



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE

TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO

**“DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA MÁQUINA AUTOMÁTICA
DOSIFICADORA, EMPACADORA Y SELLADORA DE GRANOS”.**

AUTOR: ALEXANDER PAUL AYALA CHÁVEZ

DIRECTOR: JOSÉ FERNANDO OLMEDO SALAZAR



Sumario

- Introducción
 - Objetivos
 - Resumen del capítulo 1
- Marco teórico
- Proceso de desarrollo del concepto
 - Desarrollo conceptual
 - Arquitectura de equipo
- Ingeniería de detalle
 - Diseño de detalle
 - Simulaciones
 - Análisis de resultados
- Conclusiones y recomendaciones



Capítulo 1

GENERALIDADES



ESPE
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
CAMINO A LA EXCELENCIA

Introducción

- A lo largo de la historia del Ecuador, una de las principales actividades económicas ha sido la agricultura.
- La industria manufacturera del país produce en cantidades limitadas ciertos equipos de uso agroindustrial.
- Muy pocos de estos equipos son diseñados en el país, y aún en menor cantidad, se consideran tareas de mantenimiento.



Objetivos

- Diseñar y simular una máquina automática, que dosifique, forme el empaque y selle el mismo en función de los requerimientos establecidos.
 - Diseñar y fabricar todos los componentes mecánicos, eléctricos y de control.
 - Diseñar y dimensionar todos los componentes mecánicos.
 - Diseñar, dimensionar y seleccionar todos los componentes eléctricos y de control.
 - Realizar simulaciones que verifiquen el correcto funcionamiento del equipo.
 - Elaborar documentación técnica del proyecto.



Resumen del capítulo 1

- Alcance
 - Componentes mecánicos
 - Componentes eléctricos
 - Ensamblaje de sistemas
 - Simulaciones y puesta a punto
 - Elaboración de documentación técnica.



Resumen del capítulo 1

- Justificación
 - Con la finalidad de permitir el crecimiento económico de América latina, es necesario el añadir valor a los productos, manteniendo un enlace con las costumbres regionales y los productores pequeños
 - El bajo rendimiento de los cultivos en Latinoamérica está generalmente vinculado a la falta de tecnificación de los procesos de siembra, cosecha y postcosecha
 - la tecnificación de la agricultura permite que un país pueda desarrollar una industria más sustentable
 - la gran mayoría de Latinoamérica depende de la importación de maquinaria destinada a esta industria
 - En el año 2014, la FAO sugería al mundo entero el aumento de producción y desarrollo de soluciones destinadas a ayudar a los agricultores a menor escala



Resumen del capítulo 1

- Área de influencia
 - El proyecto tendrá incidencia sobre la producción de alimentos, específicamente para el área de agroindustria a nivel nacional



Capítulo 2

MARCO TEÓRICO



ESPE
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
CAMINO A LA EXCELENCIA

Elementos a empacar



Producto	Peso medio (g)	Varianza (g)	Peso (kg/hL)
Maíz	695.9	4.3	69.59
Arroz	483.2	2.3	48.32
Cebada	693.5	1.5	69.35
Trigo	762.6	2.6	76.26
Arveja	723.5	1.6	72.35
Frejol	726.5	1.7	72.65
Haba	672.5	1.9	67.25

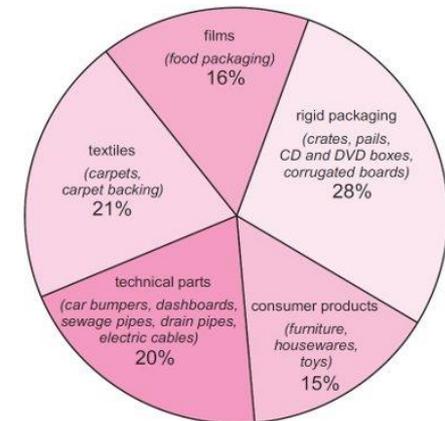


Elementos de empaque

- Polipropileno

- Es uno de los termoplásticos más livianos (0.905 g/cm^3)
- Alta resistencia a solventes químicos

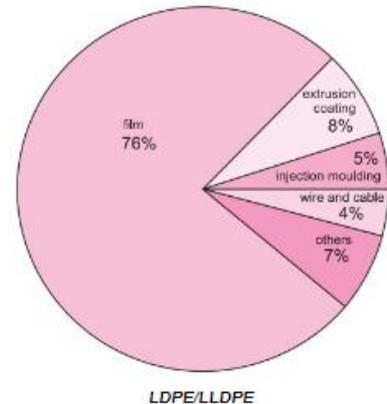
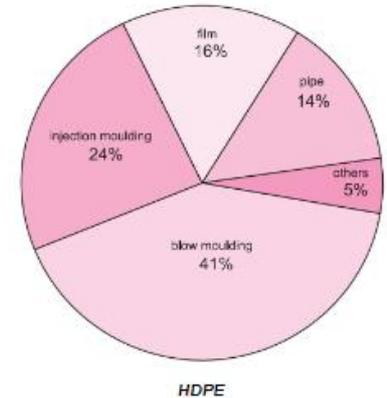
Proceso de fabricación	HDPE
Película plástica	Empaques de comida Láminas de seguridad
Moldeo de inyección	Recipientes para químicos Vasos plásticos
Moldeo de soplado	Estuches Botellas y recipientes
Extrusión	Componentes de vehículos Materiales de construcción



Elementos de empaque

- Polietileno

- producción anual sobre los 80 millones de toneladas
- polietileno de baja densidad (LDPE, < 0.930 g/cm³)



Proceso de fabricación	de	HDPE	LDPE	LLDPE
Película plástica		Empaques de comida Bolsas de compra	Película adhesiva Capas de envases	Película estirable
Moldeo de inyección		Basureros Contenedores	Baldes Jarras	Cajas de comida
Moldeo de soplado		Botellas de detergente	Botellas flexibles	
Extrusión		Tuberías de agua	Tubo flexible	Aislante de cables



Elementos de empaque

- Otros termoplásticos
 - Nylon (poliamida)
 - Alta resistencia mecánica
 - Alto costo
 - Ácido poliláctico (PLA)
 - Biodegradabilidad
 - Poca producción
 - Orgánicos biodegradables
 - Mayor biodegradabilidad
 - Producción escasa



Caracterización de sistemas

- Sistema de dosificación



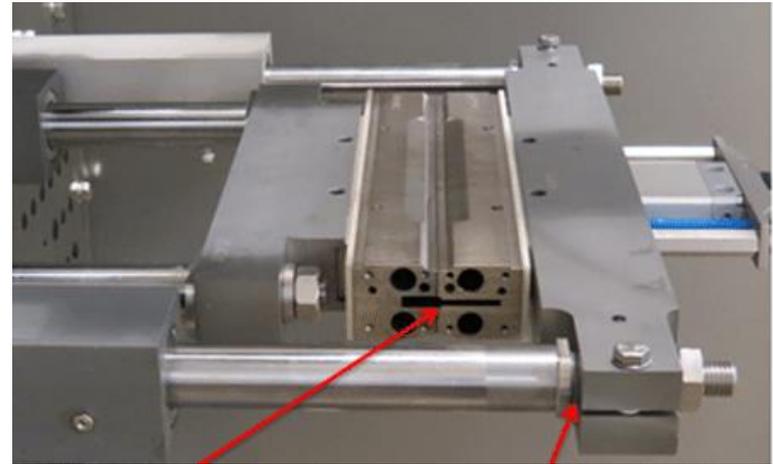
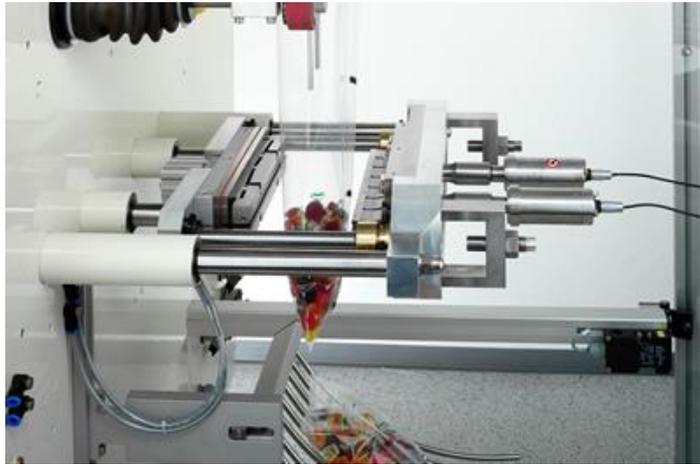
Caracterización de sistemas

