

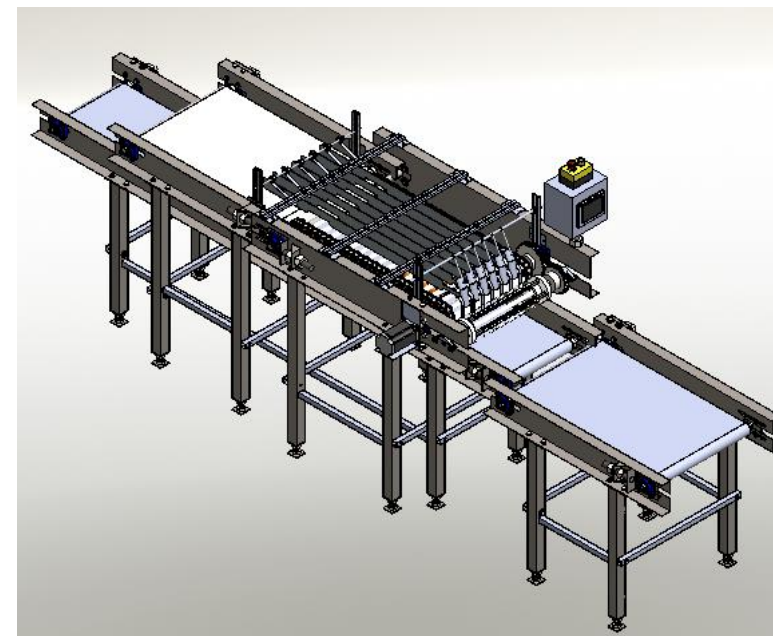


ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

“DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA EL EMPAQUETADO DE HUEVOS EN LA EMPRESA GRANPIAVE Cía. Ltda.”

SANGOLQUÍ, JULIO 2016





ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

AUTORES:

**ALEX SANTIAGO MARTÍNEZ MEZA
EDWIN JAVIER QUINCHIMBA CÓNDOR**

DIRECTOR: ING. BYRON CORTÉZ

SANGOLQUÍ, JUNIO 2016



Objetivo General



Diseñar, construir e implementar un sistema automatizado para el empaquetado de huevos



Objetivos específicos



- Diseñar y construir la estructura mecánica.
- Implementar un sistema electrónico.
- Establecer un control óptimo que no afecte a la calidad del producto.
- Realizar pruebas de funcionalidad y rendimiento.



Justificación e Importancia



La automatización de procesos busca un cambio en la productividad, optimizando tiempos de producción, facilitando trabajos complejos a los operarios. Se automatiza un proceso para tener beneficio económico y social.

La industria ecuatoriana está en proceso de cambio, desea modernizar sus procesos. En nuestro caso se realiza una importante inversión en innovación e investigación.



Marco Teórico



Manejo de la producción de huevos

El punto clave en el manejo de huevos dentro de cualquier tipo de galpón, es la rapidez con la que son retirados, entre lo más pronto posible son retirados mejor, debido a que el medio ambiente es favorable a suciedad y contaminación de la cascara, con el fin de tener el menor número de huevos rotos y sucios.



Jaula de Postura Recolección Manual



Recolecciones en galpones automatizados



Buenas Prácticas de Manufactura

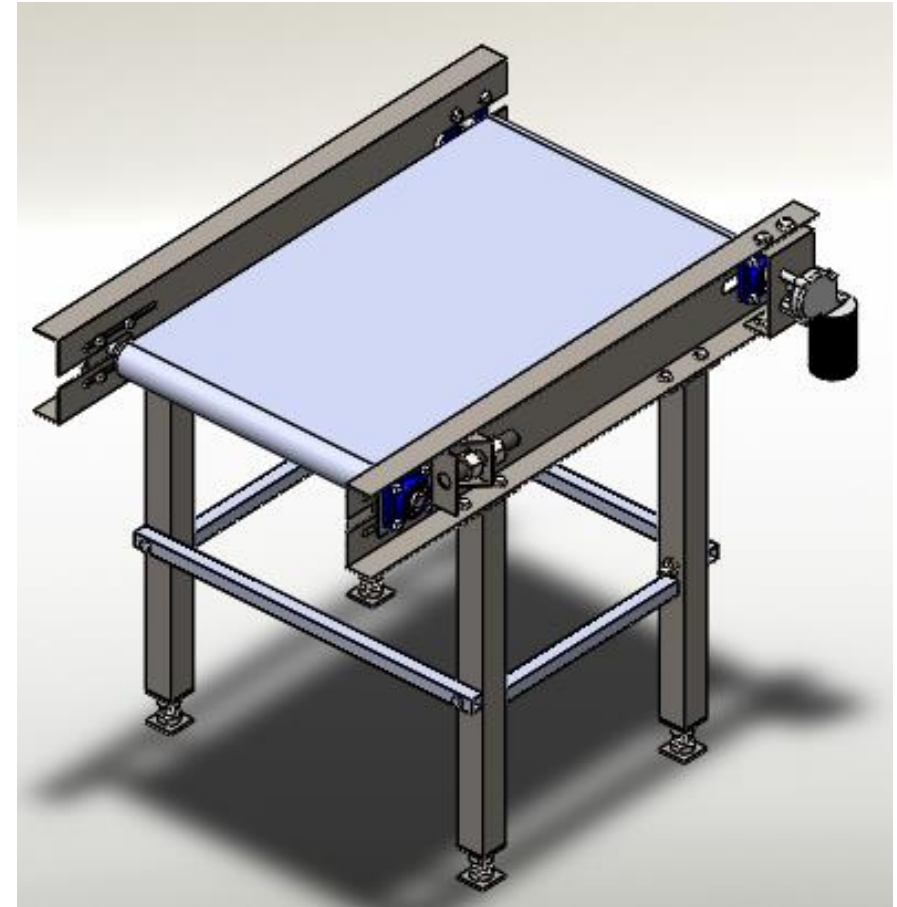
- Son una herramienta básica para la obtención de productos seguros para el consumo humano, que se centralizan en la higiene y forma de manipulación.
- La aplicación de Buenas Prácticas de Manufactura, reduce significativamente el riesgo de presentación de toxi-infecciones a la población consumidora al protegerla contra contaminaciones.





Bandas Transportadoras

- También conocida como cinta transportadora es un sistema de transporte continuo conformado por una banda que se desplaza entre dos rodillos.
- Es muy común ver estos equipos desde una industria pesada como la mecánica, metalúrgica o en la extracción de minerales hasta en los supermercados o tiendas para la transportación de los productos frente al vendedor.





CADENAS TIPO HOLLOW PIN.

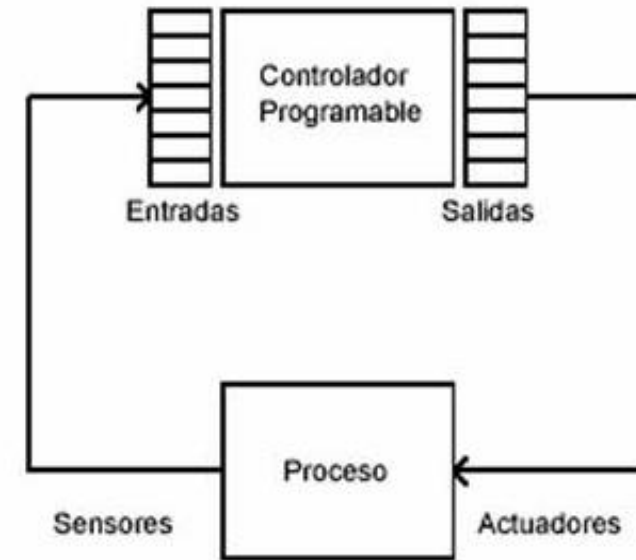
- La diferencia de estas cadenas de las convencionales está en su pasador que es hueco en el cual se pueden implementar accesorios para crear sistemas de transporte de carga en especial aquellos que son de rodillos.





CONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMABLES (PLC)

Son dispositivos electrónicos que puede ser programado por el usuario, en el cual se puede realizar las instrucciones para poder controlar un proceso, el PLC está diseñado para múltiples señales de entrada y de salida, inmunidad al ruido eléctrico y resistencia a la vibración y al impacto.





SISTEMAS HMI.

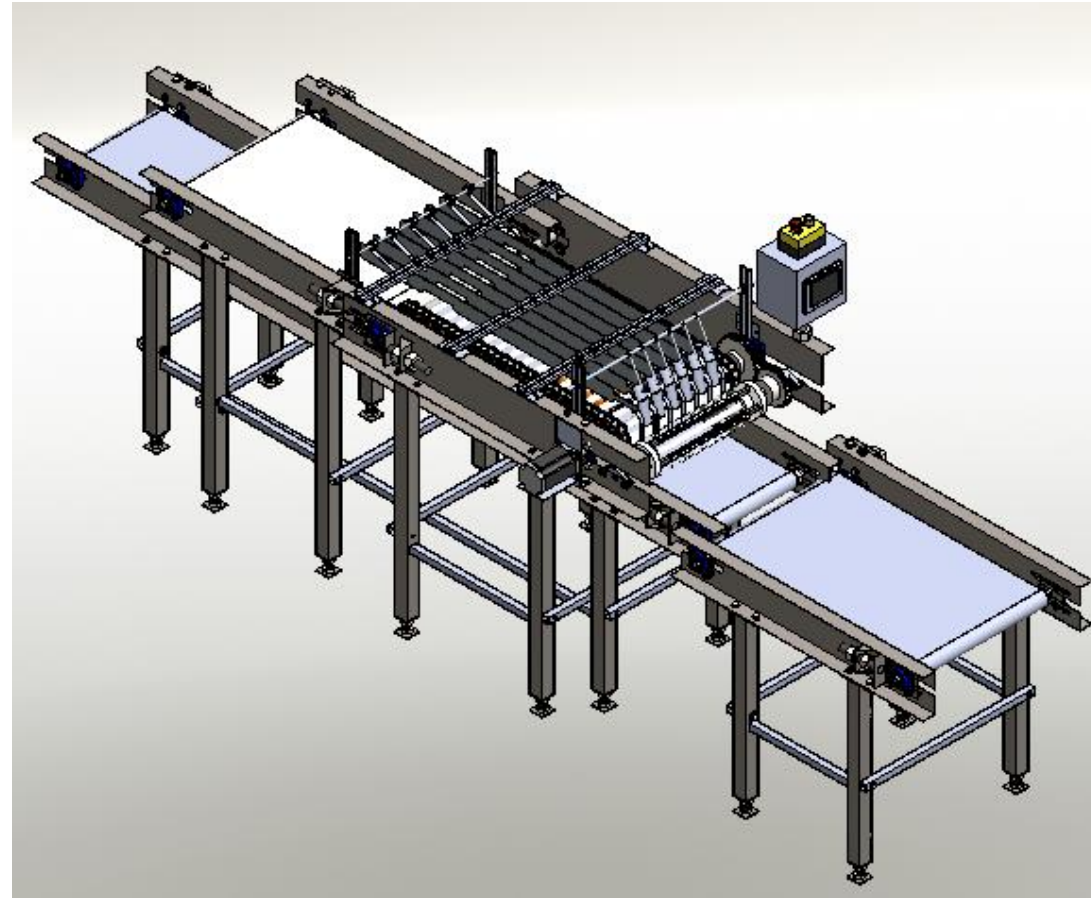
- Las siglas HMI significan “Human Machine Interface” o “Interfaz Hombre – Máquina”. Son ampliamente utilizados en la industria para el monitoreo, supervisión, control y seguimiento de procesos.
- El HMI más común utilizado en automatizaciones a nivel de campo y proceso, son pantallas Touch Screen, en donde el manejo de gráficos, valores numéricos o alfanuméricos, manejo de alarmas y otras aplicaciones se las puede realizar de manera sencilla.





