



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

“REPOTENCIACIÓN Y MODERNIZACIÓN DE UN MONTACARGAS ELÉCTRICO DE PASILLO ANGOSTO CON EXTENSOR MARCA CATERPILLAR PARA LA EMPRESA FAVAG”



David Aguirre

Xavier molina

Índice

1 Introducción

2 Características generales

3 Diseño Mecánico

- Sistema de medición de ángulo de dirección
- Análisis de elementos en mal estado
- Sistema de medición de altura
- Sistema de medición de peso

4 Diseño Eléctrico y Electrónico

- Sistema de control de electroválvulas
- Sistema de monitoreo de variables

5 Construcción

- Instalación del controlador del motor de tracción
- Construcción de mecanismos, engrane y placa electrónica

6 Análisis Económico

Justificación

- Los accidentes ocasionados por montacargas provocan en promedio 100 muertes al año, lesionan gravemente a unos 20 000 empleados, y al menos un 22% de estas muertes ocurrieron debido a volcamiento.

Seguridad



- F. Arias afirma que: “Actualmente la empresa maneja un total de 4 montacargas en buenas condiciones con contratos que van desde 1 mes hasta 6 meses”.

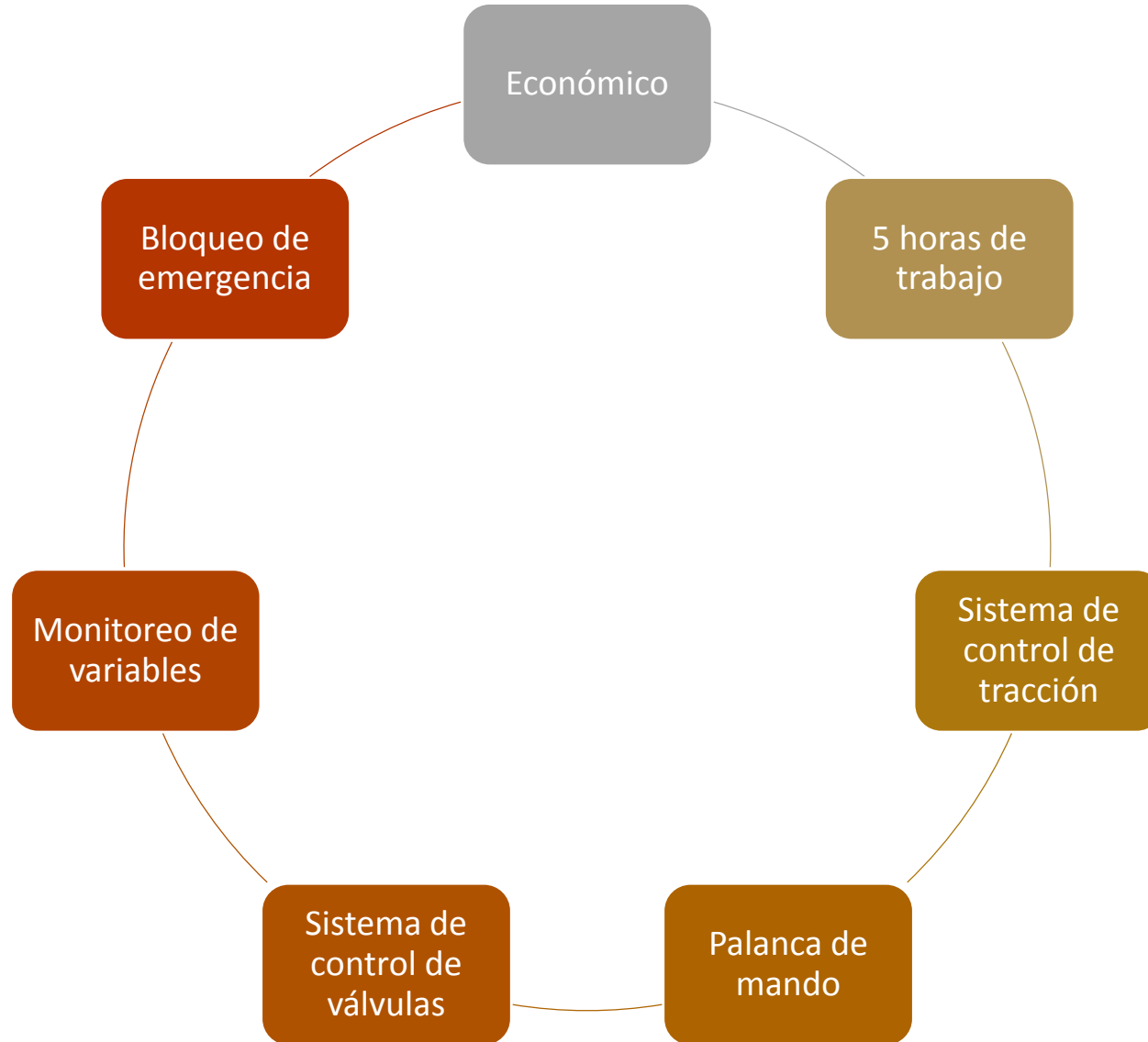
Punto de vista económico



Objetivos

- Repotenciar un montacargas eléctrico de pasillo angosto con extensor marca Caterpillar para la empresa FAVAG
 - Implementar un sistema de control en el motor de tracción y tarjeta lógica de las electroválvulas
 - Diseñar y construir mecanismos de transmisión para la adaptación de los sensores a implementar
 - Diseñar un sistema de control para el procesamiento de las variables a medir capaz de generar un paro de emergencia en el sistema de control hidráulico

Alcance



Índice

1 Introducción

2 Características generales

3 Diseño Mecánico

- Sistema de medición de ángulo de dirección
- Análisis de elementos en mal estado
- Sistema de medición de altura
- Sistema de medición de peso

4 Diseño Eléctrico y Electrónico

- Sistema de control de electroválvulas
- Sistema de monitoreo de variables

5 Construcción

- Instalación del controlador del motor de tracción
- Construcción de mecanismos, engrane y placa electrónica

6 Análisis Económico

Montacargas Caterpillar modelo NRDR-30



Clase II: Motor eléctrico para pasillos estrechos

- Llantas para terreno duro y liso (Bodegas)
- Radio de giro: 2.5 metros
- Capacidad máxima de carga: 1360 kg
- Altura de las garras: 8.5 metros
- Batería: 36 Vdc

Índice

1 Introducción

2 Características generales

3 Diseño Mecánico

- Sistema de medición de ángulo de dirección
- Análisis de elementos en mal estado
- Sistema de medición de altura
- Sistema de medición de peso

4 Diseño Eléctrico y Electrónico

- Sistema de control de electroválvulas
- Sistema de monitoreo de variables

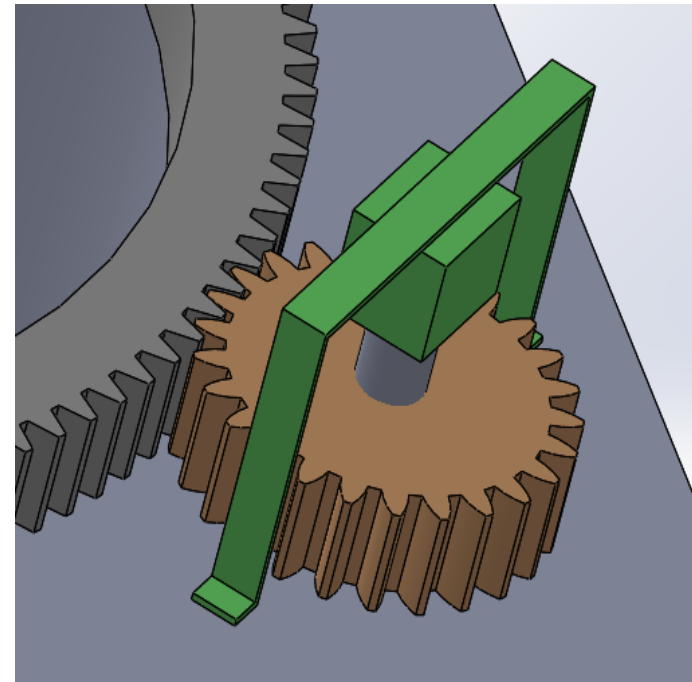
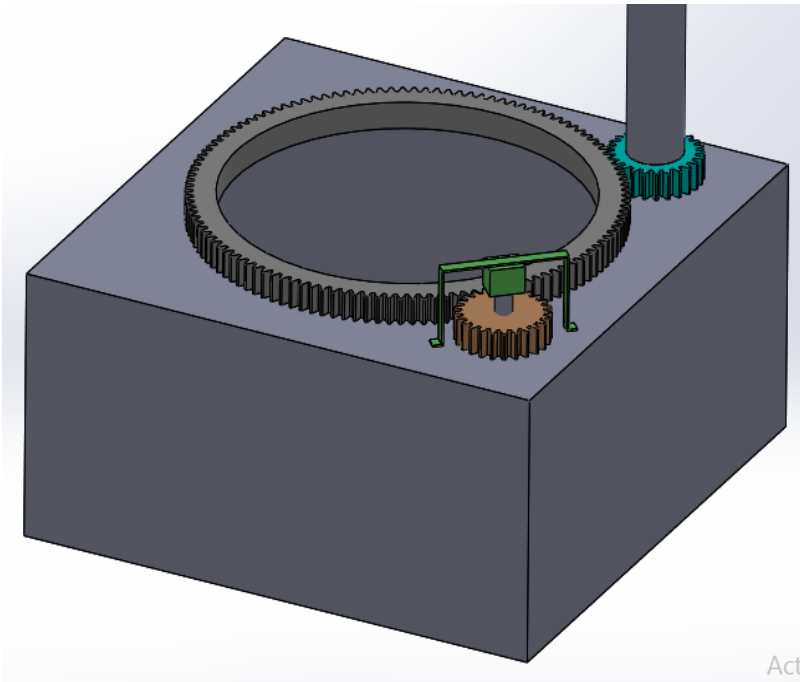
5 Construcción

- Instalación del controlador del motor de tracción
- Construcción de mecanismos, engrane y placa electrónica