- Sistema de formado de empaques



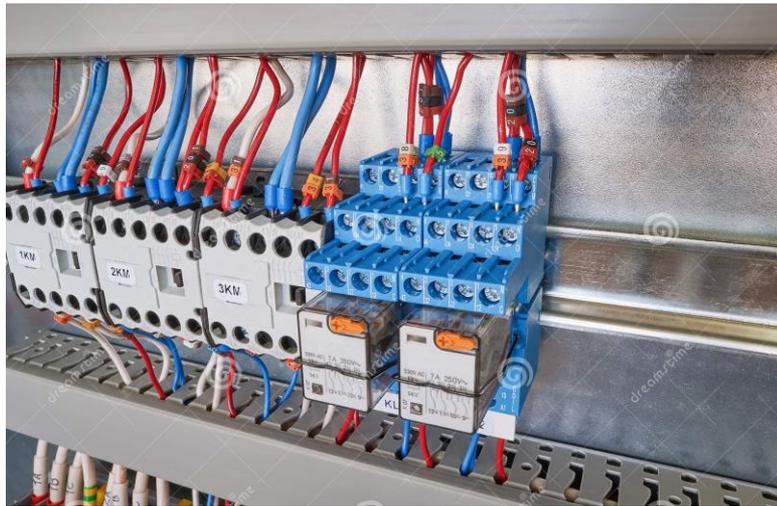
Caracterización de sistemas

- Sistemas de sellado



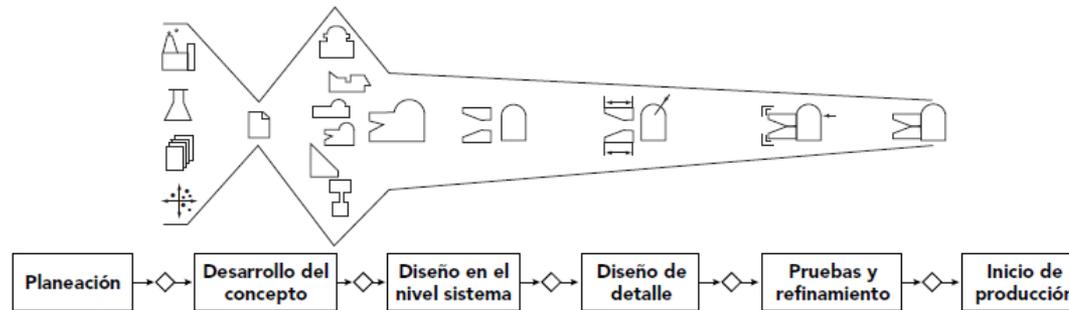
Caracterización de sistemas

- Sistemas de control



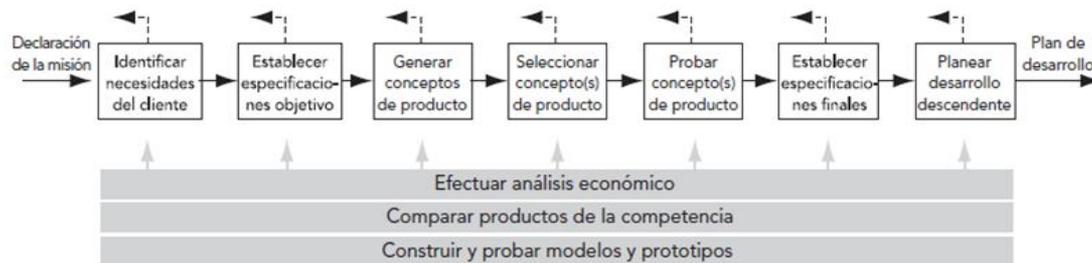
Caracterización de metodología

- Metodología de diseño y desarrollo
 - Propuesta por los autores Karl T. Ulrich y Steven D. Eppinger (2012) en su texto titulado “Diseño y desarrollo de productos”



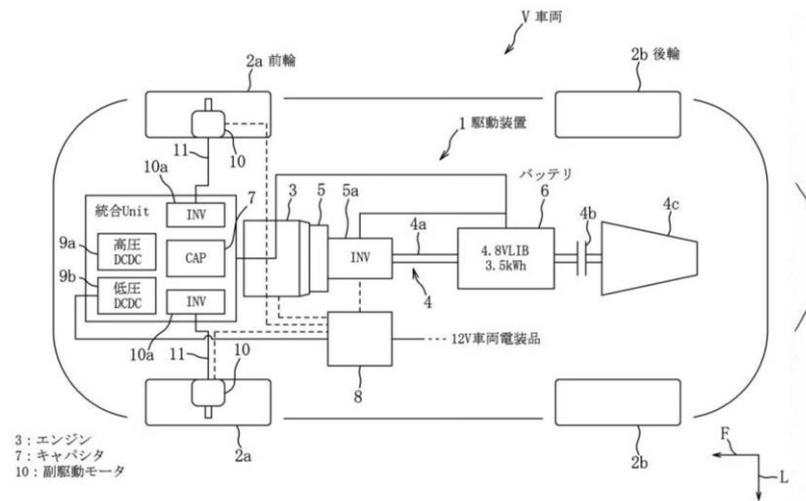
Caracterización de metodología

- Desarrollo de conceptos
 - Derivada de la metodología anterior
 - Proceso iterativo



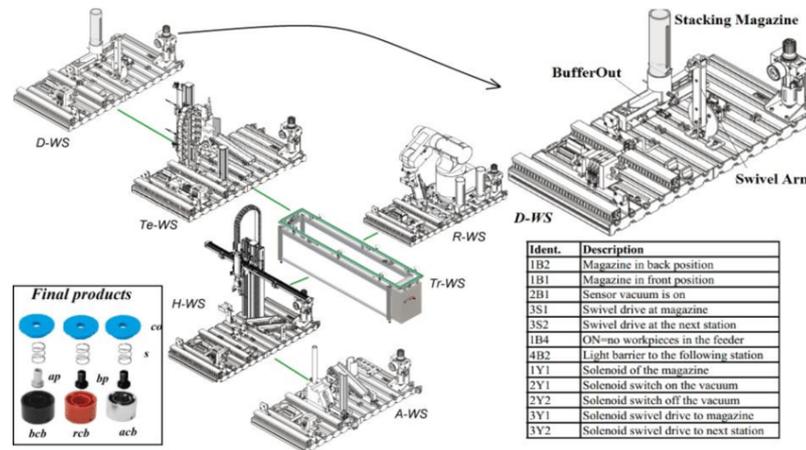
Caracterización de metodología

- Diseño de sistema
 - base del proyecto y la fase del mismo que proporcionará la información necesaria para continuar, alterar o detener su desarrollo



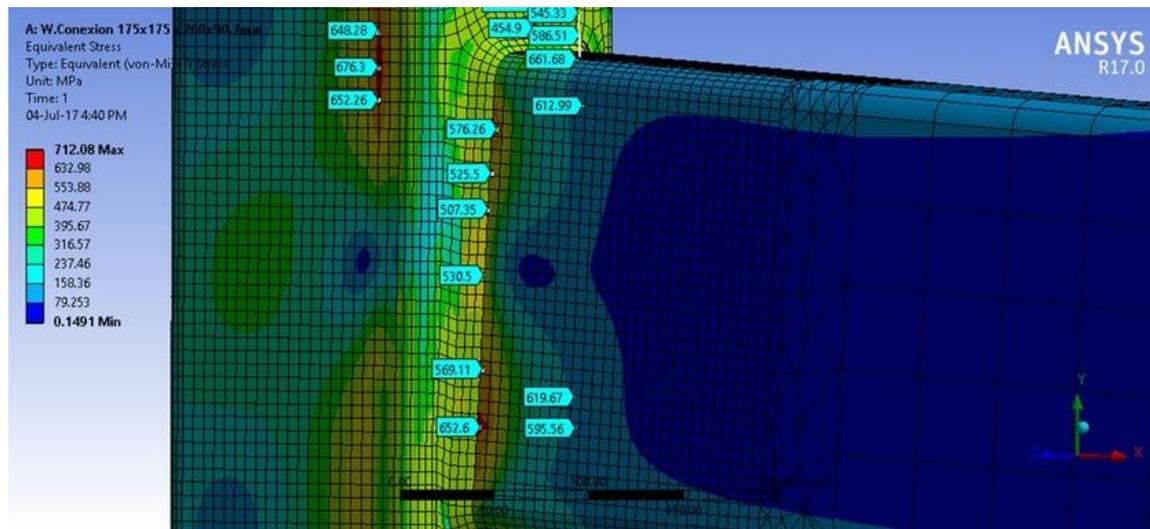
Caracterización de metodología

- Diseño y modularidad
 - capacidad de un equipo de ofrecer distintas funciones, o variaciones de sus funciones existentes mediante la combinación de distintos bloques de trabajo o módulos



Caracterización de metodología

- Tecnología asistida por computador (CAx)
 - Comprende CAD, CAM y CAE, así como MRP y PLM



Capítulo 3

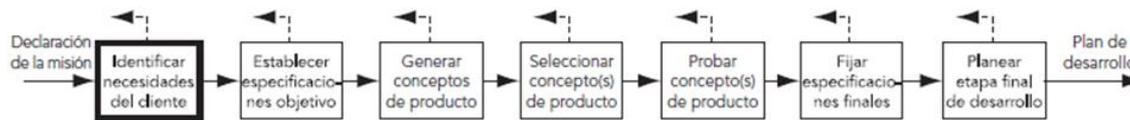
PROCESO DE DESARROLLO DEL CONCEPTO



ESPE
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
CAMINO A LA EXCELENCIA

Establecimiento/aclaración de necesidades

- Es el primer proceso a ejecutar después del establecimiento del proyecto
- Permite delimitar el mercado al que estaría destinado este producto



Propuesta de desarrollo

- Almacenamiento de producto en una tolva de al menos 50 Kg. de capacidad.
- Dosificación automática de productos de diámetros distintos, con la opción de añadir un vibrador a la tolva si se requiere debido a ciertos tamaños de grano mayores o formas irregulares.
- Capacidad de dosificación variable, en función del peso requerido del producto, con la posibilidad de ajustar esta capacidad fácilmente.
- La formación de un empaque a partir de un rollo de plástico termoformable, incluidas sus costuras verticales y horizontales.
- Sellado y corte automático y preciso de las bolsas empacadas, además de asegurar un correcto y uniforme desplazamiento del material de empaque.
- Dimensiones cortas, con el fin de reducir y aprovechar en su totalidad el espacio ocupado por la máquina.
- Diseño modular, con el fin de desarrollar distintos sistemas de empaque ajustables a la necesidad del equipo.



