4.8 Ensamblaje del Sistema Hidráulico

TABLA 4.9 Ensamblaje y montaje sistema hidráulico

Fuente: Propia

SISTEMA	ELEMENTO	No	OPERACIÓN	TIEMPO(min)
CENTRAL HIDRÁULICA	GRUPO MOTOR - BOMBA	54	Acople deposito - bastidor	30
		55	Acople motor- deposito	45
		56	Acople bomba -deposito	120
		57	Acople motor - bomba	50
	GRUPO BOMBA. MANDOS DIRECCIONALES	58	Acople válvula difusora-bomba	20

		59	Acople válvula difusora - válvulas direccionales	40
		60	Acople mandos direccionales - motores	90
		61	Acople válvulas direccionales - electroválvulas	240
		62	Instalación manómetros	240

Las imágenes ilustrativas de la construcción se las presenta en el Anexo A15.

4.9 Construcción del Sistema de Control Electrónico

TABLA 4.10 Construcción del sistema electrónico

Fuente: Propia

SISTEMA	ELEMENTO	Nº	OPERACIÓN	TIEMPO(min)
CONTROL ELECTRÓNICO	CIRCUITO CONTROL GENERAL	63	Programación	900
		64	Corte e impresión baquelita	240
		65	Soldadura componentes baquelita	240
	CIRCUITO CONTROL ELECTROVÁLVULAS	66	Corte e impresión baquelita	240
		67	Soldadura de componentes a baquelita	240

4.10 Instalación Completa del Sistema

Tabla 4.11 Montaje e instalación del sistema.

Fuente: Propia

SISTEMA	ELEMENTO	Nº	OPERACIÓN	TIEMPO(min)
BASTIDOR	TABLERO DE CONTROL	68	Montaje y conexión	240
	CENTRAL HIDRÁULICA	69	Montaje	50
	VÁLVULAS DIRECCIONALES	70	Montaje	120
	MOTOR HIDRÁULICO	71	Montaje	60
	FUENTE DE ALIMENTACIÓN	72	Montaje	40
	CUBIERTA	73	Montaje	60
TREN DE RODAJE	EJE RUEDA MOTRIZ	74	Montaje	40
	RUEDA MOTRIZ	75	Montaje	60
	RODILLOS	76	Montaje	150
	RUEDA GUÍA	77	Montaje	40
	BANDA DE RODADURA	78	Montaje	30
SISTEMA HIDRÁULICO	MANÓMETROS	79	Montaje	60
	ELECTROVÁLVULAS	80	Montaje y conexión	240
	MANGUERAS	81	Montaje	240
SISTEMA ELECTRÓNICO	CIRCUITO DE CONTROL ELECTROVÁLVULAS	90	Montaje y conexión	120
	CIRCUITO DE CONTROL GENERAL	91	Montaje y conexión	150
	C.GENERAL-C.CONTROL	92	Conexión	30
	FUENTE DE ALIMENTACIÓN	93	Conexión	60

	PULSADORES	94	Montaje y conexión	40
	LCD	95	Montaje y conexión	120
	INTERRUPTOR ON/OFF	96	Montaje y conexión	45

En el desarrollo de esta tabla los tiempos muertos que se dan entre operación y operación no se han incluido, por lo general son los que suelen ocasionar más demora en la construcción de maquinaria.

Estos tiempos dependen de varios factores imprescindibles que pueden extenderlos o acortarlos.

Las imágenes ilustrativas de la instalación y montaje se las presenta en el Anexo A16.

CAPÍTULO 5

5.1 Funcionamiento del Sistema.

En esta sección se expone, la operación, funcionamiento del banco que simula fallas de operación en el sistema hidráulico.

5.1.1 Operación del Sistema

Antes de proceder a una operación del banco didáctico, es conveniente observar los siguientes pasos:

- a) Conectar línea de energía según acometida eléctrica (110V).
- b) Verificar que el nivel de aceite en el depósito sea el correcto.
- c) Verificar visualmente que no exista fugas en mangueras y central hidráulica.
- d) Energizar el tablero de control.
- e) Verificar que la presión de trabajo sea la correcta (20Bar).
- f) Verificar que las bandas de rodadura tengan una tensión adecuada.
- g) Accionar el sistema, utilizando los mandos manuales
- h) Comprobar que los elementos funciones correctamente
- i) Verificar que la presión de los motores hidráulicos sea la correcta.
- j) Comprobar la funcionalidad de las electroválvulas, accionando el menú de fallas.
- k) Verificar la comunicación de: circuito electrónico – software, mediante cable de datos USB(opcional)

5.1.2 Manejo del Menú de Fallas de Control del Banco Didáctico

Una vez energizado el tablero de control, y la fuente alimenta al circuito electrónico, en el tablero de mando se enciende el LCD, mostrando una presentación inicial previa al modo de fallas, a continuación se detalla el procedimiento para el manejo del menú:

- a) Se observa que en la pantalla LCD aparece la primera opción de selección de fallas con la leyenda “FALLA 1”.
- b) En la parte superior de la pantalla LCD, se cuenta con 3 botones de color rojo los cuales ayudaran en la selección del menú.
- c) El botón situado a la izquierda decrementa mientras el botón medio incrementa en el menú las opciones de falla, para activar o desactivar la misma se presiona el botón aceptar(derecha)
- d) En el menú se puede seleccionar una falla a la vez, teniendo un total de once fallas que corresponden a las posibles combinaciones de movimientos.

5.1.3 Manejo del Software de Simulación de Fallas

Para iniciar la simulación de las posibles fallas del sistema de giro de los tractores oruga, se elaboró un software de control mediante la PC, se debe seguir el siguiente proceso para su manipulación:

- a) Conectar el cable de datos USB del circuito electrónico montado en el banco didáctico a un puerto USB de la PC
- b) Damos doble clic en el ícono “FALLAS DEL SISTEMA DE GIRO DE TRACTORES ORUGA”, ubicado en el escritorio de la PC (ver figura 5.1)

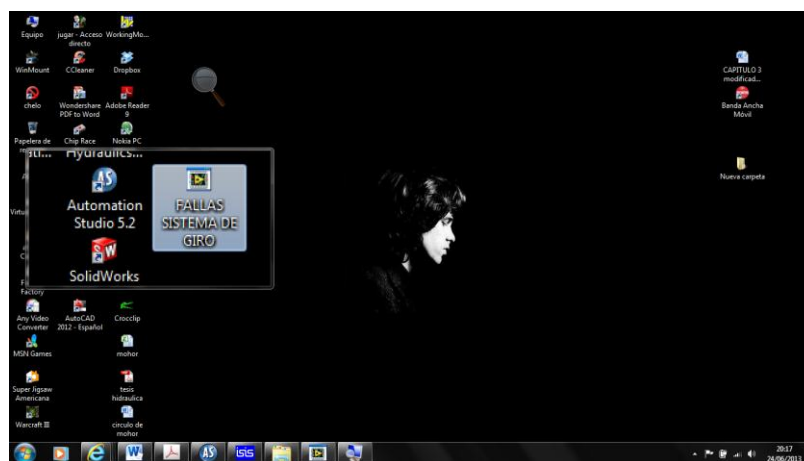


Figura 5.1 Ícono acceso directo software
Fuente: Propia

- c) En la pantalla desplegada, damos clic en la parte superior izquierda sobre el botón RUN (ver figura 5.2).

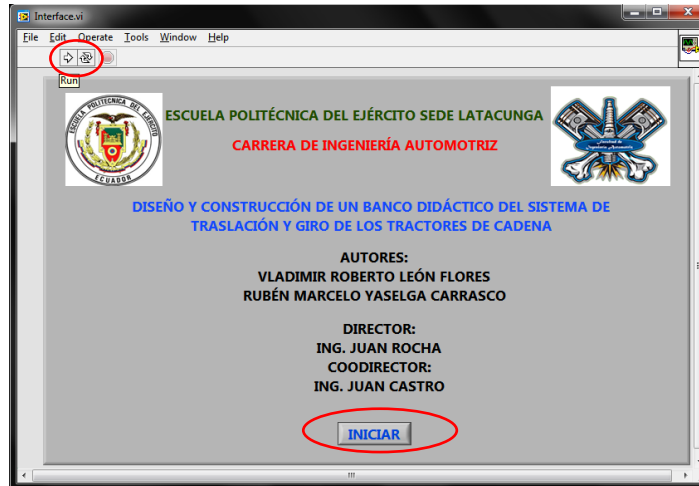


Figura 5.2 Pantalla inicial del software
Fuente: Propia

- d) Dar clic en la parte inferior central sobre el botón “INICIAR” para dar inicio (ver figura 5.2).
- e) En la nueva pantalla desplegada, seleccionamos el puerto USB, para iniciar la comunicación entre la PC y del circuito electrónico. Este puerto variará dependiendo la PC y puerto utilizado (ver figura 5.3).

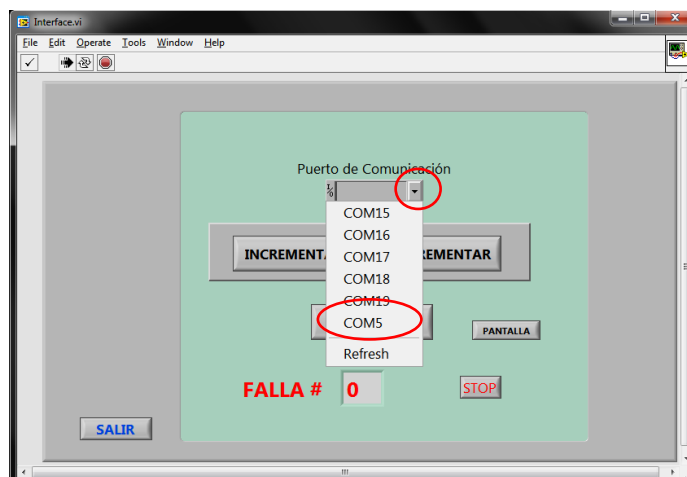


Figura 5.3 Pantalla selección de puertos
Fuente: Propia

- f) Dar clic sobre los botones “INCREMENTAR” O “DECREMENTAR”, dependiendo la falla a seleccionar (ver figura 5.4).



Figura 5.4 Pantalla selección de fallas
Fuente: Propia

- g) Dar clic sobre el botón “ON/OFF” para activar o desactivar la falla seleccionada. EL botón “PANTALLA” activa o desactiva el LCD, ubicado en el tablero del banco didáctico (ver figura 5.4).
- h) Para detener la simulación se puede dar clic sobre los botones “STOP”; “SALIR” para volver a la pantalla inicial y cerrar el programa (ver figura 5.4).

5.2 Pruebas de Funcionamiento

Las pruebas y resultados que se realizaron en el banco fueron las siguientes:

5.2.1 Plan de pruebas

- Velocidad de giro de motores hidráulicos
- Velocidad real de funcionamiento
- Presiones del sistema hidráulico
- Funcionamiento del sistema de control electrónico de fallas

5.2.2 Pruebas y resultados

La descripción y resultados del plan de pruebas son:

a) Velocidad de giro de motores hidráulicos.

Inicialmente los parámetros establecidos nos restringían el giro de los motores a un máximo de 100 RPM, con el propósito de brindar seguridad en su operación; una vez la maquina se encontraba armada en su totalidad se verifico el número de vueltas por minuto, se constató que el motor nos entrega 70 RPM.

b) Velocidad real de funcionamiento.

Se efectuó varias pruebas para comprobar la real velocidad de avance, para ello se cronometro los tiempos que demora el banco en desplazarse determinada distancia, dando como resultado que la maquina se desplaza a una velocidad de 0.55 m/s (2.16Km/h).

c) Presiones del sistema hidráulico.

Tanto en condiciones de reposo como de trabajo de los motores hidráulicos, dan la presión normal de funcionamiento de la bomba hidráulica, obteniéndose valores entre 5 y 20 bar (72.5 y 290 PSI).

d) Funcionamiento del sistema de control electrónico de fallas.

La siguiente tabla muestra los valores obtenidos en las pruebas tanto del sistema hidráulico como el funcionamiento del sistema electrónico.

Tabla 5.1 Pruebas de funcionamiento

Fuente: Propia

N° FALLA	SENTIDO DE GIRO	PRESIONES(BAR)				
		BOMBA	MOTOR IZQUIERDO		MOTOR DERECHO	
			Manómetro1	Manómetro2	Manómetro3	Manómetro4
1	ADELANTE	20	20	-	20	-
	REVERSA	20	-	0	-	20
2	ADELANTE	20	0	-	20	-

	REVERSA	20	-	20	-	20
3	ADELANTE	20	20	-	20	-
	REVERSA	20	-	20	-	0
4	ADELANTE	20	20	-	0	-
	REVERSA	20	-	20	-	20
5	ADELANTE	20	0	-	20	-
	REVERSA	20	-	0	-	20
6	ADELANTE	20	20	-	0	-
	REVERSA	20	-	20	-	0
7	ADELANTE	15	0	-	0	-
	REVERSA	15	-	0	-	0
8	ADELANTE	20	20	-	20	-
	REVERSA	10	-	0	-	0
9	ADELANTE	10	0	-	0	-
	REVERSA	20	-	20	-	20
10	ADELANTE	20	20	-	0	-
	REVERSA	20	-	0	-	20
11	ADELANTE	20	0	-	20	0
	REVERSA	20	-	20	-	0

5.1.3 Análisis de Resultados

a) Velocidad de giro de motores hidráulicos

Como se planteó, el sistema se diseñó en base a obtener una velocidad moderada, el resultado obtenido en las pruebas indican que el proyecto se acerca al parámetro establecido, facilitando esto la manipulación del banco y la apreciación del funcionamiento.

b) Velocidad real de funcionamiento

La eficiencia mecánica del grupo motor-bomba, influye directamente en el desempeño del banco, además de factores externos, los cuales afectan al rendimiento propuesto inicialmente, los valores obtenidos en las pruebas de velocidad indican una diferencia de velocidad entre la real y la teórica.

c) Presiones del sistema hidráulico

El resultado obtenido en las pruebas se debe que cuando los motores se encuentran en reposo, todo el fluido impulsado por la bomba retorna libremente al depósito a través de las válvulas direccionales las mismas que cumplen una función semejante al relief, aliviando una elevación de presión de la bomba.

Cuando los motores trabajan a plena carga, el retorno del fluido hidráulico se ve restringido al momento de su circulación por los elementos internos del motor y a la carga a la cual estos están sometidos, ocasionando la elevación de presión apreciada en el manómetro.

d) Funcionamiento del sistema de control electrónico de fallas

Tabla 5.2 Análisis de resultados de fallas

Fuente: Propia

FALLA	SENTIDO DE GIRO	EFEECTO	CAUSA	COMPROBACIÓN
1	ADELANTE	-	-	Manómetro 1
	REVERSA	Motor izquierdo sin movimiento	Electroválvula 2 activada	Manómetro 2
2	ADELANTE	Motor izquierdo sin movimiento	Electroválvula 1 activada	Manómetro 1
	REVERSA	-	-	Manómetro 2
3	ADELANTE	-	-	Manómetro 3
	REVERSA	Motor derecho sin movimiento	Electroválvula 4 activada	Manómetro 4
4	ADELANTE	Motor derecho sin movimiento	Electroválvula 3 activada	Manómetro 3
	REVERSA	-	-	Manómetro 4
5	ADELANTE	Motor izquierdo sin movimiento	Electroválvula 1 activada	Manómetro 1
	REVERSA	Motor izquierdo sin movimiento	Electroválvula 2 activada	Manómetro 2
6	ADELANTE	Motor derecho sin movimiento	Electroválvula 3 activada	Manómetro 3
	REVERSA	Motor derecho sin movimiento	Electroválvula 4 activada	Manómetro 4

7	ADELANTE	Motor derecho e izquierdo sin movimiento	Electroválvula 1,3 activada	Manómetro 1, 3
	REVERSA	Motor derecho e izquierdo sin movimiento	Electroválvula 2,4 activada	Manómetro 2, 4
8	ADELANTE	-	-	Manómetro 1, 3
	REVERSA	Motor derecho e izquierdo sin movimiento	Electroválvula 2,4 activada	Manómetro 2, 4
9	ADELANTE	Motor derecho e izquierdo sin movimiento	Electroválvula 1,3 activada	Manómetro 1, 3
	REVERSA	-	-	Manómetro 2, 4
10	ADELANTE	Motor derecho sin movimiento	Electroválvula 3 activada	Manómetro 3
	REVERSA	Motor izquierdo sin movimiento	Electroválvula 2 activada	Manómetro 2
11	ADELANTE	Motor izquierdo sin movimiento	Electroválvula 1 activada	Manómetro 1
	REVERSA	Motor derecho sin movimiento	Electroválvula 4 activada	Manómetro 4

5.3 Elaboración de Guías de Laboratorio

El presente trabajo tiene como objetivo principal el fortalecer conocimientos acerca de sistema de traslación y giro de los tractores de oruga.

Para ello se ha realizado conjunto de prácticas las cuales deberán ser desarrolladas por los estudiantes, con el fin que el estudiante conozca más detalladamente el sistema hidráulico de los tractores.

Las guías de laboratorio desarrolladas se encuentran a continuación:

GUÍA N° 1

Tema:

Identificación de Componentes del Banco Didáctico

Objetivos:

- Reconocer los componentes mecánicos que intervienen en la gestión activa del tren de rodaje.
- Reconocer los sistemas que conforman un sistema hidráulico.
- Visualizar la operación conjunta del tren de rodaje y sistema hidráulico.

Marco teórico:

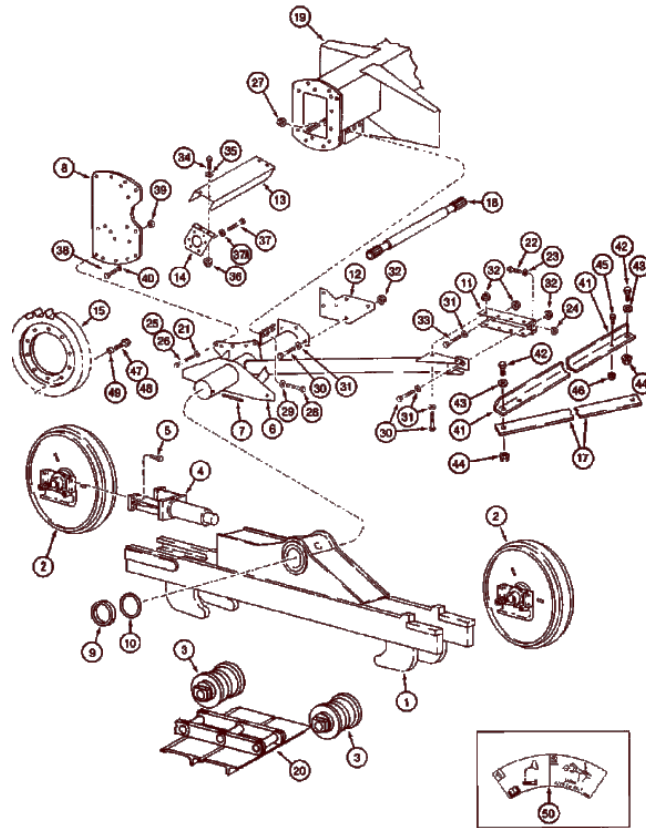
Tren de rodaje

Para tener la garantía de desplazamiento de los tractores en las condiciones más adversas de tiempo y de terreno se ha utilizado desde hace muchos años el tren de rodaje de orugas o de cadenas.

Constituyen los carriles sobre los cuales avanza la máquina, se impulsan desde la parte trasera moviéndose hacia el frente, colocándose contra el suelo mientras avanza.

Se soporta en el bastidor de rodaje que mantiene los rodillo, rueda guía y rueda motriz en alineación.

Partes de tren rodaje:

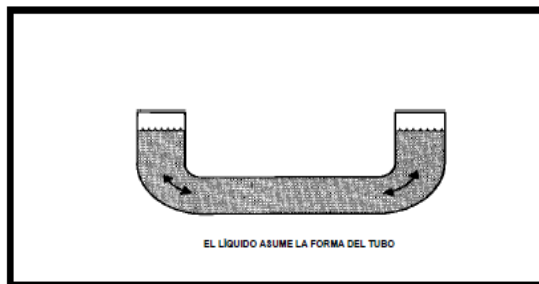


1 Bastidor conjunto, 2 Rodillo lojo delante, 3 Rodillo para cadena, 4 Regulador, 5 Tornillo, 6 Bastidor, 7 Pasador de fijación, 8 Placa, 9 Espaciador, 10 Arandela, 11 Apoyadero, 12 Apoyadero, 13 Protección, 14 Apoyadero, 15 Rueda dentada, 17 Banda, 18 Eje, 19 Eje, 20 Oruga, 21 Arandela, 22 Tornillo, 23 Arandela de freno, 24 Tuerca, 25 Tornillo, 26 Tornillo, 27 Tuerca, 28 Tornillo, 29 Arandela, 30 Tornillo, 31 Arandela, 32 Tuerca, 33 Tornillo, 34 Tornillo, 35 Arandela, 36 Arandela, 37 Tornillo, 37A Arandela, 38 Tornillo, 39 Tuerca, 40 Arandela de freno, 41 Pieza de soporte, 42 Tornillo, 43 Arandela, 44 Tuerca, 45 Tornillo, 46, Tuerca, 47 Tornillo, 48 Tornillo, 49 Espaciador, 50 Calcomanía

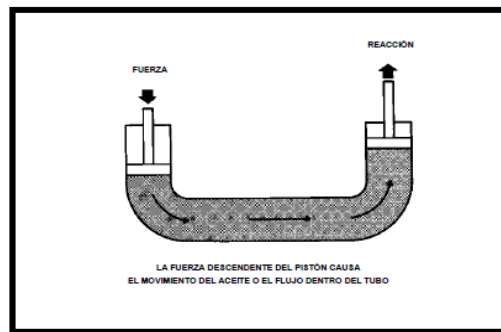
Sistema Hidráulico

Un circuito hidráulico, sea simple o complejo, utiliza los siguientes principios hidráulicos básicos:

Un líquido puede asumir cualquier forma y puede ser bidireccional sin que esto afecte el movimiento libre del flujo



La ley de Pascal sostiene que cuando un fluido dentro de un contenedor es sometido a presión, la presión se transmite igualmente en todas direcciones y a todas las caras del contenedor. Éste es el principio que se usa para extender el ariete en un cilindro hidráulico.



Componentes principales de un sistema hidráulico

- Tanque de almacenamiento de aceite,
- Fluido hidráulico (aceite),
- Líneas de conexión,
- Válvulas,
- Bombas
- Actuadores.
- Filtros hidráulicos.

Procedimiento:

- Identificar las partes principales del tren de rodaje
- Identificar las partes principales del sistema hidráulico
- Realizar un diagrama en el que identifique los componentes del sistema hidráulico
- Realizar un cuadro que identifique: nombre del componente, ubicación, sistema al que pertenece y su función.

Análisis de resultados:

- En que afecta el mal estado de las cañerías al sistema hidráulico.
- Cuáles son las consecuencias de una banda con tensión inadecuada.
- Mencione que ventaja o desventaja se obtiene con el uso de las orugas en los tractores.

Cuestionario:

- Cuál es la ventaja del uso de sistemas hidráulicos
- Que función cumplen los manómetros en el sistema hidráulico
- Como identifica el frente en tren de rodaje.

Conclusiones.

Recomendaciones.

GUÍA N° 2

Tema:

Identificación de los componentes del sistema Hidráulico

Objetivos:

- Reconocer los componentes mecánicos que intervienen en la gestión activa de la entrega de potencia hidráulica.
- Reconocer la estructura de la manguera de acuerdo a las normas internacionales.
- Identificar las mangueras según su tipo de acuerdo a la presión nominal.
- Visualizar los distintos tipos de válvulas de control direccional
- Visualizar los distintos tipos de válvulas de control de flujo
- Reconocer la estructuración de las válvulas y su operación.

Marco teórico:

Sistema Hidráulico

Componentes

- Tanque de almacenamiento de aceite,
- Fluido hidráulico (aceite),
- Líneas de conexión,
- Válvulas,
- Bombas
- Actuadores.
- Filtros hidráulicos.

Tanque:

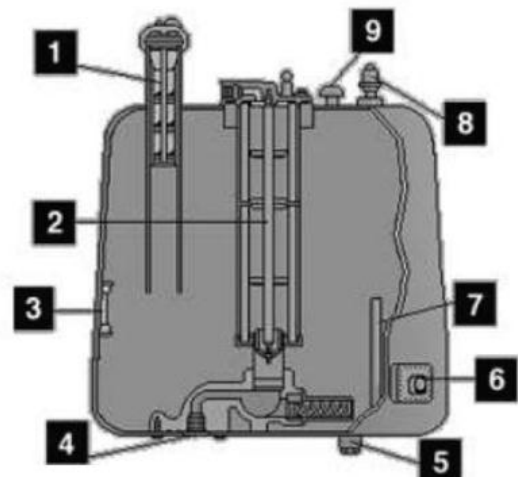
El principal objetivo de los tanques hidráulicos es garantizar que el sistema hidráulico tenga siempre un amplio suministro de aceite.

Tipos de tanques:

- Los ventilados
- Los pulverizados

Partes del tipo de tanques:

10. Tubo de llenado
11. Filtros internos
12. Mirilla
13. Tubería de retorno
14. Tapón de drenaje
15. Salida de la bomba
16. Plancha deflectora
17. Válvula de alivio
18. Respiradero



Mangueras o líneas de conexión:

Las mangueras hidráulicas están sometidas a condiciones extremas como diferencias de presión durante el funcionamiento y exposición al clima, el sol, agentes químicos, condiciones de operación en alta temperatura o manipulación inapropiada durante el funcionamiento o mantenimiento.

Tipos de Mangueras:

La selección de mangueras dependerá de su uso (temperatura, fluido a transportar, etc.) y desde los niveles de presión que soportará el sistema. El siguiente cuadro muestra los niveles de presión que soporta cada tipo de manguera.

	Nivel de presiones
1. XT-3 (Cuatro espirales)	2500-4000 PSI
2. XT-5 (Cuatro / seis espirales)	5000 PSI
3. XT-6 (Seis espirales):	6000 PSI
4. 716 (de una malla de alambre)	625-2750 PSI
5. 844 (succión hidráulica)	100-300 PSI
6. 556 (de una malla cubierta con tela)	500-3000 PSI
7. 1130 (Motor / frenos de aire)	250-1500 PSI
8. 1028 (Termoplástico)	1250-3000 PSI
9. 294 (de dos mallas de alambre)	2250-5800 PSI

Válvulas hidráulicas

Son aquellas que se utilizan para regular las condiciones del flujo de aceite, tales como caudal, presión y dirección. Todos los sistemas hidráulicos utilizan válvulas para accionar los cilindros y los motores y para controlar otros requisitos de caudal de fluido y presión del sistema.