6 Análisis Económico

Sistema de medición de ángulo de la dirección

- Diseño preliminar basado en un potenciómetro de 5K Ω de 10 vueltas

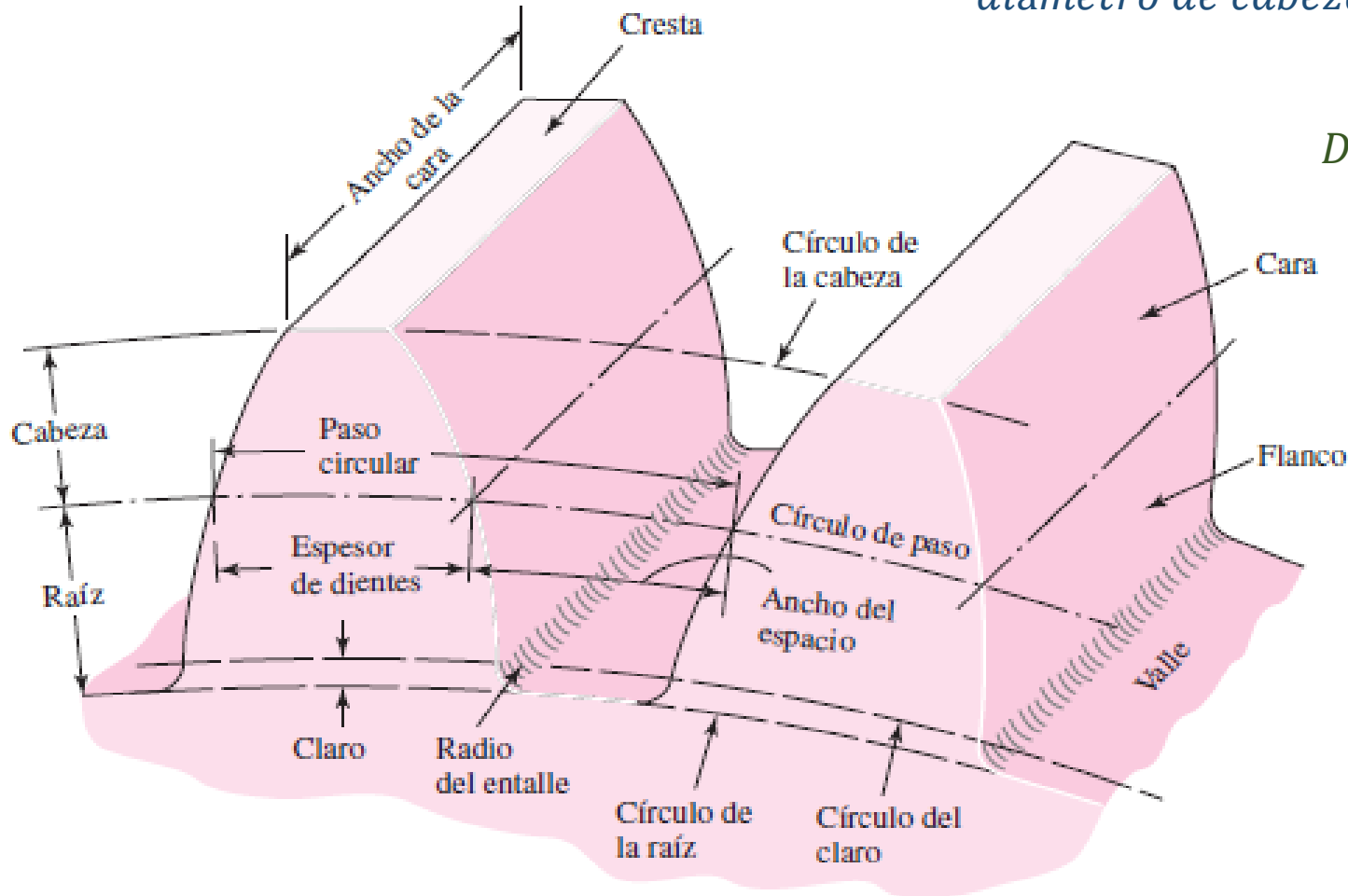


Cálculos

$$\text{perímetro corona} = \text{diámetro de cabeza} * \pi$$

$$\text{diámetro de cabeza} = \frac{1020 \text{ [mm]}}{\pi}$$

$$\text{diámetro de cabeza} = 324,68 \text{ mm}$$



$$\text{Diámetro de paso} = \text{diámetro de cabeza} - 2 * a$$

$$\text{Diámetro de paso} = 324,68 - 2 * 2$$

$$\text{Diámetro de paso} = 320,68 \text{ [mm]}$$

$$m = \frac{d}{N}$$

$$m = \frac{320,68}{162}$$

$$m = 1,98 \approx 2$$



	Parámetro
Módulo	2
Ancho de cara	6 mm
Ángulo de presión	20°
Número de dientes	14
Diámetro nominal	32 mm

$$\text{perímetro piñón} = 2 * r_c * \pi$$

$$\text{perímetro de piñón} = \pi * d_p$$

$$\text{perímetro de piñón} = \pi * 32 \text{ [mm]}$$

$$\text{perímetro de piñón} = 100,53 \text{ [mm]}$$

$$N^\circ \text{ vueltas engrane} = \frac{\text{perímetro funcional corona}}{\text{perímetro engrane}}$$

$$N^\circ \text{ vueltas engrane} = \frac{765}{100,53}$$

$$N^\circ \text{ vueltas engrane} = 7,6 \text{ vueltas}$$

Índice

1 Introducción

2 Características generales

3 Diseño Mecánico

- Sistema de medición de ángulo de dirección
- **Análisis de elementos en mal estado**
- Sistema de medición de altura
- Sistema de medición de peso

4 Diseño Eléctrico y Electrónico

- Sistema de control de electroválvulas
- Sistema de monitoreo de variables

5 Construcción

- Instalación del controlador del motor de tracción
- Construcción de mecanismos, engrane y placa electrónica

6 Análisis Económico

Engrane roto

- Acero AISI 5115 es el más recomendado para la aplicación
- Dureza nominal es de 180 *HB* (10 *HRC*).



Parámetro	Piñón
Módulo	2
Ancho de cara	20 mm
Ángulo de presión	20°
Número de dientes	24
Diámetro nominal	55 mm

Índice

1 Introducción

2 Características generales

3 **Diseño Mecánico**

- Sistema de medición de ángulo de dirección
- Análisis de elementos en mal estado
- **Sistema de medición de altura**
- Sistema de medición de peso

4 Diseño Eléctrico y Electrónico

- Sistema de control de electroválvulas
- Sistema de monitoreo de variables

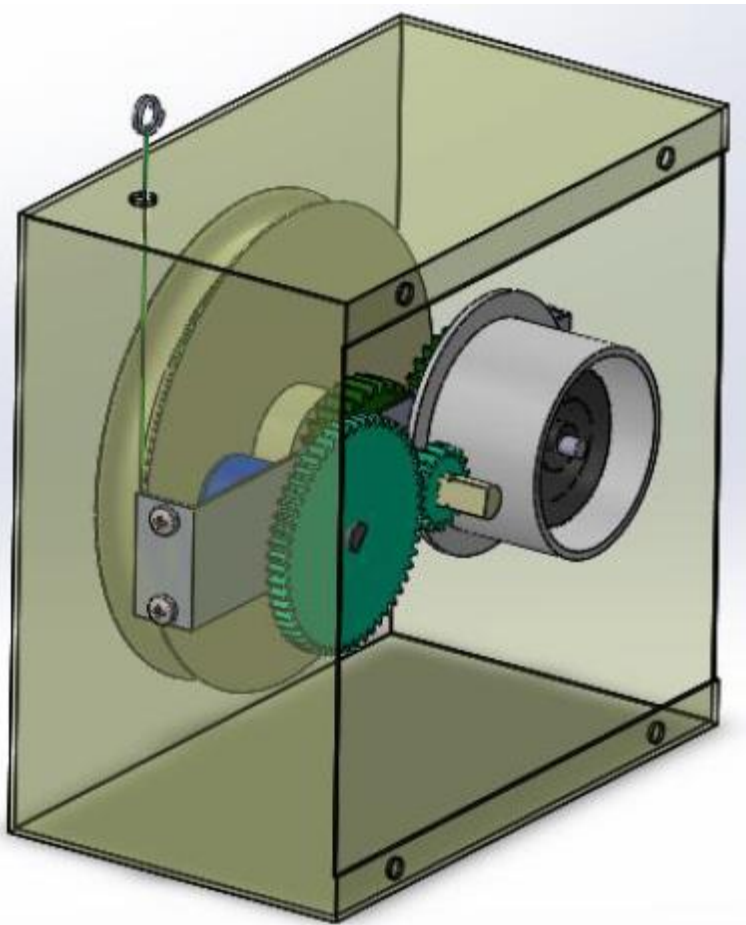
5 Construcción

- Instalación del controlador del motor de tracción
- Construcción de mecanismos, engrane y placa electrónica