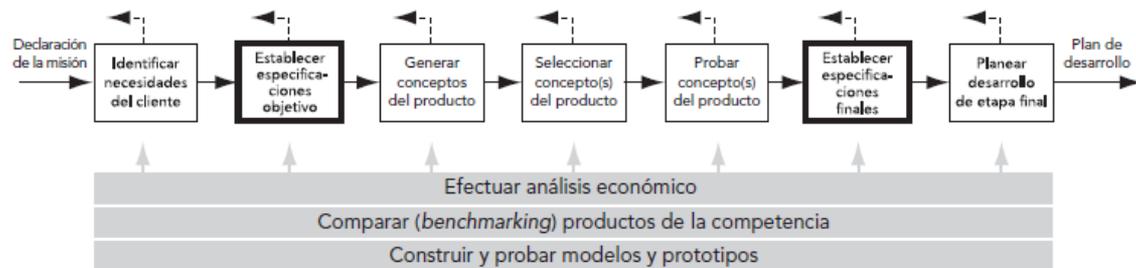
Propuesta de desarrollo

- Debe anclarse en una superficie plana con la posibilidad de moverse con facilidad a través de la misma superficie.
- Debe garantizar la posibilidad de un fácil mantenimiento por parte del mismo usuario.
- Debe garantizar el uso de elementos estándar de fabricación y trabajo que puedan ser conseguidos fácilmente a nivel local.
- Que permita añadir si se requiere equipo que pueda fechar y colocar el número de lote en el empaque.
- Que trabaje a 110 V o 220 V, dependiendo del amperaje requerido por los componentes, especialmente los componentes de sellado (resistencias térmicas, ultrasonido, etc.) y actuadores móviles (motores, pistones, bombas, etc.).
- Que el sistema de control se encargue de la detección de errores y facilite al usuario la identificación de los mismos, con el fin de disminuir tiempos muertos.



Establecimiento de especificaciones objetivo

- ¿Pueden traducirse las necesidades subjetivas en objetivos precisos a superar?
- ¿Qué determinaría el éxito o el fracaso del proyecto?
- ¿Cómo asegurar que el producto tendría interés alguno ?
- ¿Cómo resolver los problemas y hacer concesiones?



Establecimiento de necesidades

Núm.	Componente	Necesidad	Importancia
1	Tolva	Facilidad de acceso	2
2		Capacidad volumétrica suficiente para hasta 50kg	3
3		Facilidad de instalación y mantenimiento	4
4		Flujo adecuado de productos	1
5		Uso de materiales adecuados	5
6	Boquilla	Facilidad de acceso	3
7		Facilidad de instalación y mantenimiento	4
8		Flujo adecuado de productos	5
9		Posibilidad de instalar un vibrador de ser necesario	1
10		Ajuste de altura según se requiera	2
11	Dosificador	Facilidad de acceso	3
12		Facilidad de instalación y mantenimiento	4
13		Compuerta y tapa para evitar derrames	5
14		Regulación volumétrica precisa	1
15		Bajo desgaste en componentes móviles	4
16		Limitada variación en ciclos de operación	2



Necesidades del sistema de empaque

Núm.	Componente	Necesidad	Importancia
17	Sistema de empaque	Formado de los empaques según se requiera	2
18		Facilidad de acceso	3
19		Facilidad de instalación y mantenimiento	4
20		Automatización del proceso de empaque	1
21		Capacidad de adaptarse a varios paquetes	1
22		Simplicidad	5



Necesidades del formador y sellador

Núm.	Componente	Necesidad	Importancia
23	Sellador	Capacidad de formado de los empaques según se requiera	2
24		Facilidad de acceso	3
25		Facilidad de instalación y mantenimiento	4
26		Automatización del proceso de sellado	1
27		Capacidad de ajuste según las necesidades	3
28		Larga vida útil	5
29	Sistema de desplazamiento	Capacidad de ajuste de tiempos y velocidades según se requiera	2
30		Facilidad de acceso	3
31		Facilidad de instalación y mantenimiento	3
32		Automatización del proceso según corresponda	4
33		Uso de componentes comunes	5
34		Resistencia durante miles de ciclos de uso	1



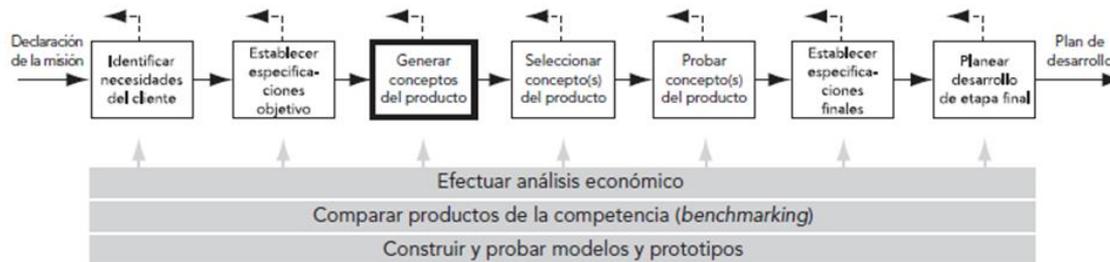
Métricas

Métrica núm.	Métrica	Unidades
1	Dimensiones de la máquina	m
2	Capacidad de la tolva de almacenamiento	kg
3	Ángulo de caída mínimo de tolvas	°
4	Diámetro de la boquilla de almacenamiento	mm
5	Longitud de la boquilla de almacenamiento	mm
6	Capacidad máxima del dosificador	mL
7	Capacidad mínima del dosificador	mL
8	Tiempo de operación del dosificador	s
9	Diámetro de la boquilla formadora de empaques	mm
10	Longitud del rollo de empaque	m
11	Longitud vertical de empaque	mm
12	Longitud horizontal de empaque	mm
13	Tensión del empaque	N
14	Temperatura de sellado	°C
15	Presión de sellado	N/mm ²
16	Carrera del sellador	mm
17	Tiempo de sellado	s

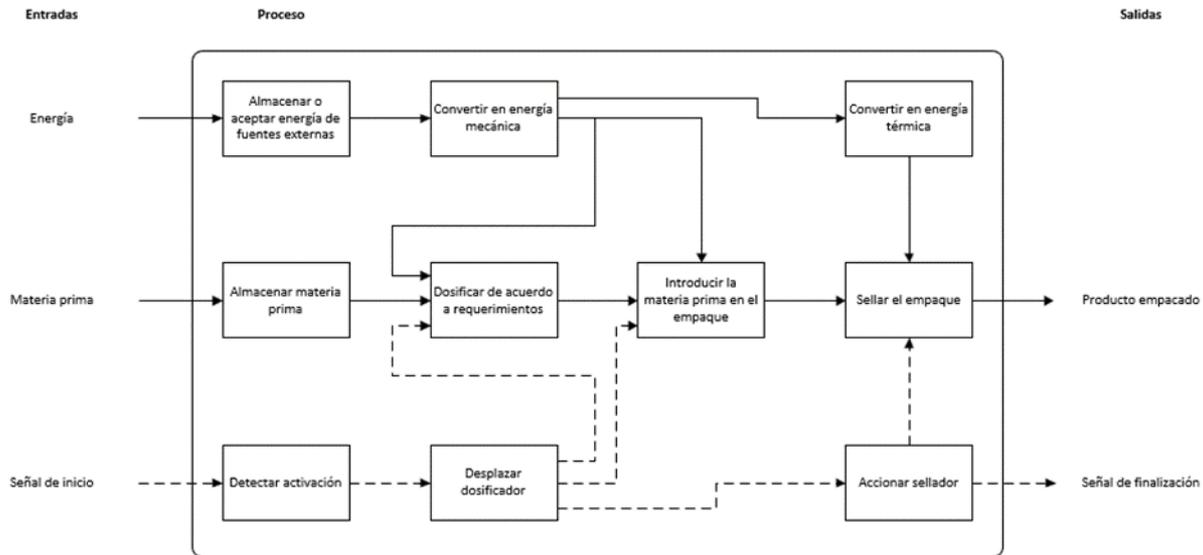
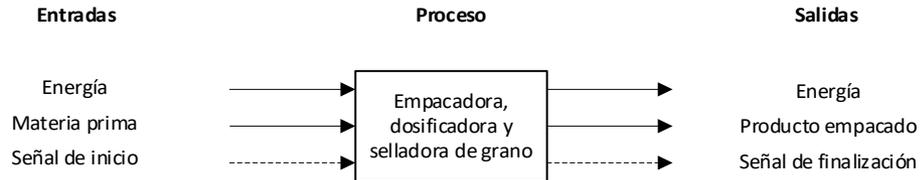