Especificación del producto.

- Buenas Prácticas de Manufactura.
- Interfaz Hombre Máquina.
- Tipos de actuadores y control.
- Sistema Modular.
- Equipos y materiales accesibles.
- Mecanismo empacador.

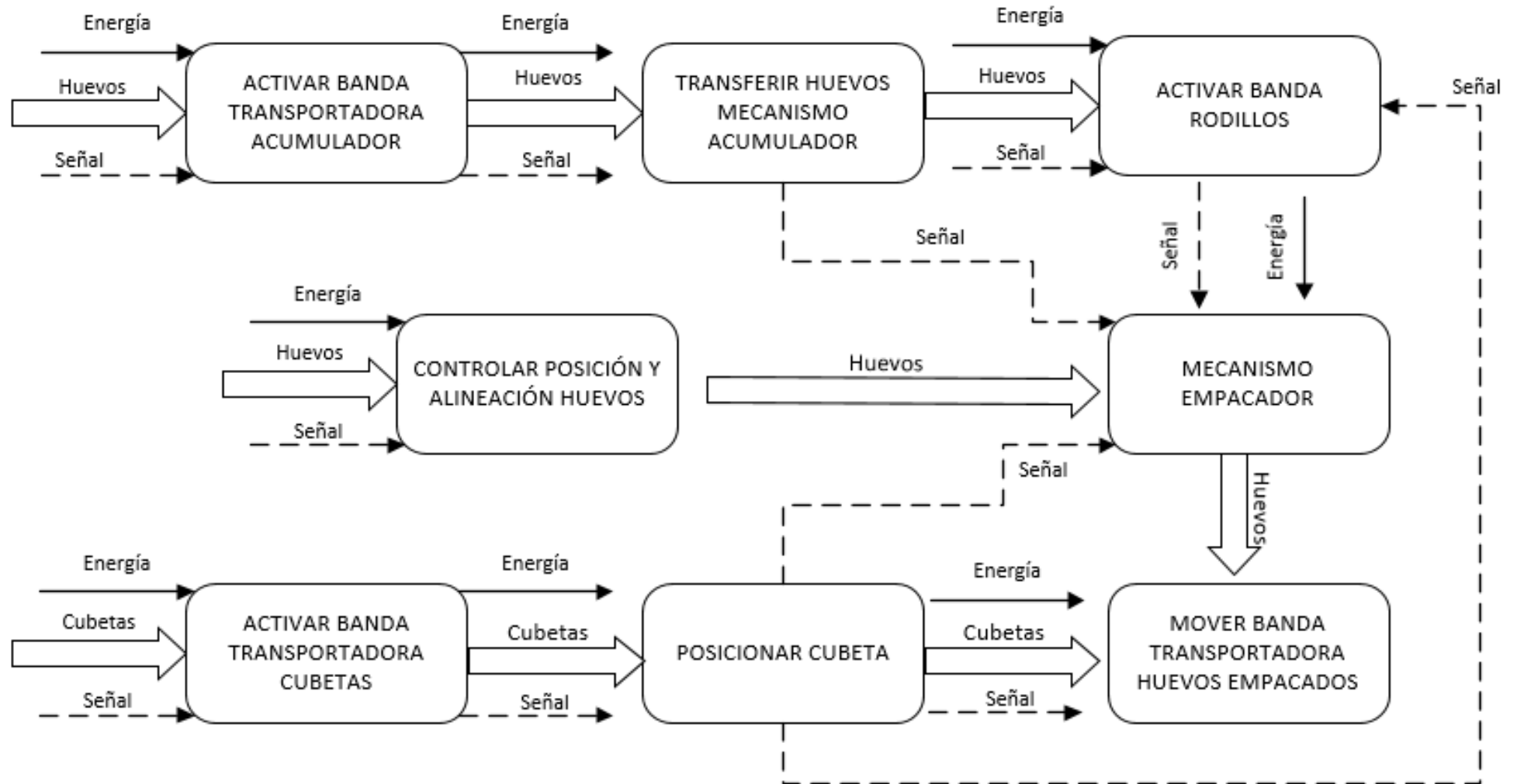




ANÁLISIS FUNCIONAL

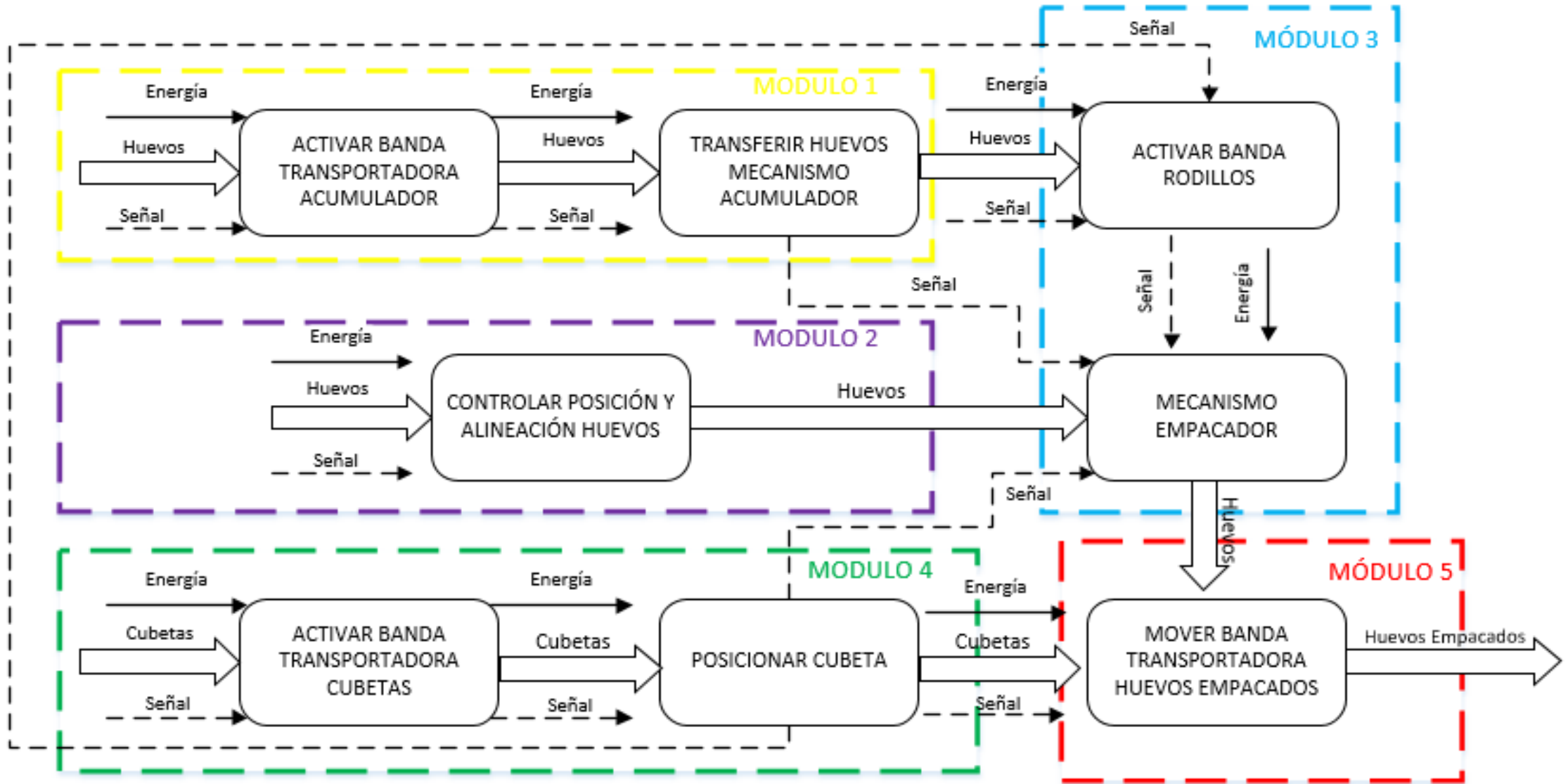


PROCESO DE EMPAQUETADO





MÓDULOS FUNCIONALES





Modularidad del Equipo



Módulos	Requerimientos Funcionales	Estructura Funcional
Módulo I	Motores Cinta Transportadora Sensores	Actuador Banda transportadora Material Cinta transportadora Determinar presencia acumulador huevos
Módulo II	Rieles Guías	Material rieles guías
Módulo III	Mecanismo empacador Control del sistema Interfaz Hombre Máquina Sensores Motores	Forma de empaquetado Controlador a utilizar Interfaz amigable Presencia huevos en el acumulador Actuador del mecanismo empacador
Módulo IV	Cinta transportadora Sensores Motores	Material cinta transportadora Determinar presencia cubeta vacía Actuador Banda transportadora
Módulo V	Cinta transportadora Motores	Material cinta transportadora Actuador Banda transportadora



Alternativas de Diseño y Materialización Preliminar.



MODULO I: MOTORES



Motor BOSCH



Motor Trifásico



Motor a pasos



Servomotor



Alternativas de Diseño y Materialización Preliminar.



CONCLUSIÓN

MOTORES						
Conclusión	Costo	Facilidad control	Potencia	Precisión de Movimientos	Σ	Ponderación
DC	0,178	0,0974	0,0086	0,02129	0,306	1
AC	0,067	0,0061	0,1379	0,00354	0,215	4
Pasos	0,095	0,0517	0,0517	0,04792	0,246	2
Servomotor	0.039	0,0517	0,0948	0,04792	0,234	3
			Suma		1,00	

De acuerdo a las directrices de diseño planteadas, la mejor opción que se adapta a los requerimientos es un motor DC con caja reductora.



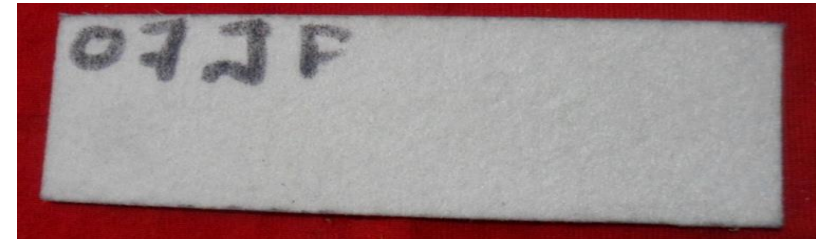
Alternativas de Diseño y Materialización Preliminar.



MODULO I: CINTA TRANSPORTADORA



Cinta Transportadora P22 – 76



Cinta Transportadora C07JF



Cinta Transportadora UPRO 213W



Alternativas de Diseño y Materialización Preliminar.



CONCLUSIÓN

Cinta Transportadora						
Conclusión	Fácil Limpieza	Manipulación suave y segura	Resistencia Desgaste	Revestimiento antimicrobianos	Σ	Ponderación
Goma Natural P22-76	0,108	0,0098	0,02614	0,0343	0,178	3
C07JF	0,153	0,0139	0,28758	0,0833	0,538	1
UPRO 213W	0,063	0,00571	0,15686	0,0588	0,284	2
				Suma	1,000	

El tipo de cinta transportadora que cumple las especificaciones de diseño es la denominada C07JF, cinta disponible en el mercado y es utilizada en la manipulación de alimentos.



Alternativas de Diseño y Materialización Preliminar.



MODULO I: SENSORES



Sensores ópticos



Sensor capacitivo



Finales de carrera de precisión



Alternativas de Diseño y Materialización Preliminar.



CONCLUSIÓN

Sensores						
Conclusión	Costo	Facilidad Implementación	Resolución	Disponibilidad	Σ	Ponderación
Ópticos	0,176	0,0648	0,0457	0,06481	0,352	2
Capacitivos	0,029	0,0648	0,0076	0,06481	0,167	3
Fines de carrera	0,324	0,2037	0,0839	0,2037	0,815	1
				Suma	1	

Los sensores a utilizar en este módulo serán fines de carrera, los cuales cumplen con todas las especificaciones necesarias para el correcto funcionamiento en el acumulador.