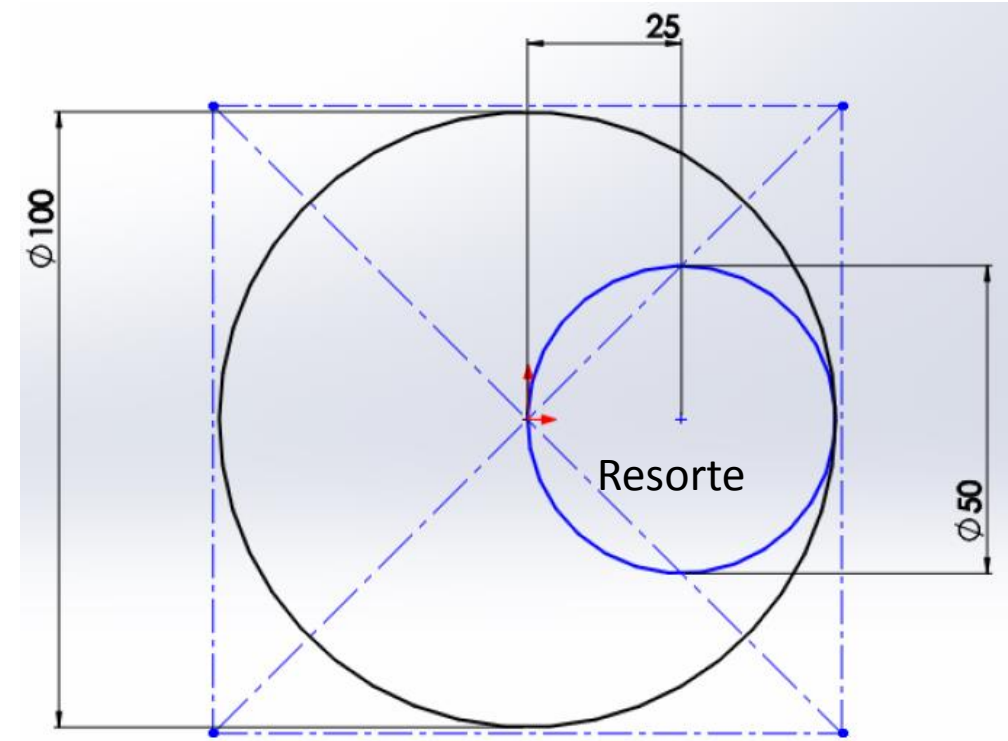
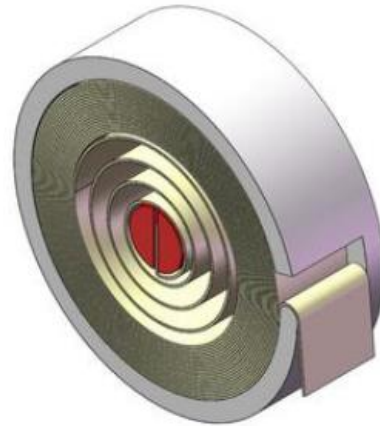
6 Análisis Económico

Mecanismo seleccionado

Esquema preliminar



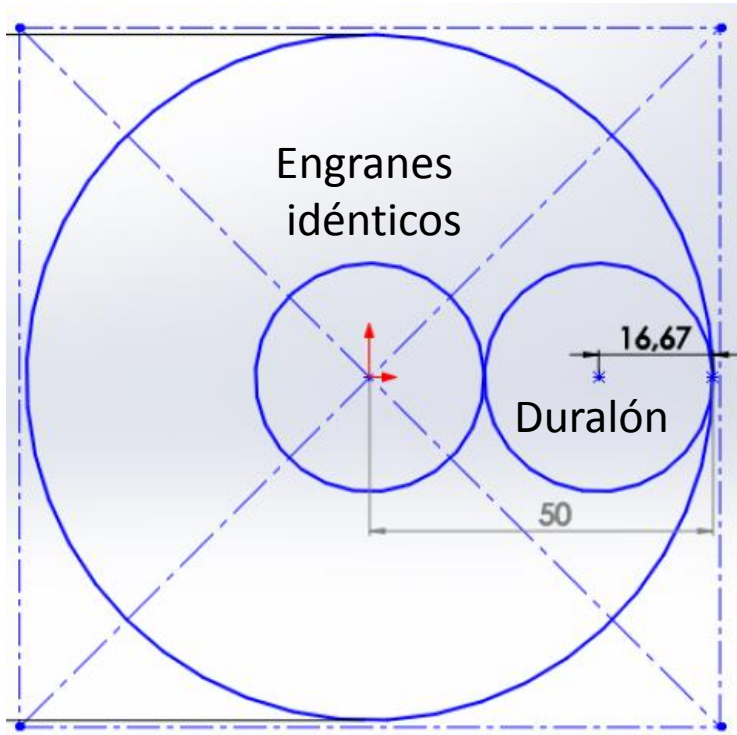
Elemento critico:
Resorte de fleje



Part Number	Torque (in-lbs)	Arbor Size (in)	Number of Turns	Case I.D. +/-10% (in)	Width (in)
SCP4G202VS	0.41	0.250	44.00	1.50	0.500
SCP7.5D50VS	0.73	0.250	11.50	1.00	0.250
SCP6G135VS	0.93	0.250	30.00	1.50	0.500
SCP8G108VS	1.65	0.250	22.00	1.50	0.500
SCP10G81VS	2.58	0.250	17.00	1.50	0.500
SCP18D162VS	4.20	0.625	14.00	2.80	0.250
SCP13G59VS	4.32	0.250	11.50	1.50	0.500
SPS16F77VS	4.50	0.250	12.00	1.80	0.375

Fuente: (Vulcan Spring, s.f.)

$$d_{aprox} = \frac{2}{3} \left(\frac{115}{2} \right) = 38,33$$



Esfuerzo de flexión

$$\sigma = W^t K_0 K_v K_s \frac{1}{Z \times m} \frac{K_m K_B}{J}$$

$$\sigma = 1,08 [N/mm^2]$$

$$\sigma_{perm} = \frac{S_t}{S_f} \frac{Y_N}{Y_0 Y_Z}$$

$$\sigma_{perm} = \frac{29,4}{1} \frac{1}{1 \times 1} = 29,4 [N/mm^2]$$

Flexión Calculada [N/ mm ²]	Flexión permisible [N/ mm ²]	Factor de seguridad S _f
1,08	29,4	27,22

$$N = \frac{d}{m}$$

$$d = N \times m$$

$$\frac{38,33}{1,25} = 30,6$$

$$d = 31 \times 1,25 = 38,75$$

Resistencia a la picadura

$$\sigma_c = Z_E \sqrt{W^t K_o K_v K_s \frac{K_m}{d \times F} \frac{Z_R}{Z_I}}$$

$$\sigma_{c, perm} = \frac{S_C}{S_H} \frac{Z_N Z_W}{Y_0 Y_Z}$$

$$\sigma_c = 10,07 \sqrt{0,186} = 4,33 \text{ [N/mm}^2\text{]}$$

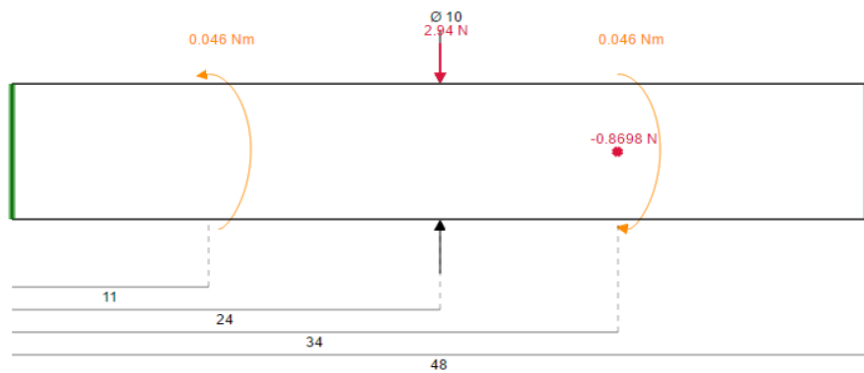
$$\sigma_{c, perm} = \frac{501,92}{1} \frac{1 \times 1}{1 \times 1} = 501,92 \text{ Mpa}$$

Esfuerzo de contacto Calculado [N/mm ²]	Esfuerzo de contacto permisible [N/mm ²]	Factor de seguridad, S _h
4,33	501,92	115,91

Según AGMA:

$$S_h^2 = 13435$$

Comparando el valor calculado con $S_f = 27,22$, se concluye que la probabilidad de falla se debe al esfuerzo de flexión antes que al esfuerzo de contacto.



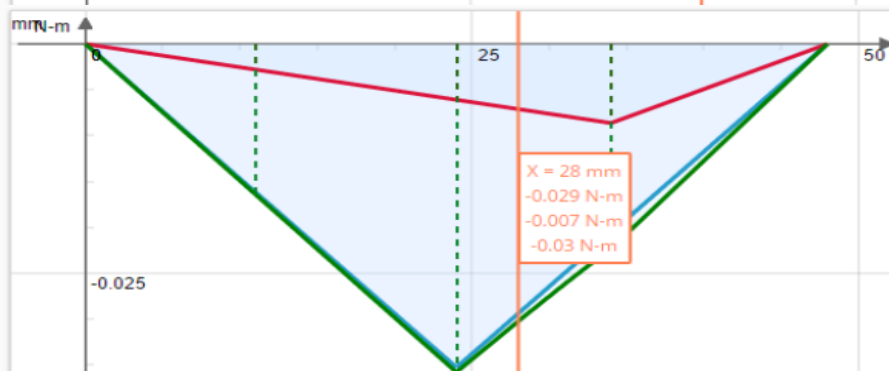
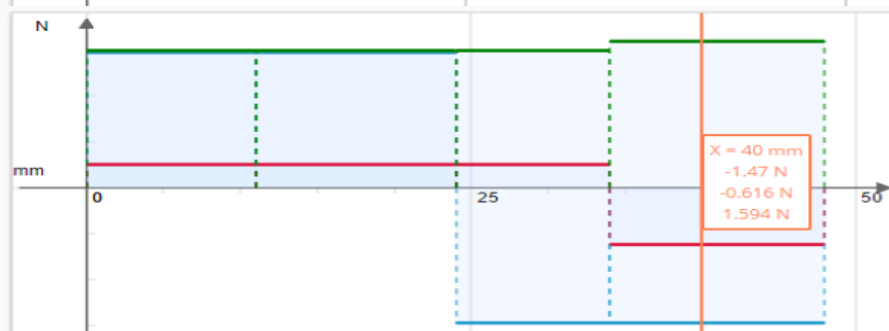
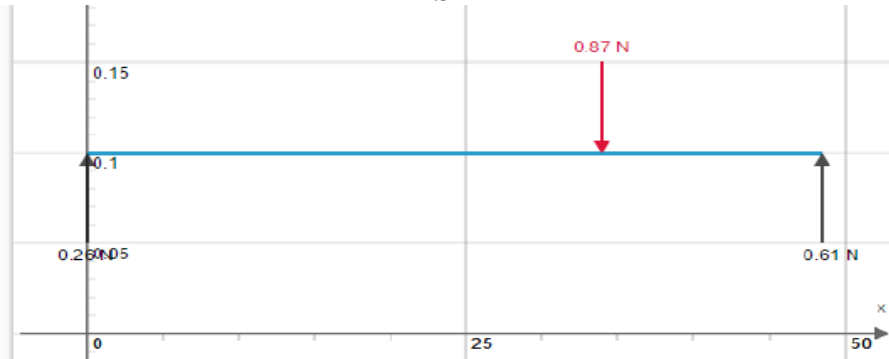
$$Se = k_a k_b k_c k_d k_e k_f Se'$$