Generación de conceptos

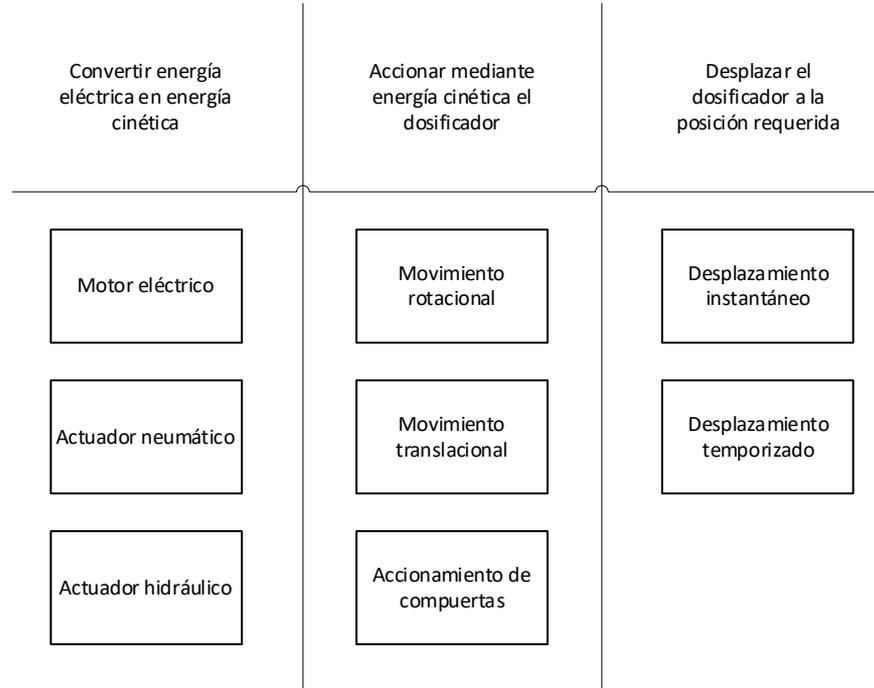
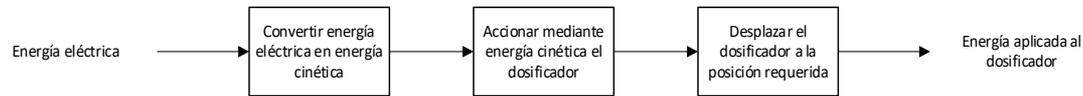
- ¿Será necesario considerar todas las categorías de opciones disponibles?
- ¿Qué conceptos ya son empleados en la industria, y por qué?
- ¿Qué problemas de integración podrían originarse como consecuencia de estas soluciones?



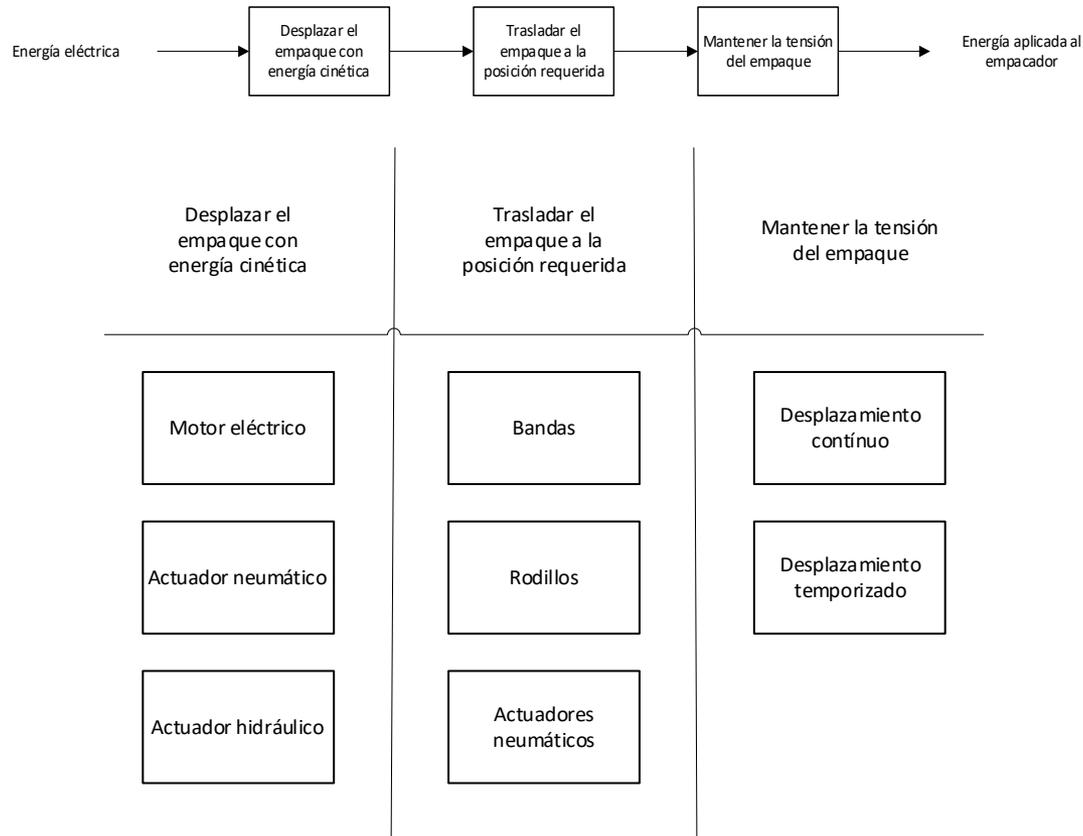
Caja negra



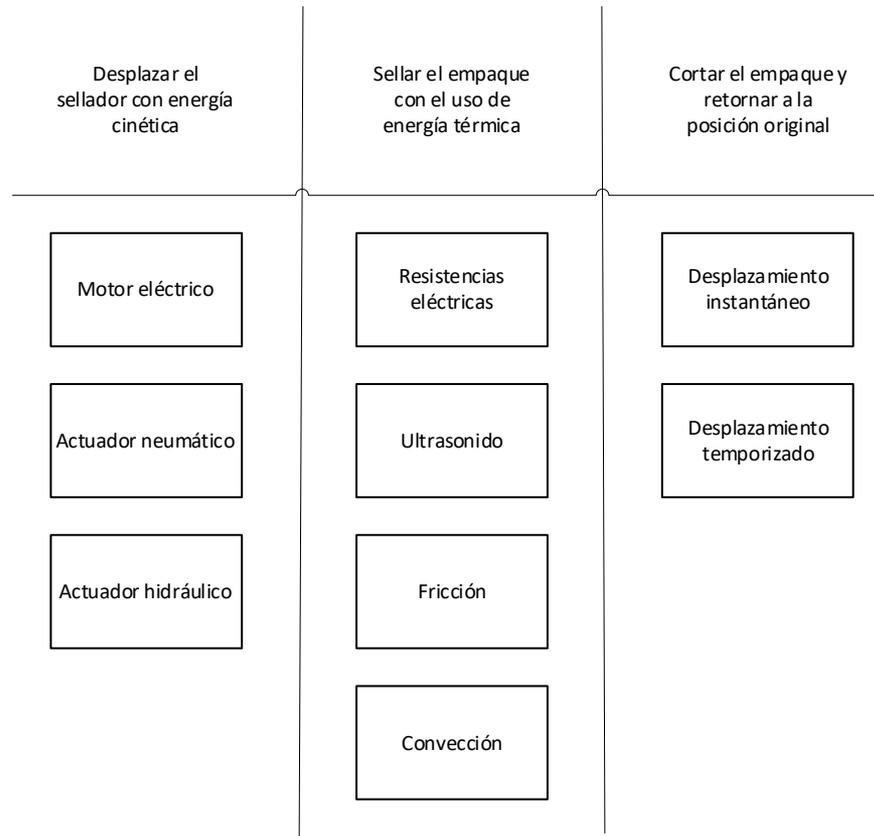
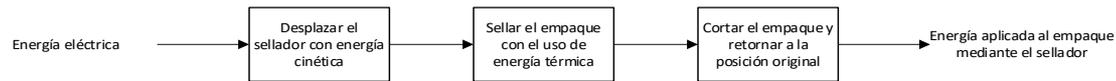
Descomposición – dosificador



Descomposición – formador de empaques

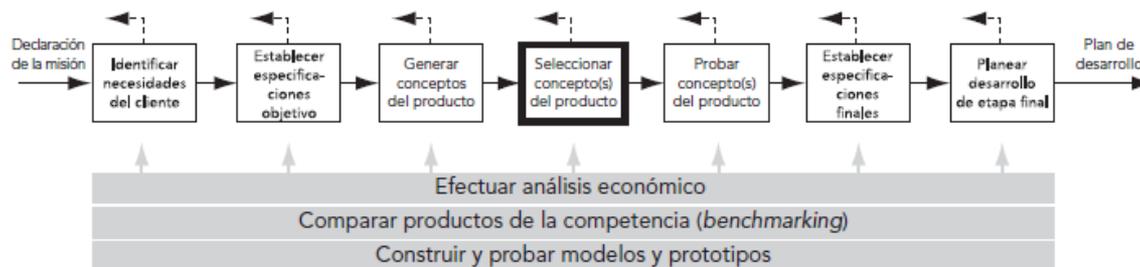


Descomposición – sellador



Selección de conceptos

- ¿Cómo se puede tomar una decisión sobre conceptos abstractos?
- ¿Qué diferencia a un concepto útil de una idea débil?
- ¿De qué manera se puede documentar la toma de decisiones?