Tipos válvulas

De control de dirección	Válvula Selectora	▪ Controlan el funcionamiento de los accionadores y demás componentes de un sistema hidráulico dirigiendo el caudal al circuito deseado.
	Válvula de Retención	▪ Permite el flujo en una sola dirección.
	Válvula Compensadora	▪ Permite que el aceite de retorno fluya directamente hacia las tuberías del accionador cada vez que la presión de retorno sea mayor que la presión de entrada al accionador.
	Válvula de Caída Rápida	▪ Permite suministrar aceite adicional del retorno para un llenado más rápido.
De control de flujo	Válvula de Control de Flujo	▪ Permite predeterminedar el máximo caudal de aceite que puede penetrar en un circuito.
	Válvula de Carrete	▪ Detecta la presión a ambos lados del orificio restrictor.
	Válvula Divisora de flujo	▪ Divide el caudal de aceite en cantidades iguales entre dos circuitos.
De control de presión	Válvulas de Alivio	▪ Limita la presión máxima del sistema.
	Válvula de Alivio Modulado	▪ Permite el aumento gradual de presión.
	Válvula Reductora de Presión	▪ Limita la presión máxima de un circuito secundario a un valor menor que la de suministro.
	Válvula de Diferencia de Presión	▪ Permite establecer una secuencia en el suministro de aceite a dos circuitos, o mantener una diferencia constante de presión entre dos circuitos.

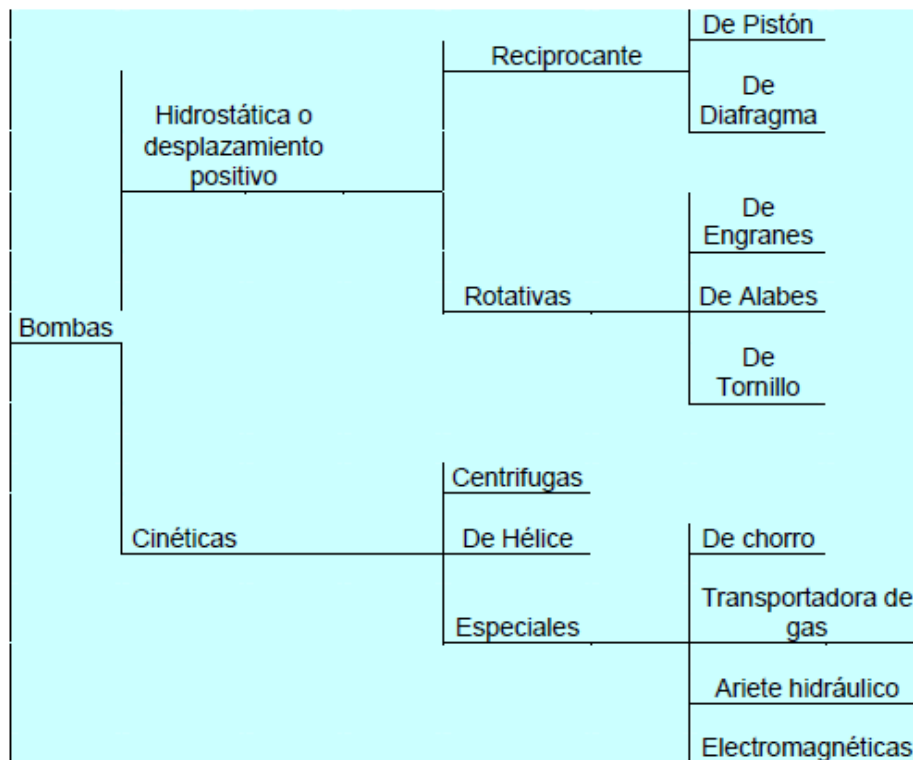
Electroválvulas

Una electroválvula es una válvula electromecánica, diseñada para controlar el flujo de un fluido a través de un conducto como puede ser una tubería. La válvula está controlada por una corriente eléctrica a través de una bobina solenoidal.

Bomba hidráulica

Las bombas hidráulicas convierten la energía mecánica en energía hidráulica en forma de flujo de fluido. Cuando el fluido hidráulico encuentra alguna resistencia, se crea presión

Clasificación de las bombas:



Motores hidráulicos

Un motor hidráulico es un actuador mecánico que convierte presión hidráulica y flujo en un par de torsión y un desplazamiento angular, es decir, en una rotación o giro. Su funcionamiento es pues inverso al de las bombas hidráulicas y es el equivalente rotatorio del cilindro hidráulico

Clases de motores hidráulicos:

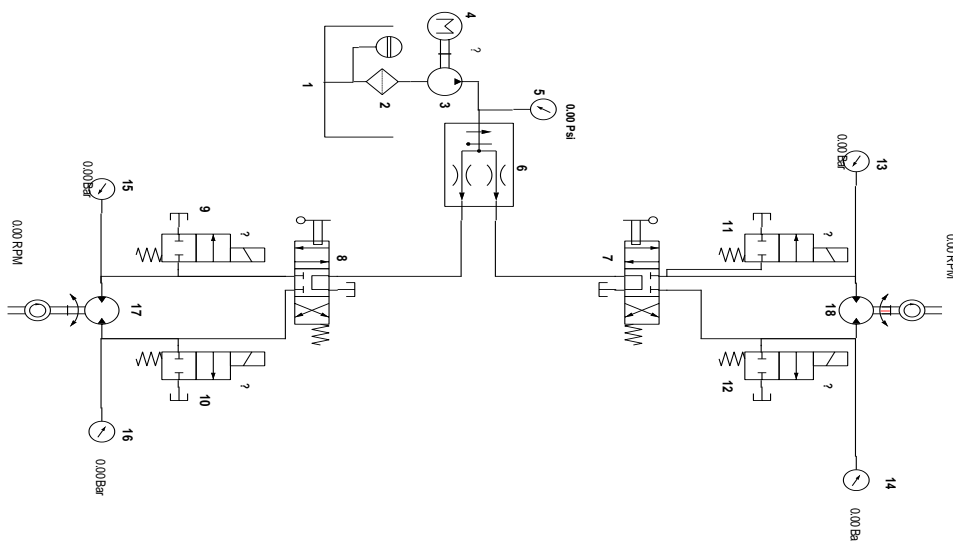
En Los motores hidráulicos pueden clasificarse según su aplicación, en tres categorías:

- Motores de velocidad elevada y par bajo (HSLT)
- Motores de baja velocidad y par elevado (LSHT)
- Motores de rotación limitada (Generadores de par)

Procedimiento

- Identifique los componentes secundarios del sistema hidráulicos

- Observar el valor de la presión que marca el manómetro de la bomba cuando los actuadores se encuentran en reposo.
 - Observar los valores que marcan los manómetros cuando los motores hidráulicos trabajan a plena carga, realice una tabla de valores
 - Accione lentamente los mandos principales, observe que sucede.
- Al accionar los mandos lentamente en cualquiera de sus posiciones, se observa que mientras los motores empiezan a trabajar, la presión en los manómetros correspondientes al movimiento empieza a elevarse paulatinamente hasta llegar al 100% de apertura de la válvula, marcando como presión máxima 20 Bar.
- En la gráfica, estudie el circuito y sus componentes, enumérelos.



Análisis de resultados

- Explique el funcionamiento del circuito estudiado.
- Mencione la función que desempeña la válvula difusora

La válvula difusora, es la encargada de distribuir el caudal entregado por la bomba, hacia las dos secciones que conforman el sistema.

- Explique por qué no todos los manómetros marcan presión al mismo tiempo.

Cuestionario

- ¿Cuál es la presión máxima de soporte de una manguera?
- Grafique y ponga las partes de una bomba de engranajes
- ¿Cómo funciona una bomba de engranajes?
- ¿Qué consideraciones se debe tomar para la selección de las válvulas direccionales?

Conclusiones

Recomendaciones.

GUÍA N° 3

Tema:

Interrupción del movimiento en reversa del motor izquierdo

Objetivos:

- Reconocer la estructuración del sistema hidráulico
- Visualizar los efectos causantes de fallas en los sistemas hidráulicos
- Identificar la función electrónica en el banco didáctico
- Aprender el uso del software

Marco teórico:

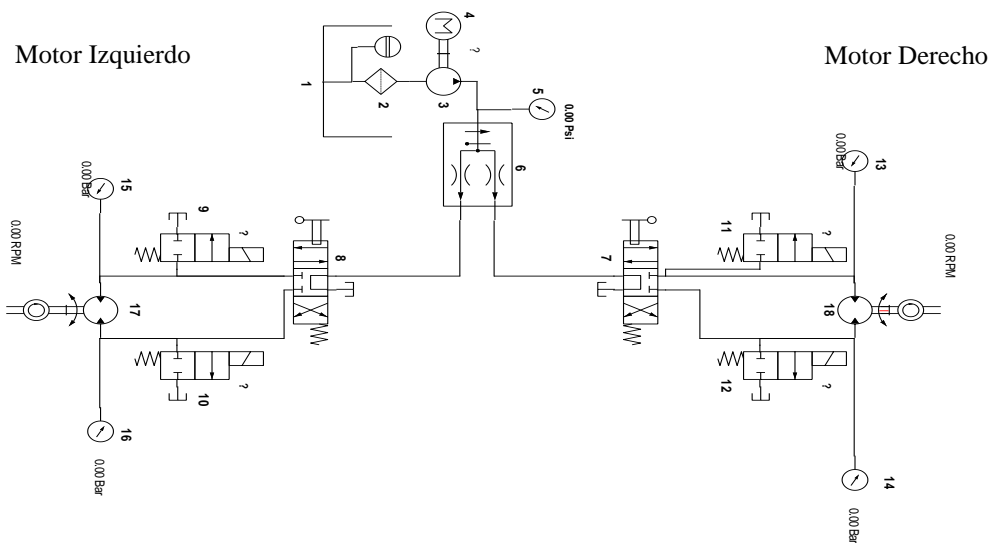
Análisis de fallas

Los sistemas hidráulicos son importantes para la industria por ello es importante consérvalos en un buen estado y óptimas condiciones, llevando a cabo un mantenimiento adecuado para evitar fallas, las cuales pueden ser catastróficas en economía y en cuanto a todo el sistema hidráulico.

Los sistemas hidráulicos son cerrados, lo que quiere decir que la mayor parte del desgaste de los componentes se produce internamente. Para detectar el desgaste y otros problemas dentro del sistema no hay más herramienta disponible que el analizar el aceite periódicamente.

Procedimiento:

- Identifique la función de las electroválvulas en el sistema.
- Utilizando los selectores del tablero de control, explore el menú presentado.
- Con los selectores del tablero, elija la “FALLA 1” y acciónela ”ON”
- Accione los mandos principales en los dos sentidos, observe que es lo que sucede.
- Sobre el diagrama mostrado, marque el circuito que sigue el aceite hidráulico.



- Realice una tabla de valores registrados por los manómetros.
- Con los selectores del tablero, elija la “FALLA 1” y desactívela.

Análisis de Resultados

- Explique qué sucedió al activar la “FALLA 1”
- Compare la presión existente en los manómetros antes y después de activada la “FALLA”, explique
- Indique que componente simula la falla.
- ¿Al estar en contacto las orugas con el piso, cual es la consecuencia de esta falla?

Cuestionario

- Cuál es la principal causa de desperfectos en sistemas hidráulicos
- Explique cómo funciona una electroválvula
- Investigue, grafique y enumere las partes de una electroválvula

Conclusiones

Recomendaciones.

GUÍA N° 4

Tema:

Interrupción del movimiento hacia adelante del motor izquierdo

Objetivos:

- Reconocer la estructuración del sistema hidráulico
- Visualizar los efectos causantes de fallas en los sistemas hidráulicos
- Identificar la función electrónica en el banco didáctico
- Aprender el uso del software

Marco teórico:

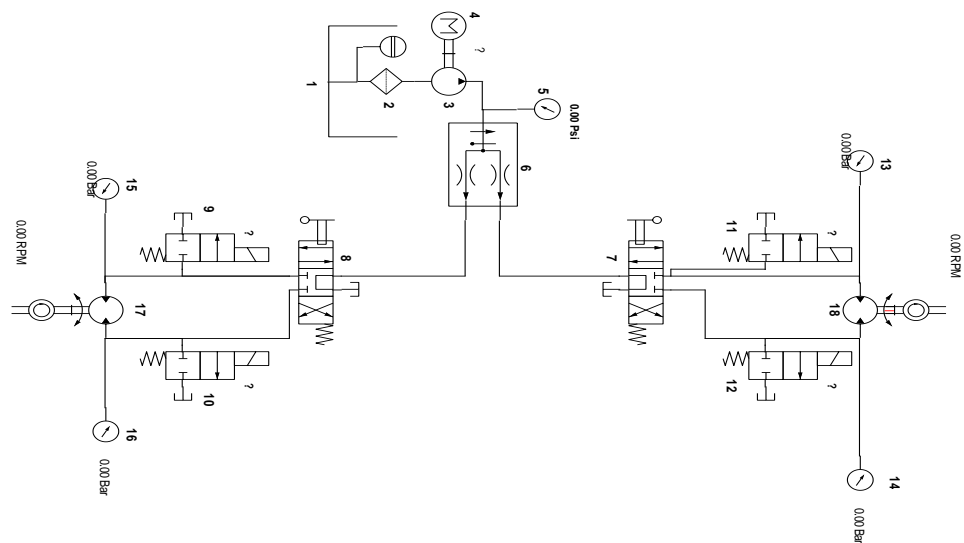
Análisis de fallas

Los sistemas hidráulicos son importantes para la industria por ello es importante consérvalos en un buen estado y óptimas condiciones, llevando a cabo un mantenimiento adecuado para evitar fallas, las cuales pueden ser catastróficas en economía y en cuanto a todo el sistema hidráulico.

Los sistemas hidráulicos son cerrados, lo que quiere decir que la mayor parte del desgaste de los componentes se produce internamente. Para detectar el desgaste y otros problemas dentro del sistema no hay más herramienta disponible que el analizar el aceite periódicamente.

Procedimiento:

- Identifique la función de las electroválvulas en el sistema.
- Utilizando los selectores del tablero de control, explore el menú presentado.
- Con los selectores del tablero, elija la “FALLA 2” y acciónela ”ON”.
- Accione los mandos principales en los dos sentidos, observe que es lo que sucede.
- Sobre el diagrama mostrado, marque el circuito que sigue el aceite hidráulico.



- Realice una tabla de valores registrados por los manómetros.
- Con los selectores del tablero, elija la “FALLA 2” y desactívela.

Análisis De Resultados

- Explique qué sucedió al activar la “FALLA 2”.
- En qué sentido de giro se presenta la falla.
- Compare la presión existente en los manómetros antes y después de activada la “FALLA”, explique.
- Indique que componente simula la falla.
- ¿Al estar en contacto las orugas con el piso, cual es la consecuencia de esta falla?

Cuestionario

- Consulte las consecuencias del calor en los sistemas hidráulicos.
- Como se determina el sentido de giro de los motores hidráulicos.
- ¿Cuál es la función de las válvulas direccionales?

Conclusiones

Recomendaciones

GUÍA N° 5

Tema:

Interrupción del movimiento en reversa del motor derecho

Objetivos:

- Reconocer la estructuración del sistema hidráulico
- Visualizar los efectos causantes de fallas en los sistemas hidráulicos
- Identificar la función electrónica en el banco didáctico
- Aprender el uso del software

Marco teórico:

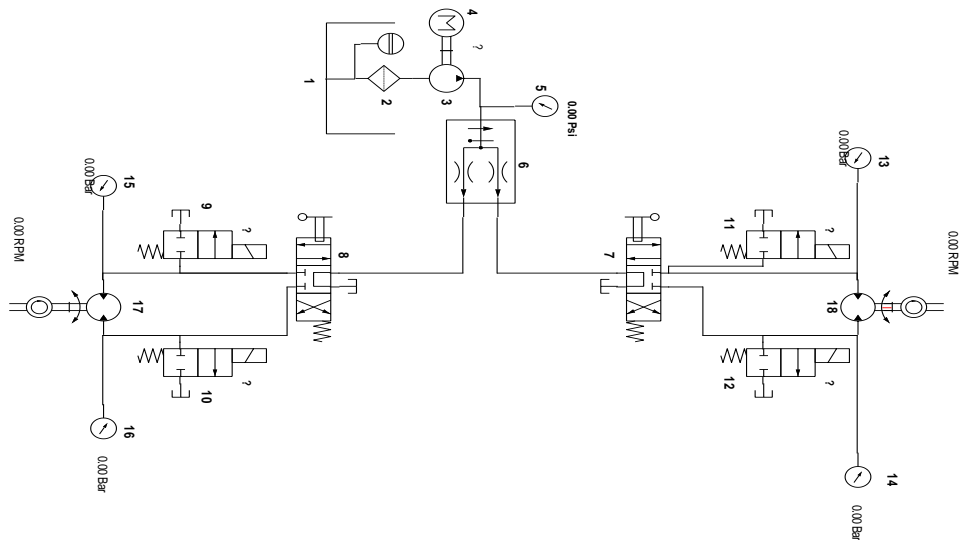
Análisis de fallas

Los sistemas hidráulicos son importantes para la industria por ello es importante consérvalos en un buen estado y óptimas condiciones, llevando a cabo un mantenimiento adecuado para evitar fallas, las cuales pueden ser catastróficas en economía y en cuanto a todo el sistema hidráulico.

Los sistemas hidráulicos son cerrados, lo que quiere decir que la mayor parte del desgaste de los componentes se produce internamente. Para detectar el desgaste y otros problemas dentro del sistema no hay más herramienta disponible que el analizar el aceite periódicamente.

Procedimiento:

- Identifique la función de las electroválvulas en el sistema
- Utilizando los selectores del tablero de control, explore el menú presentado
- Con los selectores del tablero, elija la “FALLA 3” y acciónela “ON”.
- Accione los mandos principales en los dos sentidos, observe que es lo que sucede
- Sobre el diagrama mostrado, marque el circuito que sigue el aceite hidráulico



- Realice una tabla de valores registrados por los manómetros
- Con los selectores del tablero, elija la “FALLA 3” y desactívela.

Análisis de resultados

- Explique qué sucedió al activar la “FALLA 3”.
- En qué sentido de giro se presenta la falla.
- Compare la presión existente en los manómetros antes y después de activada la “FALLA”, explique.
- Indique que componente simula la falla.
- ¿Al estar en contacto las orugas con el piso, cual es la consecuencia de esta falla?

Cuestionario

- Consulte las consecuencias del calor en los sistemas hidráulicos.
- Como se determina el sentido de giro de los motores hidráulicos.
- ¿Cuál es la función de las válvulas direccionales?

Conclusiones

Recomendaciones

GUÍA N° 6

Tema:

Interrupción del movimiento hacia adelante del motor derecho

Objetivos:

- Reconocer la estructuración del sistema hidráulico
- Visualizar los efectos causantes de fallas en los sistemas hidráulicos
- Identificar la función electrónica en el banco didáctico
- Aprender el uso del software

Marco teórico:

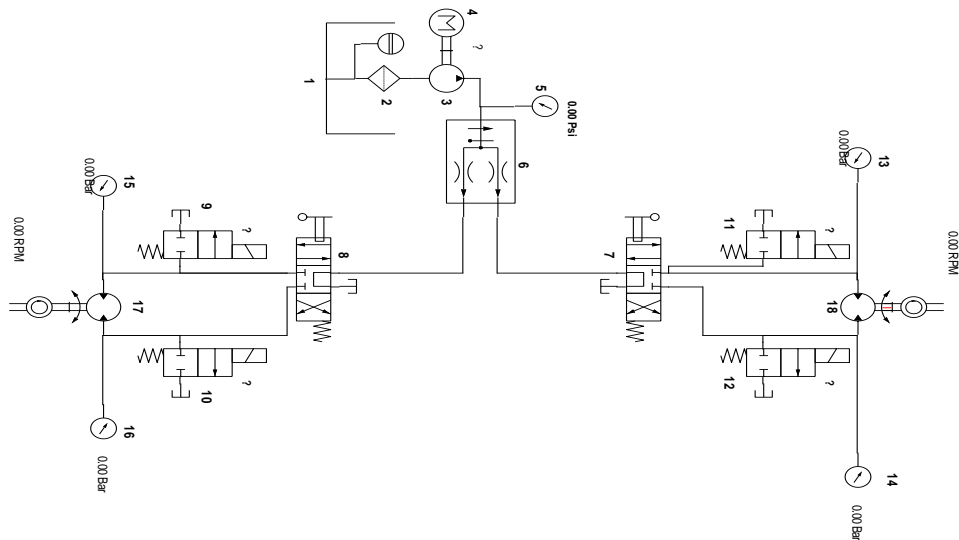
Análisis de fallas

Los sistemas hidráulicos son importantes para la industria por ello es importante consérvalos en un buen estado y óptimas condiciones, llevando a cabo un mantenimiento adecuado para evitar fallas, las cuales pueden ser catastróficas en economía y en cuanto a todo el sistema hidráulico.

Los sistemas hidráulicos son cerrados, lo que quiere decir que la mayor parte del desgaste de los componentes se produce internamente. Para detectar el desgaste y otros problemas dentro del sistema no hay más herramienta disponible que el analizar el aceite periódicamente.

Procedimiento:

- Identifique la función de las electroválvulas en el sistema.
- Utilizando los selectores del tablero de control, explore el menú presentado.
- Con los selectores del tablero, elija la “FALLA 4” y acciónela “ON”.
- Accione los mandos principales en los dos sentidos, observe que es lo que sucede.
- Sobre el diagrama mostrado, marque el circuito que sigue el aceite hidráulico.



- Realice una tabla de valores registrados por los manómetros.
- Con los selectores del tablero, elija la “FALLA 4” y desactívela.

Análisis de resultados

- Explique qué sucedió al activar la “FALLA 4”,
- En qué sentido de giro se presenta la falla
- Compare la presión existente en los manómetros antes y después de activada la “FALLA”, explique
- Indique que componente simula la falla.
- ¿Al estar en contacto las orugas con el piso, cual es la consecuencia de esta falla?

Cuestionario

- Grafique e identifique las partes de un motor hidráulico.
- Cuáles son las aplicaciones más comunes de los motores hidráulicos.
- Explique la diferencia entre un motor y una bomba hidráulica.

Conclusiones.

Recomendaciones

GUÍA N° 7

Tema:

Interrupción de movimiento del motor izquierdo

Objetivos:

- Reconocer la estructuración del sistema hidráulico
- Visualizar los efectos causantes de fallas en los sistemas hidráulicos
- Identificar la función electrónica en el banco didáctico
- Aprender el uso del software

Marco teórico:

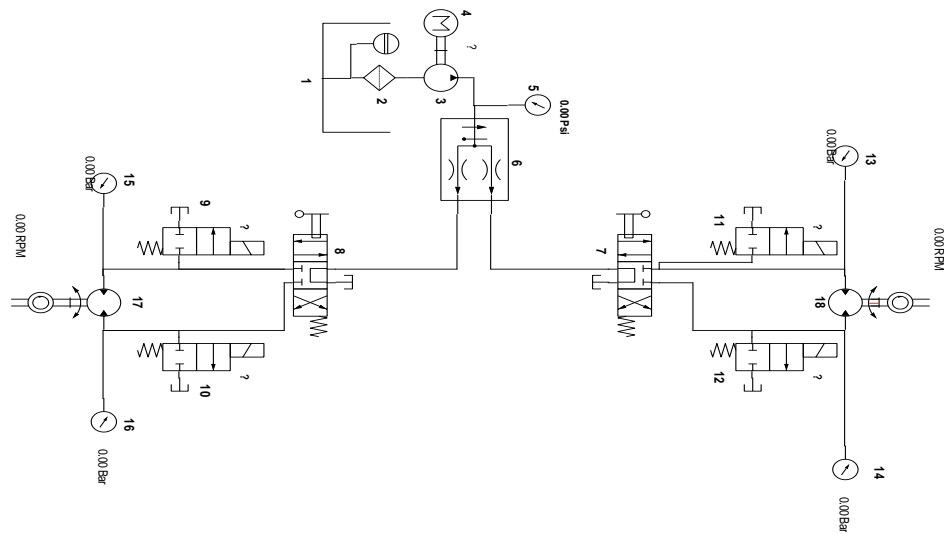
Análisis de fallas

Los sistemas hidráulicos son importantes para la industria por ello es importante consérvalos en un buen estado y óptimas condiciones, llevando a cabo un mantenimiento adecuado para evitar fallas, las cuales pueden ser catastróficas en economía y en cuanto a todo el sistema hidráulico.

Los sistemas hidráulicos son cerrados, lo que quiere decir que la mayor parte del desgaste de los componentes se produce internamente. Para detectar el desgaste y otros problemas dentro del sistema no hay más herramienta disponible que el analizar el aceite periódicamente.

Procedimiento:

- Identifique la función de las válvulas direccionales en el sistema.
- Utilizando los selectores del tablero de control, explore el menú presentado.
- Con los selectores del tablero, elija la “FALLA 5” y acciónela ”ON”
- Accione los mandos principales en los dos sentidos, observe que es lo que sucede.
- Sobre el diagrama mostrado, marque el circuito que sigue el aceite hidráulico.



- Realice una tabla de valores registrados por los manómetros.
- Con los selectores del tablero, elija la “FALLA 4” y desactívela.

Análisis de resultados

- Explique qué sucedió al activar la “FALLA 5”.
- En qué sentido de giro se presenta la falla.
- Compare la presión existente en los manómetros antes y después de activada la “FALLA”, explique
- Indique que componente simula la falla.
- ¿Al estar en contacto las orugas con el piso, cual es la consecuencia de esta falla?

Cuestionario

- Explique cuál es la función de la válvula direccional utilizada cuando esta no es accionada.
- Explique el termino 4x2 de una válvula
- Basándose en el diagrama mostrado identifique que tipo de válvulas se ha utilizado en el sistema.

Conclusiones

Recomendaciones

GUÍA N° 8

Tema:

Interrupción de movimiento del motor derecho

Objetivos:

- Reconocer la estructuración del sistema hidráulico
- Visualizar los efectos causantes de fallas en los sistemas hidráulicos
- Identificar la función electrónica en el banco didáctico
- Aprender el uso del software

Marco teórico:

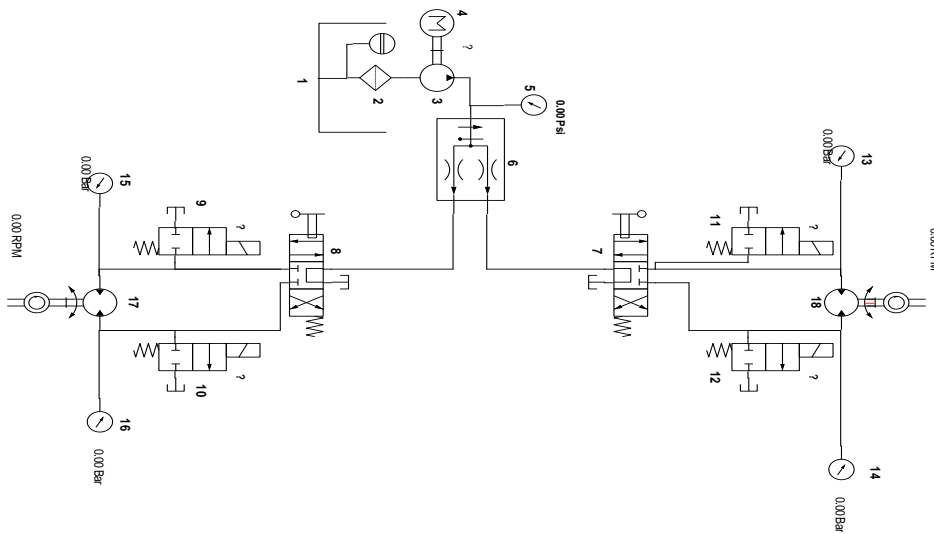
Análisis de fallas

Los sistemas hidráulicos son importantes para la industria por ello es importante consérvalos en un buen estado y óptimas condiciones, llevando a cabo un mantenimiento adecuado para evitar fallas, las cuales pueden ser catastróficas en economía y en cuanto a todo el sistema hidráulico.