$$Se = (1,39)(0,9)(0,59)(1)(0,814)(1)(42,5)$$

$$Se = 25,53 \text{ Mpa}$$

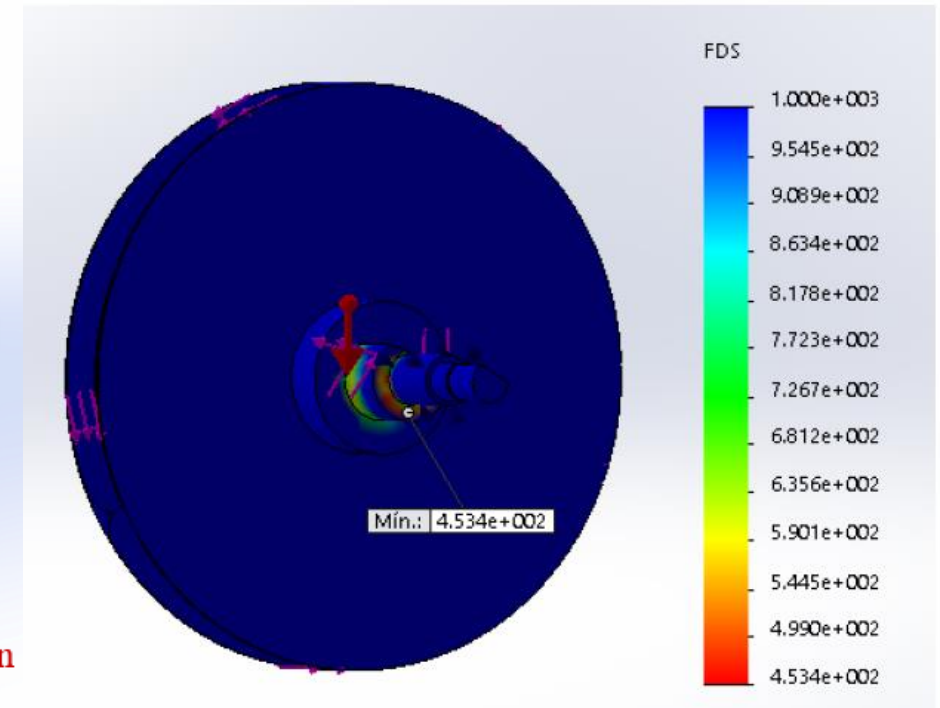
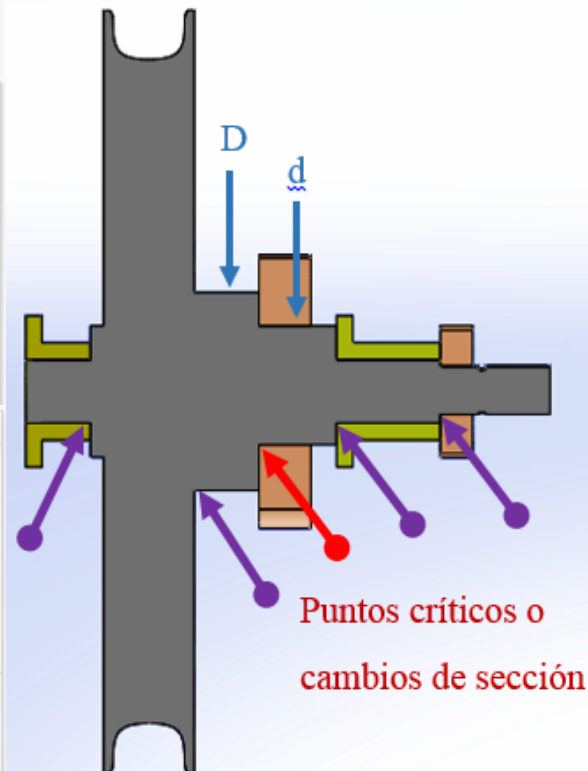
$$d = \left\{ \frac{16n}{\pi} \left(\frac{2(K_f M_a)}{Se} + \frac{[3(K_{fs} T)^2]^{1/2}}{Sut} \right) \right\}^{1/3}$$

$$d = 4,01 \text{ mm}$$



$$\frac{1}{n_f} = \frac{\sigma_a'}{Se} + \frac{\sigma_m'}{Sut} = \frac{0,0474}{27,52} + \frac{0,0659}{85}$$

$$n_f = 427,97$$



Verificación de funcionamiento

- Velocidad de elevación y descenso de las garras = 0,5m/s
- Carrete parte del reposo $V_{\text{lineal}}=0\text{m/s}$
- El torque aportará la aceleración angular

$$\dot{H}_G = \bar{I}\alpha$$

$$0,0463 = 1,90303 \times 10^{-4} \alpha$$

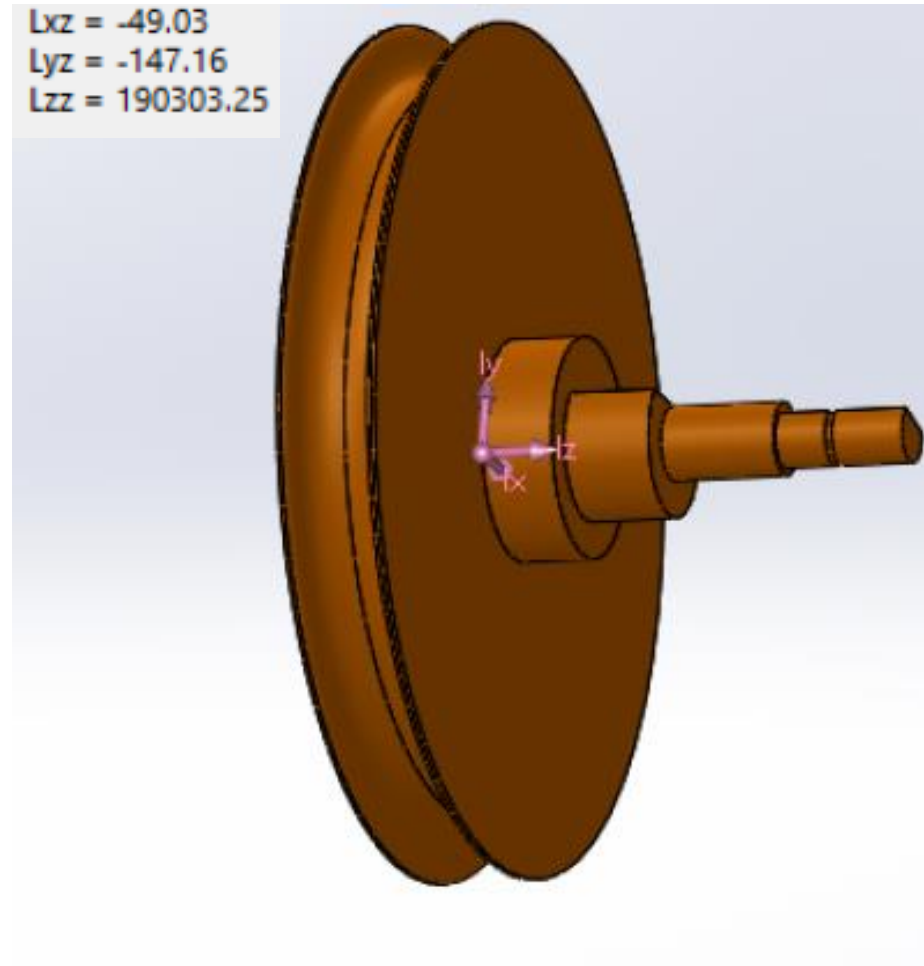
$$\alpha = 243,29 \text{ rad/s}^2$$

- Tiempo para que el carrete alcance una velocidad lineal 0,5m/s

$$\alpha = \frac{w_1 - w_0}{t_1 - t_0}$$

$$243,29 = \frac{10 - 0}{t_1 - 0}$$

$$t_1 = 0,04 \text{ s}$$



Índice

1 Introducción

2 Características generales

3 **Diseño Mecánico**

- Sistema de medición de ángulo de dirección
- Análisis de elementos en mal estado
- Sistema de medición de altura
- **Sistema de medición de peso**

4 Diseño Eléctrico y Electrónico

- Sistema de control de electroválvulas
- Sistema de monitoreo de variables

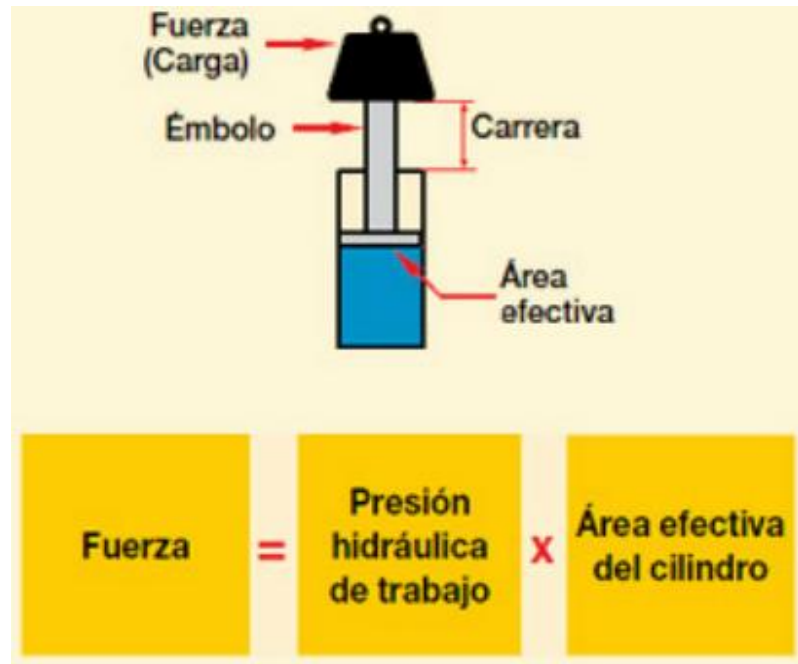
5 Construcción

- Instalación del controlador del motor de tracción
- Construcción de mecanismos, engrane y placa electrónica