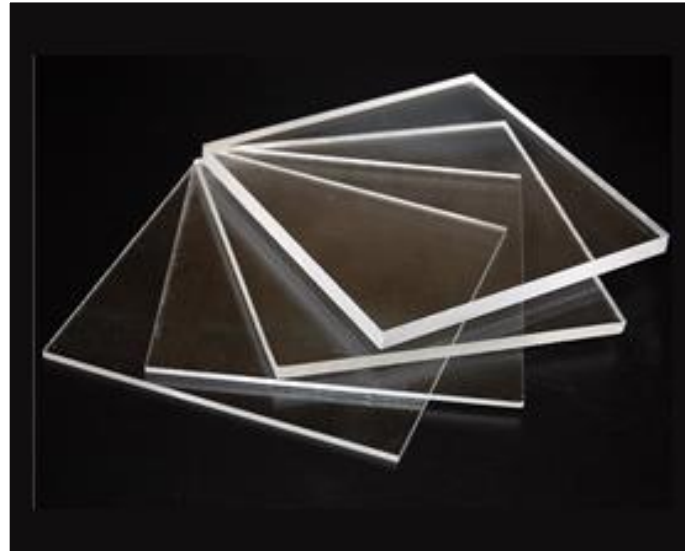
Alternativas de Diseño y Materialización Preliminar.



MODULO II: MATERIAL RIELES GUIAS



Cromado



Acrílico



Acero Inoxidable



Alternativas de Diseño y Materialización Preliminar.



CONCLUSIÓN

Guías					
Conclusión	Costo	Fácil Limpieza	Vida útil	Σ	Ponderación
Cromado	0,289	0,0648	0,0918	0,445	1
Acrílico	0,289	0,065	0,0378	0,391	2
Acero Inoxidable	0,034	0,065	0,0648	0,164	3
			Suma	1	

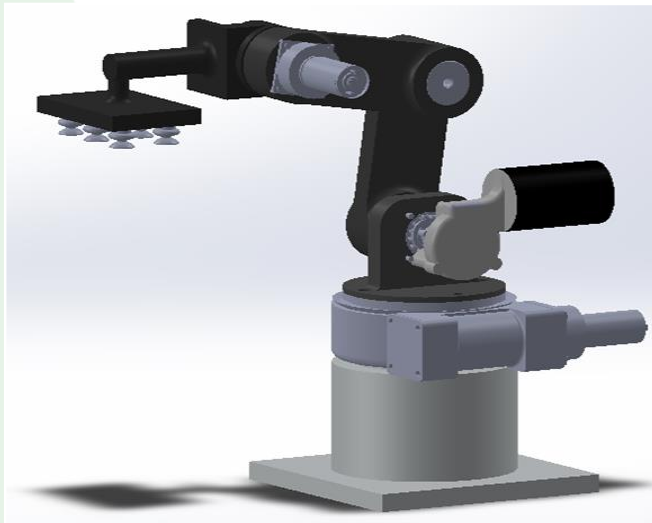
Se utilizara platina de acero para la fabricación de las guías, posteriormente se realizara el recubrimiento en cromo para su utilización en contacto con alimentos.



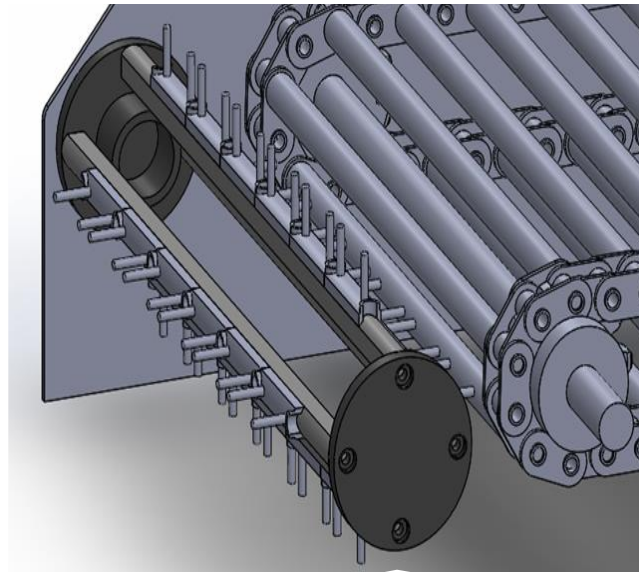
Alternativas de Diseño y Materialización Preliminar.



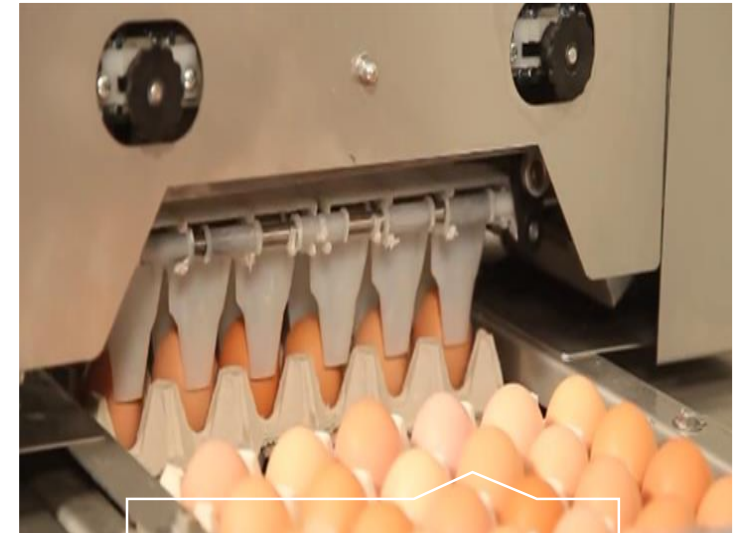
MODULO III: MECANISMO EMPACADOR



Sistema Neumático



Sistema Rodillos



Sistema tipo acordeón



Alternativas de Diseño y Materialización Preliminar.



CONCLUSIÓN

Mecanismo Empacador						
Conclusión	Costo	Complejidad Sistema	Mantenimiento	Rapidez de empaquetado	Σ	Ponderación
Sistema Neumático	0,018	0,0086	0,00115	0,1568	0,185	3
Sistema Rodillos	0,295	0,1162	0,01845	0,0833	0,513	1
Sistema tipo acordeón	0,157	0,0516	0,0098	0,0833	0,302	2
				Suma	1	

El mecanismo empacador a diseñar, de acuerdo a varios factores y requerimientos del cliente será el sistema de rodillos.



Alternativas de Diseño y Materialización Preliminar.



MODULO II: CONTROL DE PROCESO



PLC



Arduino



Microcontrolador PIC



Control por contactores y relés



Alternativas de Diseño y Materialización Preliminar.



CONCLUSIÓN

Controlador						
Conclusión	Costo	Facilidad de Implementación	Ambiente Industrial	Compatibilidad	Σ	Ponderación
PIC	0,014	0,0182	0,0409	0,0993	0,172	3
Arduino	0,01	0,0441	0,0409	0,0993	0,194	2
PLC	0,005	0,0830	0,1868	0,1868	0,462	1
Contactores	0,001	0,0311	0,1284	0,0116	0,172	4
				Suma	1	

Se decide utilizar un controlador lógico programable PLC, posteriormente se decidirá que PLC podemos encontrar disponible en el mercado nacional y sus especificaciones para nuestras necesidades.



Alternativas de Diseño y Materialización Preliminar.



MODULO III: INTERFAZ HUMANO-MAQUINA



Touch-Panel HMI



Display LCD



Computador



Alternativas de Diseño y Materialización Preliminar.



CONCLUSIÓN

Solución A > Solución B						
Conclusión	Costo	Comunicación	Tamaño ergonómico	Interfaz amigable	Σ	Ponderación
Touch Panel	0,01	0,1181	0,1528	0,2222	0,503	1
Computador	0,002	0,1181	0,0139	0,2222	0,356	2
Display LCD	0,018	0,0139	0,0833	0,0261	0,141	3
				Suma	1	

Se utilizará un Touch panel que cumple con las especificaciones necesarias para nuestra aplicación, además existen diferentes modelos, las especificaciones se determinaran en el diseño electrónico posterior.



Alternativas de Diseño y Materialización Preliminar.



MODULO III: MOTORES



Motor BOSCH



Motor Trifásico



Motor a pasos



Servomotor



Alternativas de Diseño y Materialización Preliminar.



CONCLUSIÓN

MOTORES						
Conclusión	Costo	Facilidad control	Potencia	Precisión de Movimientos	Σ	Ponderación
DC	0,034	0,00093	0,1269	0,0149	0,176	4
AC	0,090	0,0056	0,0079	0,0896	0,193	3
Pasos	0,062	0,0126	0,0675	0,2016	0,343	1
Servomotor	0.006	0,0126	0,0675	0,2016	0,287	2
				Suma	1,00	

El motor a pasos será el que se va utilizar de acuerdo a los requerimientos de precisión y potencia que son los más significativos para la elección, teniendo en cuenta el costo como un parámetro también importante.



Alternativas de Diseño y Materialización Preliminar.



MODULO IV: SENSORES



Sensores ópticos

Se decidió utilizar un sensor óptico para la detección de la cubeta vacía.



Sensor capacitivo



Finales de carrera de precisión



CAPÍTULO 4: DISEÑO



BANDA TRANSPORTADORA (Norma DIN 17100 e ISO 1129)

Recomendación de diámetro de rodillos por ancho de banda

Tabla J

BANDA ø Rodillo	400	500	650	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2200
63,5	x	x	x								
70		x	x	x							
76		x	x	x	x						
89		x	x	x	x						
102			x	x	x	x					
108			x	x	x	x	x				
127				x	x	x	x	x			
133				x	x	x	x	x			
152,4						x	x	x	x		
159						x	x	x	x		
193,7									x	x	x

Recomendaciones diámetro rodillos (Rotrans S.A., 2016)



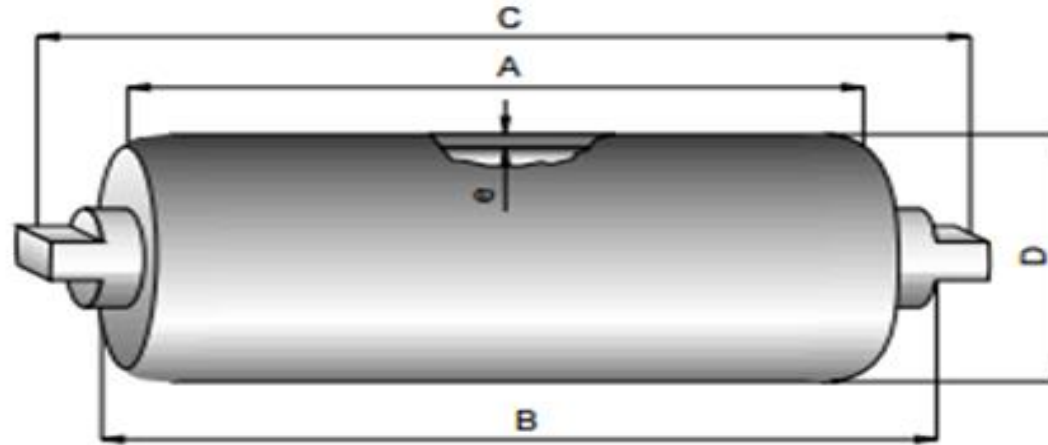
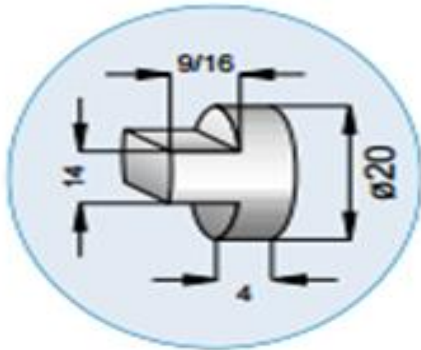
CAPÍTULO 4: DISEÑO