Los sistemas hidráulicos son cerrados, lo que quiere decir que la mayor parte del desgaste de los componentes se produce internamente. Para detectar el desgaste y otros problemas dentro del sistema no hay más herramienta disponible que el analizar el aceite periódicamente.

Procedimiento:

- Identifique la función de las válvulas direccionales en el sistema.
- Utilizando los selectores del tablero de control, explore el menú presentado.
- Con los selectores del tablero, elija la “FALLA 6” y acciónela “ON”.
- Accione los mandos principales en los dos sentidos, observe que es lo que sucede.
- Sobre el diagrama mostrado, marque el circuito que sigue el aceite hidráulico.



- Realice una tabla de valores registrados por los manómetros.
- Con los selectores del tablero, elija la “FALLA 6” y desactívela.

Análisis de resultados

- Explique qué sucedió al activar la “FALLA 6”.
- En qué sentido de giro se presenta la falla.
- Compare la presión existente en los manómetros antes y después de activada la “FALLA”, explique
- Indique que componente simula la falla.
- ¿Al estar en contacto las orugas con el piso, cual es la consecuencia de esta falla?

Cuestionario

- Que efecto causa la variación de rpm del motor eléctrico en el sistema hidráulico.
- Enumere las causas para que un motor hidráulico no gire.
- Mencione las causas por las que el caudal puede variar

Conclusiones.

Recomendaciones.

GUÍA N° 9

Tema:

Interrupción total de movimiento del motor derecho e izquierdo

Objetivos:

- Reconocer la estructuración del sistema hidráulico
- Visualizar los efectos causantes de fallas en los sistemas hidráulicos
- Identificar la función electrónica en el banco didáctico
- Aprender el uso del software

Marco teórico:

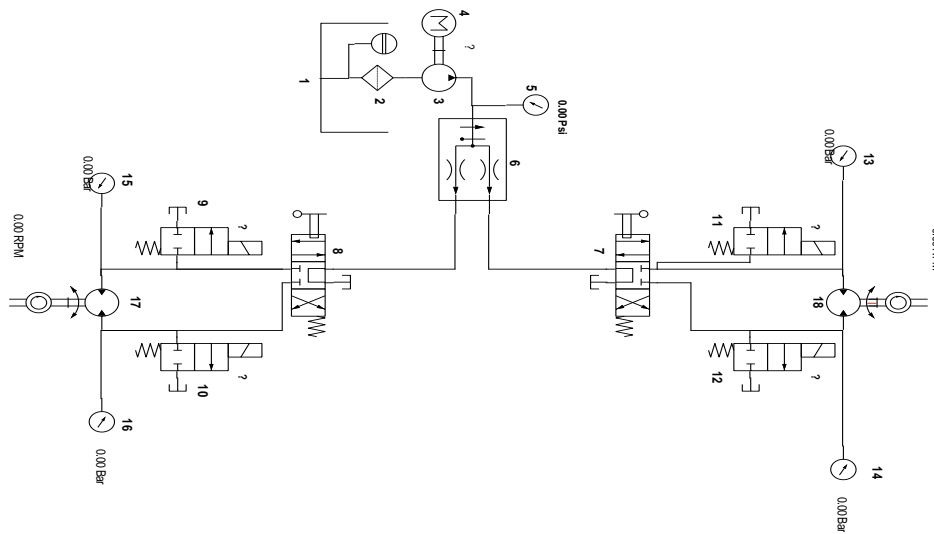
Análisis de fallas

Los sistemas hidráulicos son importantes para la industria por ello es importante consérvalos en un buen estado y óptimas condiciones, llevando a cabo un mantenimiento adecuado para evitar fallas, las cuales pueden ser catastróficas en economía y en cuanto a todo el sistema hidráulico.

Los sistemas hidráulicos son cerrados, lo que quiere decir que la mayor parte del desgaste de los componentes se produce internamente. Para detectar el desgaste y otros problemas dentro del sistema no hay más herramienta disponible que el analizar el aceite periódicamente.

Procedimiento:

- Identifique la función de las válvulas direccionales en el sistema.
- Utilizando los selectores del tablero de control, explore el menú presentado.
- Con los selectores del tablero, elija la “FALLA 7” y acciónela “ON”.
- Accione los mandos principales en los dos sentidos, observe que es lo que sucede.
- Sobre el diagrama mostrado, marque el circuito que sigue el aceite.



- Realice una tabla de valores registrados por los manómetros.
- Con los selectores del tablero, elija la “FALLA 7” y desactívela.

Análisis de resultados

- Explique qué sucedió al activar la “FALLA 7”.
Al activar en el menú la falla “7”, el giro tanto en el motor derecho como izquierdo en ambos sentidos se interrumpe, debido a que las cuatro electroválvulas son activadas y el caudal se deriva hacia el depósito.
- En qué sentido de giro se presenta la falla.
La falla tanto en el motor derecho como izquierdo se presenta en ambos sentidos de giro.
- Compare la presión existente en los manómetros antes y después de activada la “FALLA”, explique.
- Indique que componente simula la falla.
- ¿Al estar en contacto las orugas con el piso, cual es la consecuencia de esta falla?

Cuestionario

- ¿Qué efecto causa la falta de aceite en el sistema, qué daños causa el los elementos?
- ¿En que afecta la densidad del aceite al sistema?
- Explique la importancia del filtro en un sistema hidráulico.

Conclusiones.

Recomendaciones.

GUÍA N° 10

Tema:

Interrupción de movimiento del motor derecho e izquierdo en reversa

Objetivos:

- Reconocer la estructuración del sistema hidráulico.
- Visualizar los efectos causantes de fallas en los sistemas hidráulicos.
- Identificar la función electrónica en el banco didáctico.
- Aprender el uso del software.

Marco teórico:

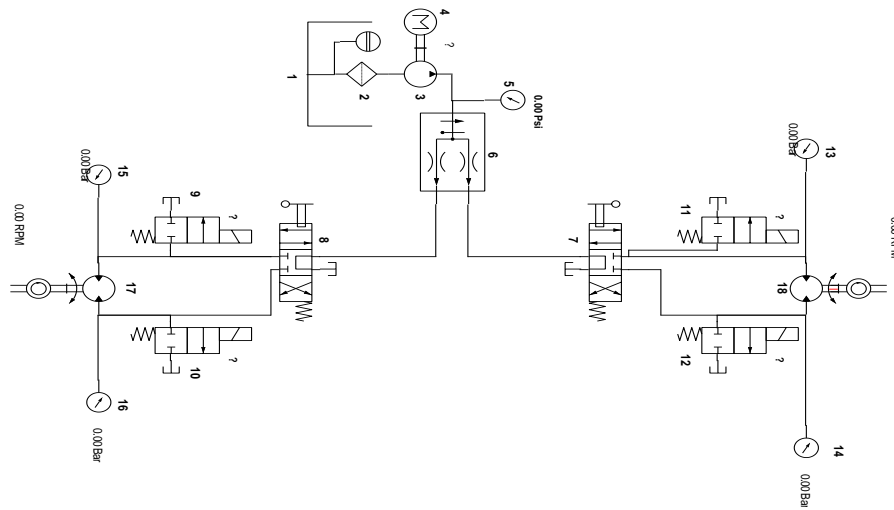
Análisis de fallas

Los sistemas hidráulicos son importantes para la industria por ello es importante consérvalos en un buen estado y óptimas condiciones, llevando a cabo un mantenimiento adecuado para evitar fallas, las cuales pueden ser catastróficas en economía y en cuanto a todo el sistema hidráulico.

Los sistemas hidráulicos son cerrados, lo que quiere decir que la mayor parte del desgaste de los componentes se produce internamente. Para detectar el desgaste y otros problemas dentro del sistema no hay más herramienta disponible que el analizar el aceite periódicamente.

Procedimiento:

- Identifique la función de las válvulas direccionales en el sistema.
- Utilizando los selectores del tablero de control, explore el menú presentado.
- Con los selectores del tablero, elija la “FALLA 8” y acciónela “ON”.
- Accione los mandos principales en los dos sentidos, observe que es lo que sucede.
- Sobre el diagrama mostrado, marque el circuito que sigue el aceite hidráulico.



- Realice una tabla de valores registrados por los manómetros.
- Con los selectores del tablero, elija la “FALLA 8” y desactívela.

Análisis de resultados

- Explique qué sucedió al activar la “FALLA 8”.
- En qué sentido de giro se presenta la falla.
- Compare la presión existente en los manómetros antes y después de activada la “FALLA”, explique.
- Indique que componente simula la falla.
- ¿Al estar en contacto las orugas con el piso, cual es la consecuencia de esta falla?

Cuestionario

- ¿Si una máquina con motores hidrostáticos presenta esta falla, en caso de emergencia se puede intercambiar las conexiones hidráulicas para movilizarla? (Justifique).
- Explique la diferencia entre tanques presurizados y ventilados.
- Comente la importancia de utilizar un marcador de nivel de aceite.

Conclusiones.

Recomendaciones.

GUÍA N° 11

Tema:

Interrupción de movimiento del motor derecho e izquierdo hacia adelante

Objetivos:

- Reconocer la estructuración del sistema hidráulico
- Visualizar los efectos causantes de fallas en los sistemas hidráulicos
- Identificar la función electrónica en el banco didáctico
- Aprender el uso del software

Marco teórico:

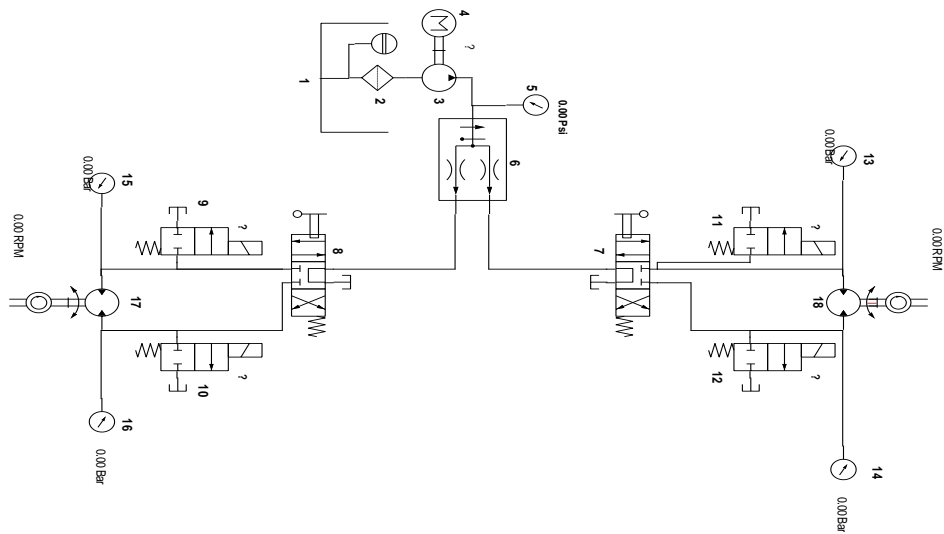
Análisis de fallas

Los sistemas hidráulicos son importantes para la industria por ello es importante consérvalos en un buen estado y óptimas condiciones, llevando a cabo un mantenimiento adecuado para evitar fallas, las cuales pueden ser catastróficas en economía y en cuanto a todo el sistema hidráulico.

Los sistemas hidráulicos son cerrados, lo que quiere decir que la mayor parte del desgaste de los componentes se produce internamente. Para detectar el desgaste y otros problemas dentro del sistema no hay más herramienta disponible que el analizar el aceite periódicamente.

Procedimiento:

- Identifique la función de las válvulas direccionales en el sistema.
- Utilizando los selectores del tablero de control, explore el menú presentado.
- Con los selectores del tablero, elija la “FALLA 9” y acciónela “ON”.
- Accione los mandos principales en los dos sentidos, observe que es lo que sucede.
- Sobre el diagrama mostrado, marque el circuito que sigue el aceite hidráulico.



- Realice una tabla de valores registrados por los manómetros
- Con los selectores del tablero, elija la “FALLA 9” y desactívela.

Análisis de resultados

- Explique qué sucedió al activar la “FALLA 9”.
- En qué sentido de giro se presenta la falla.

La falla simulada en el sistema se presenta hacia adelante de los dos motores.

- Compare la presión existente en los manómetros antes y después de activada la “FALLA”, explique.
- Indique que componente simula la falla.
- ¿Al estar en contacto las orugas con el piso, cual es la consecuencia de esta falla?

Cuestionario

- ¿Es posible remolcar o empujar una máquina con orugas? Justifique.
- ¿Qué efecto ocasiona el remplazo de una bomba por otra de diferentes características? Justifique

Conclusiones

Recomendaciones

GUÍA N° 12

Tema:

Interrupción del motor derecho hacia adelante e izquierdo en reversa

Objetivos:

- Reconocer la estructuración del sistema hidráulico
- Visualizar los efectos causantes de fallas en los sistemas hidráulicos
- Identificar la función electrónica en el banco didáctico
- Aprender el uso del software

Marco teórico:

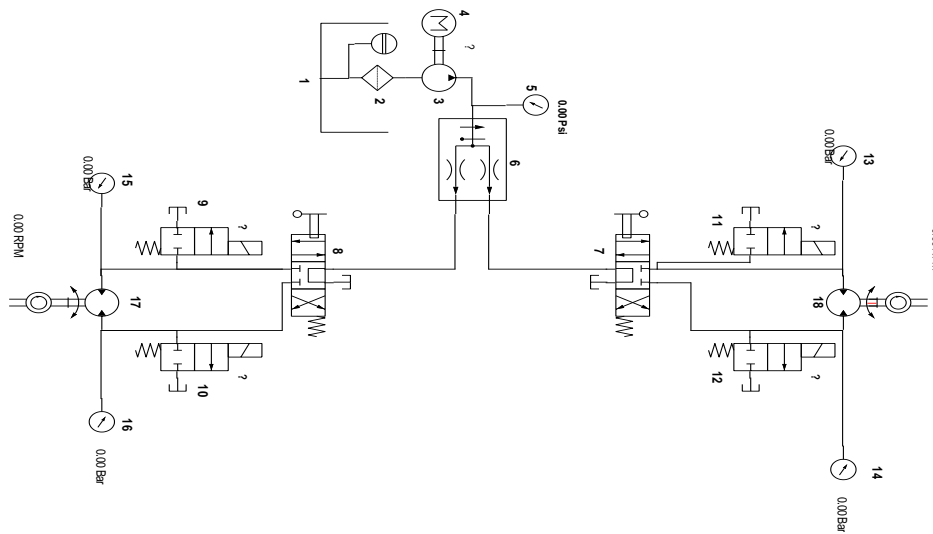
Análisis de fallas

Los sistemas hidráulicos son importantes para la industria por ello es importante consérvalos en un buen estado y óptimas condiciones, llevando a cabo un mantenimiento adecuado para evitar fallas, las cuales pueden ser catastróficas en economía y en cuanto a todo el sistema hidráulico.

Los sistemas hidráulicos son cerrados, lo que quiere decir que la mayor parte del desgaste de los componentes se produce internamente. Para detectar el desgaste y otros problemas dentro del sistema no hay más herramienta disponible que el analizar el aceite periódicamente.

Procedimiento:

- Identifique la función de las válvulas direccionales en el sistema.
- Utilizando los selectores del tablero de control, explore el menú presentado.
- Con los selectores del tablero, elija la “FALLA 10” y acciónela “ON”.
- Accione los mandos principales en los dos sentidos, observe que es lo que sucede.
- Sobre el diagrama mostrado, marque el circuito que sigue el aceite hidráulico



- Realice una tabla de valores registrados por los manómetros

SENTIDO DE GIRO	PRESIONES(BAR)				
	BOMBA	MOTOR IZQUIERDO		MOTOR DERECHO	
		Manómetro1	Manómetro2	Manómetro3	Manómetro4
ADELANTE	20	20	-	0	-
REVERSA	20	-	0	-	20

- Con los selectores del tablero, elija la “FALLA 10” y desactívela ”OFF”

Análisis de resultados

- Explique qué sucedió al activar la “FALLA 10”.
- En qué sentido de giro se presenta la falla.
- Compare la presión existente en los manómetros antes y después de activada la “FALLA”, explique.
- Indique que componente simula la falla.
- ¿Al estar en contacto las orugas con el piso, cual es la consecuencia de esta falla?

Cuestionario

- Con ayuda de un software realice el diagrama básico presentado.
- ¿Qué sucede si se obstruye una cañería?
- ¿Qué indica el sentido de giro de la bomba?

Conclusiones.

Recomendaciones.

GUÍA N° 13

Tema:

Interrupción del motor derecho en reversa e izquierdo hacia adelante

Objetivos:

- Reconocer la estructuración del sistema hidráulico
- Visualizar los efectos causantes de fallas en los sistemas hidráulicos
- Identificar la función electrónica en el banco didáctico
- Aprender el uso del software

Marco teórico:

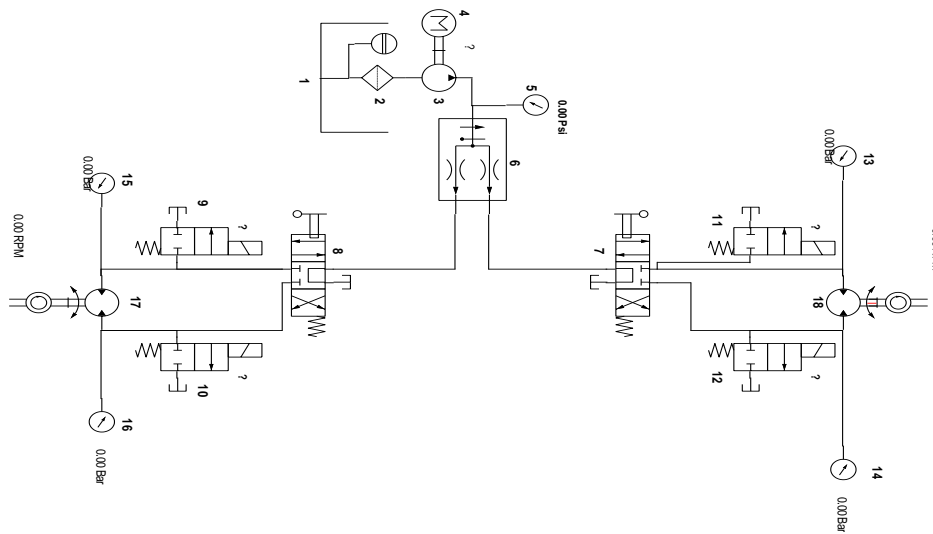
Análisis de fallas

Los sistemas hidráulicos son importantes para la industria por ello es importante consérvalos en un buen estado y óptimas condiciones, llevando a cabo un mantenimiento adecuado para evitar fallas, las cuales pueden ser catastróficas en economía y en cuanto a todo el sistema hidráulico.

Los sistemas hidráulicos son cerrados, lo que quiere decir que la mayor parte del desgaste de los componentes se produce internamente. Para detectar el desgaste y otros problemas dentro del sistema no hay más herramienta disponible que el analizar el aceite periódicamente.

Procedimiento:

- Identifique la función de las válvulas direccionales en el sistema.
- Utilizando los selectores del tablero de control, explore el menú presentado.
- Con los selectores del tablero, elija la “FALLA 11” y acciónela “ON”.
- Accione los mandos principales en los dos sentidos, observe que es lo que sucede.
- Sobre el diagrama mostrado, marque el circuito que sigue el aceite hidráulico.



- Realice una tabla de valores registrados por los manómetros.
- Con los selectores del tablero, elija la “FALLA 11” y desactívela.

Análisis de resultados

- Explique qué sucedió al activar la “FALLA 11”.
- En qué sentido de giro se presenta la falla.
- Compare la presión existente en los manómetros antes y después de activada la “FALLA”, explique.
- Indique que componente simula la falla.
- ¿Al estar en contacto las orugas con el piso, cual es la consecuencia de esta falla?

Cuestionario

- Explique las causas de las caídas de presión en los sistemas hidráulicos
- Cuál es la ventaja de usar motores hidráulicos en maquinaria pesada?
- Investigue cual es el rendimiento efectivo que entrega la bomba al sistema hidráulico.

Conclusiones.

Recomendaciones.

5.4 Presupuesto Referencial

El presupuesto que describe los costos de los elementos del banco didáctico es el siguiente:

Tabla 5.3 Costos de los componentes del sistema
Fuente: propia

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Central Hidráulica	1	1200.00	1200.00
Motores hidráulicos	2	350.00	700.00
Manómetros	5	42.00	210.00
Mangueras y accesorios	-	500.00	500.00
Electroválvulas	4	150.00	600.00
Válvulas direccionales	2	300.00	600.00
Válvula divisora de caudal	1	180	180
Rueda motriz	2	20.00	40.00
Duralon	8	10.00	80.00
Polea aluminio	2	25.00	50.00
Barra de acero ASTM A36	1	120.00	120.00
Tablero de control	1	30.00	30.00
Banda transportadora (m)	10	22.00	220.00
Adhesivos	-	50.00	50.00
Componentes sistema electrónico	-	250.00	250.00
Varios extras	-	400.00	400.00
TOTAL			USD 5230.00

A continuación se presenta el detalle de todos los gastos realizados en el diseño, implementación y pruebas del banco didáctico:

Tabla 5.4 Costo total del diseño y construcción
Fuente: Propia

INGENIERÍA E INFORMACIÓN		250.00
Colaboración científica	150.00	
Investigación	100.00	
COSTOS DIRECTOS		5330.00
Componentes del sistema	5230.00	
Edición de trabajo escrito	100.00	
IMPREVISTOS		400.00
Transporte y desplazamiento	300.00	
Otros	100.00	
COSTO TOTAL		USD 5980.00

CONCLUSIONES

- En el mercado nacional, es muy escasa la elaboración de bancos didácticos que facilitan el aprendizaje y el análisis de funcionamiento de los sistemas de traslación y giro de los tractores de cadena. Este tipo de simulador servirá para hacer una recopilación de información para generar ideas fundamentales del funcionamiento de los tractores de oruga.
- Con el fin de obtener una similitud con los sistemas reales de los tractores, se optó por la utilización de un sistema hidráulico, el cual está compuesto en su variedad por elementos fácilmente visibles en dichos tractores, resultado de esto tenemos una fuente de investigación palpable con la realidad de su funcionamiento.
- Los coeficientes de seguridad de los elementos que conforman el banco didáctico no son altos, ya que la función que va realizar el mecanismo no requiere mayores esfuerzos. Por otro lado la arquitectura de todas las partes requiere que las dimensiones de muchas de ellas sean concordantes con el resto.
- El mecanismo más sensible y que requiere mayor atención se da en la banda de rodadura, ya que esta soporta la fricción y tensión constante durante el tiempo de operación y reposo.
- Cuando se construye un prototipo de una máquina siempre se incurre en costos adicionales por diseño y en riesgos en adquisición de elementos o en la construcción misma ya que en ocasiones un elemento se los construye o se lo adquiere más de una vez debido a errores de inexperiencia. Sin embargo una gran ayuda para minimizar estos egresos son los programas computacionales con aplicaciones CAD. En este caso se utilizó el software Solid Works 2012.
- Se ha utilizado elementos electrónicos para el control y simulación del banco. Estos elementos brindan confiabilidad, seguridad, rapidez y eficiencia lo cual los convierte en componentes idóneos para la realización de este tipo de proyectos.

- El calor que pueda generarse en el sistema hidráulico por consumo de energía en los tiempos muertos, evacuación de flujo. Para ello se seleccionó las válvulas direccionales con retorno directo hacia el depósito, de esta forma puede obviarse el uso de un relieve y un intercambiador de calor para enfriamiento forzado del aceite con lo que no se va a producir calor. Es así como este riesgo se resolvió con este tipo de válvulas.
- Cuando se opera maquinaria pesada puede incidir un sin número de fallas, atendiendo a esta necesidad de simular dichas fallencias se incurrió en la creación de un software el cual se encarga de realizar la simulación de algunas de estas anomalías en el banco didáctico.
- Con la elaboración de las guías de laboratorio se complementa el objetivo fundamental del desarrollo del proyecto, logrando tanto en la parte práctica como teórica una mejor apreciación de dichos sistemas.
- La versatilidad del uso de trenes de rodaje en la maquinaria pesada ha evolucionado con el pasar del tiempo, razón por la cual los sistemas tradicionales de transmisión mecánica han sido reemplazados por los sistemas hidráulicos, debido que estos brindan un mejor desempeño para las condiciones de trabajo a las que están expuestas.
- La insuficiente información de los sistemas que conforman la maquinaria pesada, fueron el punto de partida para la creación del proyecto, siendo estas fallencias, motivos suficientes para incentivar a que los estudiantes se propongan investigar y desarrollar proyectos en los cuales se creen nuevas tecnologías.

RECOMENDACIONES

- Para el funcionamiento normal del sistema hidráulico, se debe tener en cuenta que la presión de trabajo no esté por encima de los 500 PSI; tomar en cuenta no tensar en demasía las bandas ya que esto las deteriora más rápidamente y produce un aumento de presión en el sistema.
- Para tener un funcionamiento de banda de rodadura, se debe controlar que no se encuentre con ajuste excesivo, o por el contrario demasiado flojo, que ocasionaría el desarmado o descarrilamiento deliberado de las bandas.
- Revisar periódicamente los seguros de las ruedas guías y rodillos, evitando daños en los otros elementos constitutivos del tren de rodaje.
- Para mantener un buen suministro de fluidos a los motores se debe revisar que ninguna de las mangueras se encuentre dobladas o rotas, en caso de haberla sustituirla.
- Revisar con frecuencia las conexiones de las líneas hidráulicas, ya que esto ocasionaría pérdidas de caudal y presión al sistema.
- La limpieza de cualquier elemento siempre se lo debe hacer con la máquina apagada, ya que los elementos en movimiento podrían causar elementos graves lesiones.
- Controlar periódicamente el nivel y estado del aceite, ya que de ello depende el buen funcionamiento del banco y la vida útil de los componentes del sistema hidráulico.
- Revisar con frecuencia el empalme de las bandas de rodadura.
- Al manipular el banco didáctico es necesario tomar en cuenta las medidas de seguridad del taller, de igual forma tener exclusiva atención con objetos o personas cercanas a las bandas de rodadura, debido que puede causar graves accidentes.
- Se exhorta a las futuras generaciones de estudiantes se desarrollen propuestas de optimización del banco didáctico, con la finalidad de promover la creatividad y el desarrollo técnico-práctico en su preparación profesional.