6 Análisis Económico

Sensor de presión

- Primera etapa: dos pistones de 2,30 m
- Segunda etapa: dos pistones de 3,50 m



$$Presión = \frac{fuerza}{area}$$

$$Presión = \frac{1800 \text{ Kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2}{(2) \times 0,05^2 \times \pi} = 11241390,57 \left[\frac{N}{m^2} \right]$$

$$Presión = 1,12 \text{ Mpa} = 163,9 \text{ Psi}$$



Índice

1 Introducción

2 Características generales

3 Diseño Mecánico

- Sistema de medición de ángulo de dirección
- Análisis de elementos en mal estado
- Sistema de medición de altura
- Sistema de medición de peso

4 Diseño Eléctrico y Electrónico

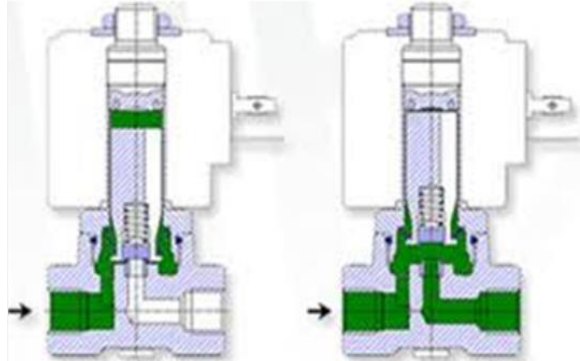
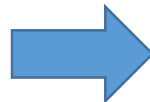
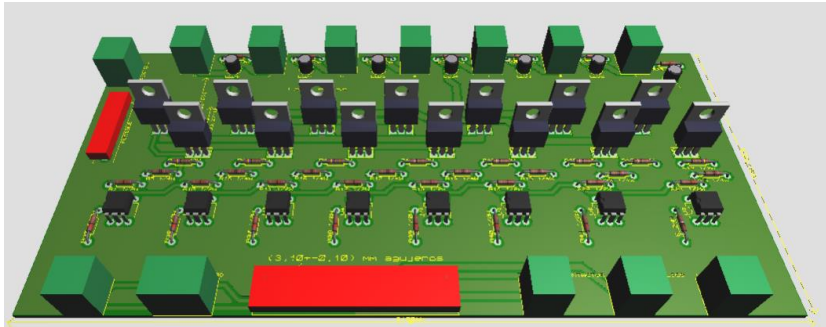
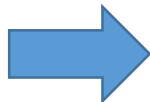
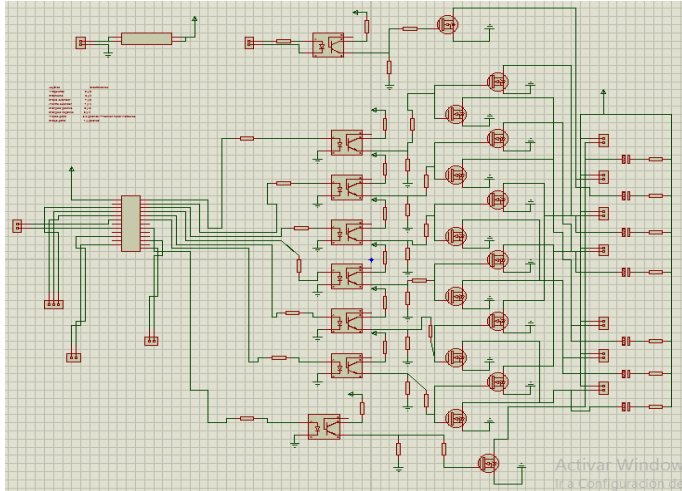
- Sistema de control de electroválvulas
- Sistema de monitoreo de variables

5 Construcción

- Instalación del controlador del motor de tracción
- Construcción de mecanismos, engrane y placa electrónica

6 Análisis Económico

Funcionamiento de la placa de control



Lógica de activación

PALANCA DE MANDO	ELECTROVÁLVULAS
Movimiento del pantógrafo hacia la izquierda	6 y 3
Movimiento del pantógrafo hacia la derecha	6 y 4
Extensión del pantógrafo	7 y 3
Retracción del pantógrafo	7 y 4
Ángulo del pantógrafo positivo	8 y 3
Ángulo del pantógrafo negativo	8 y 4
Elevación de garras	5 o palanca
Descenso de las garras	1 y palanca



Índice

1 Introducción

2 Características generales

3 Diseño Mecánico

- Sistema de medición de ángulo de dirección
- Análisis de elementos en mal estado
- Sistema de medición de altura
- Sistema de medición de peso

4 Diseño Eléctrico y Electrónico

- Sistema de control de electroválvulas
- Sistema de monitoreo de variables

5 Construcción

- Instalación del controlador del motor de tracción
- Construcción de mecanismos, engrane y placa electrónica