Matriz de selección – dosificador

Criterios de selección	Conceptos				
	A1 Vasos telescópicos motor eléctrico	B1 Carro deslizante cilindro neumático	C1 Cabezal basculante Actuator neumático	D1 Dosificador radial motor eléctrico	E1 Tornillo sin fin motor eléctrico
Facilidad de mantenimiento	-	+	0	+	-
Facilidad de uso/calibración	0	0	-	+	-
Regulación volumétrica precisa	0	-	+	-	+
Robustez	+	+	0	0	-
Simplicidad	+	-	0	+	-
Comonalidad de componentes	0	+	+	-	-
Costo	+	+	0	-	-
Positivo	3	3	2	3	1
Neutro	3	2	4	1	0
Negativo	1	2	1	3	6
Evaluación neta	2	1	1	0	-5
Posición					
Decisión	Usar	Modificar	Modificar	Abandonar	Abandonar



Matriz de selección - formador

Criterios de selección	Conceptos		
	A3 Empacado manual empaquete tubular	B3 Empacador auto empaquete tubular	C3 Empacador auto manga formadora
Facilidad de mantenimiento	+	0	-
Facilidad de uso/calibración	-	0	+
Regulación precisa	-	0	+
Robustez	0	-	+
Simplicidad	+	0	-
Comonalidad de componentes	-	0	+
Costo	+	0	-
Positivo	3	0	4
Neutro	1	6	0
Negativo	3	1	3
Evaluación neta	0	-1	1
Posición	2	3	1
Decisión	Abandonar	Abandonar	Usar



Matriz de selección - sellador

Criterios de selección	Conceptos				
	A2 Niquelina tensada cilindro neumático	B2 Pistola de calor actuador eléctrico	C2 Sellador ultrasónico actuador neumático	D2 Sellado por fricción actuador eléctrico	E2 Resistencia de cartucho actuador neumático
Facilidad de mantenimiento	+	0	-	-	+
Facilidad de uso/calibración	0	+	-	-	+
Regulación térmica	-	+	+	-	0
Robustez	+	-	0	-	+
Simplicidad	+	0	-	-	+
Comonalidad de componentes	+	-	0	-	+
Costo	+	0	-	-	+
Positivo	5	2	1	0	6
Neutro	1	3	2	0	1
Negativo	1	2	4	7	0
Evaluación neta	4	0	-3	-7	6
Posición	2	3	4	5	1
Decisión	Modificar	Abandonar	Abandonar	Abandonar	Usar



Matriz de selección - controlador

Criterios de selección	Conceptos		
	A4 Control neumático válvulas/relés	B4 Control eléctrico Relés	C4 Control eléctrico PLC
Facilidad de mantenimiento	-	+	0
Facilidad de uso/calibración	-	0	+
Regulación precisa	-	0	+
Robustez	-	0	+
Simplicidad	+	0	-
Comonalidad de componentes	+	0	-
Costo	+	-	0
Positivo	3	1	3
Neutro	0	5	2
Negativo	4	1	2
Evaluación neta	-1	0	1
Posición	3	2	1
Decisión	Abandonar	Modificar	Usar



Matriz de evaluación - dosificador

Criterios de selección	Peso	Conceptos					
		Vasos telescópicos motor eléctrico		Carro deslizante cilindro neumático		Cabezal basculante Actuador neumático	
		Calif.	EP	Calif.	EP	Calif.	EP
Facilidad de uso/calibración	15%	3	0,45	2	0,3	1	0,15
Facilidad de mantenimiento	5%	1	0,05	3	0,15	2	0,1
Regulación precisa del producto	20%	3	0,6	2	0,4	3	0,6
Durabilidad	10%	2	0,2	3	0,3	3	0,3
Facilidad de manufactura	20%	2	0,4	3	0,6	3	0,6
Capacidad de automatización	10%	3	0,3	1	0,1	3	0,3
Comonalidad de componentes	10%	2	0,2	3	0,3	1	0,1
	Total		2,2		2,15		2,15
	Lugar		1		2		2
	Decisión		Usar		Abandonar		Abandonar



Matriz



ESPE
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
CAMINO A LA EXCELENCIA

Matriz



ESPE
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
CAMINO A LA EXCELENCIA

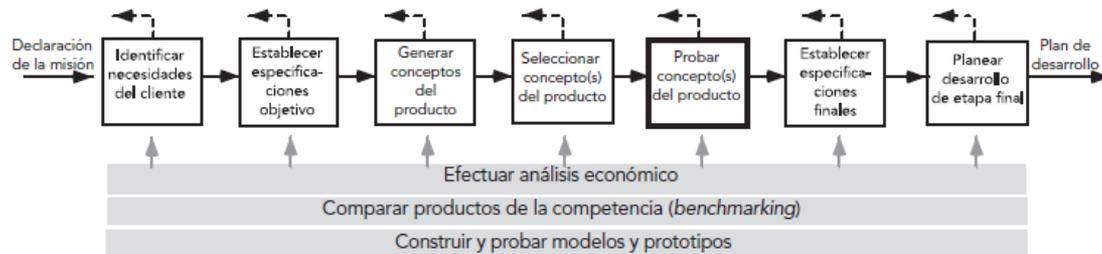
Matriz



ESPE
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
CAMINO A LA EXCELENCIA

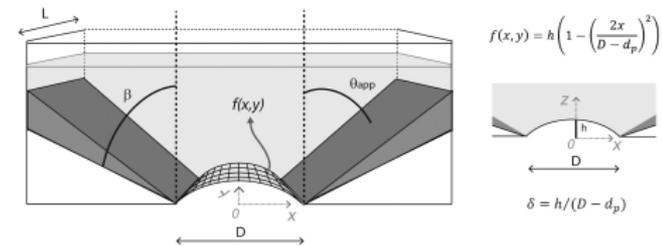
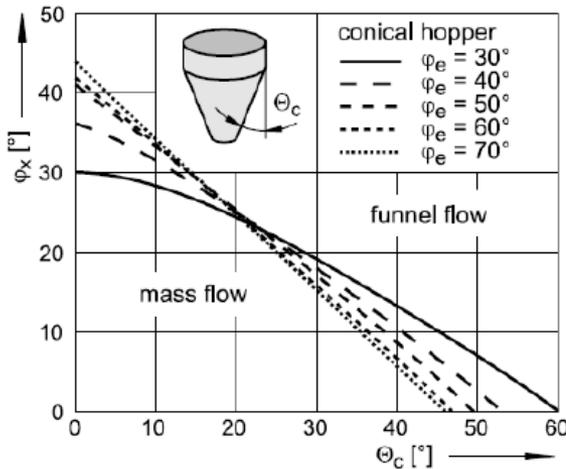
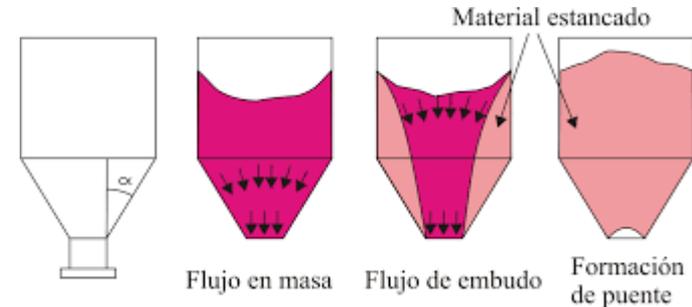
Pruebas de conceptos

- ¿Qué concepto de los mostrados anteriormente debe perseguirse?
- ¿Cómo mejorar el concepto de manera que satisfaga las necesidades del cliente?
- ¿Cuál sería el posible nivel de producción del concepto?
- ¿Es factible continuar con este concepto?



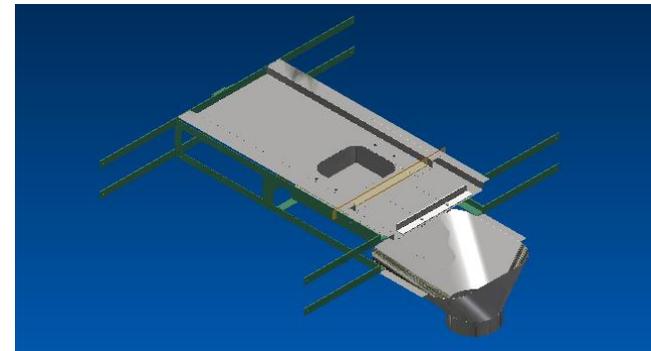
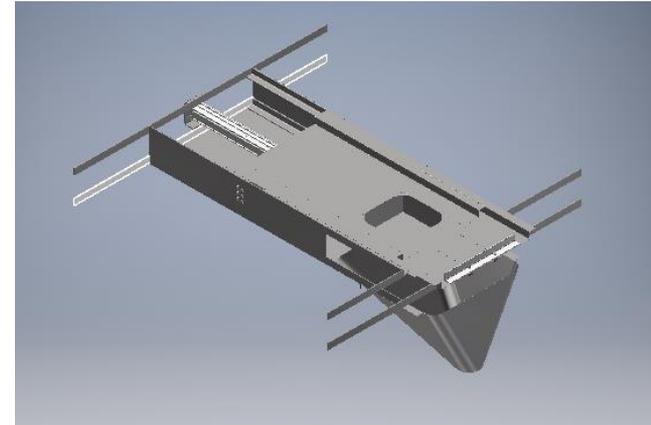
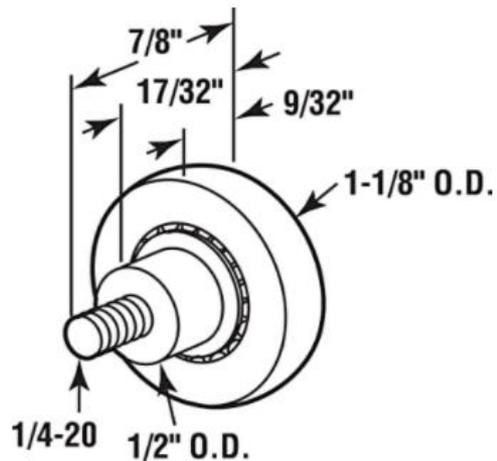
Prueba de concepto - tolvas