BIBLIOGRAFÍA

- AGUILAR B, “Metodología de un Programa de Mantenimiento de Bandas Transportadoras”, México 2010, TESIS
- ASERCAP, “Localización y Solución de Problemas de Componentes Hidráulicos”, Perú 2005
- ATARES A., “Tractores y Motores Agrícolas”, Mundiprensa 3ª edición 1996
- AUTOMATIOS STUDIO 5.0, Software de Simulación Hidráulica Neumática
- CARLETON M, “Tractores Diseño y Funcionamiento”, México, Limusa 1984
- CASTELLÓN R., “Motores Hidráulicos y Motores Eléctricos en Sistemas Hidráulicos”
- CATERPILLAR, Catálogo de Especificaciones de Tractor de Cadenas D6R
- CREUS, A. “Neumática e Hidráulica” Alfaomega, Mayo 2008.
- DAGEL, J. “Motores Diesel y sistema de inyección”, tomo 3, Limusa S.A, 1995
- DIAZ DEL RIO, M, “Manual de Maquinaria de Construcción”, Mc Graw-Hill, Interamericana de España, S.A.U. 1ª edición
- EATON VICKERS, Catálogo de Selección de Válvulas
- FAIRES, M. “Diseño de Elementos de Máquinas”, México, Limusa 2003
- FERNANDO, G. “Diseño Y Construcción de un Prototipo del Sistema de Giro del Tractor de Oruga” TESIS
- FINNING CATERPILLAR, Manual de Capacitación
- FLINN R., “Materiales de Ingeniería y sus Aplicaciones”, Bogotá, Mc Graw Hill 1979
- GIL SIERRA, J. “Elementos Hidráulicos en los Tractores y Máquinas Agrícolas”, Mundiprensa, 2ª edición 1998
- GOODYEAR, Catálogo de Bandas Transportadoras

- HERBERT L, “Reparación de la Maquinaria Pesada”, Continental 5ª edición
- INTENATIONAL, Catálogo de Selección de Mandos Hidráulicos
- INTERNATIONAL, Catálogo de Selección de Motores Hidráulicos
- KAUMAN, Catálogo de Selección del Tipo de Bandas
- KOMPASS, Catálogo de Selección de Bombas
- MOTT, R. Diseño de Elementos de Máquinas. 4ta.ed. México: Pearson, 2006
- PRINCE HIDRÁULICS, Catálogo de Selección de Válvulas Difusoras
- PULGAR, A. “Tractores de Cadenas”, Madrid, 1957
- SHIGLEY, J. “Diseño e Ingeniería Mecánica”, 5ª edición, McGraw-Hill, México, 1996
- SOHIPREN S.A., Manual Básico de Oleo Hidráulica
- SOLID WORKS. Software de Modelado 3D
- TORO, Diagrama Hidráulico, Hidrostático y Equipo de Prueba
- VILARIA, Jose R. “Neumática, Hidráulica y Electricidad Aplicada” Editorial Thompson, décima edición.
- WEG, Catálogo de Selección de Motores Eléctricos




LINKOGRAFÍA

- <http://electronica.ugr.es/transistores>
- <http://es.wikipedia.org/wiki/rele>
- <http://avecomputointe.blogspot.com/2012/02/microcontroladores.html>
- <http://es.wikipedia.org/wiki/Common-rail>
- <http://es.wikipedia.org/wiki/Electrov%C3%A1lvula>
- <http://es.wikipedia.org/wiki/Electrov%C3%A1lvula>
- <http://fluidos.eia.edu.co/hidraulica/articulos/es/medidores/manometro/manometro.html>
- http://server-die.alc.upv.es/assignaturas/lse/2002-03/Pantallas_LCD/LCD.pdf
- <http://sistemaselmotorolo.blogspot.com/>
- <http://sistemaselmotorolo.blogspot.com/>
- <http://www.monografias.com/trabajos-pdf2/fichas-maquinarias/fichas-maquinarias.pdf>
- <http://www.tallerescuencia.com/esquema-de-sistema-de-inyeccion-diesel/>
- http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/sedes/medellin/3007073/und_2/pdf/evolucion_de_los_tractores.pdf
- http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/sedes/medellin/3007073/und_2/pdf/evolucion_de_los_tractores.pdf

ANEXOS

ANEXO A1

BOMBA HIDRÁULICA

						 SYMBOL		
	P1	07	R	P	01	G	T	
N° DE SERIE P1 P2	CAUDAL(ml/rev) REFERIRSE A LAS ESPECIFICACIONES	ROTACIÓN DEL EJE R:GIRO A DERECHAS L:GIRO A IZQUIERDAS	TIPO DE LUMBRER N:NPT U:UNF	TIPO EJE 01(STANDARD) 04 07 10 12	TIPO DE MONTAJE G:STANDARD (SAE AA) C D E	TIPO DE CUBIERTA T:STANDARD D		
ESPECIFICACIONES:								
MODEL O	CAUDAL (ml/rev)	PRESIÓN MÁXIMA (kg/cm ²)	PRESIÓN OPERANDO EN CONTINUO	VELOCIDAD rpm		TAMAÑO DE LA LUMBRERA		PESO (kg)
				MAX	MIN	OUT	IN	TIPO BRIDA
P101	1.3	250	210	4000	600	1/2'	3/8'	0.82
P102	2.0							0.91
P127	2.7							1.00
P135	3.4							1.05
P104	4.1							1.10
P105	5.1							1.14
P106	6.1							1.18
P107	7.4							1.27
P109	9.1	300	250	4000	600	3/4'	1/2'	1.32
P204	4.0							2.32
P206	6.2							2.45
P208	8.4							2.55
P211	11.0							2.73
P214	14.3							2.85
P216	16.5							2.91
P219	19.2							3.14
P222	22.5							3.27
P225	25.0							250
P233	33.0	3.59						

ANEXO A2

FACTOR DE ROZAMIENTO

Materials and Material Combinations	Clean and Dry Surfaces	Static Frictional Coefficient - μ_s	
			Lubricated and Greasy Surfaces
Nylon	Nylon	0.15 - 0.25	
Oak	Oak (parallel grain)	0.62, 0.48 ¹⁾	
Paper	Cast Iron	0.20	
Phosphor-bronze	Steel	0.35	
Platinum	Platinum	1.2	0.25
Plexiglas	Steel	0.4-0.5	0.4 - 0.5
Polystyrene	Polystyrene	0.5	0.5
Polystyrene	Steel	0.3-0.35	0.3 - 0.35
Polythene	Steel	0.2	0.2
Polystyrene	Polystyrene	0.5	0.5
Rubber	Cardboard	0.5 - 0.8	
Rubber	Dry Asphalt	0.9 (0.5 - 0.8) ¹⁾	
Rubber	Wet Asphalt	0.25 - 0.75 ¹⁾	
Rubber	Dry Concrete	0.6 - 0.85 ¹⁾	
Rubber	Wet Concrete	0.45 - 0.75 ¹⁾	

ANEXO A3

PROPIEDADES DE LOS ACEROS

A-16 APENDICES

APENDICE 7 PROPIEDADES DE LOS ACEROS ESTRUCTURALES

Número de designación del material (número ASTM)	Grado o espesor	Resistencia a la tracción		Resistencia a punto cedente		Ductibilidad (elongación porcentual en 8 pulg)
		Ksi	MPa	Ksi	MPa	
A36	$t \leq 8"$	58	400	36	248	20
A242	$t \leq 3/4"$	70	485	50	345	18
A242	$t \leq 1 1/2"$	67	460	46	315	—
A242	$t \leq 4"$	63	435	42	290	—
A441	$t \leq 4"$	63	435	42	290	18
A514	Inmerso y templado, $t \leq 2 1/2"$	115	800	100	700	18% (" 2 ")
A572	42, $t \leq 6"$	60	414	42	290	—
A572	50, $t \leq 4"$	65	448	50	345	—
A572	60, $t \leq 1 1/4"$	75	517	60	414	—
A572	65, $t \leq 1 1/4"$	80	552	65	448	—
A588	$t \leq 4"$	70	485	50	345	18

Nota: El ASTM A572 es uno de los aceros de baja aleación más resistentes (HSLA) y tiene propiedades similares al acero SAE J410b especificado por la SAE.

ANEXO A4

PROPIEDADES DEL ALUMINIO

APENDICE 10 PROPIEDADES TÍPICAS DEL ALUMINIO

Con aleación y templado	Resistencia a la tracción		Resistencia a punto cedente		Ductibilidad (elongación porcentual en 2 pulg)	Resistencia al corte		Resistencia por durabilidad	
	Ksi	MPa	Ksi	MPa		Ksi	MPa	Ksi	MPa
1060-O	10	69	4	28	43	7	48	3	21
1060-H14	14	97	11	76	12	9	62	5	34
1060-H18	19	131	18	124	6	11	121	6	41
1350-O	12	83	4	28	28	8	55	—	—
1350-H14	16	110	14	97	—	10	69	—	—
1350-H19	27	186	24	165	—	15	103	7	48
2014-O	27	186	14	97	18	18	124	13	90
2014-T4	62	427	42	290	20	38	262	20	138
2014-T6	70	483	60	414	13	42	290	18	124
2024-O	27	186	11	76	22	18	124	13	90
2024-T4	68	469	47	324	19	41	283	20	138
2024-T361	72	496	57	393	12	42	290	18	124
2219-O	25	172	11	76	18	—	—	—	—
2219-T62	60	414	42	290	10	—	—	15	103
2219-T87	69	476	57	393	10	—	—	15	103
3003-O	16	110	6	41	40	11	121	7	48
3003-H14	22	152	21	145	16	14	97	9	62
3003-H18	29	200	27	186	10	16	110	10	69
5052-O	28	193	13	90	30	18	124	16	110
5052-H34	38	262	31	214	14	21	145	18	124
5052-H38	42	290	37	255	8	24	165	20	138
6061-O	18	124	8	55	30	12	83	9	62
6061-T4	35	241	21	145	25	24	165	14	97
6061-T6	45	310	40	276	17	30	207	14	97
6063-O	13	90	7	48	—	10	69	8	55
6063-T4	25	172	13	90	22	—	—	—	—
6063-T6	35	241	31	214	12	22	152	10	69
7001-O	37	255	22	152	14	—	—	—	—
7001-T6	98	676	91	627	9	—	—	22	152
7075-O	33	228	15	103	16	22	152	—	—
7075-T6	83	572	73	503	11	48	331	23	159

Nota: propiedades comunes
 Densidad: 0.095 a 0.102 lb/pulg³ (2635–2829 Kg/m³)
 Módulo de elasticidad: 10 a 10.6 × 10⁶ psi (69-73 GPa).
 Resistencia por durabilidad a 5 × 10⁸ ciclos

ANEXO A5

CATÁLOGO GOODYEAR

TABLE 4-F
Friction Factor (C) and Length Factor (L₀)
For Use in Conveyor Tension Formulas

Class of Conveyor	Friction Factor C	Length Factor L ₀
1. For conveyors with permanent or other well aligned structures and with normal maintenance.	.022	200
2. For temporary, portable, or poorly aligned structures.	.03	150

NOTE: The above C and L₀ factors have proven to be satisfactory for the great majority of conveyor belt tension and horsepower calculations. However, when long, relatively level, heavily loaded conveyors are encounter-

ed where power requirements are large and made up primarily of friction, it is recommended that Goodyear, Akron, Ohio be consulted for additional engineering assistance in selecting these factors.

TABLE 4-G

Average Values Of B And Q For Belts And Conveyors

Width	Light Service Material to Approx. 50 LB/FT ³		Medium Service Material Approx. 50 to 100 LB/FT ³		Heavy Service Material Over Approx. 100 LB/FT ³	
	B	Q	B	Q	B	Q
14	1	7	2	13	3	19
16	2	8	3	14	4	21
18	3	9	4	16	5	23
30	6	19	7	28	8	38
24	5	14	6	21	7	29
30	6	19	7	28	8	38
36	7	26	9	38	11	52
42	9	33	11	50	14	66
48	12	40	15	60	18	82
54	14	50	18	71	22	97
60	17	62	21	85	27	115
66	20	75	24	103	32	135
72	22	88	28	121	36	155

ANEXO A6

FÓRMULAS CATÁLOGO GOODYEAR

TABLE 4-D Minimum Recommended Belt Tension (T_0) In Pounds	
One Percent Sag	$T_0 = 12.5 \left(B + \frac{100T}{3S} \right) l_0$
Two Percent Sag	$T_0 = 6.25 \left(B + \frac{100T}{3S} \right) l_0$

NOTE: Normally two percent sag is used for calculating T_0 .

WHERE: Sag = amount of belt sag between idlers, measured in percent.

T_0 = Minimum belt tension — Lb.

B = Belt Weight — Lb/Ft.

T = Tonnage — Tons/Hour

S = Speed — Ft/Min.

l_0 = Normal carrying side idler spacing at low tension end — Ft.

ANEXO A7

CATÁLOGO MOTORES HIDRÁULICOS INTERNATIONAL

**IFP BMG HIGH TORQUE
LOW SPEED MOTORS**



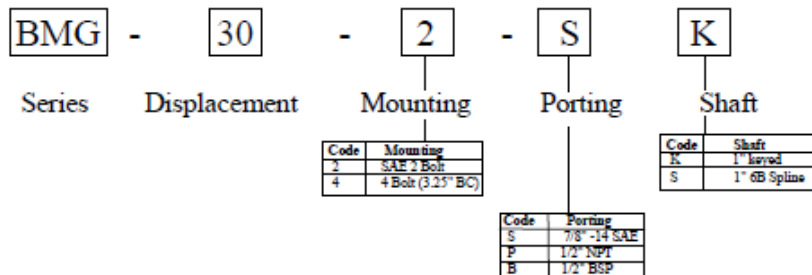
High Performance in an Economical Package

International BMG series motors are economical efficient compact units designed for medium duty applications requiring smooth control of shaft speed and rotation while maintaining maximum output torque. Motors operate using an efficient "Gerotor" assembly suitable for applications requiring higher torque for short periods of time and lower torque for longer periods of time. When operated within their rated conditions these motors will provide long trouble free service life.



Features

- *High Volumetric Efficiency*
- *Economical*
- *High Starting Torque*
- *Compact*



Code	30	49	61	76	98	122	152	192	244
Displacement in ³ /r (cm ³ /r)	3.0(50)	4.9(80)	6.1(100)	7.6(125)	9.8(160)	12.2(200)	15.2(250)	19.2(315)	24.4(400)
Speed (rpm)									
@Max Continuous	700	550	440	350	275	220	176	150	130
@Max intermittent	880	715	570	450	360	300	230	180	150
Flow GPM (l/min)									
@Max Continuous	10.6(40)	13.2(50)	13.2(50)	13.2(50)	13.2(50)	13.2(50)	13.2(50)	13.2(50)	13.2(50)
@Max intermittent	13.2(50)	17.2(65)	17.2(65)	17.2(65)	17.2(65)	17.2(65)	17.2(65)	17.2(65)	17.2(65)
Torque in-lbs(Nm)									
@Max Continuous	620(70)	1000(110)	1250(140)	1600(175)	1750(195)	2200(245)	2500(278)	2800(315)	3350(378)
@Max intermittent	800(90)	1300(145)	1600(185)	2000(230)	2600(300)	2800(320)	3500(400)	4000(450)	4000(450)
Pressure PSI (MPa)									
@Max Continuous	1800(124)	1800(124)	1800(124)	1800(124)	1600(110)	1600(110)	1400(97)	1300(90)	1200(83)
@Max intermittent	2300(159)	2300(159)	2300(159)	2300(159)	2300(159)	2000(138)	2000(138)	1800(124)	1400(97)

IFP BMG MOTOR PERFORMANCE DATA



BMG30: 3.2 in3/rev {51.7 cm3/rev}

Flow GPM [LPM]	Pressure- PSI [Mpa]								max. Cont.	max. Int.
	435 (3)	870 (6)	1015 (7)	1160 (8)	1450 (10)	1595 (11)	1812 (12.5)	2393 (16.5)		
2 (6)	150 (17)	336 (38)	389 (44)	443 (50)	558 (63)	620 (70)	700 (79)	920 (104)		
4 (15)	168 (19)	336 (38)	389 (44)	443 (50)	556 (64)	628 (71)	708 (80)	929 (105)		
5.3 (20)	150 (17)	336 (38)	389 (44)	451 (51)	566 (64)	628 (71)	708 (80)	947 (107)		
8 (30)	141 (16)	327 (37)	389 (44)	443 (50)	566 (64)	628 (71)	716 (81)	955 (108)		
9.3 (35)	132 (15)	318 (36)	380 (43)	443 (50)	557 (63)	628 (71)	708 (80)	947 (107)		
12 (45)	123 (14)	300 (34)	371 (42)	433 (49)	557 (63)	620 (70)	708 (80)	947 (107)		
Max. Cont.	115 (13)	292 (33)	363 (41)	424 (48)	548 (63)	601 (68)	699 (79)			
Max. Int.	975 (13)	962 (33)	955 (41)	949 (48)	943 (63)	937 (68)	927 (79)			

Torque - lb-in (Nm)
Speed - RPM

BMG49: 4.7 in3/rev {77.7 cm3/rev}

Flow GPM [LPM]	Pressure- PSI [Mpa]								max. Cont.	max. Int.
	435 (3)	870 (6)	1015 (7)	1160 (8)	1450 (10)	1595 (11)	1812 (12.5)	2393 (16.5)		
2 (6)	256 (29)	531 (60)	619 (70)	708 (80)	894 (101)	982 (111)	1132 (128)	1486 (168)		
4 (15)	256 (29)	539 (61)	628 (71)	717 (81)	894 (101)	1008 (114)	1141 (129)	1504 (170)		
5.3 (20)	247 (28)	531 (60)	628 (71)	717 (81)	894 (101)	991 (112)	1141 (129)	1504 (170)		
8 (30)	221 (25)	513 (58)	610 (69)	699 (79)	885 (100)	982 (111)	1125 (128)	1513 (171)		
9.3 (35)	212 (24)	504 (57)	601 (68)	690 (78)	876 (99)	973 (110)	1115 (126)	1513 (171)		
12 (45)	194 (22)	478 (54)	584 (66)	681 (77)	858 (97)	964 (109)	1097 (124)	1495 (169)		
Max. Cont.	177 (20)	469 (53)	566 (64)	663 (75)	849 (96)	947 (107)	1088 (123)	1486 (168)		
Max. Int.	827 (20)	820 (53)	817 (64)	813 (75)	808 (96)	804 (107)	796 (123)			

BMG61: 5.9 in3/rev {96.2 cm3/rev}

Flow GPM [LPM]	Pressure- PSI [Mpa]								max. Cont.	max. Int.
	435 (3)	870 (6)	1015 (7)	1160 (8)	1450 (10)	1595 (11)	1812 (12.5)	2393 (16.5)		
2 (6)	318 (36)	663 (75)	778 (88)	893 (101)	1115 (126)	1247 (141)	1416 (160)	1858 (210)		
4 (15)	309 (35)	663 (75)	787 (89)	893 (101)	1132 (126)	1247 (141)	1416 (160)	1885 (213)		
5.3 (20)	292 (33)	655 (74)	778 (88)	893 (101)	1115 (126)	1239 (140)	1424 (161)	1876 (212)		
8 (30)	274 (31)	637 (72)	752 (85)	867 (98)	1088 (123)	1212 (137)	1389 (157)	1885 (213)		
9.3 (35)	256 (29)	610 (69)	734 (83)	849 (96)	1070 (119)	1194 (135)	1371 (155)	1876 (212)		
12 (45)	247 (28)	584 (66)	716 (81)	832 (94)	1053 (119)	1177 (133)	1354 (153)	1840 (208)		
Max. Cont.	177 (20)	504 (57)	601 (68)	690 (78)	876 (99)	973 (110)	1115 (126)	1513 (171)		
Max. Int.	673 (20)	667 (57)	664 (74)	661 (88)	657 (113)	654 (129)	648 (150)			

Torque - lb-in (Nm)
Speed - RPM

BMG76: 7.2 in3/rev {117.9 cm3/rev}

Flow GPM [LPM]	Pressure- PSI [Mpa]								max. Cont.	max. Int.
	435 (3)	870 (6)	1015 (7)	1160 (8)	1450 (10)	1595 (11)	1812 (12.5)	2393 (16.5)		
2 (6)	398 (45)	831 (94)	982 (111)	1124 (127)	1398 (158)	1557 (176)	1778 (201)	2327 (263)		
4 (15)	389 (44)	831 (94)	982 (111)	1124 (127)	1416 (160)	1566 (177)	1787 (202)	2363 (267)		
5.3 (20)	371 (42)	823 (93)	973 (110)	1124 (127)	1407 (159)	1557 (176)	1787 (202)	2371 (268)		
8 (30)	354 (40)	805 (91)	955 (108)	1097 (124)	1380 (156)	1540 (174)	1752 (198)	2371 (268)		
9.3 (35)	336 (38)	787 (89)	938 (106)	1074 (122)	1363 (154)	1522 (172)	1734 (196)	2363 (267)		
12 (45)	327 (37)	752 (85)	911 (103)	1062 (120)	1336 (151)	1504 (170)	1717 (194)	2327 (263)		
Max. Cont.	292 (33)	743 (84)	885 (100)	1044 (118)	1318 (147)	1478 (166)	1619 (191)	2301 (260)		
Max. Int.	594 (26)	588 (75)	587 (83)	581 (110)	576 (142)	574 (159)	579 (185)			

Continuous -
Intermittent -

ANEXO A8

CATÁLOGO VÁLVULAS DIRECCIONALES INTERNATIONAL

IFP MD20 MANUALLY OPERATED MONOBLOCK VALVE



FEATURES

- * Adjustable Balanced Piston Relief Valve
- * Power Beyond / Closed Center Available
- * Integral Load Holding Check Valve
- * Optional Pilot Operated Check Valves
- * Single / Double acting & Motor spools
- * Spring Return or Detent



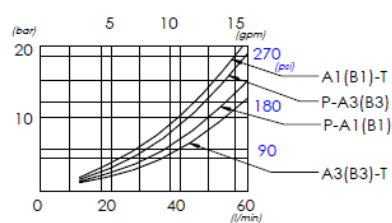
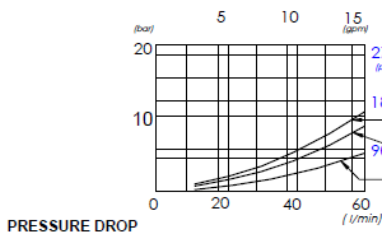
MD20 ORDERING CODE

IFP MD 20 1 C S D P 72

<p>Monoblock Valve</p> <p>Valve Series 50 = 30 GPM</p> <p>Number of Spools 1 = 1 Spool 2 = 2 Spool 3 = 3 Spool</p>	<p>Spool Type C = Double Acting S = Single Acting M = Motor Spool</p>	<p>Port Type S = SAE (Std) N = NPT B = BSP</p>	<p>Spool Function No Code = Spring Return D = Detent</p>
		<p>Tank Port No Code = Open Center C = Closed Center P = Power Beyond</p>	<p>Design Number 72</p>

Model	MD20
Maximum Flow	15 US gpm (56 l/min)
Recommended flow	12 US gpm (45 l/min)
Maximum Pressure	5000 PSI (350 bar)
Maximum Back Pressure	1160 PSI (80 bar)
Leakage @1500 PSI (100bar)	0.06 in3/min (1 cm3/min)
Weight MD20 -1	7.9 lbs (3.6 kg)
Weight MD20 -2	11.2 lbs (5.1 kg)
Weight MD20 -3	15.1 lbs (6.9 kg)

Valve Ports			
Thread	Port - A & B	Pressure	Tank
SAE	SAE-8	SAE- 10	SAE- 10
NPT	1/2"	1/2"	1/2"
BSP	1/2"	1/2"	1/2"

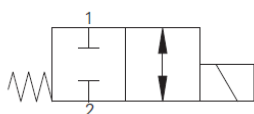


ANEXO A9

CATÁLOGO ELECTROVÁLVULAS EATON-VICKERS

SV4-8-C/CM - Solenoid Valve

Spool type, normally closed solenoid valve
11 L/min (3 USgpm) • 210 bar (3000 psi)



Operation

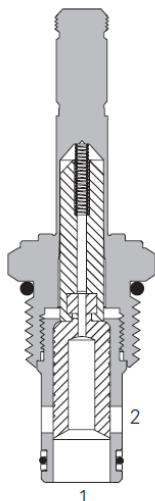
In the de-energized position the valve blocks flow in both directions.

When the solenoid is energized the spool moves allowing the valve to open in both directions.

Features

Hardened, ground and honed working parts to limit leakage. IP69 Tough coil compatibility. Continuously rated. Compact design with low pressure drop.

Sectional View



Performance Data

Ratings and Specifications

Performance data is typical with fluid at 21,8 cST (105 SUS) and 49°C (120°F)

Typical application pressure (all ports)	210 bar (3000 psi)
Cartridge fatigue pressure (infinite life)	210 bar (3000 psi)
Rated flow	11 L/min (3 USgpm)
Internal leakage	82 cm ³ /min (5 in ³ /min) max @ 210 bar (3000 psi)
Temperature range	-40° to 120°C (-40° to 248°F)
Coil duty	Continuous from 85% to 110% of nominal voltage
Response times (100% rated voltage and flow)	Energize: 27 ms. De-Energize: 24 ms
Cavity	C-8-2
Fluids	All general purpose hydraulic fluids such as: MIL-H-5606, SAE 10, SAE 20 etc
Filtration	Cleanliness code 18/16/13
Housing material (standard)	Aluminum
Weight including coil	0,27 kg (0.60 lbs)
Seal kit	02-160777 (Buna-N), 02-160778 (Viton)

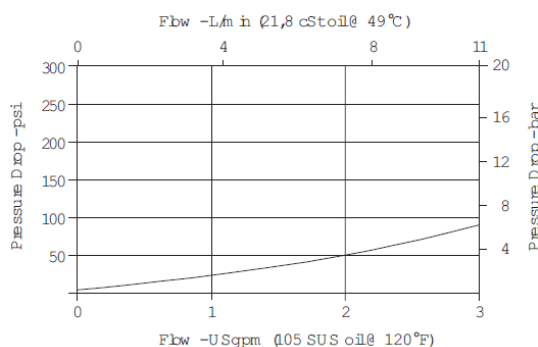
Viton is a registered trademark of E.I. DuPont

Description

This is a 2-way, 2-position, spool type, direct acting, normally closed solenoid valve. This valve is used in applications where the flow needs to be blocked in both directions when the solenoid is de-energized.

Pressure Drop

Cartridge only




Port 1 to port 2 or port 2 to port 1 energized

ANEXO A10

CATÁLOGO VÁLVULA DIFUSORA DE CAUDAL PRINCE HYDRAULICS

**PRESSURE COMPENSATED
ADJUSTABLE FLOW CONTROL VALVES**

MODEL RD-100
TOP PORT FLOW CONTROL




The PRINCE valve models RD-100 and RD-1900 are pressure compensated adjustable flow control valves. By rotating the handle, the flow out the "CF", or controlled flow port, can be varied from approximately 0 to the maximum controlled flow shown in the chart below. Any remaining flow is bypassed to the "EF" or excess flow port. This flow can be used to power another circuit or can be returned to tank. Once the controlled flow is set it will remain nearly constant with variations in pressure on either the controlled or excess flow ports.

Please note: If during operation the controlled flow port is blocked the valve will compensate in such a way as to shut off flow to the excess port.

These valves can also be used as a restrictive flow control by plugging the excess flow port.

MODEL RD-1900
SIDE PORT FLOW CONTROL



The PRINCE valve models RDRS-100 and RDRS-1900 have a built in adjustable pressure relief. For these models the excess flow port **must** be connected to tank.

It should be noted that whenever these or any valve is used to bypass or restrict, flow heat will be generated. Steps may be required to keep oil temperature from becoming too high.

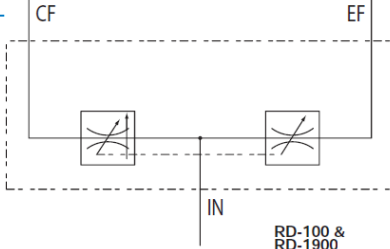
VALVE SPECIFICATIONS:
Capacity: 30 gpm max inlet flow
Pressure: 3000 psi max
Weight: RD-100 8 lbs.
RD-1900 9 lbs.