BANDA TRANSPORTADORA



RODAMIENTO 6204 EJE Ø20

Serie M / S-20	DIÁMETRO RODILLO (mm)	D	63,5	70	76	89	102	108	127	133	152	159
	ESPESOR DE TUBO (mm)	e	3	3	3	3	3,6	3,8	4	4	4,5	5
	CONSTANTE PESO RODILLO	T	1	1,1	1,2	1,3	1,6	1,8	2	2,2	2,4	3
	CONSTANTE PESO P. MÓVILES	T1	1	1,2	1,2	1,4	2	2,3	2,8	2,9	3,3	4



Especificaciones Rodillo



CAPÍTULO 4: DISEÑO

DISEÑO EJE MECANISMO EMPACADOR



Especificaciones Rodillo

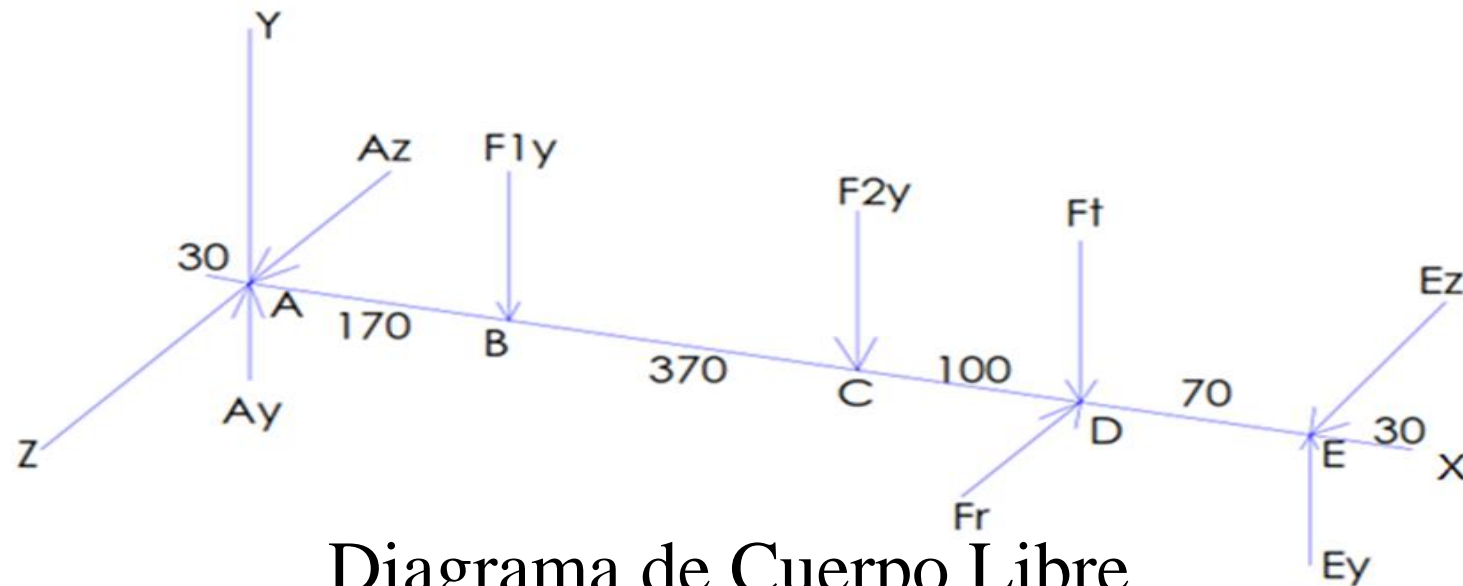


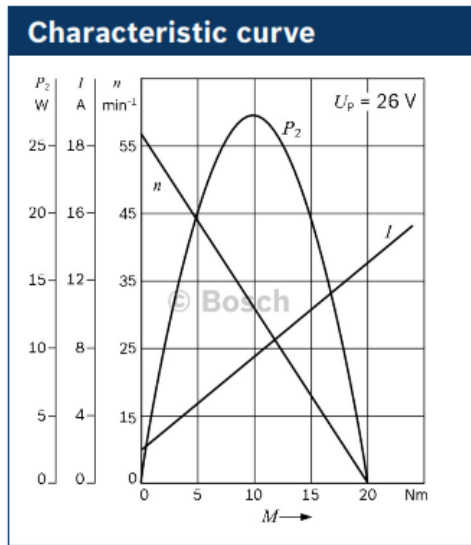
Diagrama de Cuerpo Libre



Notación Empleada



Descripción	Símbolo	Unidad
Potencia transmitida	H	kw
Par de torsión	T	N.m
Velocidad angular	w	$\frac{rad}{s}$
Carga transmitida	W_t	kN
Fuerza componente radial	F^r	kN
Fuerza componente tangencial	F^t	kN
Resistencia a la tensión	S_{ut}	MPa (Kpsi)
Resistencia a la fluencia	S_y	MPa (Kpsi)
Fuerza tangencial del engrane 2 sobre el engrane 3	F_{23}^t	kN



Curva Característica Motor Bosch

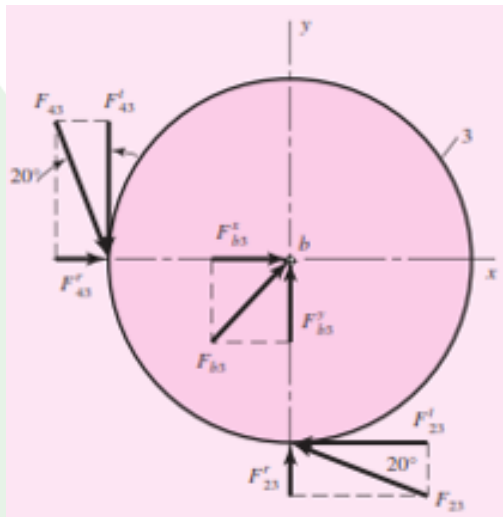


Diagrama cuerpo libre del engrane

$$H = T * w$$

$$H = 0.06283 \text{ Kw}$$

$$W_t = \frac{60000 * H}{\pi * d * n} = 0.1667 \text{ kN} \quad \text{Carga Transmitida}$$

$$W_{t2} = F_{23}^t$$

$$F^r = F^t * \tan \phi$$

$$F_{23}^r = F_{23}^t * \tan 20^\circ = 0.061 \text{ KN} \downarrow$$

$$F_{32}^r = F_{32}^t * \tan 20^\circ = 0.061 \text{ KN} \uparrow$$

Con un acero AISI 1018

$$S_{ut} = 440 \text{ MPa} (64 \text{ Kpsi})$$

$$S_y = 370 \text{ MPa} (54 \text{ Kpsi})$$

Fuerza en los soportes:

$$F_{1,2y} = 1.2299 \text{ kg} * 9.8 \text{ m/s}^2 = 0.01205 \text{ kN}$$



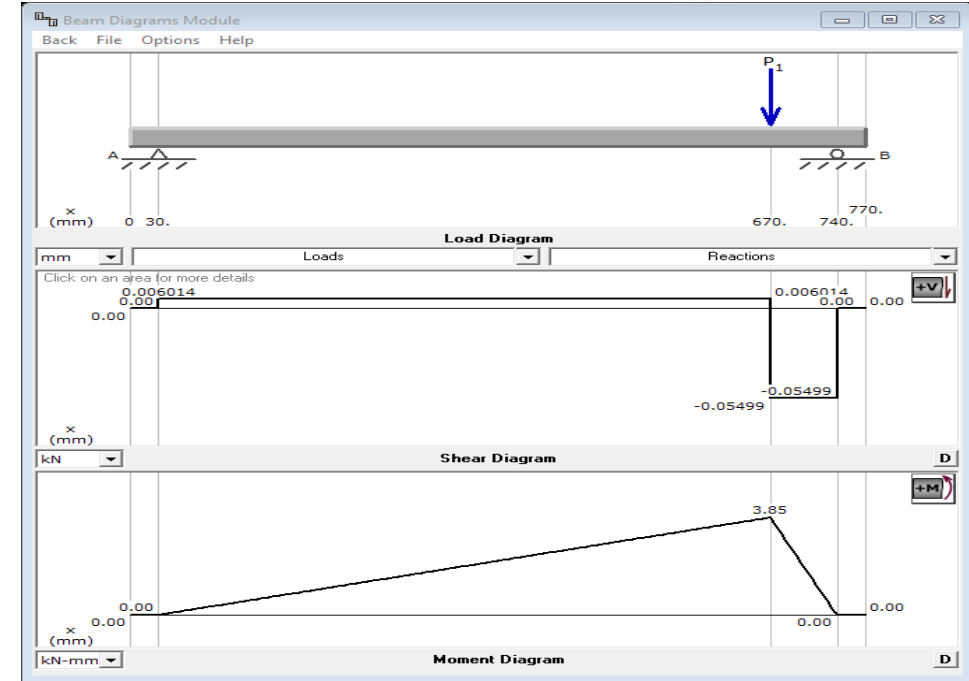
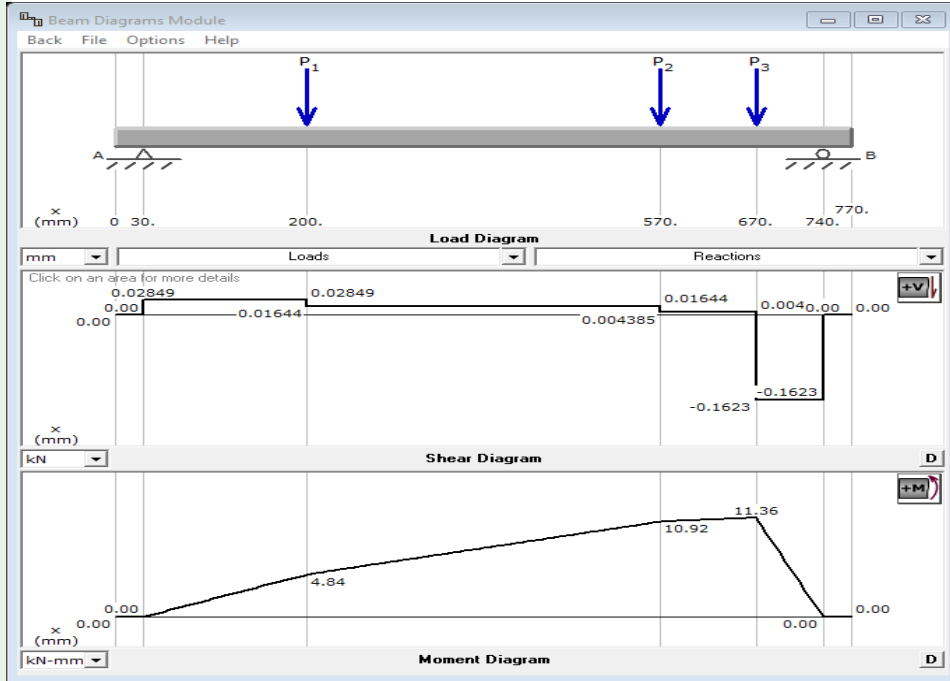
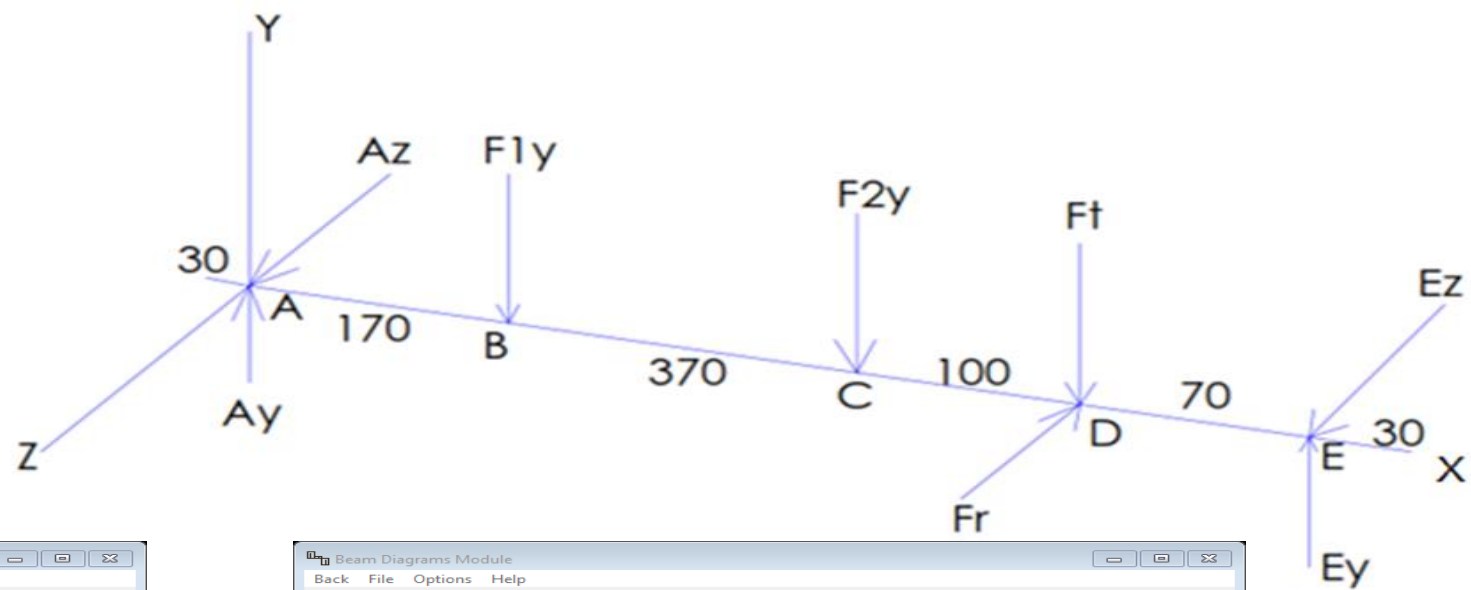
Diseño a fatiga:

$$F_{1y} = P1 = 0.01205 \text{ kN}$$

$$F_{2y} = P2 = 0.01205 \text{ kN}$$

$$W_{t2} = F^t = P3 = 0.1667 \text{ kN}$$

$$F^r = P_1 = 0.061 \text{ KN}$$



$$M_{xy1} = 11.36 \text{ KN.mm}$$

$$M_{xz1} = 3.85 \text{ KN.mm}$$

$$M_{\text{m}\acute{a}\text{x}1} = \sqrt{M_{xy1}^2 + M_{xz1}^2} = 12 \text{ N.m}$$



Limite de resistencia a la fatiga



Descripción	Símbolo
Factor de superficie	k_a
Factor de tamaño	k_b
Factor de carga	k_c
Factor de temperatura	k_d
Factor de confiabilidad	k_e
Factor de efectos varios	k_f
Límite de resistencia a la fatiga	S_e

$$S_e = k_a k_b k_c k_d k_e k_f (0.5 * S_{ut})$$

$$S_e = 178 \text{ MPa}$$

Usamos el criterio de ED-Goodman

$$d = \left\{ \frac{16n}{\pi} \left(\frac{2(k_f M_a)}{S_e} + \frac{[3(k_{fs} T_m)^2]^{1/2}}{S_{ut}} \right) \right\}^{1/3}$$

$$d = 14.31 \text{ mm} \approx 0.56 \text{ plg}$$

$$d = \frac{3}{4} \text{ plg}$$



Factor de seguridad



$$M_{m\acute{a}x} = 12 \text{ kN}\cdot\text{mm}$$

$$\sigma_x = \frac{M_D \cdot y}{I} = \frac{M_D \cdot r}{\frac{\pi \cdot r^4}{4}} = 0.0177 \frac{\text{kN}}{\text{mm}^2}$$

$$\tau_{xy} = \frac{T \cdot \rho}{J} = 0.01473 \frac{\text{kN}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{1,2} = \frac{\sigma_x}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma_x}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2}$$

$$\sigma_1 = 26 \text{ MPa}$$

$$\sigma_2 = 8.33 \text{ MPa}$$

$$\tau_{Max} = \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2} = 8.835 \text{ MPa}$$

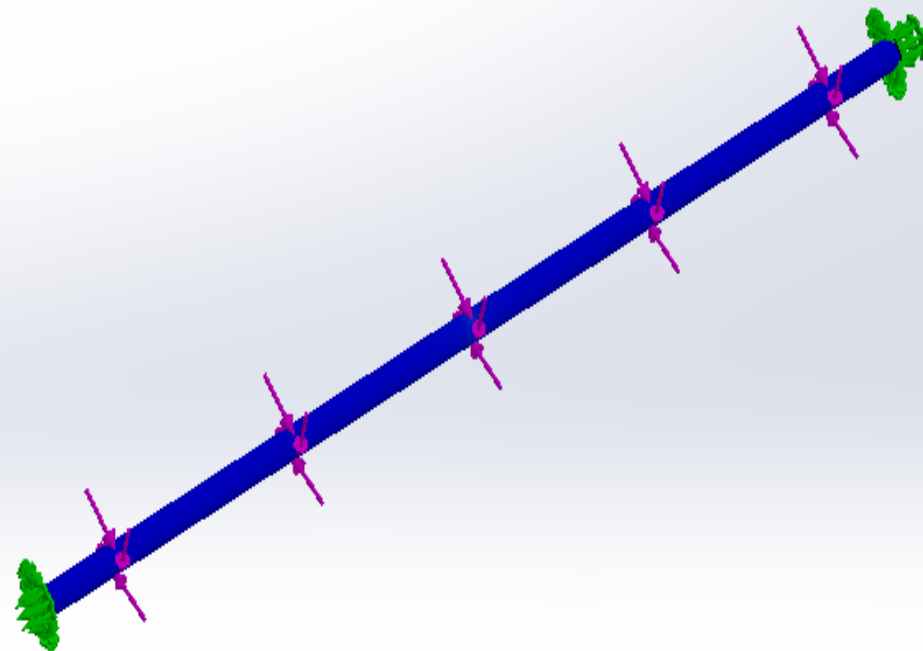
$$n = \frac{0.5 \cdot S_y}{\tau_{Max}} = \frac{0.5 \cdot 370}{8.835} = 20.94$$



Factor de seguridad



Distribución de factor de seguridad: FDS mín = 23



FDS





Engrane

Datos conocidos.

Relación $r = \frac{5}{4}$ Distancia entre centros $\frac{d_1+d_2}{2}$ $min = 124mm$ $max = 137mm$

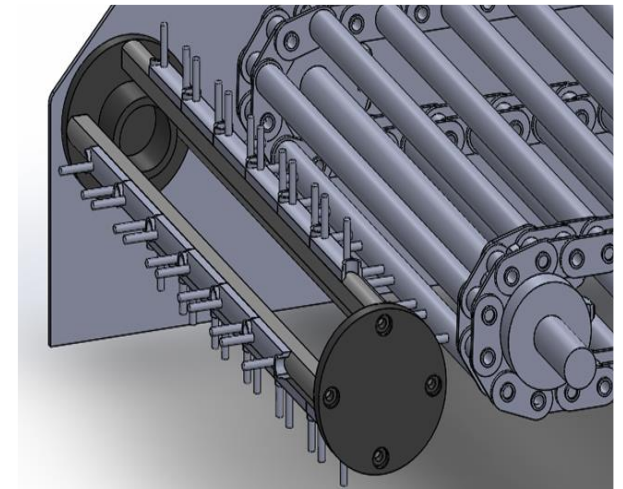
Por disponibilidad en el laboratorio y tiempo de maquinado se escoge una fresa de $m = 3$

Se determina el número de dientes $r = \frac{z_2}{z_1}$, $m = \frac{d_1}{z_1}$ $m = \frac{d_2}{z_2}$

$$z_1 = \frac{5(d_1 + d_2)}{9m} = z_1 = 40$$

$$z_2 = \frac{4(d_1 + d_2)}{9m} = z_2 = 50$$

Por lo tanto $\frac{d_1+d_2}{2} = 135mm$



Sistema de rodillos



Para determinar el ancho de cara (F) intervalo donde la carga se distribuye uniformemente

$$8/Pd < F < 16/Pd$$

De donde paso diametral $Pd = \frac{z}{d}$ define el tamaño del diente relacionándolo con el diámetro primitivo

Nuestro rango esta en 15mm a 30mm

Utilizamos $F = 25\text{mm}$

El diámetro cubo es igual: datos cortes

La longitud cubo = 15mm

Ancho total = $F + \text{distancia cubo} = 40\text{mm}$



Factor de seguridad Engrane



Diámetro de paso:

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

$$d = 3(50) = 150 \text{ mm}$$

Factor de diseño: $n = 2$

Esfuerzo de flexión permisible:

$$\sigma_{perm} = \frac{S_y}{n} = 6 \text{ kpsi}$$

Paso diametral:

$$P = \frac{Z}{d} = \frac{50 \text{ dientes}}{5.91 \text{ plg}} = 8.46 \frac{\text{dientes}}{\text{plg}}$$

Velocidad en la línea de paso:

$$V = \frac{\pi * d * n}{12} = 92.83 \frac{\text{ft}}{\text{min}}$$

Factor de velocidad:

$$K_v = \frac{1200 + V}{1200} = 1.07$$

Factor de forma: $Y=0.409$ para 50 dientes.

Carga transmitida:

$$W^t = \frac{F * Y * \sigma_{perm}}{K_v * P} = 213.1 \text{ lbf}$$



AGMA define Coeficiente elástico

$$C_p = \left[\frac{1}{\pi \left(\frac{1 - \nu_p^2}{E_p} + \frac{1 - \nu_G^2}{E_G} \right)} \right]^{1/2} = 455.95$$

Relación de Poisson: $\nu = 0.28$

Modulo elástico: $E = 8300 \frac{N}{mm^2} = 1203.81 \text{ kpsi}$

Radios de curvatura en los puntos de paso:

$$d_p = 5.67 \text{ plg}$$

$$d_G = 7.08 \text{ plg}$$

$$r_1 = \frac{d_p * \sin 20^\circ}{2} = 0.969 \text{ plg}$$

$$r_2 = \frac{d_G * \sin 20^\circ}{2} = 1.21 \text{ plg}$$

Esfuerzo de contacto:

$$\sigma_c = -C_p \left[\left(\frac{K_v * W^t}{F * \cos 20} \right) \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right) \right]^{1/2} = -10914.27 \text{ psi}$$

Esfuerzo a la fatiga en la superficie:

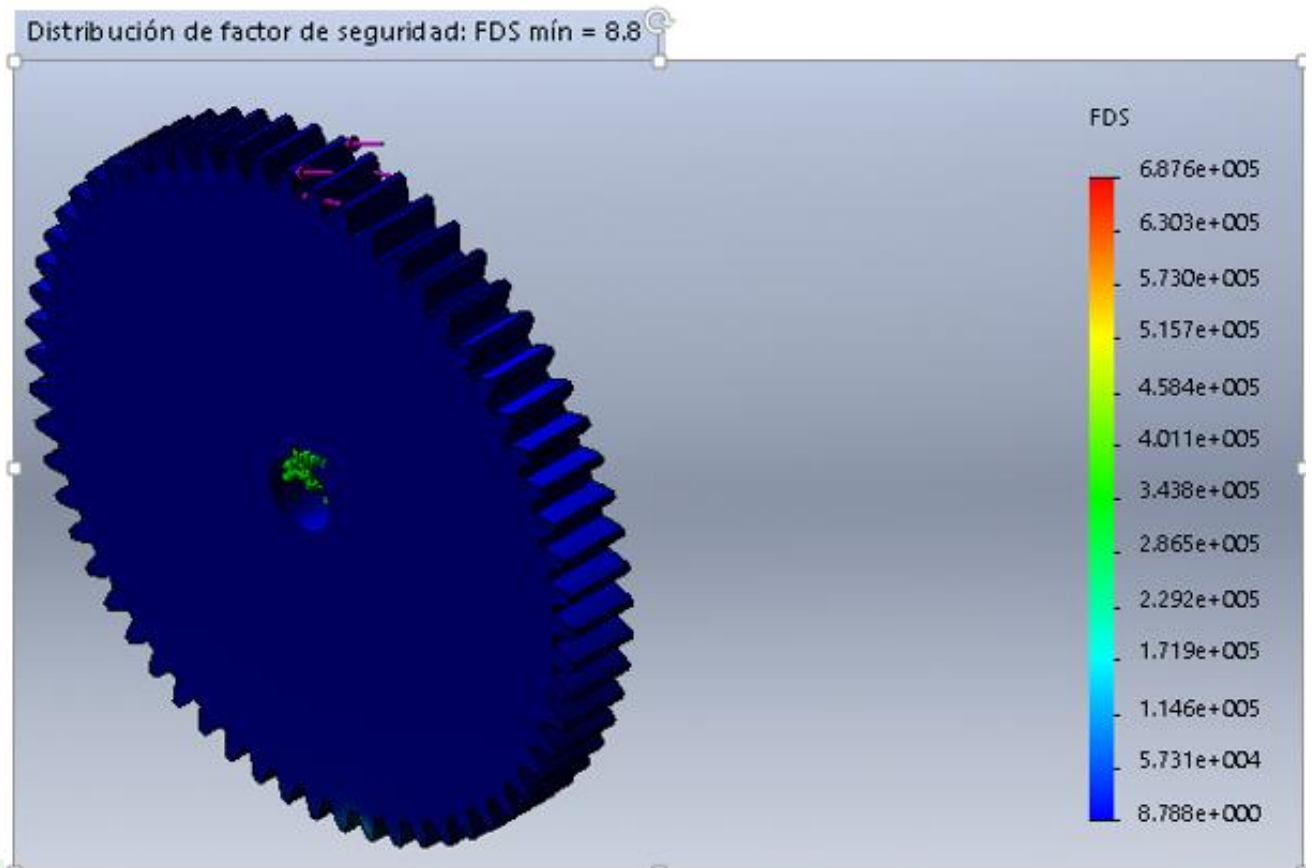
$$S_C = 0.32 H_B (\text{kpsi}) = 27.2 \text{ kpsi}$$



Factor de seguridad:

$$n = \frac{S_c^2}{\sigma_c^2} = \frac{\text{Esfuerzo a la fatiga en la superficie}}{\text{Esfuerzo de contacto}}$$

$$n = \frac{S_c^2}{\sigma_c^2} = 6.22$$





Cálculos esfuerzo cortante perfil U



Esfuerzo cortante en vigas:

$$\tau = \frac{V * Q}{I * b} = 4.14 \text{ MPa}$$

$$Q = A'Y' = 43804.0512 \text{ mm}^3$$

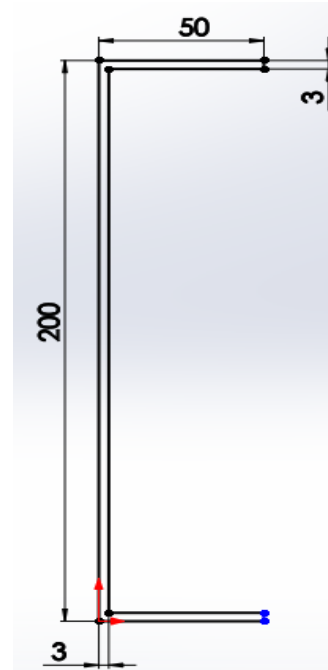
$$I = 1854752.36 \text{ mm}^4$$

Resistencia a la fluencia acero ASTM A36

$$S_y = 250 \text{ MPa}$$

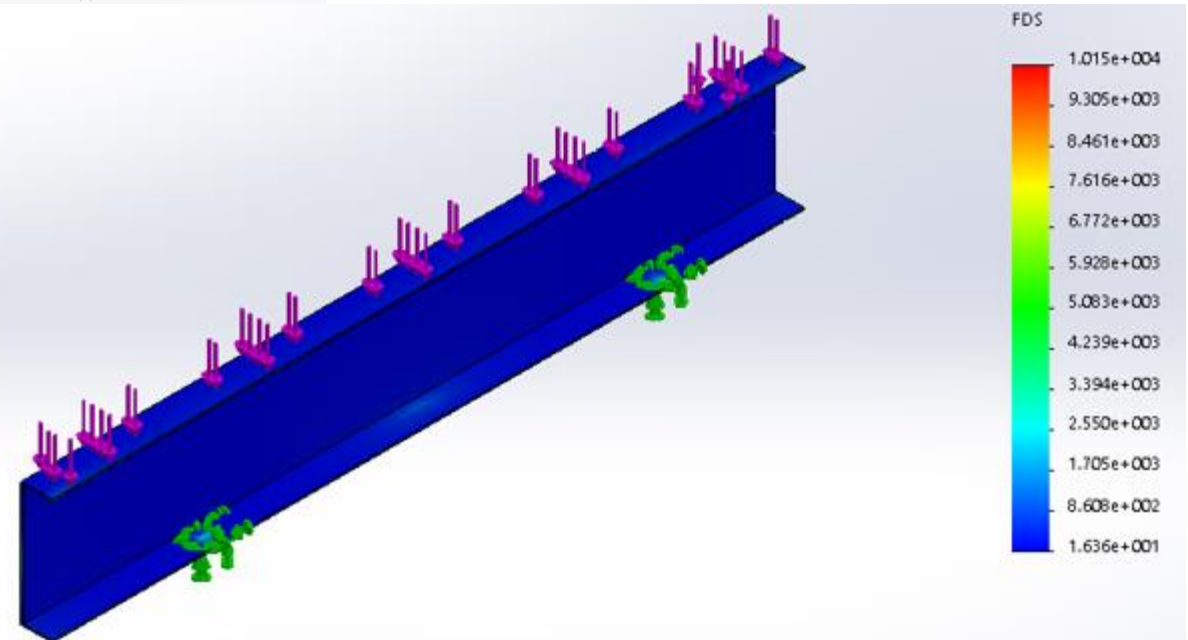
Factor de seguridad:

$$n = \frac{0.5 S_y}{\tau} = 20.53$$



V: Fuerza Cortante
Q: Momento Estático
Y': Distancia al centro de gravedad en dirección vertical

Nombre de estudio: Análisis estático 1 (Pre-determinado)
Tipo de resultado: Factor de seguridad Factor de seguridad1
Criterio: Automático
Distribución de factor de seguridad: FDS mín = 16





Esfuerzo en soportes

$$L = 800\text{mm}$$

$$I = 757 \times 10^6 \text{mm}^4$$

Por ser columna empotrada en sus dos extremos

Longitud efectiva: $L_e = 0.5L = 400 \text{ mm}$

Radio de giro:

$$r = \sqrt{\frac{I}{A}} = 137,56\text{mm}$$

Lo que indica que se analizara como columna corta

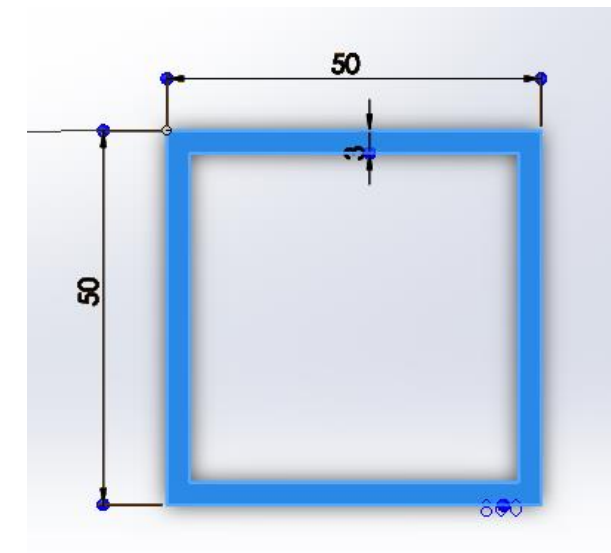
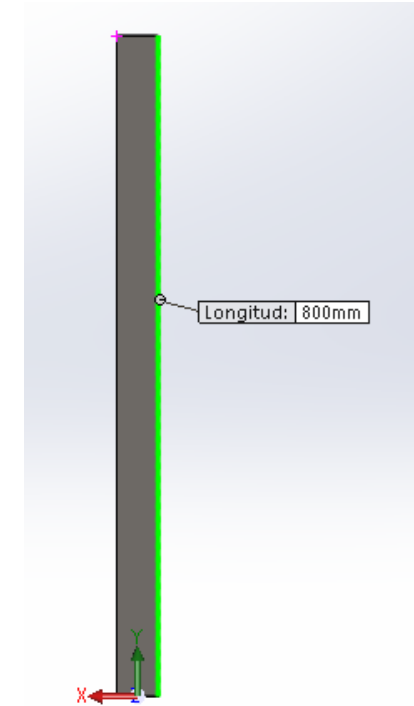
donde $\sigma_{crit} = \sigma_y$

$$A_{\text{esfuerzo}} = 564\text{mm}^2$$

$$F = 526.064 \text{ N}$$

$$\sigma = \frac{F}{A_{\text{esfuerzo}}}$$

$$\sigma = 0.933 \text{ MPa}$$





Factor de seguridad



$$n = \frac{0.5 * \sigma_y}{\sigma}$$

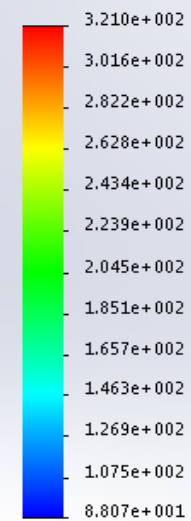
$$n = 91.1$$

Nombre del modelo: Tubo estructural 800mm
Nombre de estudio: Análisis estático 1(-Predeterminado-)
Tipo de resultado: Factor de seguridad Factor de seguridad1
Criterio: Automático
Distribución de factor de seguridad: FDS mín = 88