6 Análisis Económico

Diagrama de conexión

Microcontrolador: ATmega2560

Voltaje Operativo: 5V

Voltaje de Entrada: 7-12V

Display: LCD 5" UTFT

Pines digitales de Entrada/Salida: 54

Pines análogos de entrada: 16

Corriente DC entregada en el Pin 3.3V: 50 mA

Memoria Flash: 256 KB

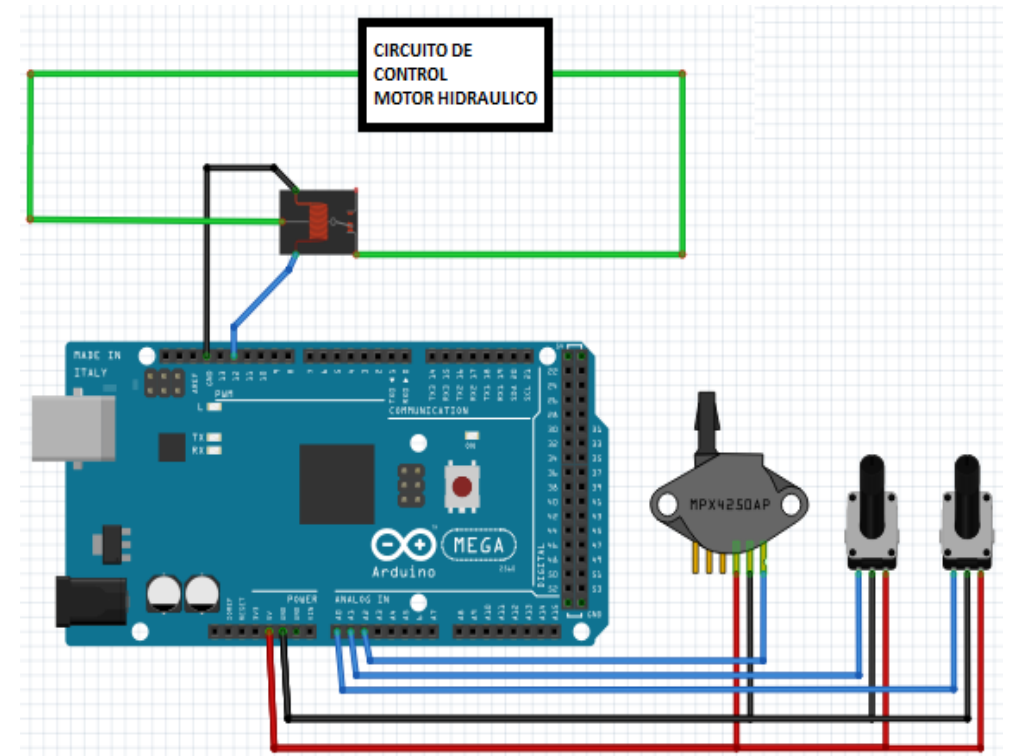
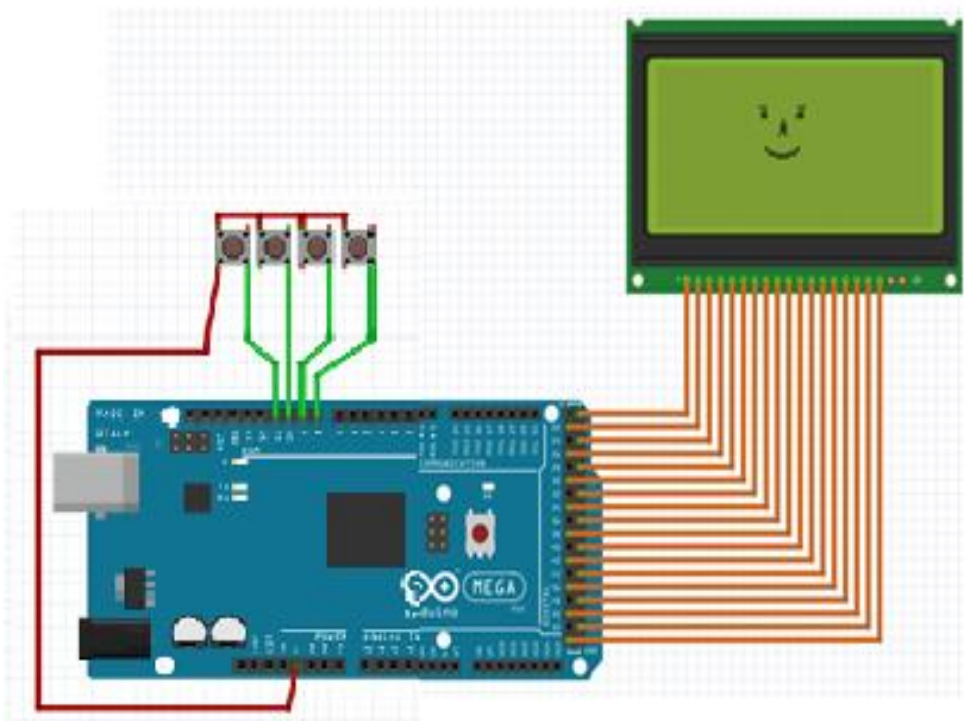
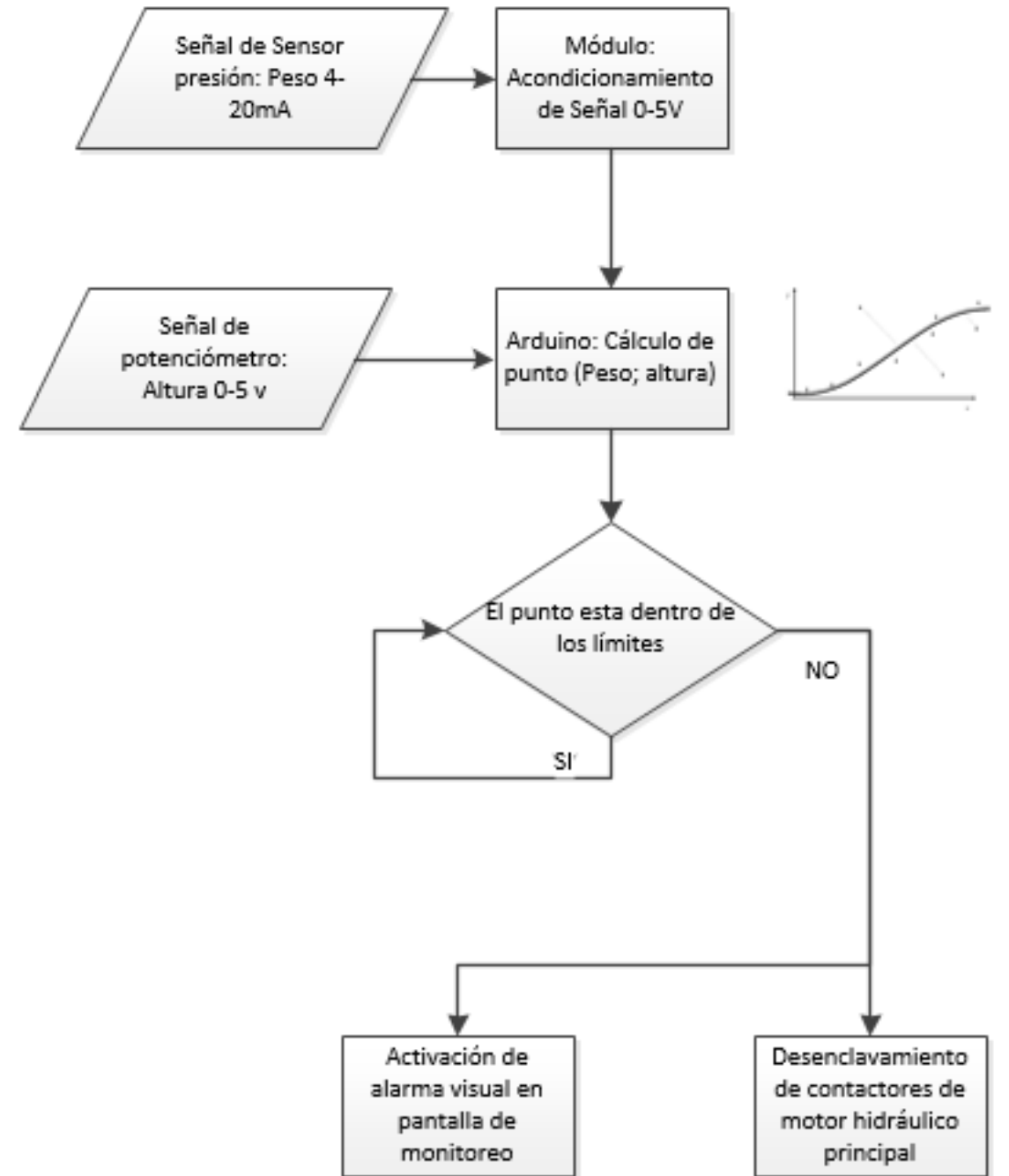
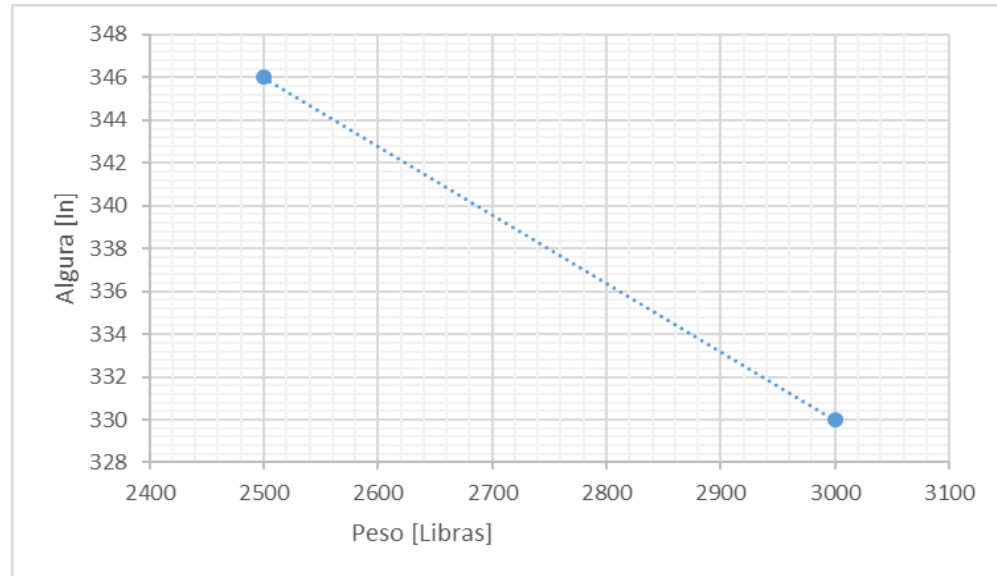
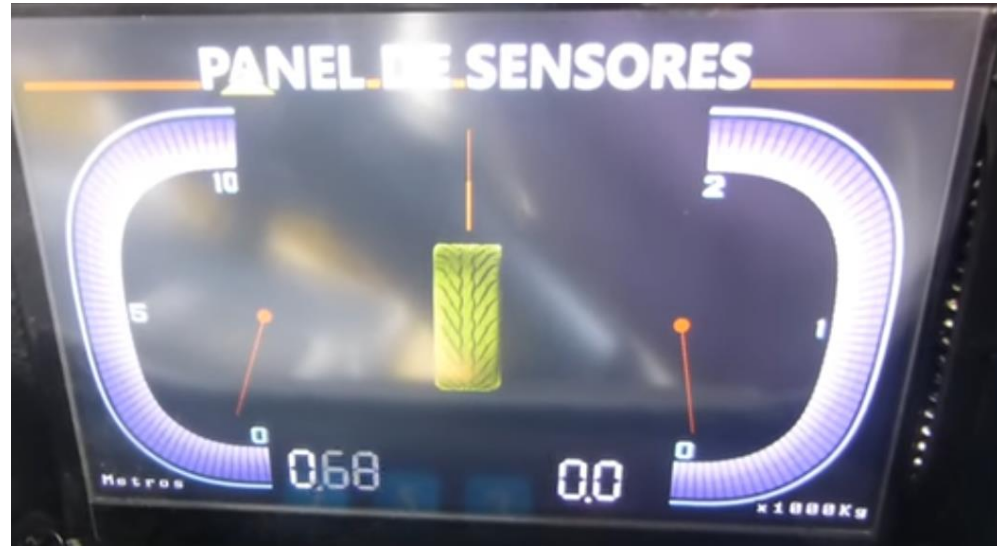


Diagrama de flujo



Índice

1 Introducción

2 Características generales

3 Diseño Mecánico

- Sistema de medición de ángulo de dirección
- Análisis de elementos en mal estado
- Sistema de medición de altura
- Sistema de medición de peso