FIELD REPAIR KITS:
Handle hardware 660301002
Seal Kit 660501001

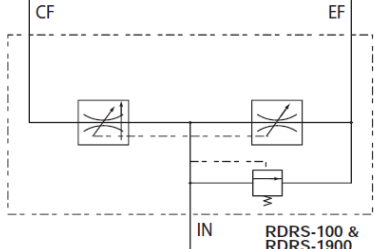
STANDARD MODELS AVAILABLE			
MODEL NUMBER	PORT SIZES	CONTROLLED FLOW RANGE	For Other Relief Settings Please Specify:
RD-137-8	RD-1937-8	3/8 NPTF	RDRS-150-16-20 └ Relief Pressure in Hundreds Example: 20=2000 PSI
RD-150-8	RD-1950-8	1/2 NPTF	0-8 GPM
RD-150-16	RD-1950-16	1/2 NPTF	0-16 GPM
RD-175-16	RD-1975-16	3/4 NPTF	0-16 GPM
RD-175-30	RD-1975-30	3/4 NPTF	0-30 GPM
RD-108-8	RD-1908-8	#8 SAE	0-8 GPM
RD-112-30	RD-1912-30	#12 SAE	0-30 GPM
RDRS-150-16	RDRS-1950-16	1/2 NPTF	0-16 GPM
RDRS-175-30	RDRS-1975-30	3/4 NPTF	0-30 GPM

Special combinations of port size and controlled flow range are available in O E M quantities.
Please consult your sales representative.

SYMBOL



RD-100 &
RD-1900



RDRS-100 &
RDRS-1900

ANEXO A11

CATÁLOGO MOTORES ELÉCTRICOS WEG

Uso General - NEMA 48/56 - IP55

Datos Electricos

Potencia	Carcaza IEC		RPM	Corriente nominal en 220V A	Corriente a rotor bloqueado Ip / In	Par Nominal Cn (NM)	Par a rotor bloqueado Cp / Cn	Momento máximo Cmax. Cn	220 V						Factor de servicio F.S.	Momento de Inercia J kgm ²	Tiempo max. con rotor bloqueado en caliente / frio (s)	Peso aprox. (kg)
									Rendimiento η%		Factor de Potencia Cos φ		% de la potencia nominal					
									50	75	100	50	75	100				
II Polos - 3600 rpm																		
0,18	0,25	B56	3480	2,3	5,3	0,5	2,7	2,6	47	55	50	0,59	0,67	0,73	1,15	0,001	6/13	0
0,18	0,25	B56	3480	2,3	5,6	0,5	2,8	2,9	36	45	50	0,56	0,64	0,7	1,15	0,001	6/13	9,8
0,25	0,33	B56	3480	2,8	5,6	0,67	3,4	2,9	41	50	54	0,59	0,67	0,73	1,15	0,00117	6/13	10
0,25	0,33	B56	3490	2,85	5,8	0,66	3,7	3,2	40	49	53	0,56	0,64	0,7	1,15	0,00117	6/13	10
0,37	0,5	B56	3480	4	5,6	1,01	3,2	2,8	45	52	58	0,56	0,66	0,73	1,15	0,00133	6/13	10,6
0,37	0,5	B56	3480	3,8	5,6	1,01	3,2	2,8	45	52	58	0,56	0,66	0,73	1,15	0,00133	6/13	10,6
0,55	0,75	B56	3480	5,2	6,2	1,51	2,9	2,7	54	62	65	0,57	0,66	0,74	1,15	0,00167	6/13	11,9
0,55	0,75	B56	3480	10,4	6,2	1,51	2,9	2,7	54	62	65	0,57	0,66	0,74	1,15	0,00167	6/13	11,9
0,55	0,75	B56	3490	5,2	6,3	1,51	3	2,9	52	60	64	0,54	0,64	0,72	1,15	0,00167	6/13	11,9
0,75	1	D56	3500	6,3	6,7	2,01	3	2,7	59	66	69	0,58	0,69	0,77	1,15	0,00217	6/13	14,6
0,75	1	D56	3500	6,3	6,7	2,01	3	2,7	59	66	69	0,58	0,69	0,77	1,15	0,00217	6/13	14,6
0,75	1	D56	3500	6,4	7	2,01	3,2	2,8	55	63	67	0,56	0,67	0,75	1,15	0,00217	6/13	14,6
0,75	1	D56	3500	6,4	7	2,01	3,2	2,8	55	63	67	0,56	0,67	0,75	1,15	0,00217	6/13	14,6
1,1	1,5	D56	3480	9	6,8	3,03	2,5	2,5	62	69	70	0,61	0,72	0,8	1,15	0,0025	6/13	15,9
1,1	1,5	D56	3480	9	6,8	3,03	2,5	2,5	62	69	70	0,61	0,72	0,8	1,15	0,0025	6/13	15,9
1,1	1,5	D56	3480	8,55	6,8	3,03	2,5	2,5	62	69	70	0,61	0,72	0,8	1,15	0,0025	6/13	15,9
1,1	1,5	D56	3480	8,55	6,8	3,03	2,5	2,5	62	69	70	0,61	0,72	0,8	1,15	0,0025	6/13	15,9
1,5	2	F56H	3490	10,5	7,2	4,03	2,7	2,5	71	75	76	0,67	0,78	0,84	1,15	0,00333	6/13	19,9
1,5	2	F56H	3490	10,5	7,2	4,03	2,7	2,5	71	75	76	0,67	0,78	0,84	1,15	0,00333	6/13	19,9
1,5	2	F56H	3470	10	7	4,05	2,5	2,4	69	73	74	0,72	0,81	0,87	1,15	0,00333	6/13	19,9
1,5	2	F56H	3470	10	7	4,05	2,5	2,4	69	73	74	0,72	0,81	0,87	1,15	0,00333	6/13	19,9
2,2	3	G56H*	3460	14	7	6,09	2,2	2,2	78	80	80	0,83	0,89	0,91	1,15	0,004	6/13	23,2
2,2	3	G56H	3480	12,7	7,8	6,06	2,5	2,5	77	81	82	0,93	0,96	0,96	1,15	0,004	6/13	23,2
2,2	3	G56H*	3460	14	7	6,09	2,2	2,2	78	80	80	0,83	0,89	0,91	1,15	0,004	6/13	23,2
2,2	3	G56H*	3480	13	7,8	6,06	2,5	2,5	75	79	80	0,82	0,9	0,93	1,15	0,004	6/13	23,2
2,2	3	G56H*	3480	13	7,8	6,06	2,5	2,5	75	79	80	0,82	0,9	0,93	1,15	0,004	6/13	23,2
IV Polos - 1800 rpm																		
0,12	0,16	B56	1740	2,6	5,5	0,65	2,5	2,5	50,5	57,5	59,5	0,5	0,58	0,66	1,15	0,00188	10/22	9,2
0,18	0,25	B56	1750	2,45	5,5	1	3,6	2,8	44,5	53,5	58	0,43	0,52	0,59	1,15	0,00226	6/13	9,2
0,18	0,25	B56	1750	2,35	5,8	1	3,6	2,8	45	53	57,7	0,41	0,5	0,58	1,15	0,00226	6/13	9,2
0,18	0,25	B56	1750	2,35	5,8	1	3,6	2,8	45	53	57,7	0,41	0,5	0,58	1,15	0,00226	6/13	9,2
0,25	0,33	B56	1750	3	6	1,32	3,4	3	51	59	62,5	0,42	0,51	0,59	1,15	0,00263	6/13	9,9
0,25	0,33	B56	1750	2,8	5,8	1,32	3,4	2,8	49	58	61	0,44	0,53	0,62	1,15	0,00263	6/13	9,9
0,25	0,33	B56	1750	2,8	5,8	1,32	3,4	2,8	49	58	61	0,44	0,53	0,62	1,15	0,00263	6/13	9,9
0,37	0,5	B56	1750	4	5,7	2,01	3,1	2,9	55	62,5	66,5	0,44	0,54	0,63	1,15	0,00339	6/13	11,3
0,37	0,5	B56	1750	3,7	5,8	2,01	2,9	2,7	56	64	66,5	0,46	0,57	0,65	1,15	0,00339	6/13	11,3
0,37	0,5	B56	1750	3,7	5,8	2,01	2,9	2,7	56	64	66,5	0,46	0,57	0,65	1,15	0,00339	6/13	11,3
0,55	0,75	B56	1750	5,9	6,1	3,01	3,5	2,9	57	65	68,5	0,43	0,53	0,62	1,15	0,00414	6/13	12,5
0,55	0,75	B56	1745	5,3	6,2	3,02	3	2,5	58,5	66	68,5	0,47	0,58	0,66	1,15	0,00414	6/13	12,5
0,55	0,75	B56	1745	5,3	6,2	3,02	3	2,5	58,5	66	68,5	0,47	0,58	0,66	1,15	0,00414	6/13	12,5
0,75	1,00	D56	1750	7,9	6,2	4,01	3,3	2,9	57	63,5	67,5	0,44	0,54	0,63	1,15	0,00564	6/13	15,3
0,75	1,00	D56	1750	7	6,5	4,01	3,2	2,7	60	67	70,3	0,45	0,56	0,65	1,15	0,00564	6/13	15,3
0,75	1,00	D56	1750	14	6,5	4,01	3,2	2,7	60	67	70,3	0,45	0,56	0,65	1,15	0,00564	6/13	15,3
1,1	1,5	F56H	1750	10,4	6,1	6,02	2,7	2,8	65	73	72	0,46	0,58	0,67	1,15	0,00824	6/13	21,3
1,1	1,5	F56H	1750	8,7	6,5	6,02	2,8	2,6	70	75	76,5	0,52	0,64	0,72	1,15	0,00824	6/13	21,3
1,1	1,5	F56H	1750	9,7	6,5	6,02	2,8	2,6	70	75	76,5	0,52	0,64	0,72	1,15	0,00824	6/13	21,3
1,5	2	G56H	1750	11	7	8,03	2,7	2,8	73,5	78	79	0,57	0,7	0,77	1,15	0,00899	6/13	22,7
1,5	2	G56H	1750	10,5	6,9	8,03	2,8	2,5	74	78	78,1	0,6	0,71	0,78	1,15	0,00899	6/13	22,7
1,5	2	G56H	1750	10,5	6,9	8,03	2,8	2,5	74	78	78,1	0,6	0,71	0,78	1,15	0,00899	6/13	22,7
VI Polos - 1200 rpm																		
0,37	0,5	D56	1180	3,6	5,7	2,98	2,5	3	58	67	71	0,47	0,55	0,63	1,15	0,00602	6/13	17,1
0,55	0,75	F56H	1170	5	5,4	4,5	2,3	2,6	59	67	71	0,49	0,59	0,68	1,15	0,00749	6/13	19,1
0,75	1	G56H	1150	5,5	6	6,11	2,4	2,2	64	69	73	0,63	0,72	0,8	1,15	0,00899	6/13	22,4

NEMA 48/56 - IP55

* Aislación clase "F" ΔT 105K

Notas:

- Las informaciones contenidas en esta hoja están sujetas a modificaciones sin previo aviso.
Para valores garantizados remitirse a la fábrica.



ANEXO A12

PROGRAMACIÓN REALIZADA EN LENGUAJE C++

```
*****
“Definiciones básicas de los registros de configuración del pic”
*****
DEFINE OSC 20 ; define frecuencia cristal a 20 MHz

INCLUDE "modedefs.bas" ; llamada a librería modedets para compilar

DEFINE LCD_DREG PORTB 'LCD data port ; define Puerto B para control de LCD

DEFINE LCD_DBIT 4 ; registra la selección del Bit del LCD

DEFINE LCD_RSREG PORTB ; LCD registra la selección del Puerto USB

DEFINE LCD_RSBIT 1 ; registra la selección de bits del LCD

DEFINE LCD_RWREG PORTB ; active el Puerto B del LCD

DEFINE LCD_RWBIT 2 ; registra la selección de bits LCD

DEFINE LCD_EREG PORTB ; activa Puerto B del LCD

DEFINE LCD_EBIT 3 ; activa los bits del LCD

DEFINE LCD_BITS 4 ; define 4 bits para datos del LCD

DEFINE LCD_LINES 2 ; define LCD de 2 líneas

DEFINE LCD_COMMANDUS 2000 ; tiempo comando delay (retardo micro seg.)

DEFINE LCD_DATAUS 50 ; tiempo de retardo de datos en 50 ms

DEFINE ADC_BITS 8 ; tamaño en bits del registro de conversor
analógico digital

DEFINE ADC_CLOCK 3 ; establece la fuente del reloj (rc = 3)

DEFINE ADC_SAMPLEUS 50 ; establece el tiempo de muestreo (micro seg)

intcon=%11000000 ; activa interrupciones globales y de
periféricos
```

```

pie1=%00100000 ; habilita interrupciones recepción USART

spbrg=129

rcsta=%10010000 ; habilita la recepción serial, y continua

txsta=%00100110 ; define 8 bits para selección serial

ADCON1 =6 ; todo PORT A digital

TRISA=%11111111 ; todo PORT A como entrada

TRISD=%00000000 ; todo PORT D como salida

PORTD=0 ; todo PORT D como salida

*****
“definición de variables”
*****

auxcomu var byte ; designa el nombre de la variable

aux1 var byte ; designa el nombre de la variable

FALLA var byte ; designa el nombre de la variable

FALLA=1 ; asigna valor de 1 a variable falla

recepcion var byte

ELECV1 var PORTD.0 ; asigna alias a puertos

ELECV2 var PORTD.1 ; asigna alias a puertos

ELECV3 var PORTD.2 ; asigna alias a puertos

ELECV4 var PORTD.3 ; asigna alias a puertos

EV1 VAR BIT ; designa el nombre de la variable

EV2 VAR BIT ; designa el nombre de la variable

```

EV3 VAR BIT ; designa el nombre de la variable

EV4 VAR BIT ; designa el nombre de la variable

PANTALLA VAR BIT ; designa el nombre de la variable

PANTALLA=1 ; asigna valor de 1 a variable pantalla

ENCENDIDO VAR BIT ; asigna alias encendido a la variable

ENCENDIDO = 0 ; asigna el valor de 0 a la variable encendido

EV1=0 ; asigna el valor de 0 a la variable encendido

EV2=0 ; asigna el valor de 0 a la variable encendido

EV3=0 ; asigna el valor de 0 a la variable encendido

EV4=0 ; asigna el valor de 0 a la variable encendido

contador var byte ; asigna alias contador a la variable

```

*****
      "programa principal"
*****

Lcdout $fe,1,"SISTEMA DE GIRO"

Lcdout $fe,$C0,"TRACTORES ORUGA"

PAUSE 3000

Lcdout $fe,1," ESPE"

Lcdout $fe,$C0,"ING. AUTOMOTRIZ"

PAUSE 3000

on interrupt goto INTERRUPCION

Inicio:

IF PORTA.0=0 THEN : GOSUB AR : ENCENDIDO=0: FALLA=FALLA+1

```

IF PORTA.1=0 THEN : GOSUB AR : ENCENDIDO=0: FALLA=FALLA-1

IF PORTA.2=0 THEN : GOSUB AR : TOGGLE ENCENDIDO

IF FALLA<0 THEN FALLA=0

IF FALLA==255 THEN FALLA=11

IF FALLA>11 THEN FALLA=0

Lcdout \$fe,1,"Elija :"

Lcdout \$fe,\$C0,"FALLA #", dec (FALLA)

IF ENCENDIDO=1 THEN

Lcdout \$fe,\$CA,"ON"

“estados de las salidas hacia las electroválvulas”

IF FALLA=0 THEN

ELECV1=0

ELECV2=0

ELECV3=0

ELECV4=0

Lcdout \$fe,\$C0,"NO FALLAS"

endif

IF FALLA=1 THEN

ELECV1=1

ELECV2=0

ELECV3=0

ELECV4=0

ENDIF

IF FALLA=2 THEN

ELECV1=0

ELECV2=1

ELECV3=0

ELECV4=0

ENDIF

IF FALLA=3 THEN

ELECV1=0

ELECV2=0

ELECV3=1

ELECV4=0

ENDIF

IF FALLA=4 THEN

ELECV1=0

ELECV2=0

ELECV3=0

ELECV4=1

ENDIF

IF FALLA=5 THEN


```
ELECV1=1

ELECV2=1

ELECV3=0

ELECV4=0

ENDIF

IF FALLA=6 THEN

ELECV1=0

ELECV2=0

ELECV3=1

ELECV4=1

ENDIF

IF FALLA=7 THEN

ELECV1=1

ELECV2=1

ELECV3=1

ELECV4=1

ENDIF

IF FALLA=8 THEN

ELECV1=1

ELECV2=0

ELECV3=1

ELECV4=0

ENDIF
```

```

IF FALLA=9 THEN

ELECV1=0

ELECV2=1

ELECV3=0

ELECV4=1

ENDIF

IF FALLA=10 THEN

ELECV1=1

ELECV2=0

ELECV3=0

ELECV4=1

ENDIF

IF FALLA=11 THEN

ELECV1=0

ELECV2=1

ELECV3=1

ELECV4=0

ENDIF

ELSE

IF FALLA=0 THEN

    Lcdout $fe,$C0,"NO FALLAS"

endif

ELECV1=0

```

```

ELECV2=0

ELECV3=0

ELECV4=0

ENDIF

IF PANTALLA=0 THEN

    Lcdout $fe,1,"      "

    Lcdout $fe,$C0,"      "

ENDIF

PAUSE 300

TXREG=falla

pause 2

GOTO INICIO

IF EV4=0 THEN

Lcdout $fe,$C8,"EV4=OFF "

LOW ELECV4

ELSE

Lcdout $fe,$C8,"EV4=ON  "

HIGH ELECV4

ENDIF

Lcdout $fe,1,"ELECTROVALVULA 1"

HIGH ELECV1

PAUSE 1000

LOW ELECV1

```

```
PAUSE 1000

Lcdout $fe,1,"ELECTROVALVULA 2"

HIGH ELECV2

PAUSE 1000

LOW ELECV2

PAUSE 1000

Lcdout $fe,1,"ELECTROVALVULA 3"

HIGH ELECV3

PAUSE 1000

LOW ELECV3

PAUSE 1000

Lcdout $fe,1,"ELECTROVALVULA 4"

HIGH ELECV4

PAUSE 1000

LOW ELECV4

PAUSE 1000

goto inicio

AR:

IF PORTA.0=0 THEN GOTO AR

IF PORTA.1=0 THEN GOTO AR

IF PORTA.2=0 THEN GOTO AR

IF PORTA.3=0 THEN GOTO AR

return
```

disable

“rutina de interrupción”

INTERRUPCION:

IF PIR1.5 = 1 THEN GOTO COMUNICACIÓN ; si la interrupción es de comunicación serial
goto SALIR

COMUNICACION:

AUXcomu=RCREG ; asigna a AUXcomu el valor del registro del a
comunicación serial

RECEPCION=AUXcomu

IF RECEPCION=97 THEN GOTO LEE1 ; valor en ASCCI desde LABVIEW

if RECEPCION=98 THEN GOTO LEE2 ; valor en ASCCI desde LABVIEW

IF RECEPCION=99 THEN GOTO LEE3 ; valor en ASCCI desde LABVIEW

IF RECEPCION=100 THEN GOTO LEE4 ; valor en ASCCI desde LABVIEW

goto salIR

LEE1:

ENCENDIDO=0: FALLA=FALLA+1

PAUSE 2

goto sALir

LEE2:

ENCENDIDO=0: FALLA=FALLA-1

pause 2

goto salir

LEE3:

TOGGLE ENCENDIDO

pause 2

goto salir

LEE4:

TOGGLE PANTALLA

pause 2

goto salir

goto salir

salir:

'TXREG=falla

'pause 2

intcon=%11000000

pie1=%00110000

rcsta=%10010000

txsta=%00100110

pir1=0

resume

enable

ANEXO A13

CONSTRUCCIÓN BASTIDOR



Trazado y corte del bastidor



Ensamblaje por soldadura del bastidor

ANEXO A14

CONSTRUCCIÓN ELEMENTOS TREN DE RODAJE



Mecanizado de la rueda guía



Mecanizado de los rodillos

ANEXO A15

ENSAMBLAJE CENTRAL HIDRÁULICA



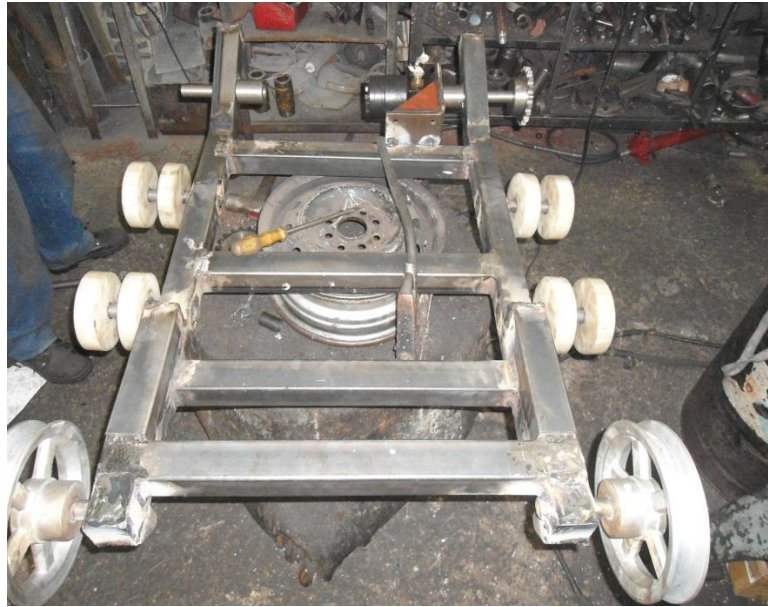
Ensamblaje y pintura de la central hidráulica



Montaje de válvula difusora y manómetro

ANEXO A16

ENSAMBLAJE GENERAL



Montaje de los elementos del tren de rodaje en el bastidor



Montaje de la central hidráulica y válvulas al bastidor

ENSAMBLAJE GENERAL

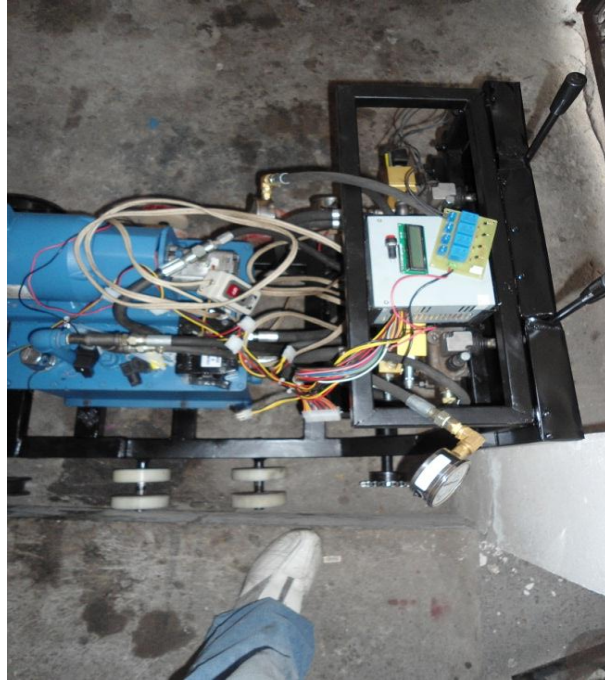


Banda de rodadura

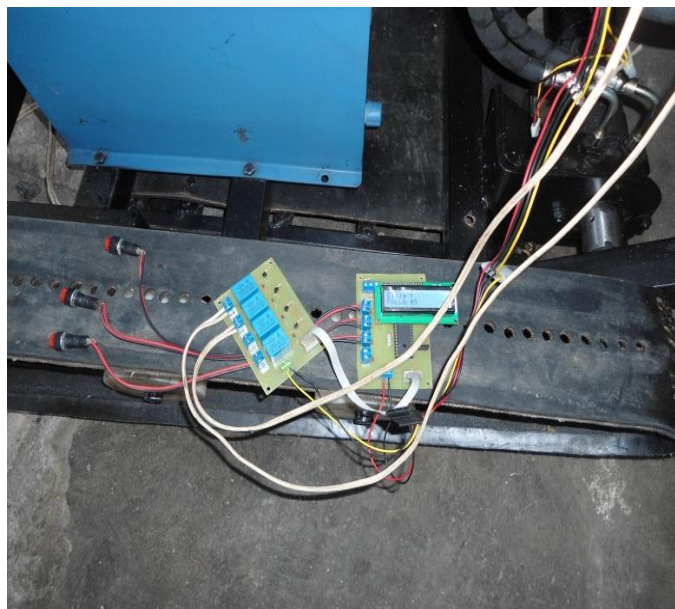


Montaje de la banda de rodadura

ENSAMBLAJE GENERAL



Montaje e instalación del circuito electrónico



Pruebas del circuito electrónico

ENSAMBLAJE GENERAL



Montaje del tablero de control

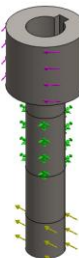
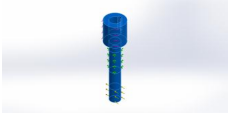


Ensamble final del banco didáctico (frontal)

ANEXO A17

RESULTADO DE ANÁLISIS DE DISEÑO SIMULADO POR SOFTWARE SOLIDWORKS EJE DE RUEDA MOTRIZ

Model Information

			
<p>Model name: Eje rueda dentada D Current Configuration: Default</p>			
Solid Bodies			
Document Name and Reference	Treated As	Volumetric Properties	Document Path/Date Modified
 Cut-Extrude1	Solid Body	Mass:1.1866 kg Volume:0.000151159 m ³ Density:7850 kg/m ³ Weight:11.6287 N	G:\Respaldo 06-01-2013\TESIS\Tren de Rodaje SolidWorks\Diseno tren rodaje\Eje rueda dentada D.SLDPRT Jun 17 21:30:33 2013

Study Properties


Study name	Study 1
Analysis type	Static
Mesh type	Solid Mesh
Thermal Effect:	On
Thermal option	Include temperature loads

Zero strain temperature	298 Kelvin
Include fluid pressure effects from SolidWorks Flow Simulation	Off
Solver type	FFEPlus
Inplane Effect:	Off
Soft Spring:	Off
Inertial Relief:	Off
Incompatible bonding options	Automatic
Large displacement	Off
Compute free body forces	On
Friction	Off
Use Adaptive Method:	Off
Result folder	SolidWorks document (G:\Respaldo 06-01-2013\TESIS\ Tren de Rodaje SolidWorks\ Diseno tren rodaje)

Units

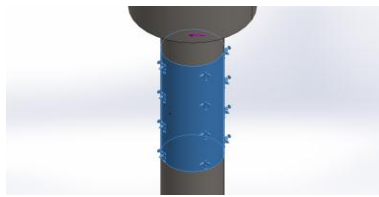
Unit system:	SI (MKS)
Length/Displacement	mm
Temperature	Kelvin
Angular velocity	Rad/sec
Pressure/Stress	N/m ²