Longitud: 800mm



FDS

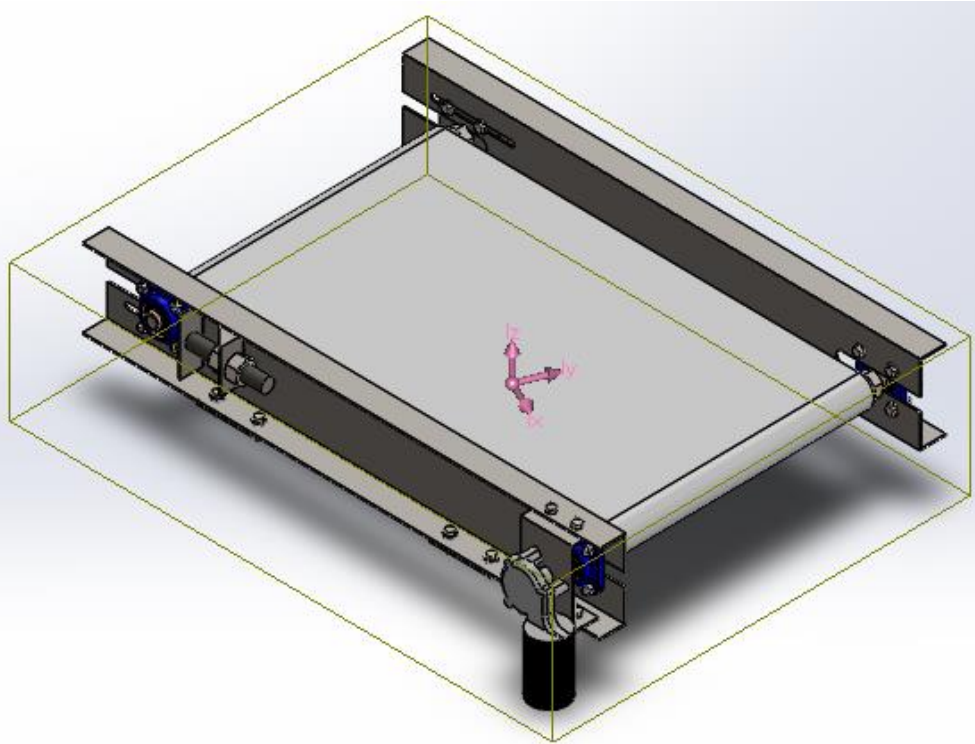




CÁLCULO POTENCIA MOTOR DC



$$T = I * \alpha$$



$$P[HP] = T[kg * m] * \frac{rpm}{716,2}$$

$$P = 0,1415[HP]$$

$$T = 5,0675 N * m$$

Descripción	Especificación
Material Banda Transportadora	C07JF
Ejes	Acero 1018
Estructura	Acero ASTM A36
Rodillo motriz y conducido	Acero ASTM A513

$$I = 7,654 kg * m^2$$

Con una velocidad angular de trabajo:

$$w = 20 \frac{rev}{min} = 0.33 \frac{rev}{s}$$

Aceleración angular

$$\alpha = \frac{w_f - w_0}{t_f - t_0} = 0.666 \frac{rev}{s^2}$$

Multiplicando por un factor de seguridad de 1,5

$$P = 0,2123 \approx 1/4[HP]$$



Motor Bosch F006 WM0 310

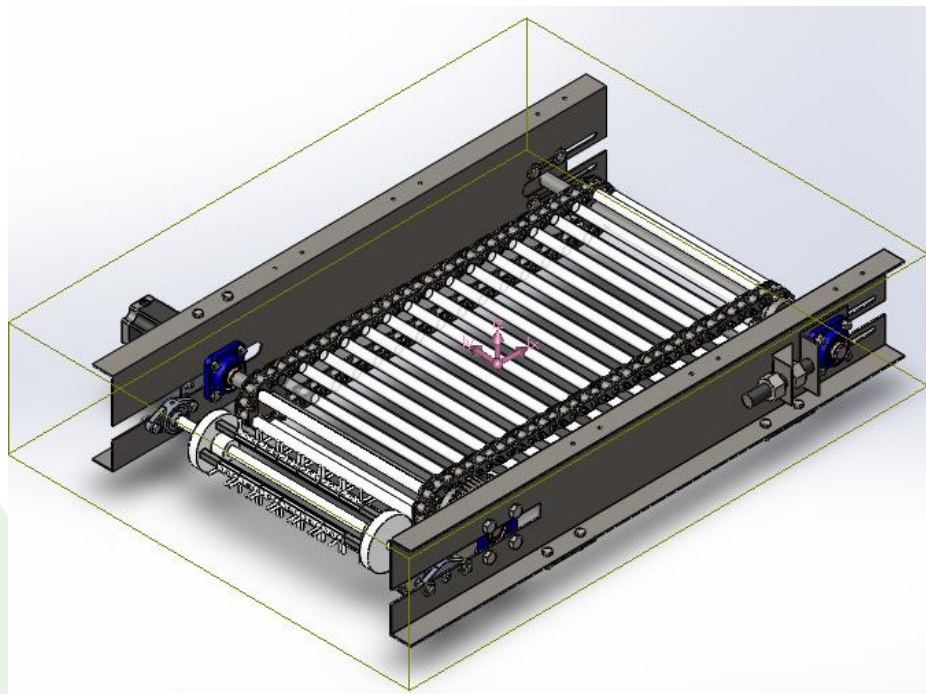


Características	Magnitud (unidad)
Voltaje de operación	24 V
Corriente Nominal	5 A
Potencia nominal	46 W
Torque	10 Nm
Rotación Nominal	60 rpm
Protección IP	IP 44





CALCULO POTENCIA MOTOR A PASOS



$$I = 13,1169 \text{ kg} * \text{m}^2$$

$$T = I * \alpha = 8.7341 \text{ N} * \text{m}$$

Descripción	Especificación
Rodillos cadena	Nylon 6
Eje conductor y conducido	Acero 1080
Estructura	Acero ASTM A36
Eje mecanismo empacador	Acero 1018
Piñón	Acero ANSI 80B 10
Cadena Hollow Pin	Acero Inoxidable ISO 9001 ANSI 80HP
Engranés	Nylon 6

Con una velocidad angular de trabajo:

$$w = 20 \frac{\text{rev}}{\text{min}}$$

Aceleración angular

$$\alpha = \frac{w_f - w_0}{t_f - t_0} = 0.666 \frac{\text{rev}}{\text{s}^2}$$



Motor Pasos XINJE 86BYGH 156

Características	Magnitud (unidad)
Voltaje de operación	24 V
Corriente Nominal	4.2 A
Torque	12 N.m
Ángulo Paso	1.8°

86BYGH



Driver Xinje DP-508

Características	Mínima	Máxima
Corriente Salida [A]	1.4	5
Tensión Alimentación Entrada [V]	20	80
Corriente de Entrada Lógica [mA]	7	16
Frecuencia Pulsos [kHz]	0	200





Sensor infrarrojo cilíndrico de conmutación óptica: F&C DR18 – S40NC



Características:

Modo detección: NPN NO – NC

Distancia detección: 40 cm

Trabaja con referencia a 0 V



CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE (PLC)



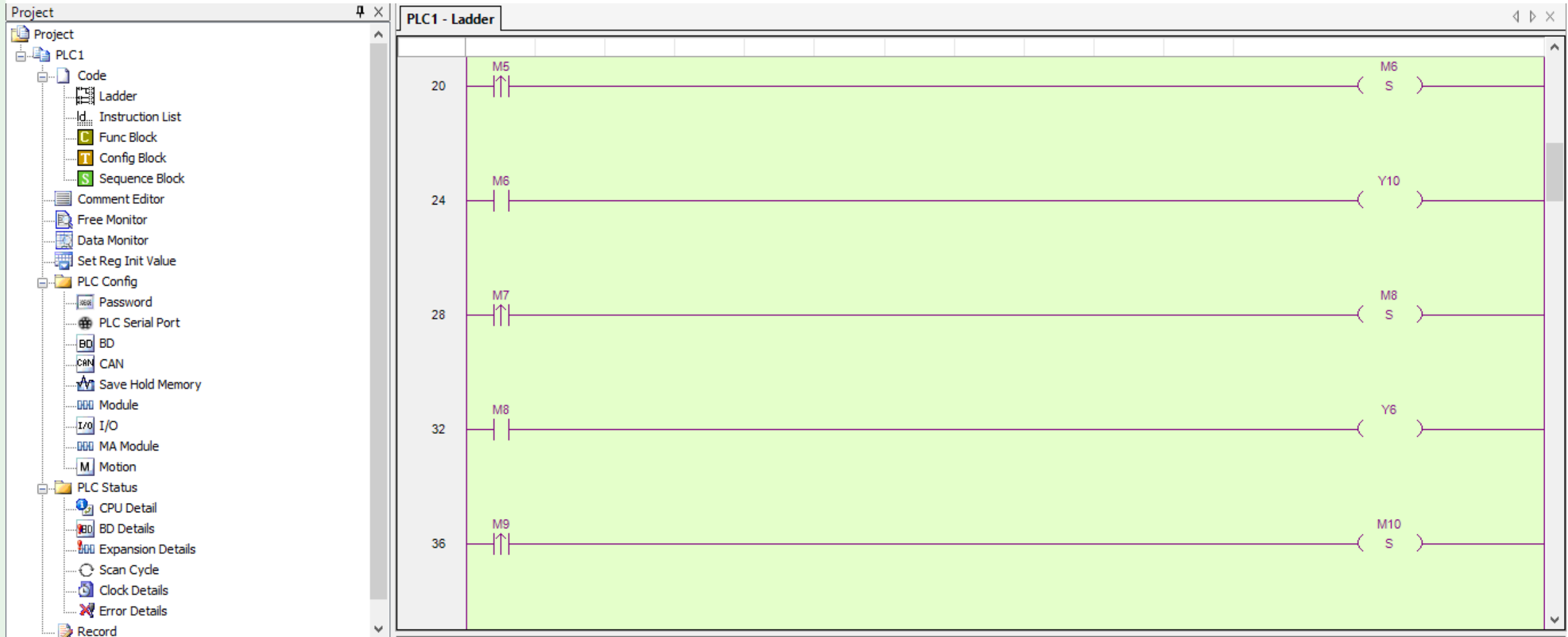
PLC XINJE XCM-24T3-E/C

Características	Magnitud (unidad)
Voltaje de entrada	110 - 220 [VAC]
Modo de programación	Escalera – Instrucciones
Velocidad de procesamiento	0.5 μ s
Puertos I/O	18 entrada / 14 salida (3 salidas rápidas PWM)



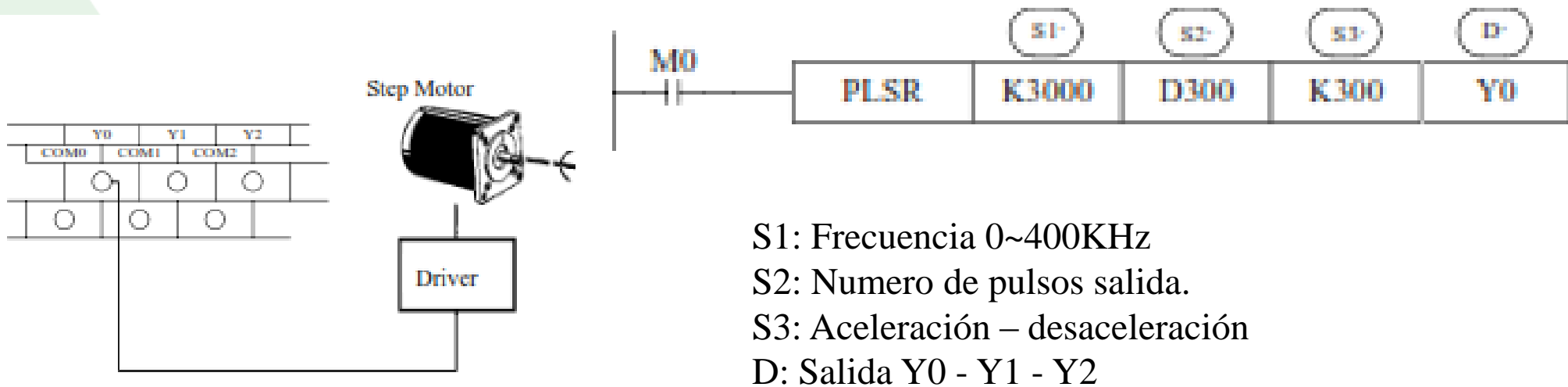
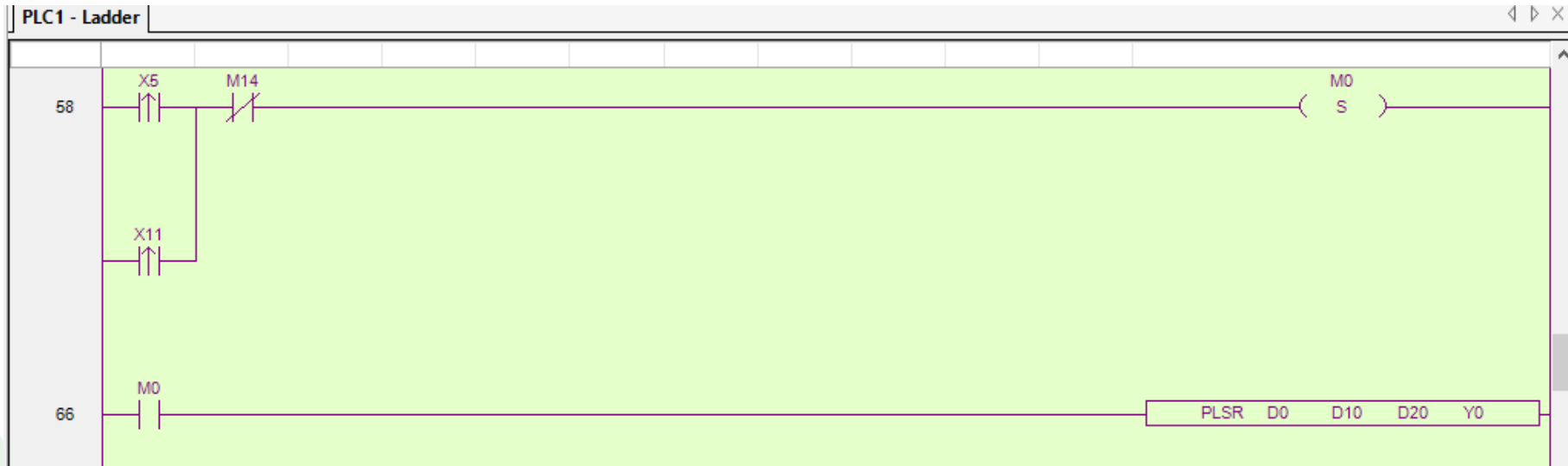