- $V_{tolva2} = \frac{1}{3}h \left(l_1^2 + l_2^2 + \sqrt{l_1^2 \times l_2^2} \right) - h(4 - \pi)r_1^2$
- $\beta_2 = \tan^{-1} \frac{r_2 - r_1}{h}$



Prueba de concepto – carro deslizante

- Requiere de ruedas y rieles para su guía
- Alto desgaste y baja frecuencia de operación



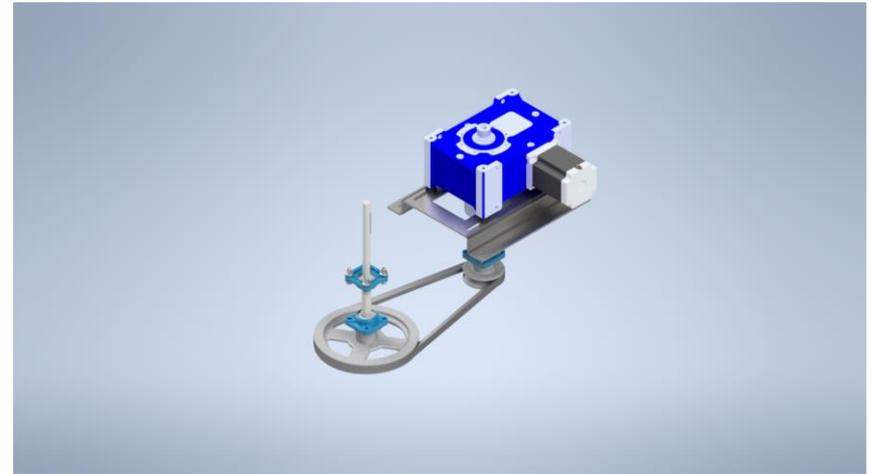
Prueba de concepto – vasos telescópicos

- Al extenderse, aumentan el volumen de dosificación
- Escobillas de material plástico para evitar contacto entre metales
- Requiere un control de posición

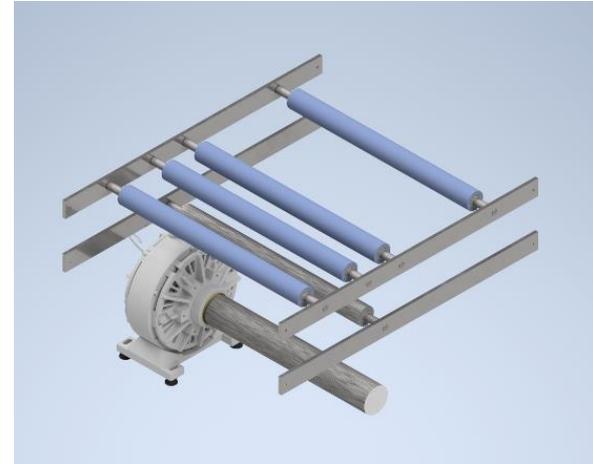
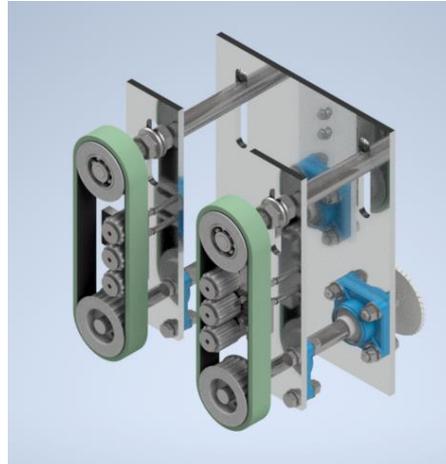


Prueba de concepto – transmisión de potencia a dosificador

- Se requiere que el soporte del motor permita su desplazamiento lineal
- La caja del motor actuará a su vez para asegurar la tensión de las poleas
- El soporte permite el uso de absorbentes de vibración

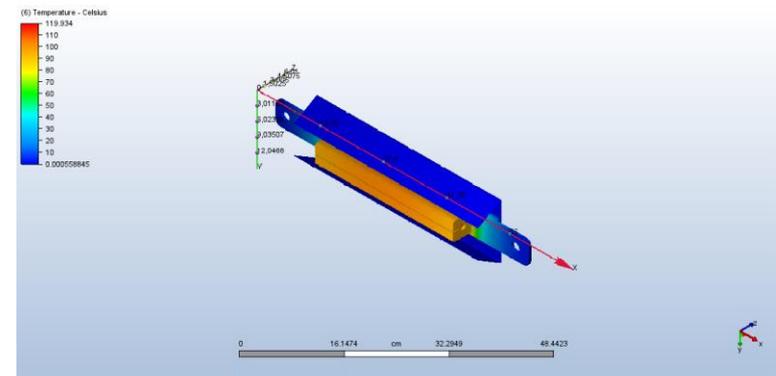
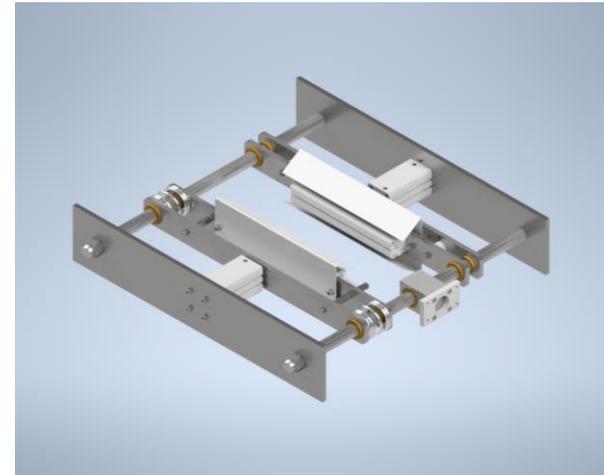


Prueba de concepto – sistema de formado

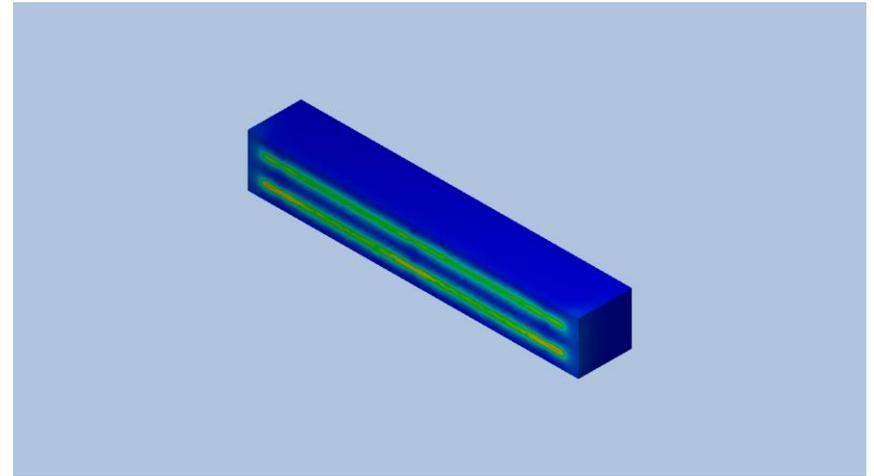
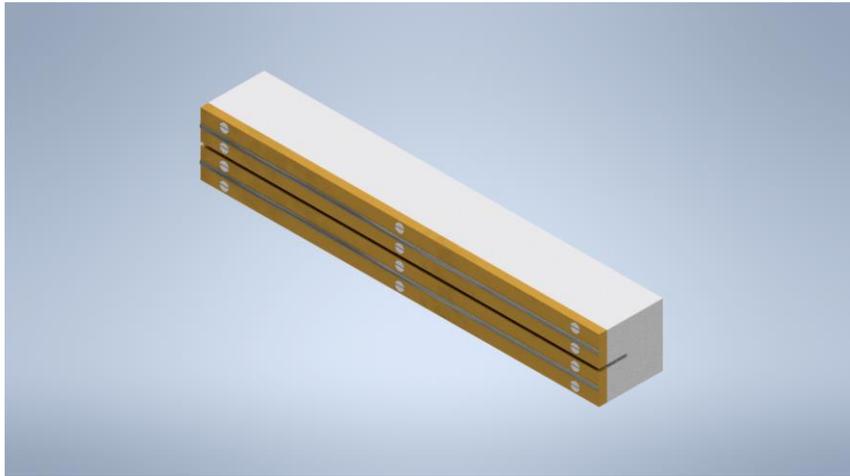