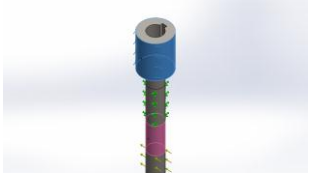
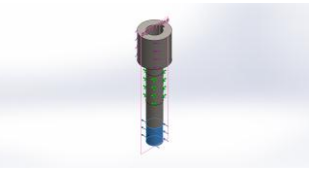
Material Properties

Model Reference	Properties	Components
	Name: ASTM A36 Steel Model type: Linear Elastic Isotropic Default failure criterion: Unknown Yield strength: 2.5e+008 N/m ²	SolidBody1(Cut-Extrude1)(Eje rueda dentada D)

	Tensile strength: 4e+008 N/m ² Elastic modulus: 2e+011 N/m ² Poisson's ratio: 0.26 Mass density: 7850 kg/m ³ Shear modulus: 7.93e+010 N/m ²	
Curve Data:N/A		

Loads and Fixtures

Fixture name	Fixture Image	Fixture Details		
Fixed-1		Entities: 1 face(s) Type: Fixed Geometry		
Resultant Forces				
Components	X	Y	Z	Resultant
Reaction force(N)	1699.92	0.06634	-0.0543041	1699.92
Reaction Moment(N-m)	0	0	0	0

Load name	Load Image	Load Details
Torque-1		Entities: 1 face(s) Reference: Face< 1 > Type: Apply torque Value: 106.25 N-m
Force-1		Entities: 1 face(s), 1 plane(s) Reference: Right Plane Type: Apply force

	Values:	---, ---, -1700 N
--	----------------	-------------------

Mesh Information

Mesh type	Solid Mesh
Mesher Used:	Curvature based mesh
Jacobian points	4 Points
Maximum element size	0 mm
Minimum element size	0 mm
Mesh Quality	Draft Quality Mesh

Mesh Information – Details

Total Nodes	9401
Total Elements	46232
Maximum Aspect Ratio	5.0875
% of elements with Aspect Ratio < 3	99.9
% of elements with Aspect Ratio > 10	0
Time to complete mesh(hh:mm:ss):	00:00:05
Computer name:	CHELO-VAIO



Resultant Forces

Reaction Forces

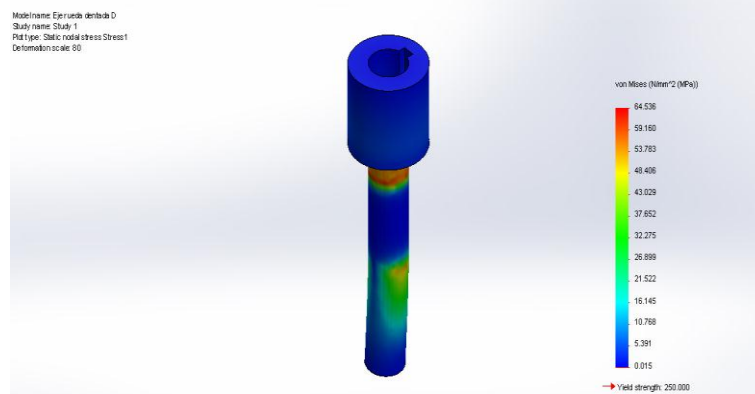
Selection set	Units	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultant
Entire Model	N	1699.92	0.06634	-0.0543041	1699.92

Reaction Moments

Selection set	Units	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultant
Entire Model	N-m	0	0	0	0

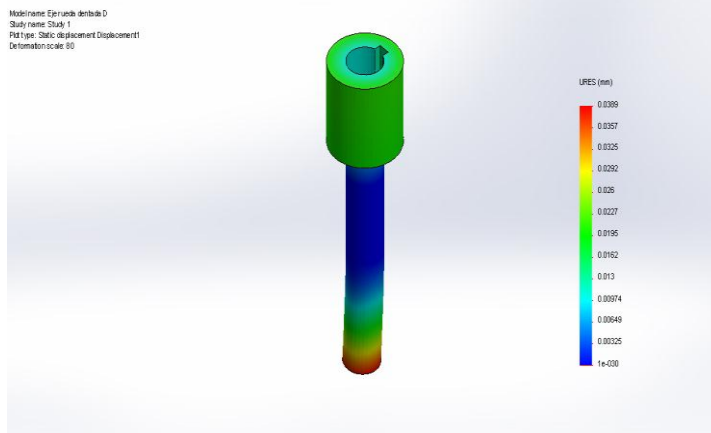
Study Results

Name	Type	Min	Max
Stress1	VON: von Mises Stress	0.0145339 N/mm ² (MPa) Node: 1259	64.5364 N/mm ² (MPa) Node: 1016



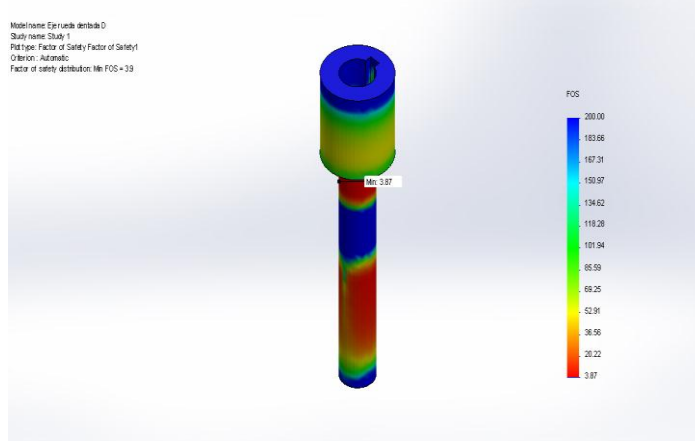
Eje rueda dentada D-Study 1-Stress-Stress1

Name	Type	Min	Max
Displacement1	URES: Resultant Displacement	0 mm Node: 975	0.0389413 mm Node: 1920



Eje rueda dentada D-Study 1-Displacement-Displacement1

Name	Type	Min	Max
Factor of Safety1	Automatic	3.87378	17201.2
		Node: 1016	Node: 1259



Eje rueda dentada D-Study 1-Factor of Safety-Factor of Safety1

RESULTADO DE ANÁLISIS DE DISEÑO SIMULADO POR SOFTWARE SOLIDWORKS RUEDA DENTADA

Model Information


 <p style="text-align: center;">Model name: Rueda dentada D Current Configuration: Default</p>			
Solid Bodies			
Document Name and Reference	Treated As	Volumetric Properties	Document Path/Date Modified
<p>Cut-Extrude2</p> 	Solid Body	<p>Mass:1.37572 kg Volume:0.000174806 m³ Density:7870 kg/m³ Weight:13.4821 N</p>	<p>G:\Respaldo 06-01-2013\TESIS\Tren de Rodaje SolidWorks\Diseno tren rodaje\Rueda dentada D.SLDPRT Jun 17 19:45:19 2013</p>

Units

Unit system:	SI (MKS)
Length/Displacement	mm
Temperature	Kelvin

Angular velocity	Rad/sec
Pressure/Stress	N/m ²

Material Properties

Model Reference	Properties	Components
	Name: AISI 1010 Steel, rolled bar	SolidBody 1(Cut-
	Model type: Linear Elastic Isotropic	Extrude2)(Ru
	Default failure criterion: Unknown	eda dentada D)
	Yield strength: 1.8e+008 N/m ²	
	Tensile strength: 3.25e+008 N/m ²	
	Elastic modulus: 2e+011 N/m ²	
	Poisson's ratio: 0.29	
	Mass density: 7870 kg/m ³	
	Shear modulus: 8e+010 N/m ²	
	Thermal expansion coefficient: 1.2e-005 /Kelvin	
Curve Data:N/A		

Mesh Information - Details

Total Nodes	4355
Total Elements	19205
Maximum Aspect Ratio	3.7976
% of elements with Aspect Ratio < 3	99.8
% of elements with Aspect Ratio > 10	0
Time to complete mesh(hh:mm:ss):	00:00:04
Computer name:	CHELO-VAIO
 <p>Model name: Fuzibolortada D Study name: Study 1 Mesh type: Solid mesh</p>	

Resultant Forces

Reaction Forces

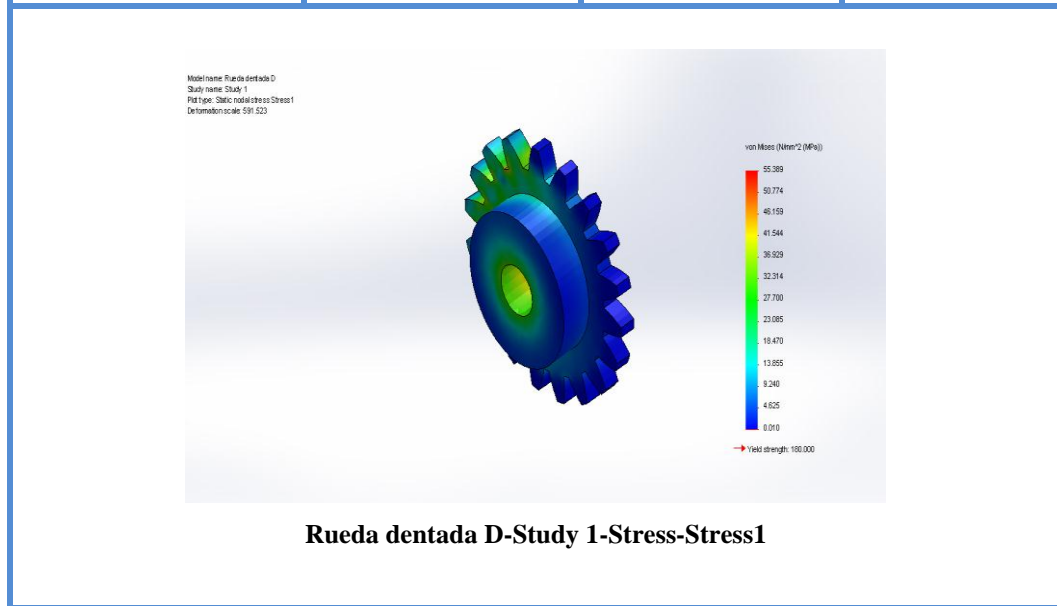
Selection set	Units	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultant
Entire Model	N	-6795.05	10356.8	-0.80792	12387

Reaction Moments

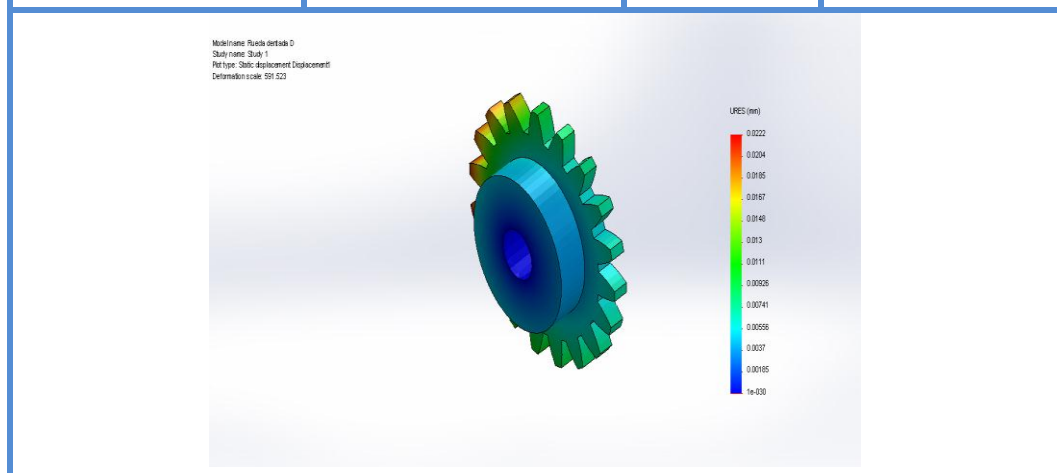
Selection set	Units	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultant
Entire Model	N-m	0	0	0	0

Study Results

Name	Type	Min	Max
Stress1	VON: von Mises Stress	0.00996478 N/mm ² (MPa) Node: 522	55.3891 N/mm ² (MPa) Node: 313

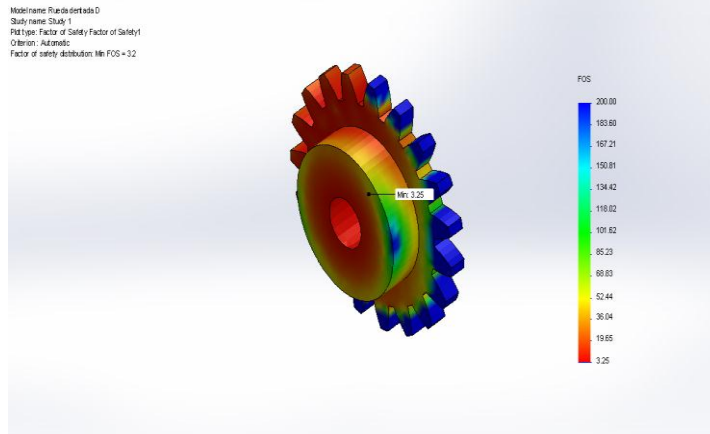


Name	Type	Min	Max
Displacement1	URES: Resultant Displacement	0 mm Node: 247	0.0222213 mm Node: 962



Rueda dentada D-Study 1-Displacement-Displacement1

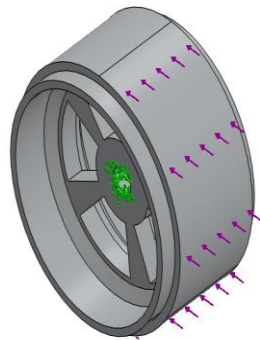
Name	Type	Min	Max
Factor of Safety1	Automatic	3.24974 Node: 313	18063.6 Node: 522



Rueda dentada D-Study 1-Factor of Safety-Factor of Safety1

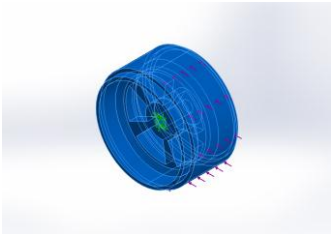
**RESULTADO DE ANÁLISIS DE DISEÑO SIMULADO POR SOFTWARE
SOLIDWORKS RUEDA GUÍA**

Model Information



**Model name: Rueda guia D
Current Configuration: Default**

Solid Bodies

Document Name and Reference	Treated As	Volumetric Properties	Document Path/Date Modified
<p>Split Line3</p> 	Solid Body	<p>Mass:4.71121 kg Volume:0.00174489 m³ Density:2700 kg/m³ Weight:46.1698 N</p>	<p>G:\Respaldo 06-01-2013\TESIS\Tren de Rodaje SolidWorks\Diseno tren rodaje\Rueda guia D.SLDPRT Jun 04 00:02:50 2013</p>

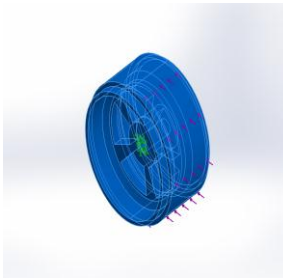
Study Properties

Study name	Study 1
Analysis type	Static
Mesh type	Solid Mesh
Thermal Effect:	On
Thermal option	Include temperature loads
Zero strain temperature	298 Kelvin
Include fluid pressure effects from SolidWorks Flow Simulation	Off
Solver type	FFEPlus
Inplane Effect:	Off
Soft Spring:	Off
Inertial Relief:	Off
Incompatible bonding options	Automatic
Large displacement	Off
Compute free body forces	On
Friction	Off
Use Adaptive Method:	Off
Result folder	SolidWorks document (G:\Respaldo 06-01-2013\TESIS\Tren de Rodaje SolidWorks\Diseno tren rodaje)

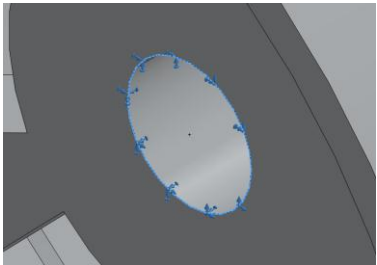
Units

Unit system:	SI (MKS)
Length/Displacement	mm
Temperature	Kelvin
Angular velocity	Rad/sec
Pressure/Stress	N/m ²

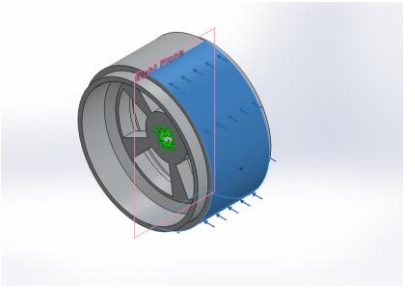
Material Properties

Model Reference	Properties	Components
	Name: 1060 Alloy	SolidBody 1(Split Line3)(Rued a guia D)
	Model type: Linear Elastic Isotropic	
	Default failure criterion: Unknown	
	Yield strength: 2.75742e+007 N/m ²	
	Tensile strength: 6.89356e+007 N/m ²	
	Elastic modulus: 6.9e+010 N/m ²	
	Poisson's ratio: 0.33	
	Mass density: 2700 kg/m ³	
	Shear modulus: 2.7e+010 N/m ²	
	Thermal expansion coefficient: 2.4e-005 /Kelvin	
Curve Data: N/A		

Loads and Fixtures

Fixture name	Fixture Image	Fixture Details
Fixed-1		Entities: 1 edge(s) Type: Fixed Geometry
Resultant Forces		

Components	X	Y	Z	Resultant
Reaction force(N)	1700	-0.00431824	0.00808716	1700
Reaction Moment(N-m)	0	0	0	0

Load name	Load Image	Load Details
Force-1		Entities: 1 face(s), 1 plane(s) Reference: Right Plane Type: Apply force Values: ---, ---, -1700 N

Mesh Information

Mesh type	Solid Mesh
Mesher Used:	Curvature based mesh
Jacobian points	4 Points
Maximum element size	0 mm
Minimum element size	0 mm
Mesh Quality	Draft Quality Mesh

Mesh Information - Details

Total Nodes	4836
Total Elements	19170
Maximum Aspect Ratio	10.191
% of elements with Aspect Ratio < 3	98.6
% of elements with Aspect Ratio > 10	0.00522
Time to complete mesh(hh:mm:ss):	00:00:05



Resultant Forces

Reaction Forces

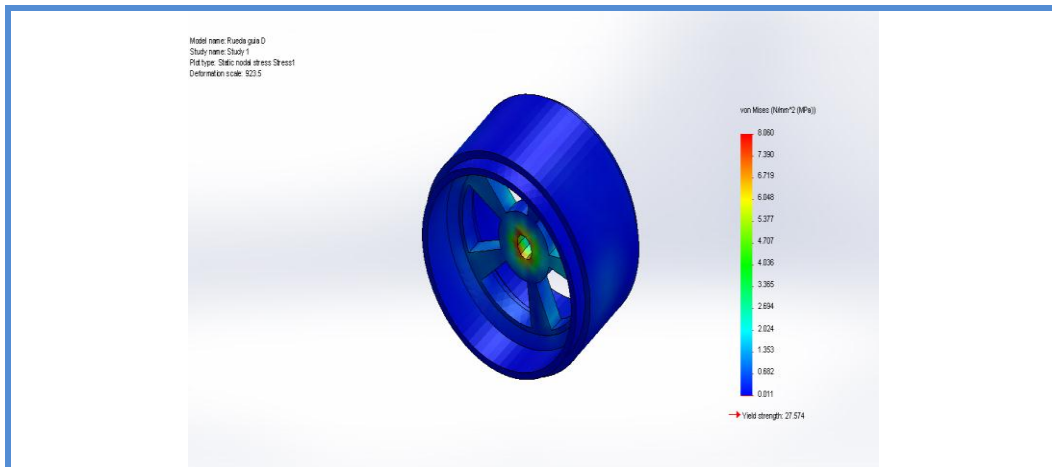
Selection set	Units	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultant
Entire Model	N	1700	-0.00431824	0.00808716	1700

Reaction Moments

Selection set	Units	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultant
Entire Model	N-m	0	0	0	0

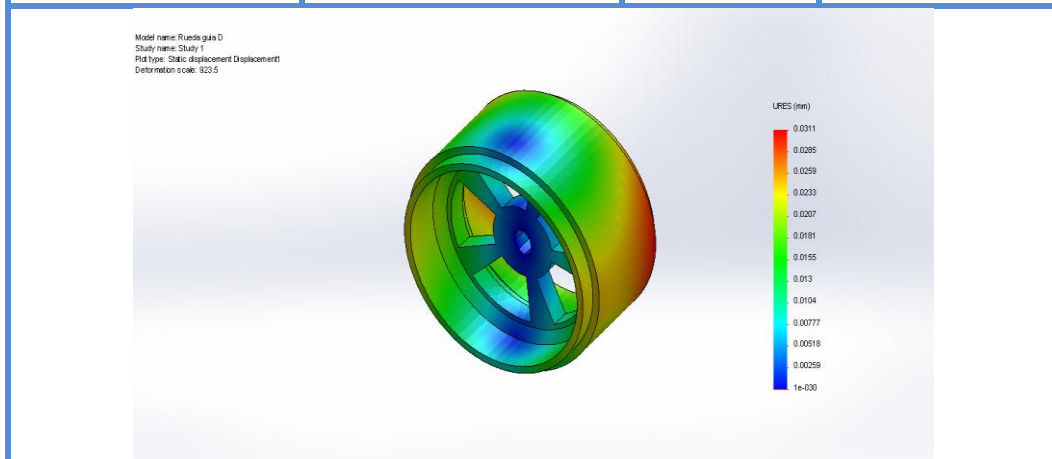
Study Results

Name	Type	Min	Max
Stress1	VON: von Mises Stress	0.0112786 N/mm ² (MPa) Node: 1318	8.06048 N/mm ² (MPa) Node: 1408



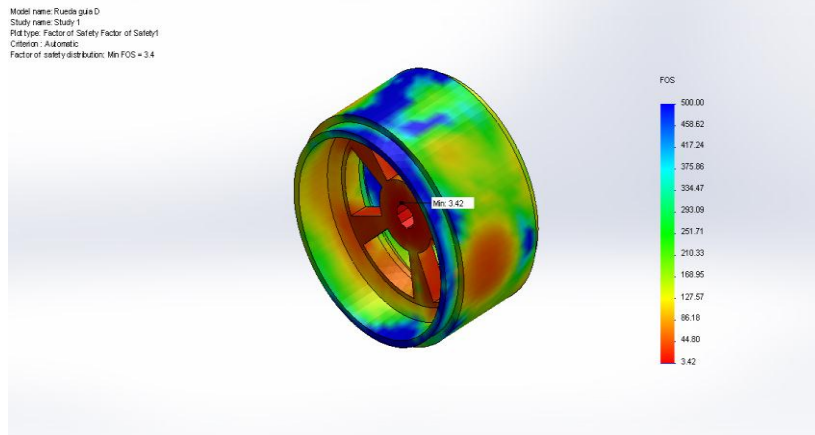
Rueda guía D-Study 1-Stress-Stress1

Name	Type	Min	Max
Displacement1	URES: Resultant Displacement	0 mm Node: 1373	0.0310884 mm Node: 796



Rueda guía D-Study 1-Displacement-Displacement1

Name	Type	Min	Max
Factor of Safety1	Automatic	3.42091	2444.82
		Node: 1408	Node: 1318



Rueda guia D-Study 1-Factor of Safety-Factor of Safety1

**RESULTADO DE ANÁLISIS DE DISEÑO SIMULADO POR SOFTWARE
SOLIDWORKS RODILLOS**

Model Information

 <p>Model name: Rueda int D Current Configuration: Default</p>			
Solid Bodies			
Document Name and Reference	Treated As	Volumetric Properties	Document Path/Date Modified
<p>Split Line1</p> 	<p>Solid Body</p>	<p>Mass:0.41302 kg Volume:0.000359148 m³ Density:1150 kg/m³ Weight:4.04759 N</p>	<p>G:\Respaldo 06-01-2013\TESIS\Tren de Rodaje SolidWorks\Diseno tren rodaje\Rueda int D.SLDPRT Jun 04 00:05:28 2013</p>

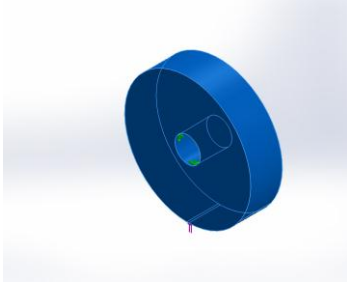
Study Properties

Study name	Study 1
Analysis type	Static
Mesh type	Solid Mesh
Thermal Effect:	On
Thermal option	Include temperature loads
Zero strain temperature	298 Kelvin
Include fluid pressure effects from SolidWorks Flow Simulation	Off
Solver type	FFEPlus
Inplane Effect:	Off
Soft Spring:	Off
Inertial Relief:	Off
Incompatible bonding options	Automatic
Large displacement	Off
Compute free body forces	On
Friction	Off
Use Adaptive Method:	Off
Result folder	SolidWorks document (G:\Respaldo 06-01-2013\TESIS\Tren de Rodaje SolidWorks\Diseno tren rodaje)

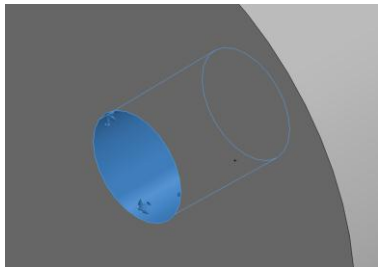
Units

Unit system:	SI (MKS)
Length/Displacement	mm
Temperature	Kelvin
Angular velocity	Rad/sec
Pressure/Stress	N/m ²

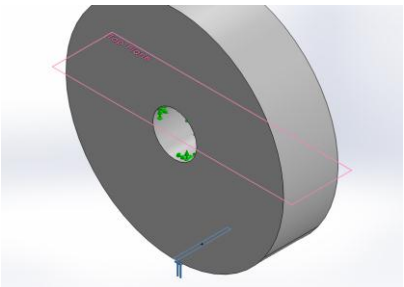
Material Properties

Model Reference	Properties	Components
	Name:	Duralon poliamida (1)
	Model type:	Linear Elastic Isotropic
	Default failure criterion:	Max von Mises Stress
	Yield strength:	3.2e+007 N/m ²
	Tensile strength:	4.92897e+007 N/m ²
	Elastic modulus:	1e+009 N/m ²
	Poisson's ratio:	0.3
	Mass density:	1150 kg/m ³
	Thermal expansion coefficient:	1e-006 /Kelvin
	Curve Data:N/A	

Loads and Fixtures

Fixture name	Fixture Image	Fixture Details		
Fixed-1		Entities: 1 face(s) Type: Fixed Geometry		
Resultant Forces				
Components	X	Y	Z	Resultant
Reaction force(N)	0.0117055	-999.996	0.00209219	999.996