PROGRAMACIÓN ESCALERA





CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE: PLC XINJE XCM-24T3-E/C



S1: Frecuencia 0~400KHz

S2: Numero de pulsos salida.

S3: Aceleración – desaceleración

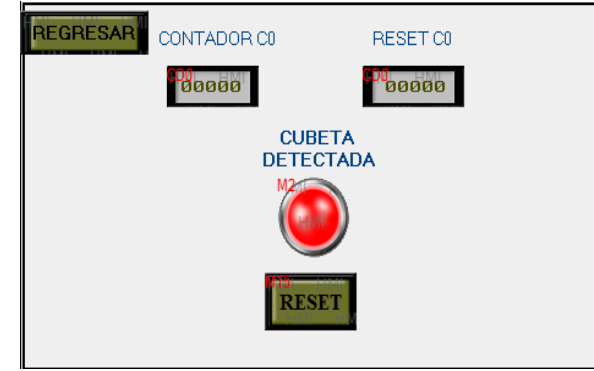
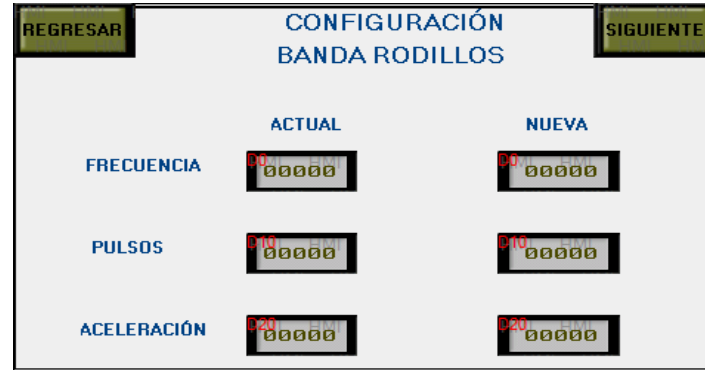
D: Salida Y0 - Y1 - Y2



Interfaz Hombre – Máquina (HMI)

HMI XINJE TH - 465 – MT

Características	Magnitud (unidad)
Voltaje de entrada	20 – 28 [VDC]
Consumo de corriente	130 mA
Interfaz	RS – 232 / RS – 485
Tamaño de la pantalla	4.3 pulgadas
Resolución	480 * 272
Memoria	8 MB

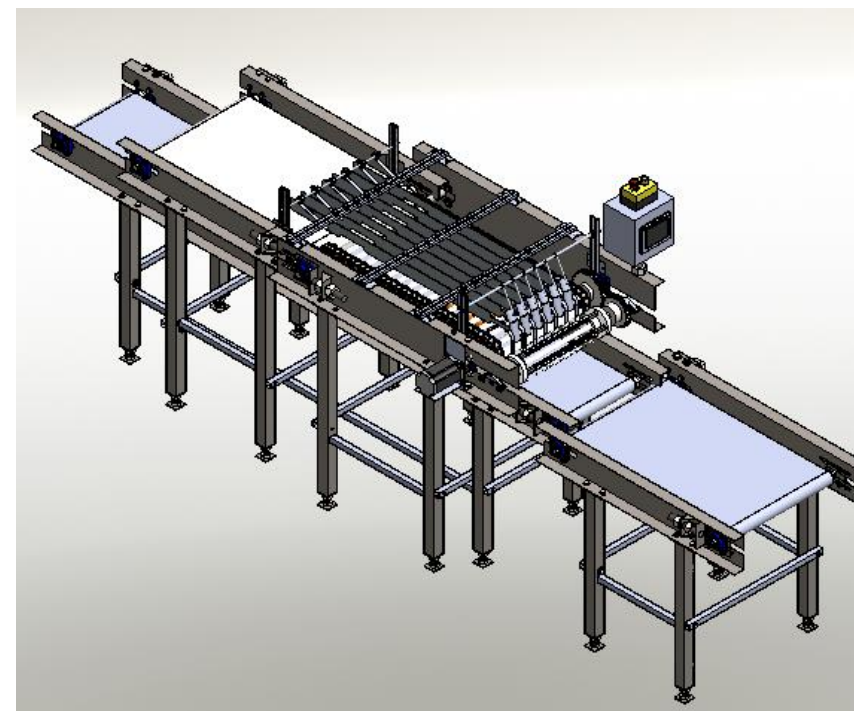
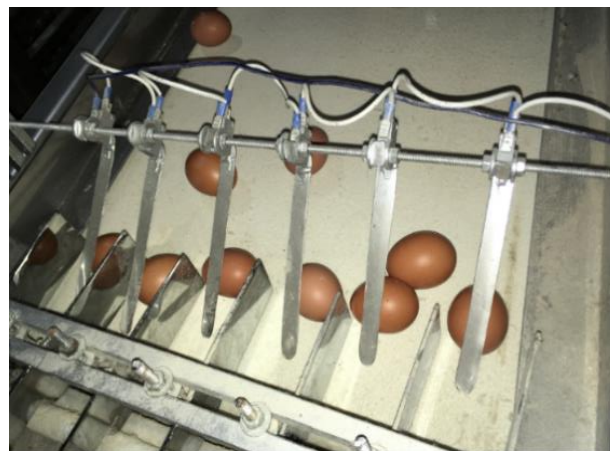




VALORES CALIBRACIÓN MÁQUINA



Parámetros	Valores
Velocidad Motor Banda acumulador	6 a 20 (rpm)
Altura mecanismo detector	70 a 85 (mm)
Angulo Mecanismo detector respecto a la banda	45°
Distancia Banda Acumulador y banda de rodillos	8 a 13 (mm)
Sensibilidad sensor detector cubeta vacía	50 a 60 %
Velocidad Motor Banda cubeta vacía	6 a 20 (rpm)
Sensibilidad sensor detector cubeta vacía	15 a 20 %
Guías separación entrada banda rodillos	75 a 85 (mm)
Guías separación salida banda rodillos	50 a 55 (mm)
Altura retenedores	100 a 115 (mm)
Cantidad de pulsos motor a pasos de la banda de rodillos	180 (pulsos)
Valor aceleración Motor a pasos	250 a 300
Distancia Banda cubetas vacías y banda huevos empacados	8 a 20 (mm)
Velocidad Motor Banda salida huevos empacados	6 a 20 (rpm)





RESULTADOS



El mecanismo recogedor en promedio entrega al sistema 2 huevos por segundo.

Para empacar 6 huevos por hilera desde que se enciende la maquina hasta que lleguen al sistema posicionador el tiempo que se tarda en promedio es de 2 minutos con 50 seg y de empacado de una cubeta es de 42 segundos más el tiempo que se demora en detectar una nueva cubeta vacía es de 3,5 segundos lo que en promedio nos da **75 cubetas por hora lo que implica 2250 huevos por hora.**





RESULTADOS

Para empacar 6 huevos por hilera desde que se enciende la maquina hasta que lleguen al sistema posicionador el tiempo que se tarda en promedio es de 2 minutos con 50 segundo y de empacado de una cubeta es de 47 segundos más el tiempo que se demora en detectar una nueva cubeta vacía es de 3,5 segundo lo que en promedio nos da 67 cubetas por hora lo que implica 2010 huevos por hora.





COSTO FABRICACION SISTEMA EMPACADOR

SISTEMA	MATERIALES	MAQUINARIA Y HERRAMIENTA	COSTO M.O.D	GASTOS	TOTAL POR SISTEMA
ACUMULADOR	391,13	75,25	131,26	40,78	638,42
POSICIONADOR	122,28	209,01	61,8	32,78	425,86
EMPACADOR	3218,19	437,30	787,58	114,80	4557,86
PRODUCTO EMPACADO	245,68	75,25	131,26	43,78	495,97
TOTAL	3977,27	796,81	1111,96	232,12	6118,12



Conclusiones



- Se diseñó, construyó e implemento un sistema automatizado para el empaquetado de huevos, que cumple con los requerimientos del cliente.
- Es importante al diseñar y construir la estructura mecánica el dimensionamiento de cada uno de los componentes estructurales de la máquina en relación con el espacio de trabajo que ocupará, para su óptimo funcionamiento.
- Cuando el sistema mecánico está bien diseñado la implementación del sistema electrónico es más simple, el cual es de fácil acceso para su calibración y mantenimiento, lo que permite realizar una programación por medio de diagramas secuenciales.



Conclusiones



- La operación del sistema debe ser de fácil manipulación lo que permita al operario maniobrar el sistema de manera que no afecte la calidad del producto.
- Es de suma importancia la realización de pruebas de funcionalidad y rendimiento del sistema para determinar los parámetros correctos de calibración de los diferentes actuadores que intervienen el proceso de empaqueo de huevos, ya que se debe garantizar que el producto no sufra daños en sus características organolépticas y para sacar el máximo rendimiento posible de la máquina.



Recomendaciones



- Es de suma importancia revisar el balanceo dinámico de los diferentes componentes mecánicos rotativos para que no se presenten vibraciones que afecten el proceso de empaclado y para alargar la vida útil de dichos elementos.
- Para que el sistema de empaclado de huevos sea eficiente se debe tomar en cuenta la cantidad de huevos que llegan al acumulador, ya que la maquina estará esperando a que los sensores capten presencia para empezar un ciclo de empaclado si el abastecimiento es deficiente la máquina pasa mucho tiempo en reposo.



Recomendaciones



- Es necesario la limpieza periódica de los elementos que estén en contacto de forma directa con los huevos.
- Revisar, limpiar, ajustar, lubricar periódicamente los elementos mecánicos que intervienen en el proceso de empacado de huevos para alargar la vida útil de todo el sistema en especial las partes que soportan las bandas ya que estas poseen un factor de estiramiento.
- El operario debe ser capacitado para manipular la máquina de manera correcta acatando las instrucciones de funcionamiento para evitar que se pueda producir cualquier tipo de percance tanto en el sistema como accidentes en el operario de tipo personal.



...gracias por su atención