4 Diseño Eléctrico y Electrónico

- Sistema de control de electroválvulas
- Sistema de monitoreo de variables

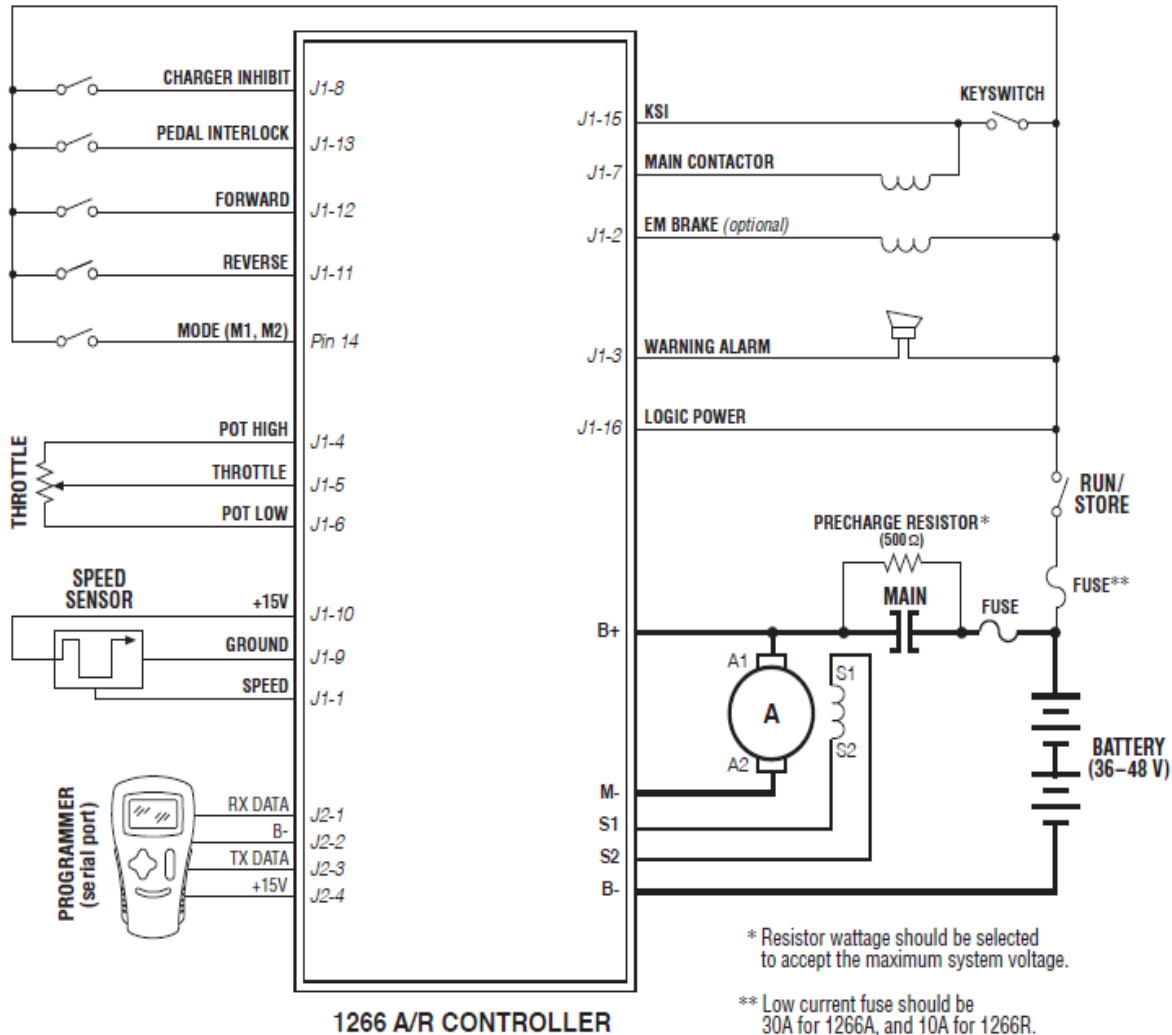
5 Construcción

- Instalación del controlador del motor de tracción
- Construcción de mecanismos, engrane y placa electrónica

6 Análisis Económico

Instalación de Controlador

- Controlador Curtis 1266A



Controller Information

Model:	KDZ24400	Serial Number:	14141071	SoftWare Version:	0404
Rotor_Ver:	B4				

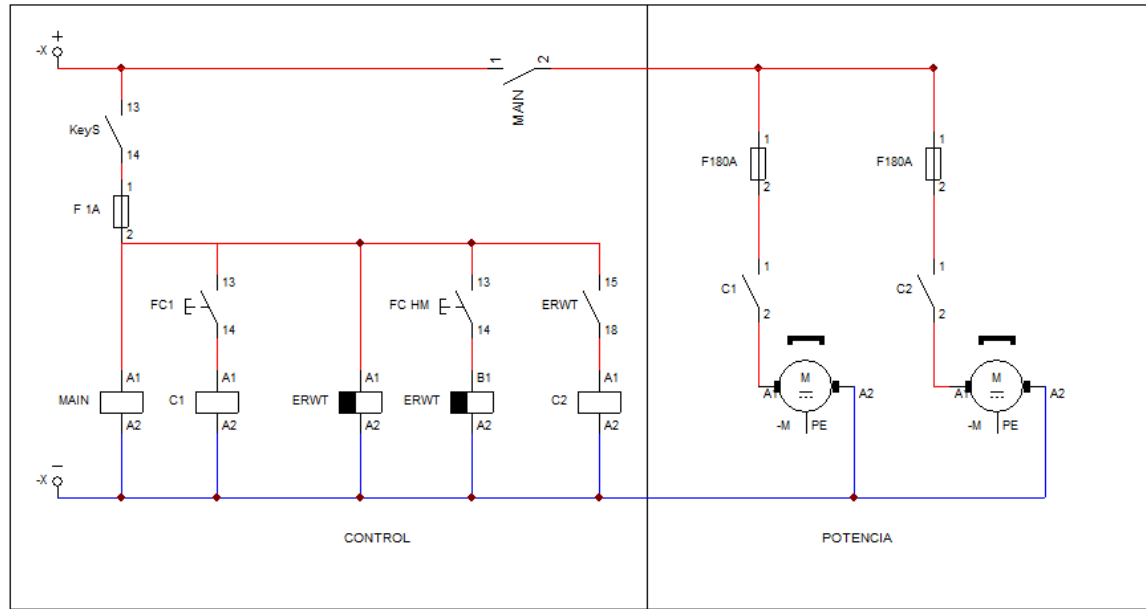
General Setting

Forward Switch [1]	<input type="radio"/> Enable	<input checked="" type="radio"/> Disable
Foot Switch [2]	<input type="radio"/> Enable	<input checked="" type="radio"/> Disable
Throttle Sensor Type [3]	0-5V	
Throttle effective starting position	10%	<input type="range"/>
Throttle efficient area end position	84%	<input type="range"/>
Max Motor Current [4]	100%	<input type="range"/>
Max Battery Current[5]	70%	<input type="range"/>

Description

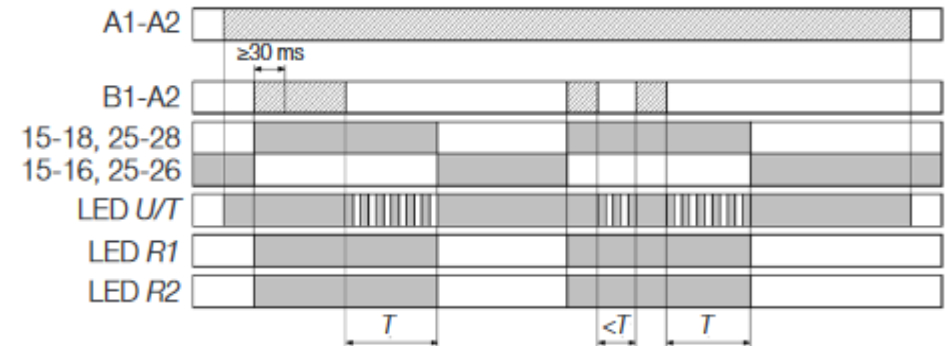
- If enabled, Throttle Switch will be considered as Forward Switch. The motor will be run CW if turn on Throttle Switch and turn off Reversing Switch; Conversely, it will run CCW; If both switches are on or off, it will be in neutral and Throttle Safety Switch invalid.
- Only if Forward Switch is off, Foot Switch can be used. If enabled, please turn on foot switch to activate throttle.
- Usually valid signal range is about 1V-4V. The controller will report fault for <0.5V or >4.5V signal.
- The max output current as percentage of controller current rating. i.e. A 400A rated controller will limit the max output to 200A if you choose 50% here.
- Controller will cut back motor current at high speed, to limit battery current. Controller can output Max Motor Current at low speed. Note motor current can be much higher than battery current at low speed.

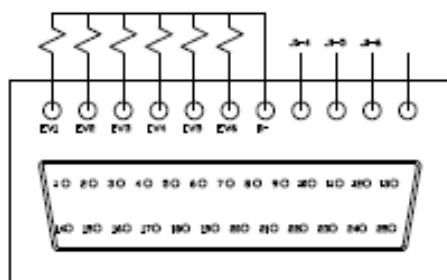
Diagrama eléctrico de motores



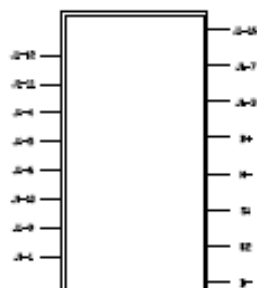
Ba

Off-delay with control signal
 Retardo a la conexión con señal de control
 Retardo na desenergização com comando
 Rückfallverzögerung mit Steuersignal

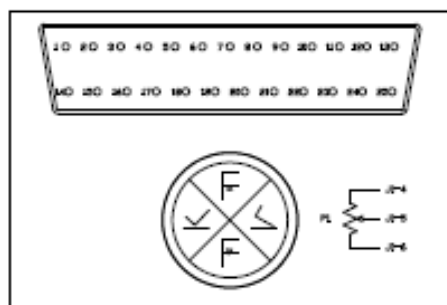
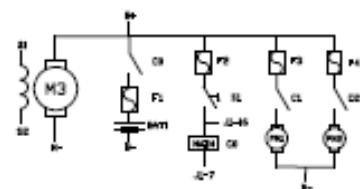




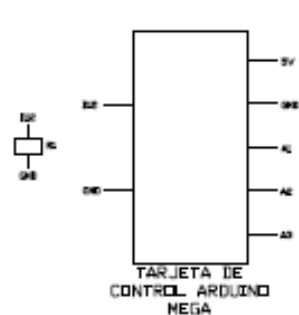
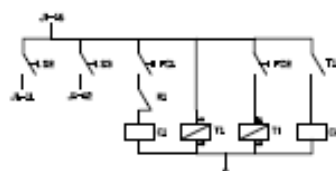
TARJETA DE CONTROL DE ELECTROVALVULAS



TARJETA DE CONTROL DE MOTOR DE TRACCION (CURTIS 1266A)



JOYSTICK



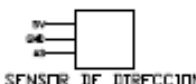
TARJETA DE CONTROL ARDUINO MEGA



SENSOR DE PRESION



SENSOR DE ALTURA



SENSOR DE DIRECCION

EV	Electroválvula
RL	Relé de alarma (Arduino)
T1	Temporizador ERVT off delay 12-48Vdc
FC2	Final de carrera de HOMBRE MUERTO
FC1	Final de carrera del JOYSTICK
S3	Selector para el lado derecho
S2	Selector para el lado izquierdo
F3	Fusible NHO 350A
F2	Fusible NHO 100A
F1	Fusible NHO 100A
PM2	Motor IC Permanent Magnet
PM1	Motor IC Permanent Magnet
M3	Motor de tracción
C2	Contacto normalmente abierto 200A
C1	Contacto normalmente abierto 200A
C0	Contacto normalmente abierto 200A
CODIGO	DESCRIPCION

TABLA DE ELEMENTOS

	Fecha	Nombre	Firma
Dibujado	05/03/17	Aguirre David	
Dibujado	05/03/17	Molina Xavier	
Revisado	/00/00	Op. Harlio David	
Aprobado	/00/00	Op. Harlio David	