Reaction Moment(N-m)	0	0	0	0
-----------------------------	---	---	---	---

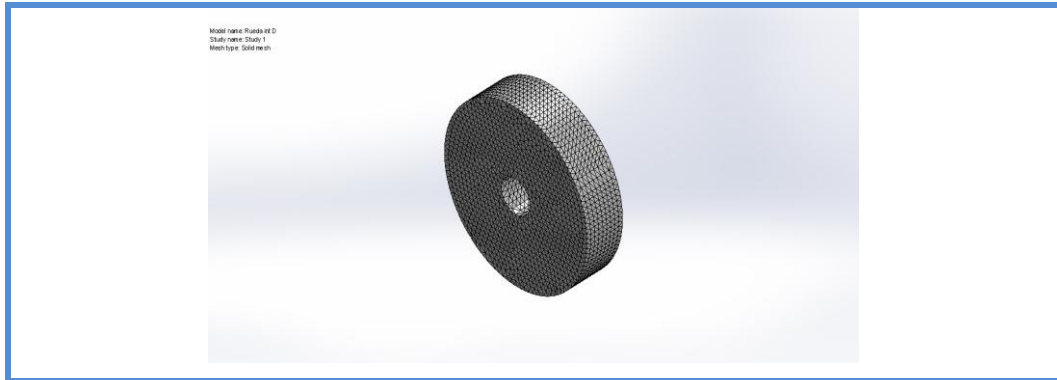
Load name	Load Image	Load Details
Force-1		Entities: 1 face(s), 1 plane(s) Reference: Top Plane Type: Apply force Values: ---, ---, 1000 N

Mesh Information

Mesh type	Solid Mesh
Mesher Used:	Curvature based mesh
Jacobian points	4 Points
Maximum element size	0 mm
Minimum element size	0 mm
Mesh Quality	Draft Quality Mesh

Mesh Information - Details

Total Nodes	10013
Total Elements	51077
Maximum Aspect Ratio	4.899
% of elements with Aspect Ratio < 3	99.9
% of elements with Aspect Ratio > 10	0
Time to complete mesh(hh:mm:ss):	00:00:05
Computer name:	CHELO-VAIO



Resultant Forces

Reaction Forces

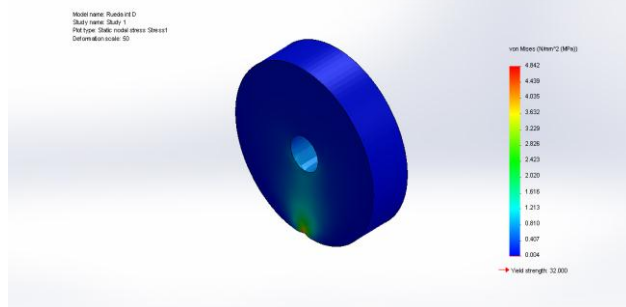
Selection set	Units	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultant
Entire Model	N	0.0117055	-999.996	0.00209219	999.996

Reaction Moments

Selection set	Units	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultant
Entire Model	N-m	0	0	0	0

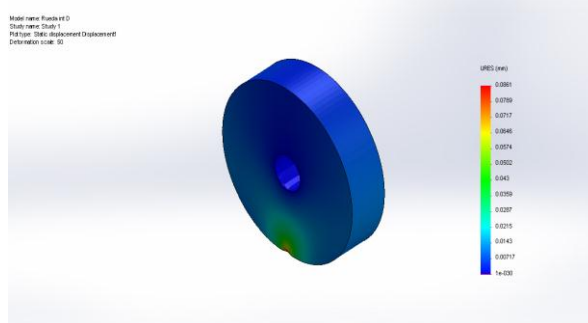
Study Results

Name	Type	Min	Max
Stress1	VON: von Mises Stress	0.00358809 N/mm ² (MPa) Node: 645	4.84185 N/mm ² (MPa) Node: 592



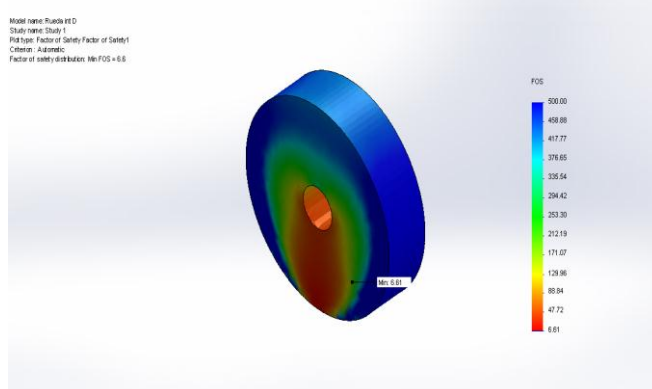
Rueda int D-Study 1-Stress-Stress1

Name	Type	Min	Max
Displacement1	URES: Displacement	Resultant 0 mm Node: 1	0.0860776 mm Node: 592



Rueda int D-Study 1-Displacement-Displacement1

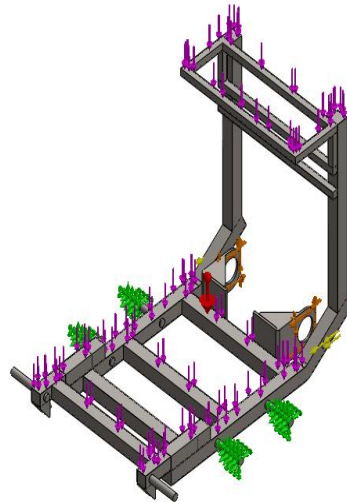
Name	Type	Min	Max
Factor of Safety1	Automatic	6.60904 Node: 592	8918.4 Node: 645



Rueda int D-Study 1-Factor of Safety-Factor of Safety1

**RESULTADO DE ANÁLISIS DE DISEÑO SIMULADO POR SOFTWARE
SOLIDWORKS BASTIDOR**

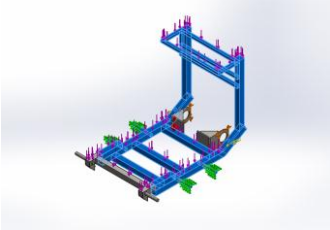
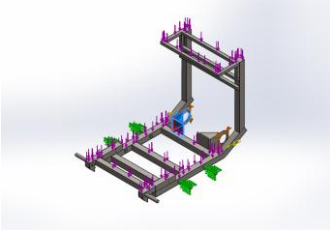
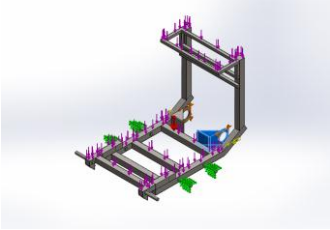
Model Information



**Model name: Ensamblaje estructura D
Current Configuration: Default**

Solid Bodies

Document Name and Reference	Treated As	Volumetric Properties	Document Path/Date Modified
<p align="center">Mirror3</p> 	Solid Body	<p>Mass:4.88184 kg Volume:0.00062189 m³ Density:7850 kg/m³ Weight:47.842 N</p>	<p>G:\Respaldo 06-01-2013\TESIS\Tren de Rodaje SolidWorks\Diseno tren rodaje\Estructura Templador D.SLDPRT May 21 08:28:16 2013</p>

<p style="text-align: center;">Split Line1</p> 	<p style="text-align: center;">Solid Body</p>	<p>Mass:22.5616 kg Volume:0.00287409 m³ Density:7850 kg/m³ Weight:221.104 N</p>	<p>G:\Respaldo 06-01-2013\TESIS\Tren de Rodaje SolidWorks\Diseno tren rodaje\Estructura Tren Rodaje D.SLDPRT Jun 04 00:41:22 2013</p>
<p style="text-align: center;">Boss-Extrude3</p> 	<p style="text-align: center;">Solid Body</p>	<p>Mass:2.92802 kg Volume:0.000372997 m³ Density:7850 kg/m³ Weight:28.6946 N</p>	<p>G:\Respaldo 06-01-2013\TESIS\Tren de Rodaje SolidWorks\Diseno tren rodaje\Soporte motor hidraulico D.SLDPRT May 20 12:32:12 2013</p>
<p style="text-align: center;">Boss-Extrude3</p> 	<p style="text-align: center;">Solid Body</p>	<p>Mass:2.92802 kg Volume:0.000372997 m³ Density:7850 kg/m³ Weight:28.6946 N</p>	<p>G:\Respaldo 06-01-2013\TESIS\Tren de Rodaje SolidWorks\Diseno tren rodaje\Soporte motor hidraulico D.SLDPRT May 20 12:32:12 2013</p>

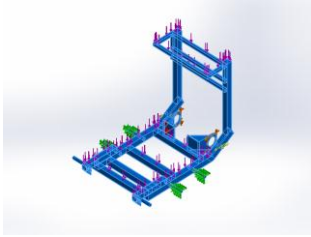
Study Properties

Study name	Study 1
Analysis type	Static
Mesh type	Solid Mesh
Thermal Effect:	On
Thermal option	Include temperature loads
Zero strain temperature	298 Kelvin
Include fluid pressure effects from SolidWorks Flow Simulation	Off
Solver type	FFEPlus
Inplane Effect:	Off
Soft Spring:	Off
Inertial Relief:	Off
Incompatible bonding options	Automatic
Large displacement	Off
Compute free body forces	On
Friction	Off
Use Adaptive Method:	Off
Result folder	SolidWorks document (G:\Respaldo 06-01-2013\TESIS\Tren de Rodaje SolidWorks\Diseno tren rodaje)

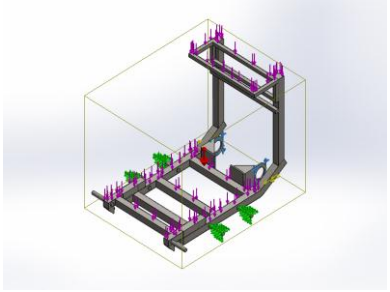
Units

Unit system:	SI (MKS)
Length/Displacement	mm
Temperature	Kelvin
Angular velocity	Rad/sec
Pressure/Stress	N/m ²

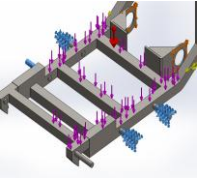
Material Properties

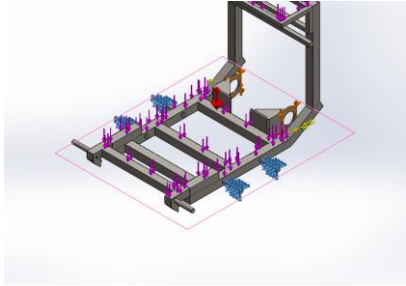
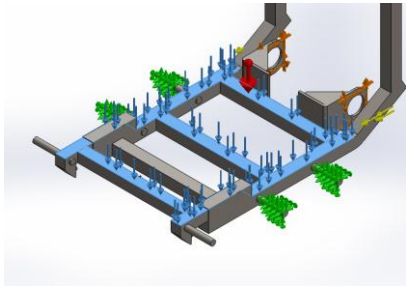
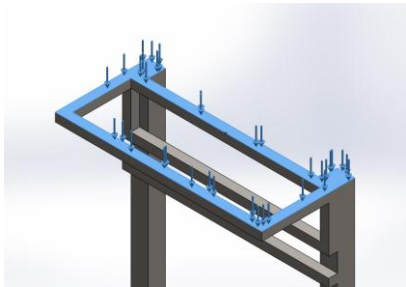
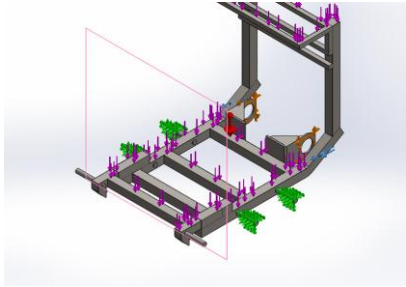
Model Reference	Properties	Components
	<p>Name: ASTM A36 Steel</p> <p>Model type: Linear Elastic Isotropic</p> <p>Default failure criterion: Max von Mises Stress</p> <p>Yield strength: 2.5e+008 N/m²</p> <p>Tensile strength: 4e+008 N/m²</p> <p>Elastic modulus: 2e+011 N/m²</p> <p>Poisson's ratio: 0.26</p> <p>Mass density: 7850 kg/m³</p> <p>Shear modulus: 7.93e+010 N/m²</p>	<p>SolidBody 1(Mirror3)(Estructura Templador D-1),</p> <p>SolidBody 1(Split Line1)(Estructura Tren Rodaje D-1),</p> <p>SolidBody 1(Boss-Extrude3)(Soporte motor hidraulico D-1),</p> <p>SolidBody 1(Boss-Extrude3)(Soporte motor hidraulico D-2)</p>
Curve Data:N/A		

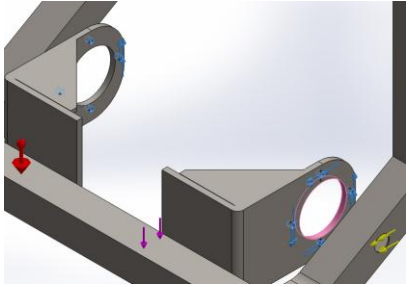
Contact Information

Contact	Contact Image	Contact Properties
Global Contact		Type: Bonded Components: 1 component(s) Options: Compatible mesh

Loads and Fixtures

Fixture name	Fixture Image	Fixture Details		
Fixed-1		Entities: 4 face(s) Type: Fixed Geometry		
Resultant Forces				
Components	X	Y	Z	Resultant
Reaction force(N)	2.97865	3719.35	-1703.63	4090.96
Reaction Moment(N-m)	0	0	0	0

Load name	Load Image	Load Details
Gravity-1		Reference: Top Plane Values: 0 0 -9.81 Units: SI
Force-1		Entities: 2 face(s) Type: Apply normal force Value: 1400 N
Force-2		Entities: 1 face(s) Type: Apply normal force Value: 600 N
Force-3		Entities: 2 face(s), 1 plane(s) Reference: Front Plane Type: Apply force Values: ---, ---, 1700 N

<p>Torque-1</p>		<p>Entities: 8 face(s) Reference: Face< 1 > Type: Apply torque Value: 106.25 N-m</p>
------------------------	---	---

Mesh Information - Details

Total Nodes	9478
Total Elements	31740
Maximum Aspect Ratio	157.4
% of elements with Aspect Ratio < 3	28.9
% of elements with Aspect Ratio > 10	51.2
Time to complete mesh(hh:mm:ss):	00:00:15
Computer name:	CHELO-VAIO



Mesh type	Solid Mesh
Mesher Used:	Curvature based mesh
Jacobian points	4 Points
Maximum element size	30 mm
Minimum element size	6 mm
Mesh Quality	Draft Quality Mesh
Remesh failed parts with incompatible mesh	Off

Reaction Forces

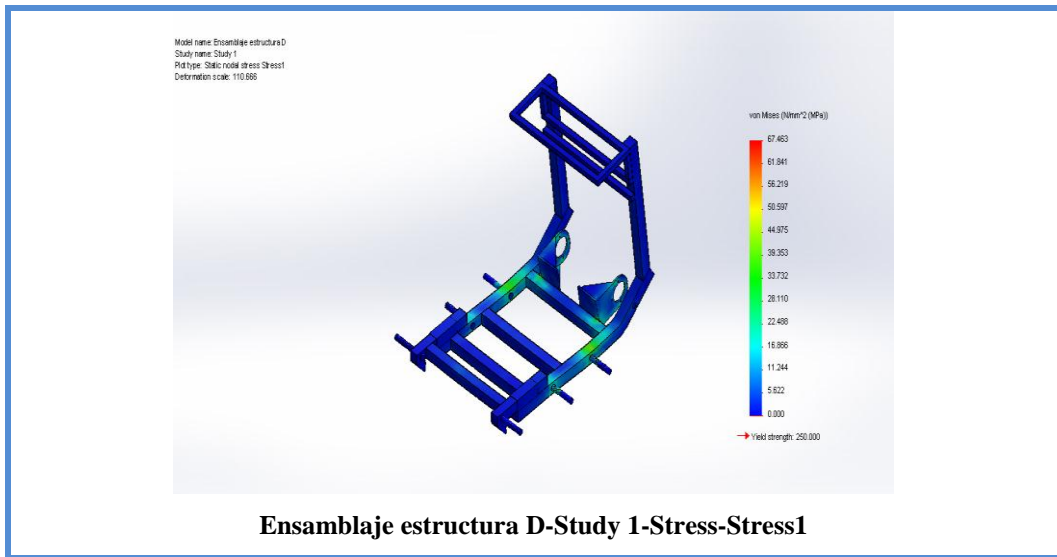
Selection set	Units	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultant
Entire Model	N	2.97865	3719.35	-1703.63	4090.96

Reaction Moments

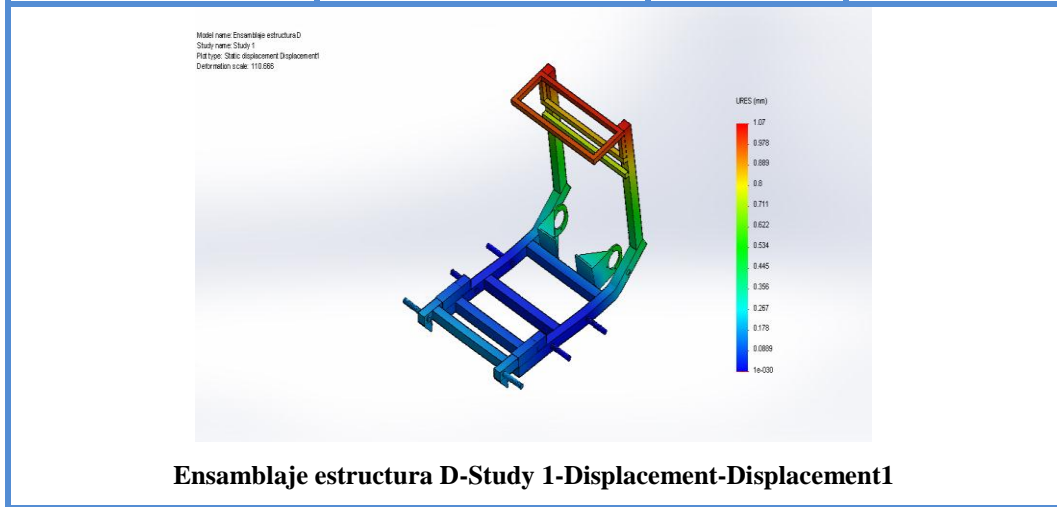
Selection set	Units	Sum X	Sum Y	Sum Z	Resultant
Entire Model	N-m	0	0	0	0

Study Results

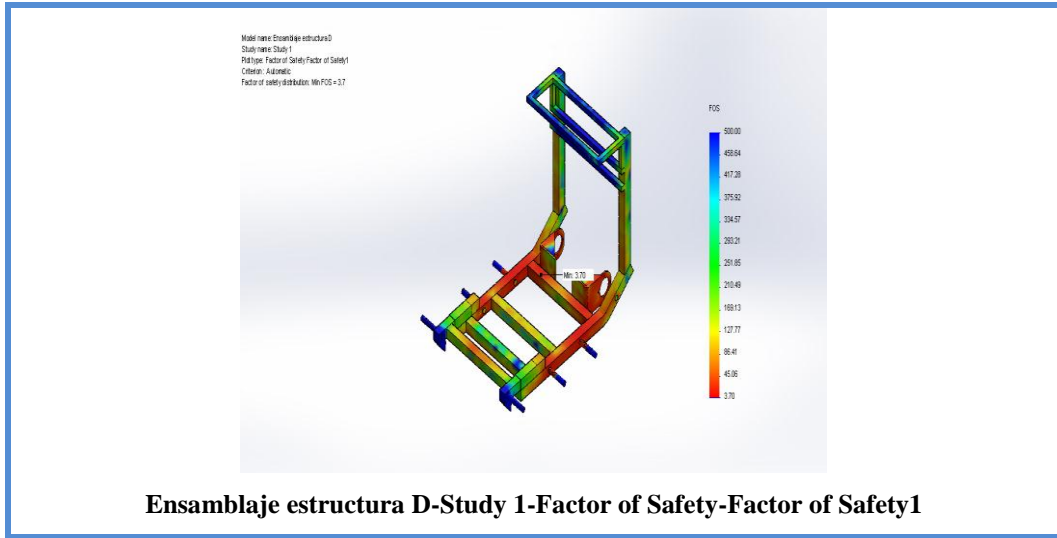
Name	Type	Min	Max
Stress1	VON: von Mises Stress	0.0002467 N/mm ² (MPa) Node: 4184	67.4628 N/mm ² (MPa) Node: 8781



Name	Type	Min	Max
Displacement1	URES: Resultant	0 mm	1.06703 mm
	Displacement	Node: 1703	Node: 1612



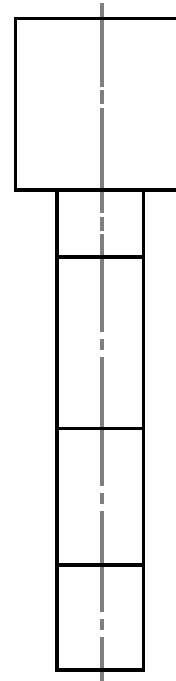
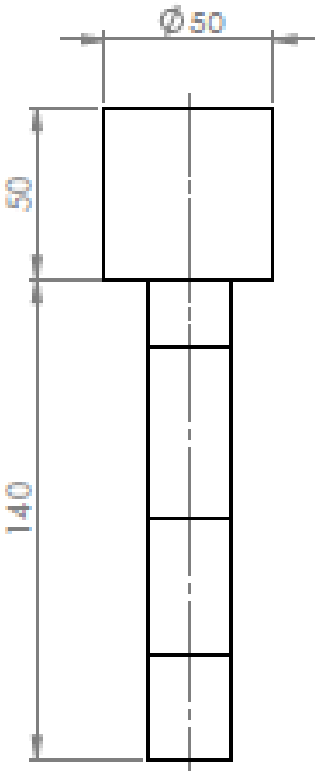
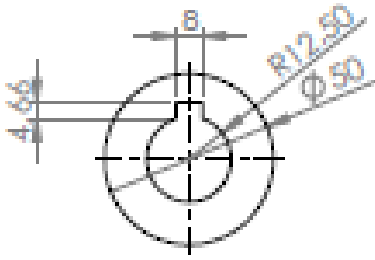
Name	Type	Min	Max
Factor of Safety1	Automatic	3.6966	1.01338e+006
		Node: 1439	Node: 4184



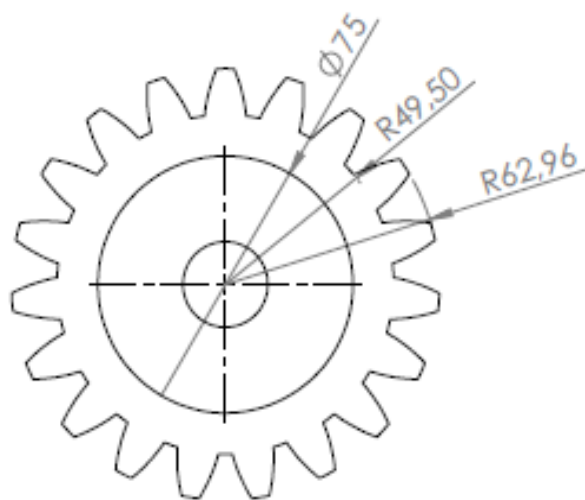
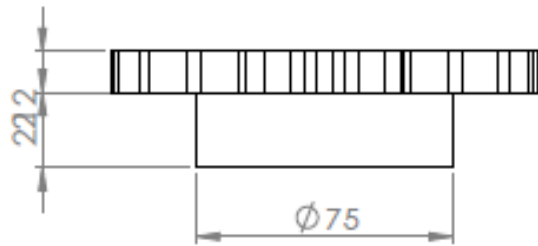
Ensamblaje estructura D-Study 1-Factor of Safety-Factor of Safety1

ANEXO A 18

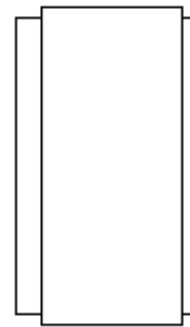
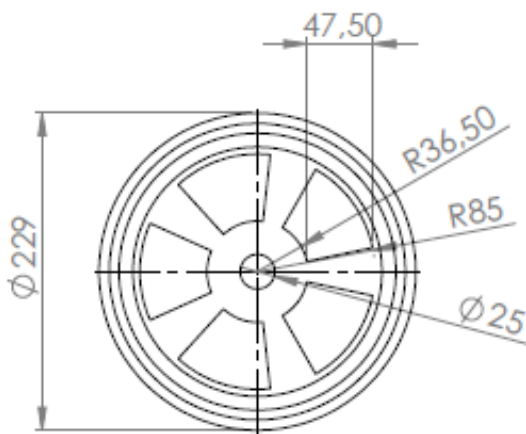
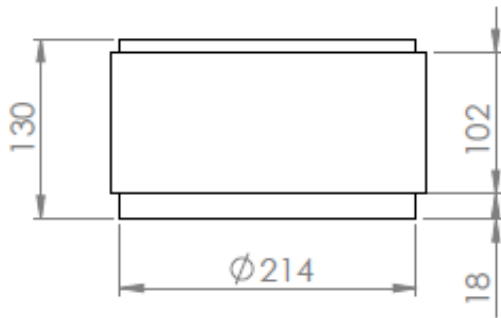
PLANOS



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERIOR: TOLERANCIAS: LINEAS: ANGULOS:		ACABADO:	REVISIÓN	
NOMBRE: Vladimir Leon Flores	Rubén Yaselga Camasco	TÍTULO: EJE DE RUEDA DENTADA		
FECHA: JULIO 2013				
DISEÑO: (Empty)	MATERIAL: ASTM A36	N° DE DIBUJO: DIBUJO 1	A4	
	FECHA LIMPIO:	ESCALA/1:1	HOJA 1 DE 8	



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:	REVISIÓN	
NOMBRE	Vladimir Leon Flores	Rubén Yaseiga Carrasco	TÍTULO: EJE DE RUEDA DENTADA	
FECHA	JULIO 2013			
FIRMA				
APROB.		MATERIAL: ASTM A36	N.º DE DIBUJO DIBUJO 2	A4
		PESO: 1,37 KG	ESCALA:1:2	HOJA 2 DE 8

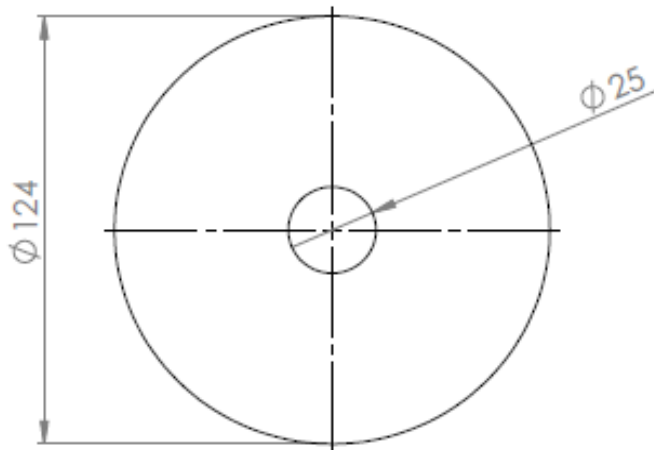
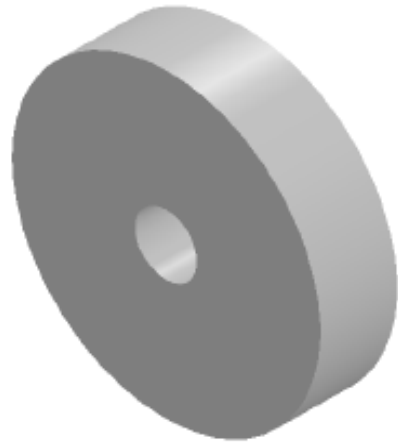
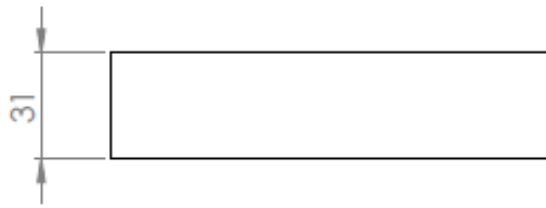