Prueba de concepto – mordazas de sellado

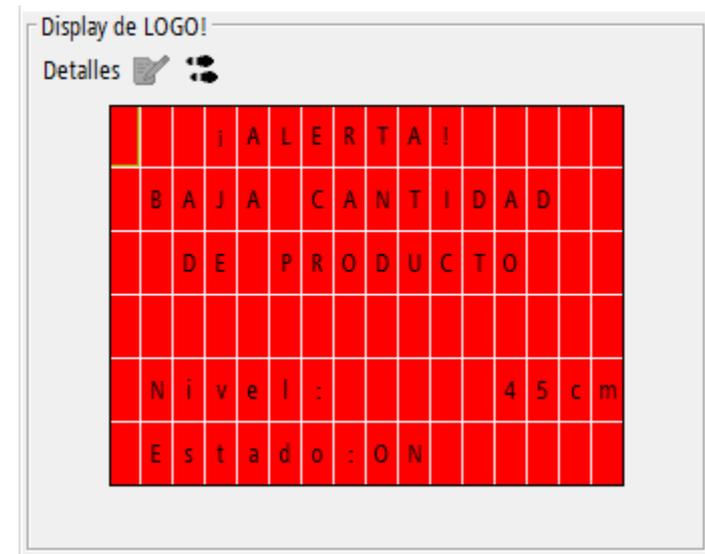
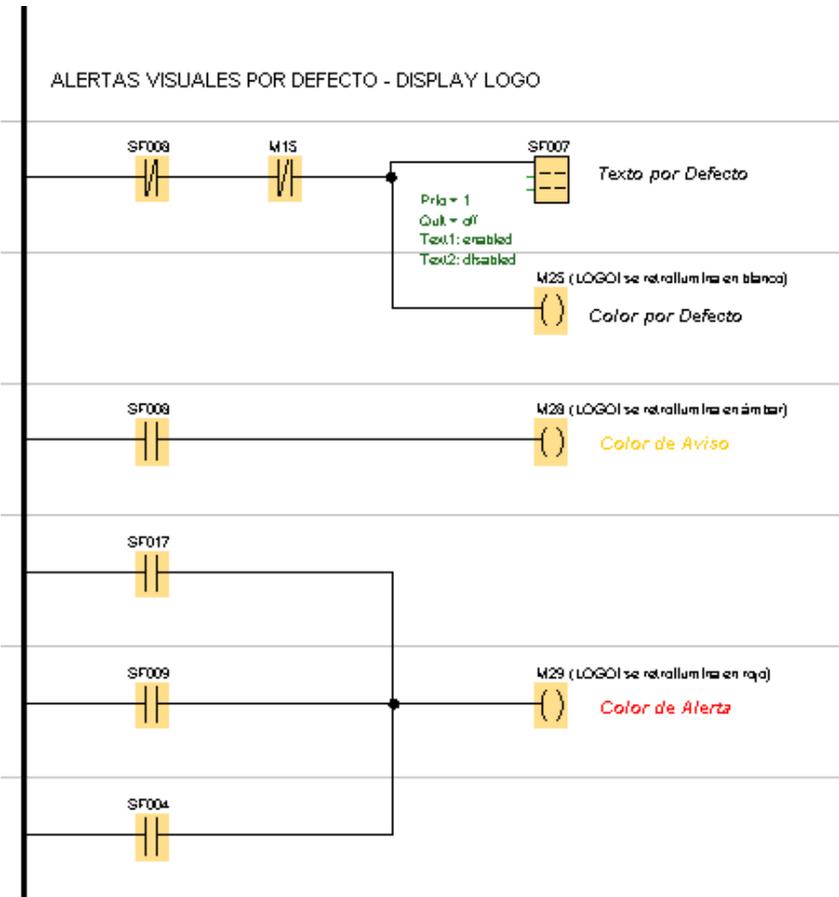
- El mejor sistema de este tipo es el de mordazas desplazadas por cilindros opuestos
- Las mordazas de acero inoxidable, aunque tardan mas en calentarse, tienen mejores propiedades mecánicas
- Una bandeja de cobertura presta una excelente protección al empaque y operador



Prueba de concepto – sellador de niquelinas



Prueba de concepto – alertas visuales en PLC



Capítulo 4

INGENIERÍA DE DETALLE



ESPE
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
CAMINO A LA EXCELENCIA

Diseño de tolvas

Métrica	símbolo	valor	unidad
diámetro de la boquilla	d_{b1}	20	cm
ángulo de descarga	β_{t1}	50	º deg
capacidad máxima de tolva	W_{t1}	50	kg
peso hectolítrico menor	PH_{min}	48	kg/hL
peso hectolítrico mayor	PH_{max}	80	kg/hL

- $V_{t1} = \frac{1}{3} h_{t1} \left(l_{t1}^2 + l_{b1}^2 + \sqrt{l_{t1}^2 \times l_{b1}^2} \right) - h(4 - \pi)r_{b1}^2$
- $\beta_{t1} = \tan^{-1} \frac{r_{t1} - r_{b1}}{h_{t1}}$
- $V_{t1} = 114.91 \text{ L}; \beta_{t1} = 47.49^\circ$

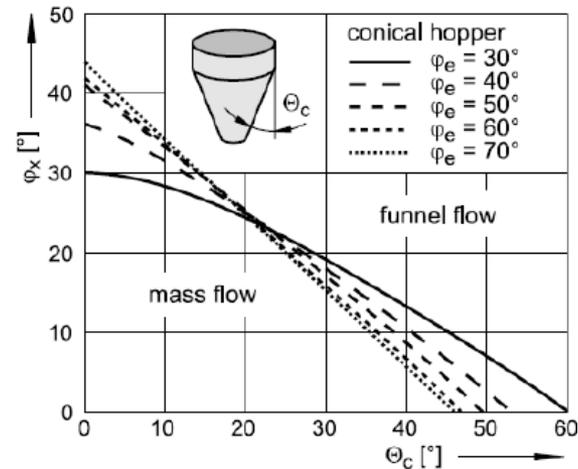


Diseño de tolvas

- $f S_t = \frac{m_{max}}{m_g}$
- $\sigma_{vt} = \frac{\rho g D_{ht1}}{4\mu K g_c} \left(1 - \exp \left(-\frac{4h\mu K}{D_{ht1}} \right) \right)$
- $\sigma_{wt} = K \sigma_{vt}$
- $t_{t1} = \frac{\sigma_{wh} d_{t1}}{\sigma_f}$
- $\sigma_{wt} = 101,614 Pa; t_{t1} \geq 0.1 \text{ mm}$

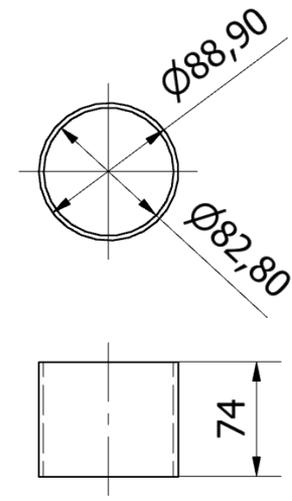
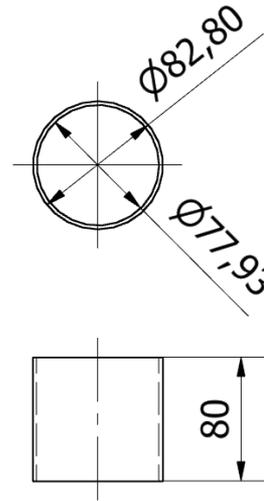
- $$K = \max \left(\begin{array}{l} 0.4 \\ \frac{1 - \sin(\varphi_x)}{1 + \sin(\varphi_x)} \\ \frac{1 - \sin^2(\varphi_x)}{1 + \sin^2(\varphi_x)} \end{array} \right)$$

- $$D_{ht1} = \frac{4A_{t1}}{P_{t1}}$$



Diseño de dosificador

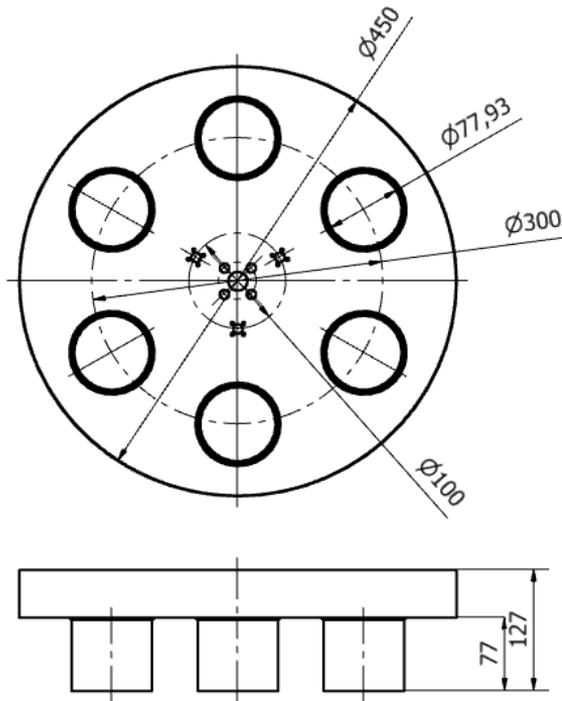
- $V_v = \frac{\pi d_v^2 h_v}{4}$
- $V_{max,v} = V_{v1} + V_{v2}$
- $h_v = \frac{4m_v}{\pi d_v^2 P H_{min}}$
 - $h_{v1} = 7,932 \approx 8[\text{cm}]$
 - $h_{v2} = 7,025 \approx 7,1[\text{cm}]$
 - $V_{max,v} = 763,9 \text{ mL}$