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE
Carrera de Ingeniería Mecatrónica
Sangolquí-Ecuador

Material	Cantidad
	1
Denominación	Escala
PLANDS ELECTRICOS (EL MONTACARGA)	
Código	NCT-ELEC-01
Sustituye a:	HOJA 1 DE 1

Índice

1 Introducción

2 Características generales

3 Diseño Mecánico

- Sistema de medición de ángulo de dirección
- Análisis de elementos en mal estado
- Sistema de medición de altura
- Sistema de medición de peso

4 Diseño Eléctrico y Electrónico

- Sistema de control de electroválvulas
- Sistema de monitoreo de variables

5 Construcción

- Instalación del controlador del motor de tracción
- Construcción de mecanismos, engrane y placa electrónica

6 Análisis Económico

Mantenimiento

Motores Vdc



- Resistencia ($11G\Omega$) $>$ $5G\Omega$
- Voltaje de prueba: 500Vdc

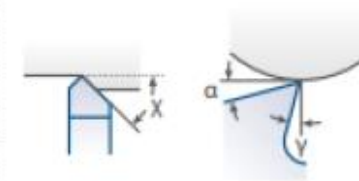
Mantenimiento en los pistones y electroválvulas



Fabricación de mecanismos y reconstrucción de engrane roto



Torneado



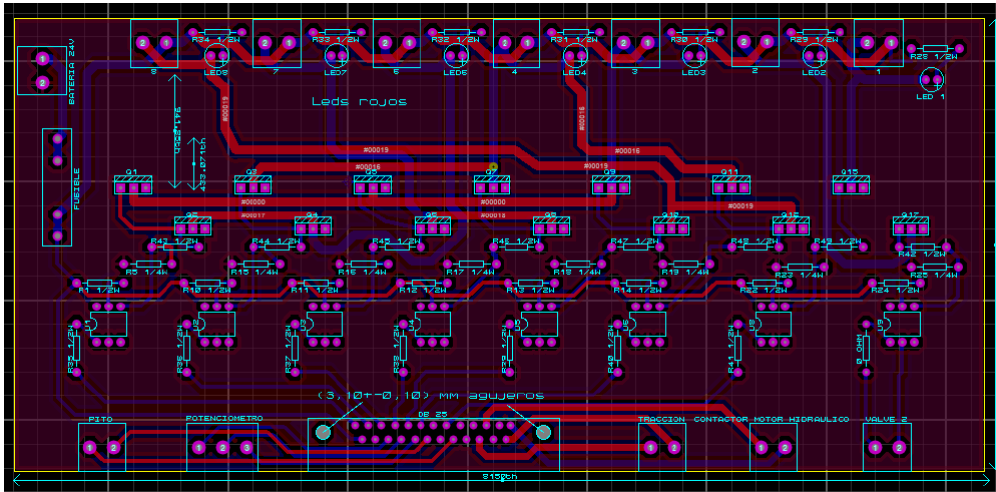
- α Ángulo de incidencia [°]
- γ Ángulo de arranque [°]
- χ Ángulo de posicionamiento de herramienta [°]

El radio de la punta r debe ser al menos 0,5 mm

	Ángulo de incidencia	Ángulo de arranque	Ángulo de colocación de la herramienta	Velocidad de corte	Avance
TECAFINE PE, PP	6-10	0-5	45-60	250-500	0,1-0,5
TECAFINE PMP	6-10	0-5	45-60	250-500	0,1-0,5
TECARAN ABS	5-15	25-30	15	200-500	0,2-0,5
TECANYL	5-10	6-8	45-60	300	0,1-0,5
TECAFORM AD, AH	6-8	0-5	45-60	300-600	0,1-0,4
TECAMID, TECARIM, TECAST	6-10	0-5	45-60	250-500	0,1-0,5
TECADUR/TECAPET	5-10	0-5	45-60	300-400	0,2-0,4
TECANAT	5-10	6-8	45-60	300	0,1-0,5
TECAFLON PTFE, PVDF	5-10	5-8	10	150-500	0,1-0,3
TECAPEI	10	0	45-60	350-400	0,1-0,3

Fabricación de Tarjeta de control

- Pistas fresadas
- Perforaciones mediante CNC
- Texto fotograbado



Índice

1 Introducción

2 Características generales

3 Diseño Mecánico

- Sistema de medición de ángulo de dirección
- Análisis de elementos en mal estado
- Sistema de medición de altura
- Sistema de medición de peso

4 Diseño Eléctrico y Electrónico

- Sistema de control de electroválvulas
- Sistema de monitoreo de variables

5 Construcción

- Instalación del controlador del motor de tracción
- Construcción de mecanismos, engrane y placa electrónica

6 Análisis Económico

Resumen de Costos

Descripción	COSTO DIRECTO	COSTO INDIRECTO	COSTO DIRECTO	TOTAL
	Materiales y Repuestos	Diseño e Ingeniería Valor (USD)	Construcción / Instalación Valor (USD)	
Fabricación de piñón de dirección	16,00	20,00	10,00	46,00
Mantenimiento a motores DC	0,00		80,00	80,00
Cambio de mangueras con fuga	16,00		5,00	21,00
Cambio de electroválvulas quemadas	80,00		10,00	90,00
Diseño y construcción de tarjeta electrónica con lógica de activación de electroválvulas	29,23	50,00	75,00	149,23
Cambio de cableado de control y potencia	112,80		40,00	152,80
Cambio de contactores de potencia	0,00	15,00	40,00	55,00
Sustitución de conectores de 180 amperios para baterías	42,00		5,00	47,00
Adaptación de tarjeta de control para motores DC	360,00	15,00	40,00	415,00
Monitoreo de altura	45,00	100,00	100,00	245,00
Monitoreo de peso	220,00	10,00	5,00	235,00
Monitoreo de ángulo de dirección	35,00	10,00	15,00	60,00
Implementación de temporizador para apagado automático	90,01	15,00	10,00	115,01
implementación del sistema de monitoreo	125,00	120,00	15,00	260,00
TOTAL	1171,04	355,00	450,00	1971,04

Costo Beneficio

$$B/C = \frac{VALOR DE LOS BENEFICIOS}{VALOR DE COSTO TOTAL}$$

Para obtener el valor de costo total se suma el valor del avalúo inicial de 6000,00 USD y el valor total de la inversión el cual es de 1971,00 USD.

El costo de alquiler varía dependiendo el tipo de contrato, el cual en promedio es de 1200,00 al mes; intentando ser conservadores se estima que en un período de dos años la máquina sea alquilada a un estimado de ocho meses

$$B/C = \frac{1200(8)}{6000,00 + 1971,00} = 1,2$$

VAN

TIR

VALOR MONTARGAS	18.000	Valor comercial en Mercado Ecuatoriano (usado)
TIEMPO DE VIDA	10	AÑOS
DEPRECIACIÓN EN 10 AÑOS	1800	Maquinaria
INVERSION AÑO 0	7971	Del análisis de costos
TASA IMPUESTOS	25%	Impuesto a la renta
COSTO DE OPORT	4,88%	Tasa referencial pasiva del banco central para inversión en Banca

ESTADO DE RESULTADOS											
AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
VENTAS		4.800	4.800	7.200	7.200	7.200	7.200	7.200	9.600	9.600	9.600
PUBLICIDAD			240	360	360	360	360	360	480	480	
COSTO MANTENIMIENTO		480	480	720	720	720	720	720	960	960	960
UTILIDAD EN VENTAS		4.320	4.080	6.120	6.120	6.120	6.120	6.120	8.160	8.160	8.640
DEPRECIACION		1.800	1.800	1.800	1.800	1.800	1.800	1.800	1.800	1.800	1.800
UTILIDAD		2.520	2.280	4.320	4.320	4.320	4.320	4.320	6.360	6.360	6.840
25,00%		630	570	1.080	1.080	1.080	1.080	1.080	1.590	1.590	1.710
UTILIDAD NETA		1.890	1.710	3.240	3.240	3.240	3.240	3.240	4.770	4.770	5.130

FLUJO DE EFECTIVO											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
UTILIDAD	0	2.520	2.280	4.320	4.320	4.320	4.320	4.320	6.360	6.360	6.840
IMPUESTOS	0	630	570	1.080	1.080	1.080	1.080	1.080	1.590	1.590	1.710
FLUJO DE EFECTIVO OI	-	1.890	1.710	3.240	3.240	3.240	3.240	3.240	4.770	4.770	5.130
INVERSIONES	(7.971)										
FLUJO NETO	(7.971)	1.890	1.710	3.240	3.240	3.240	3.240	3.240	4.770	4.770	5.130

VAN: \$ 17.716,28

TIR: 32%

Conclusiones

- Se logró la repotenciación del montacargas, por medio de la adaptación de una tarjeta de control para el motor de tracción, la cual permitió mejorar la eficiencia gracias a su función de regeneración.
- Se implementó una tarjeta de control para las electroválvulas que se diseñó basada en tecnología mosfet, que permitió el uso del mando para el control de los movimientos de la garra.
- Se diseñó los mecanismos para la medición de la altura y el ángulo de dirección, los cuales fueron indispensables para la adaptación de los sensores a implementar.
- Se logró la medición del peso de carga en las garras por medio de la implementación de un sensor de presión Wika C-10, el cual fue instalado en la línea principal hidráulica.
- Se diseñó un sistema de control de seguridad, condicionado por medio del monitoreo de las variables (peso y altura). El cual al sobrepasar la curva de trabajo bloquea el control del motor que se encarga de elevar la garra.

Recomendaciones

- Se recomienda el uso de cable blindado para las señales de control, ya que estas pueden ser interferidas por ruido y mostrar inestabilidad en la pantalla.
- Se podría usar un PLC para reemplazar el uso de Arduino, con esto se mejoraría la capacidad de adquisición de datos y velocidad de procesamiento.
- Se recomienda usar un controlador con capacidad de cambio de giro interno sin necesidad el uso de contactores externos.
- Se debe rotular los cables para poder identificarlos para facilidad de mantenimiento.