SI NO SE INDICA LO CONTRARIO:
LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM
ACABADO SUPERFICIAL:
TOLERANCIAS:
LINEAL:
ANGULAR:

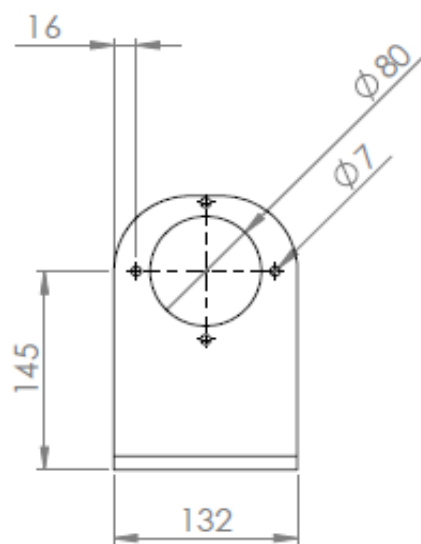
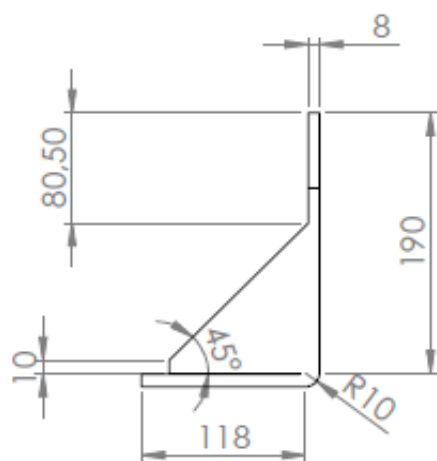
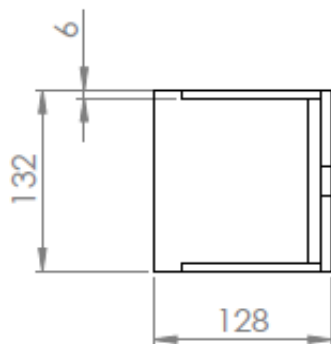
ACABADO:

REVISIÓN

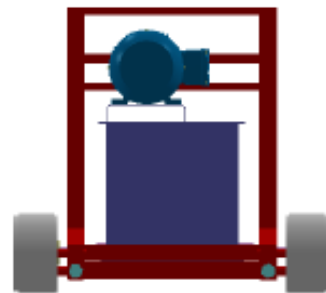
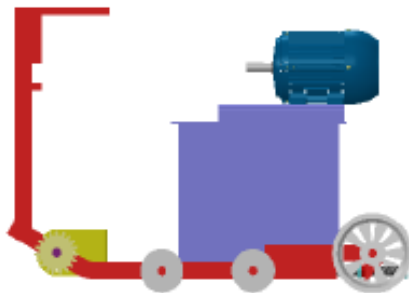
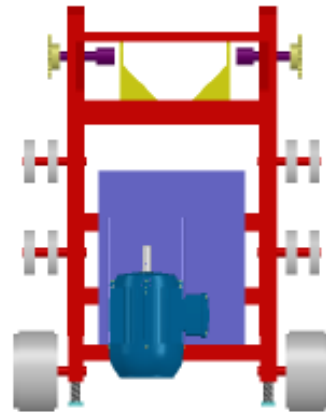
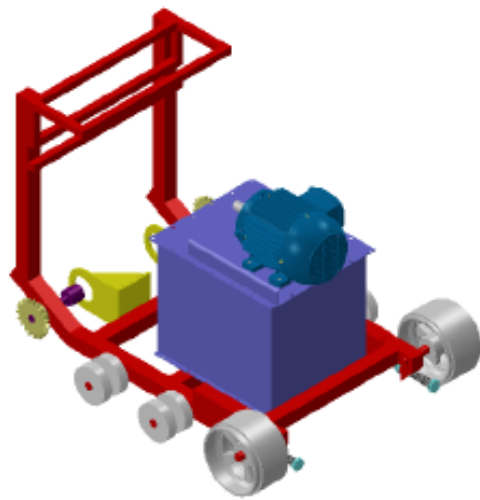
NOMBRE	Vladimir Leon Flores	Rubén Yaselga Camasco	TÍTULO:	
FECHA			RUEDA GUÍA	
FIRMA	JULIO 2013	MATERIAL:	N.º DE DIBUJO	A4
APROB.		Aluminio A1060	DIBUJO 3	
		PESO: 4.71 KG	ESCALA: 1:5	HOJA 3 DE 8



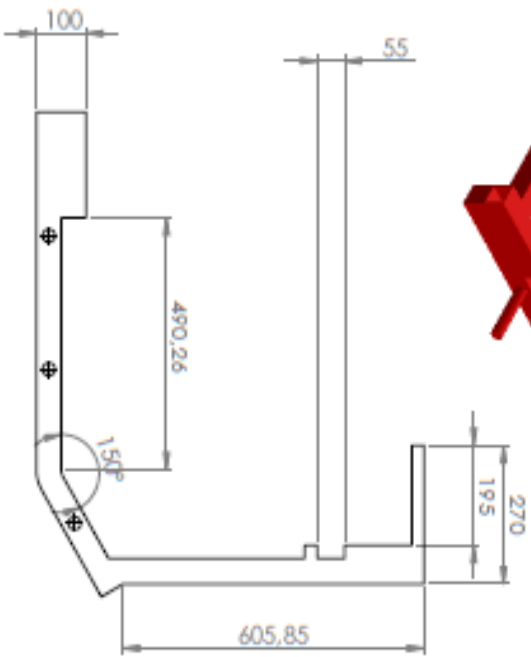
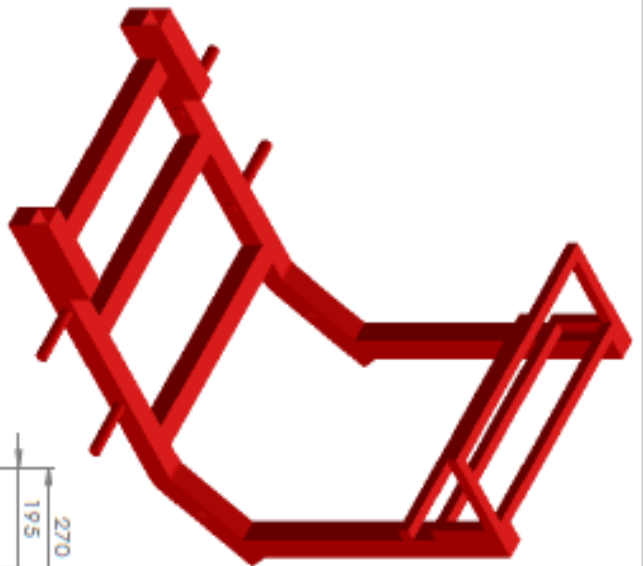
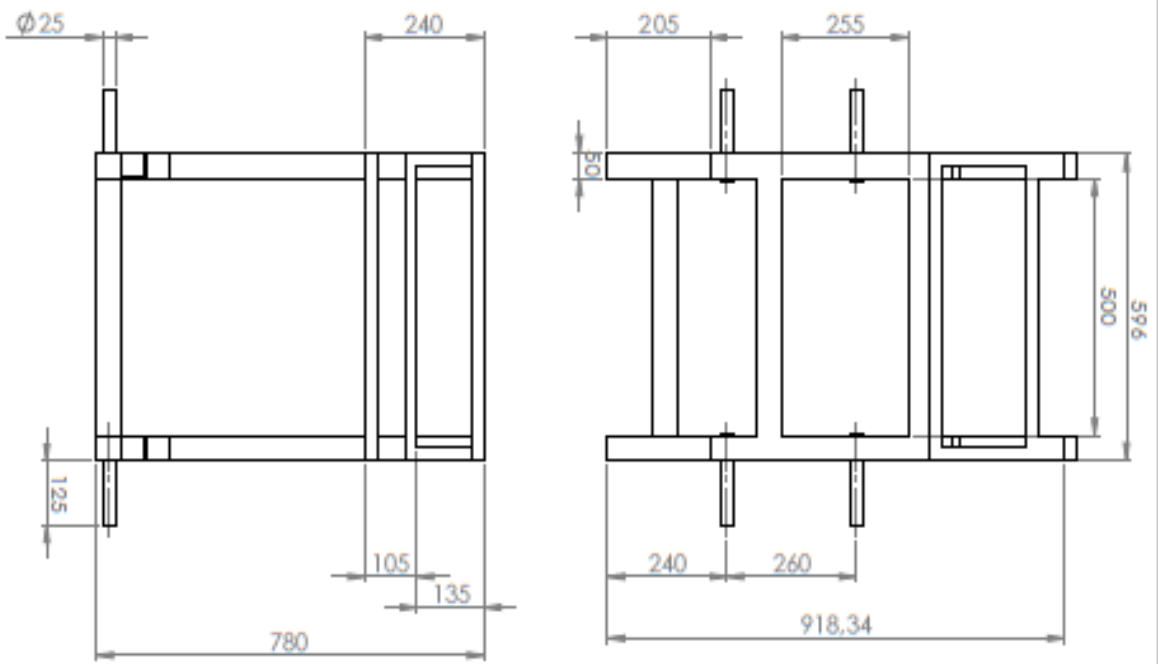
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:	REVISIÓN	
NOMBRE	Vladimir Leon Flores	Rubén Yaselga Carrasco	TÍTULO: RODILLOS	
FECHA				
FIRMA	JULIO 2013	MATERIAL: DURALON NYLON POLIAMIDA (1)	N.º DE DIBUJO	DIBUJO 4
APROB.		PESO: 0.41 KG	ESCALA: 1:2	A4 HOJA 4 DE 8



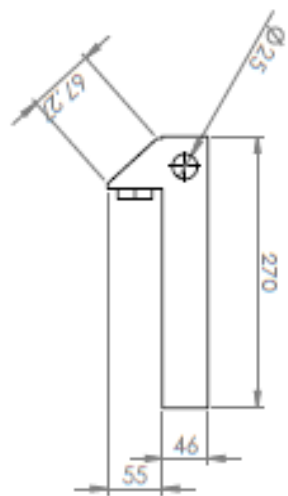
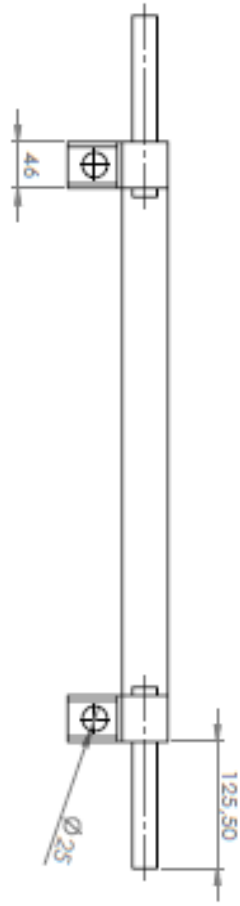
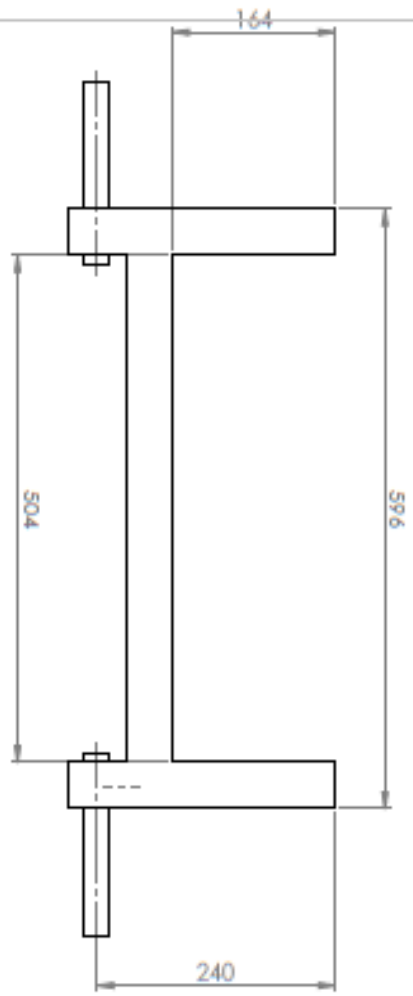
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:	REVISIÓN	
NOMBRE	Vladimir Leon Flores	Rubén Yaselga Carrasco	TÍTULO: SOPORTE MOTOR HIDRÁULICO	
FECHA				
FIRMA	JULIO 2013	MATERIAL:	N.º DE DIBUJO	DIBUJO 5
APROB.		ASTM A 36		A4
		PESO:	ESCALA:1:5	HOJA 5 DE 8



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:	REVISIÓN	
NOMBRE	Vladimir Leon Flores	Rubén Yaselga Carrasco	TÍTULO: ENSAMBLAJE DE TREN DE RODAJE	
FECHA				
FIRMA	JULIO 2013	MATERIAL:	N.º DE DIBUJO	DIBUJO 6
AFROB.				A4
	PESO:		ESCALA: 1:20	HOJA 6 DE 8



TITULO: BARRIO LO COMENDADO UNO CENTRAL DE BARRIO EN LAS ACERAS DE BARRIO EN LAS TORRENTICUAL (SERIE) (SERIE)		ESCALADO 1:100	MATERIAL Y ESPESOR (SERIE)	MATERIAL ASTM A 36	MATERIAL 100 X 100 X 10	MATERIAL 100 X 100 X 10	MATERIAL 100 X 100 X 10	MATERIAL 100 X 100 X 10
NOMBRE Vladimir Leon Rojas	DISEÑADOR Rubén Yonelga Carrasco							
FECHA JULIO 2013								
APROBADO (SERIE)								
ESTRUCTURA TREN DE RODAJE								
DIBUJO 7								
A3								



DISEÑO DE MECANISMO CONVENCIONAL LAS CORTES DE DISEÑO EN LAS ACABADOS SUPERFICIALES DEBERÁN SER APPLICABLES		CAMBIO VIGENTE		REVISIÓN REVISIÓN VIGENTE		REVISIÓN REVISIÓN	
NOMBRE Vicedir. Leon Fores	MATERIAL ALUMINIO ASTM A 36			REVISIÓN REVISIÓN		REVISIÓN REVISIÓN	
FECHA JULIO 2013	AUTOR DISEÑO DIBUJO 8			REVISIÓN REVISIÓN		REVISIÓN REVISIÓN	
APROB.	MATERIAL ALUMINIO ASTM A 36			REVISIÓN REVISIÓN		REVISIÓN REVISIÓN	
ESTRUCTURA TEMPLADOR TREN DE RODAJE				REVISIÓN REVISIÓN		REVISIÓN REVISIÓN	
A3				REVISIÓN REVISIÓN		REVISIÓN REVISIÓN	

“DISEÑO, CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DIDÁCTICO DEL SISTEMA DE TRASLACIÓN Y GIRO DE LOS TRACTORES DE CADENA”

Vladimir León¹ Rubén Yaselga² Ing. Juan Rocha³ Ing. Juan Castro⁴

1, 2, 3,4 Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica, Escuela Politécnica del Ejército Extensión Latacunga, Márquez de Maenza S/N Latacunga, Ecuador.

Email: vladyleon@hotmail.com, chelo_cry@hotmail., jcrocha@espe.edu.ec, jtcastro@espe.edu.ec

RESUMEN

En el presente proyecto se podrá representar el funcionamiento del sistema de giro de los tractores de oruga o cadena, conjuntamente simulando fallas del sistema hidráulico.

Para poder desarrollar el proyecto se dividirá en tres puntos de diseño mecánico, hidráulico, electrónico y software, que en conjunto ayudaran a simular el funcionamiento y análisis de fallas del sistema de giro de los tractores de oruga.

El proyecto termina con la realización de pruebas al sistema completo precisamente con el análisis de su funcionamiento y correcciones si así lo requiriere,

además 16 guías de operación de simulación del banco de pruebas.

ABSTRACT

In this project may represent the operation of the rotation of crawler tractors or chain together simulating hydraulic system failures.

In order to develop the project is divided into three points of mechanical, hydraulic, electronic and software, which together help to simulate the performance and failure analysis of the rotation of crawler tractors.

The project ends with testing the entire system precisely its performance analysis and corrections

if this is indispensable, and 16 operating guides test simulation.

I. INTRODUCCIÓN

El presente documento recopila tanto el sustento teórico como el fundamento científico y de metodología, usados en el diseño, construcción de un banco didáctico del sistema de traslación y giro de los tractores de cadena.

II GENERALIDADES

2.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES

Debido al hecho que el banco didáctico no debe convertirse en un riesgo al momento de su manipulación, consecuentes al peso total y al alto torque entregado por los sistemas hidráulicos, se ha planteado que el banco no supere velocidades mayores a los 2.5 km/h (0.694 m/s) para ello los motores hidrostáticos seleccionados deben otorgar una velocidad máxima de giro de 100 RPM (10.47 rad/s).

En la figura 1 se muestra el esquema del circuito hidráulico

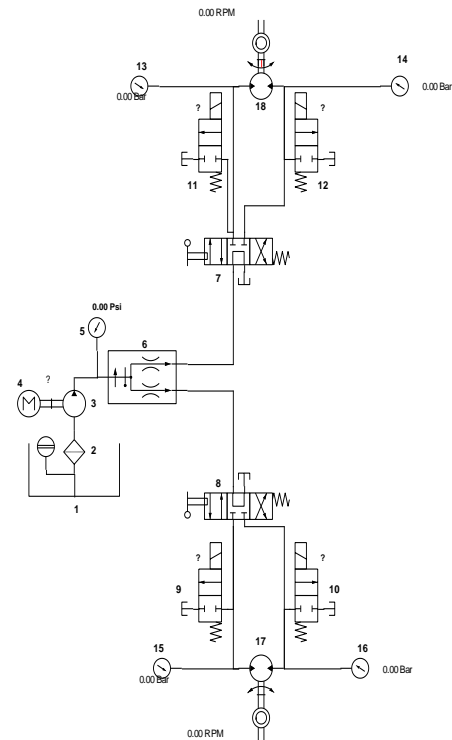


Figura 1. Diagrama hidráulico

El fluido hidráulico es almacenado en el reservorio (1), y limpiado en el filtro (2) cuando es succionado por la bomba (3). El caudal necesario para accionar los actuadores (motores) lo suministra el grupo motor - bomba (2-3). El caudal se distribuye hacia los actuadores mediante una válvula difusora de caudal (6).

El accionamiento de los motores (17 -18) en uno u otro sentido lo controla las válvulas de direccionamiento (7-

8) respectivamente. El accionamiento de la electroválvula (9-10-11-12) permite el paso directo del fluido desde la bomba al reservorio, con la finalidad de limitar el paso del fluido hacia los motores en uno u otro sentido respectivamente.

La electroválvula (9-10), deriva el paso del fluido hacia el reservorio restringiendo el paso del caudal hacia el motor (17), con la finalidad de limitar su funcionamiento, proponiendo esto la simulación de fallas requerida. El manómetro (15-16) justifica el accionamiento de la electroválvula (9-10), todo esto en ambos sentido de giro.

Para las electroválvulas (11-12), motor (18), manómetros (13,14) el funcionamiento es el mismo mencionado en el párrafo anterior.

Las válvulas de direccionamiento (7 - 8) son de cuatro vías y tres posiciones, estas se utilizan para dar el sentido de giro de los motores (17-18) respectivamente, su desplazamiento es vertical y para el bloqueo de las líneas cuando sea

necesaria su posición central el bloqueada.

Para la selección de los elementos en general se impone una presión de trabajo de 1000PSI o 70 bares, la presión del sistema se la puede apreciar en el manómetro principal.

Descripción sistema electrónico.

Se desarrolló un software y hardware, el cual es el encargado de activar o desactivar las electroválvulas, las cuales tienen como función el derivar el fluido. La figura 2 muestra el diagrama de control general, en la cual se aprecian los elementos primordiales.

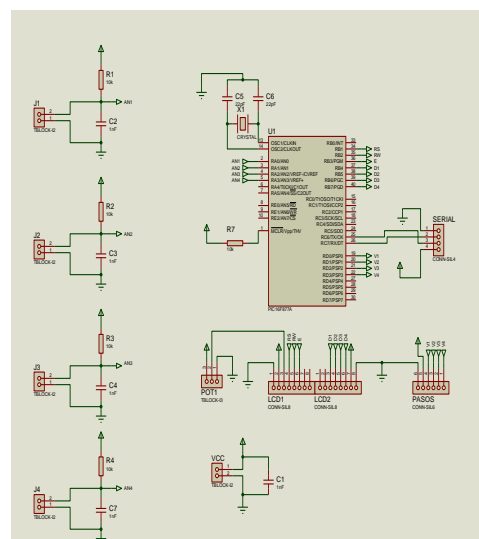


Figura 2 Diagrama electrónico de control general con PIC16F877A

En la figura 3 se aprecia el diagrama de bloques de programación del micro-controlador.

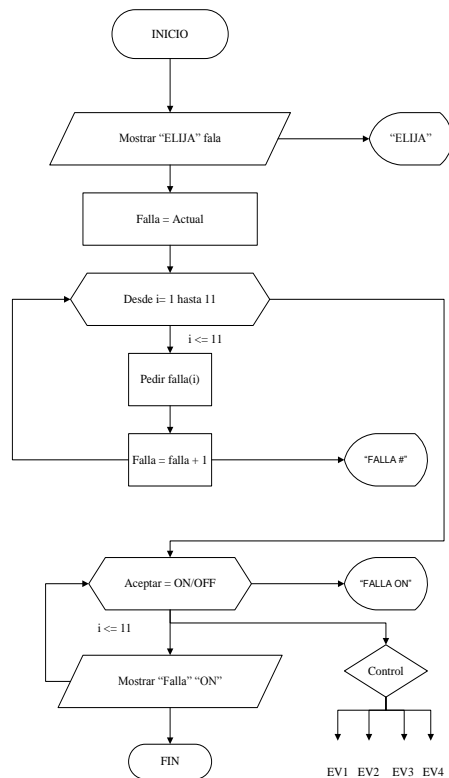


Figura 3 Diagrama de bloques de programación del PIC 16F877A

III CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE

Construcción

Para el proceso de construcción una vez seleccionados los componentes de los sistemas, se realizó operaciones mecánicas, electrónicas y ensamblaje de componentes.

Acorde al diseño se utilizó materiales que cumplen con las especificaciones requeridas.

En la figura 4 se muestra la construcción del bastidor



Figura 4 Ensamblaje por soldadura del bastidor

Montaje

Una vez terminado el bastidor se montó los componentes del tren de rodaje y la central hidráulica .En la figura 5 se muestra el montaje de los elementos en el bastidor.

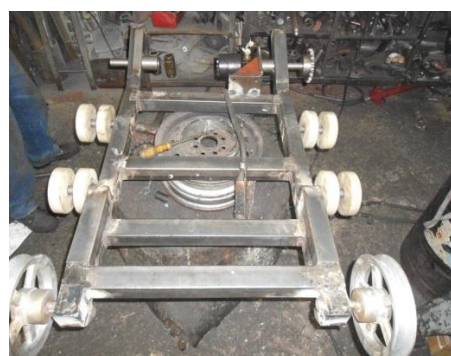


Figura 5 Montaje de los elementos del tren de rodaje en el bastidor

En la figura 6 se muestra el montaje de la central hidráulica al bastidor.



Figura 6 Montaje de la central hidráulica y válvulas al bastidor

En la figura 7 se muestra la instalación del sistema electrónico.



Figura 7 Montaje e instalación del circuito electrónico

IV PRUEBAS

La descripción y resultados del plan de pruebas son:

Velocidad de giro de motores hidráulicos.

Una vez la maquina se encontraba armada en su totalidad se verifico el número de vueltas por minuto, se constató que el motor nos entrega 70 RPM.

Velocidad real de funcionamiento.

Se efectuó varias pruebas para comprobar la real velocidad de avance, dando como resultado que la máquina se desplaza a una velocidad de 0.55 m/s (2.16Km/h).

Presiones del sistema hidráulico.

Tanto en condiciones de reposo como de trabajo de los motores hidráulicos, dan la presión normal de funcionamiento de la bomba hidráulica, obteniéndose valores entre 5 y 20 bar (72.5 y 290 PSI).

VI CONCLUSIONES

- Con el fin de obtener una similitud con los sistemas reales de los tractores, se optó por la utilización de un sistema hidráulico, el cual está compuesto en su variedad por elementos fácilmente visibles en dichos tractores, resultado de esto

tenemos una fuente de investigación palpable con la realidad de su funcionamiento.

- Los coeficientes de seguridad de los elementos que conforman el banco didáctico no son altos, ya que la función que va realizar el mecanismo no requiere mayores esfuerzos. Por otro lado la arquitectura de todas las partes requiere que las dimensiones de muchas de ellas sean concordantes con el resto.
- La insuficiente información de los sistemas que conforman la maquinaria pesada, fueron el punto de partida para la creación del proyecto, siendo estas falencias, motivos suficientes para incentivar a que los estudiantes se propongan investigar y desarrollar proyectos en los cuales se creen nuevas tecnologías.

VII BIBLIOGRAFÍA

- AGUILAR B, “Metodología de un Programa de Mantenimiento de Bandas Transportadoras”, México 2010, TESIS
- ASERCAP, “Localización y Solución de Problemas de Componentes Hidráulicos”, Perú 2005
- ATARES A., “Tractores y Motores Agrícolas”, Mundiprensa 3ª edición 1996
- AUTOMATIOS STUDIO 5.0, Software de Simulación Hidráulica Neumática
- CARLETON M, “Tractores Diseño y Funcionamiento”, México, Limusa 1984
- CASTELLÓN R., “Motores Hidráulicos y Motores Eléctricos en Sistemas Hidráulicos”
- CATERPILLAR, Catálogo de Especificaciones de Tractor de Cadenas D6R
- CREUS, A. “Neumática e Hidráulica” Alfaomega, Mayo 2008.
- DAGEL, J. “Motores Diesel y sistema de inyección”, tomo 3, Limusa S.A, 1995.

BIOGRAFÍA

Nombres: Vladimir Roberto

Apellidos: León Flores

Lugar y fecha de nacimiento: Quito, 4 de mayo 1985

Estado civil: Soltero

Estudios primarios: Escuela John Dewey

Estudios secundarios: Colegio T. W. Anderson.

Estudios universitarios: Escuela Politécnica del Ejército Extensión Latacunga, egresado en la carrera de Ingeniería Automotriz

BIOGRAFÍA

Nombres: Rubén Marcelo

Apellidos: Yaselga Carrasco

Lugar y fecha de nacimiento: Ambato, 10 de febrero 1985

Estado civil: Soltero

Estudios primarios: Liceo Juan Montalvo

Estudios secundarios: I.S.T.D. "Guayaquil"

Estudios universitarios: Escuela Politécnica del Ejército Extensión Latacunga, egresado en la carrera de Ingeniería Automotriz

Empresa: Toravel S.A

Lugar de trabajo: Embalse compensador- Coca Codo Sinclair

HOJA DE LEGALIZACIÓN DE FIRMAS

ELABORADO POR

Vladimir Roberto León Flores

Rubén Marcelo Yaselga Carrasco

COORDINADOR DE CARRERA

ING. JUAN CASTRO

Lugar y fecha: Latacunga, 11 de Julio del 2013