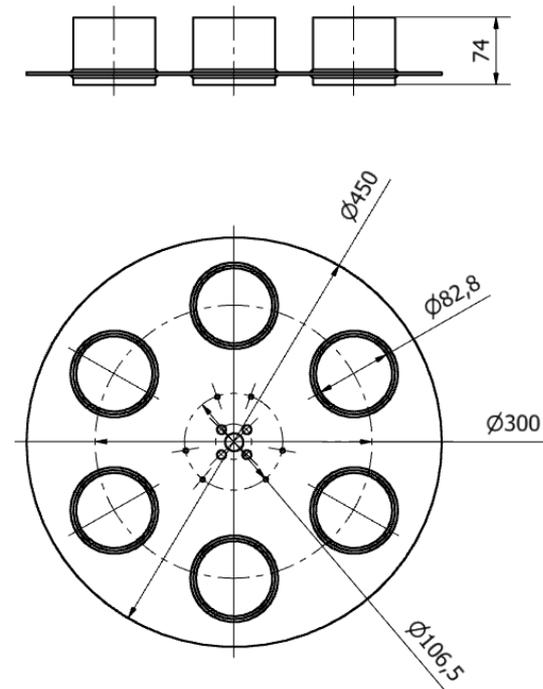
Métrica	símbolo	valor	unidad
Diámetro menor	d_{v1}	77.927	mm
Diámetro mayor	d_{v2}	82.804	mm

Diseño de dosificador

- Plato superior

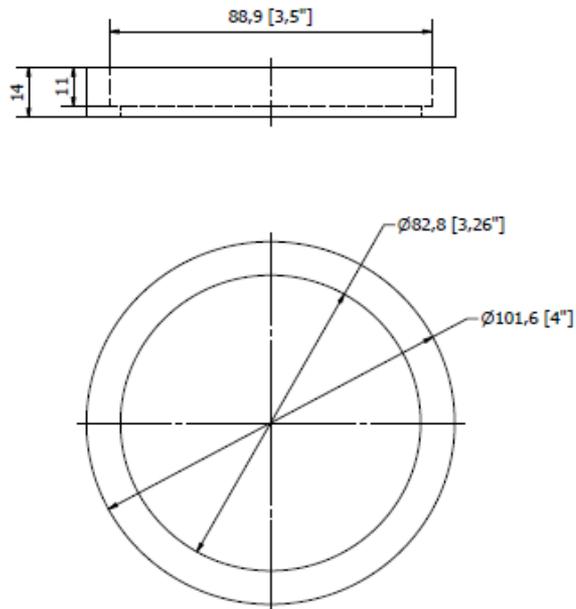


- Plato inferior

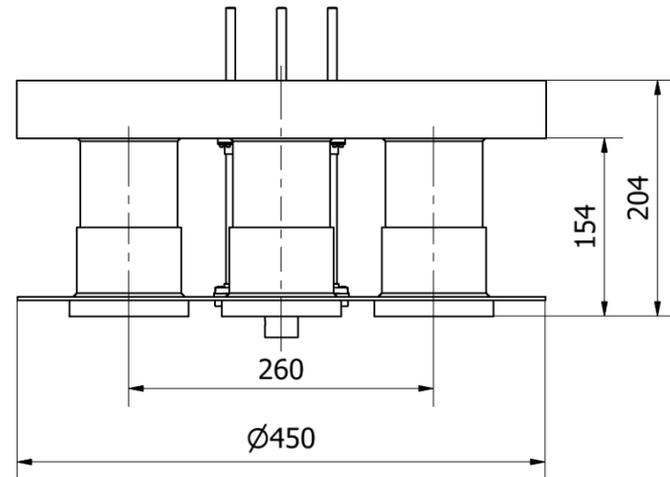


Diseño de dosificador

- Escobillas

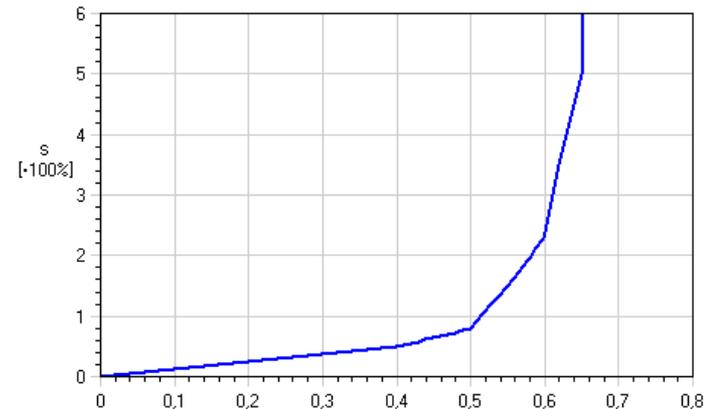
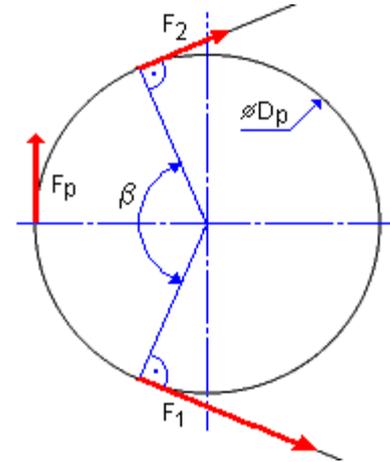


- Dimensiones generales



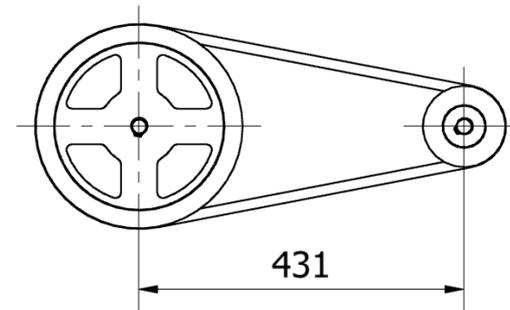
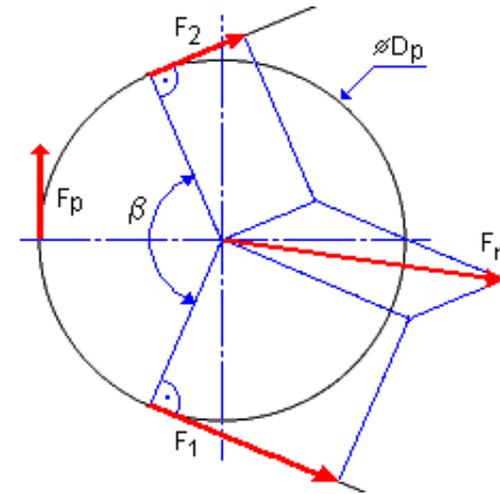
Diseño de dosificador

- $\eta = \frac{P_i}{P} = n_i(1 - s)$
- $P_i = P_{xi}F_p v \eta_t(1 - s)$
- $n_i = \frac{n}{i_i}(1 - s)$
- $\varphi = \frac{F_p}{F_1 + F_2}$
- $C_{pr} = \frac{z_b P_r}{P} \geq C_2$



Diseño del dosificador

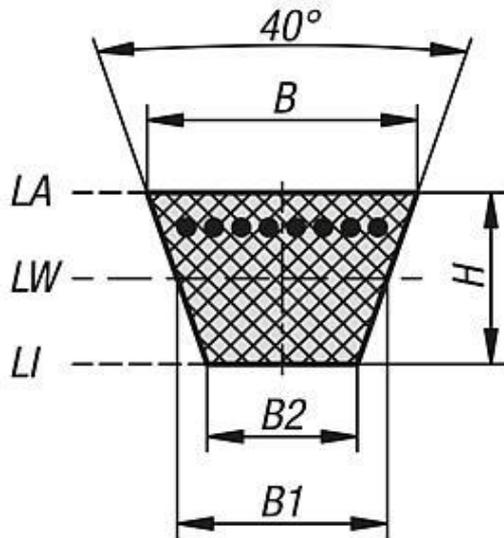
- $F_r = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 - 2F_1F_2\cos(\beta)}$
- $F_1 = F_p \frac{e^{f\beta}}{e^{f\beta}-1} + F_c$
- $F_2 = F_p \frac{1}{e^{f\beta}-1} + F_c$
- $F_p = \frac{P}{v}$
- $F_c = z_b m_b v^2$
 - $F_t = 80 \text{ N}; F_r = 101.25 \text{ N}$
 - $C_{pr} = 6; \eta = 0.96$



Diseño del dosificador

- $$e_{p,d} = \frac{104.049 - 101.25}{104.049} = 2.69\%$$

(Admisible)



V-Belts Component Generator

Design Calculation

Type of calculation: Strength Check

Load: Torque, Speed --> Power

Power: P 0,004 kW

Torque: T 3.1 N m

Speed: n 5*2.65 rpm

Service factor: c₂ 1,200 ul

Factors: Custom

Arc of contact correction factor: c₁ 0,939 ul

Number of belts correction factor: c₄ 1,000 ul

Number of pulleys correction factor: c₅ 1,000 ul

Belt properties: Custom

Base power rating: P_{RB} 0,027 kW

Length correction factor: c₃ 1,000 ul

Belt tensing: Tension factor: k_t 1,300 ul

1:49:33 Calculation: Pulley used within transmission has smaller diameter than Pulley 1.
 1:49:33 Calculation: Belt tension is computed with respect to Pulley 1.
 1:49:33 Calculation: Calculation indicates design compliance!

η	0,959 ul
s	0,021 ul
C _{PR}	5,958 ul
V-Belt	
P _{RB}	0,027 kW
D _{vmin}	180,000 mm
V _{max}	30,000 mps
f _{max}	60,000 Hz
m	0,300 kg/m
Pulley 1	
P _x	1,000 ul
P	0,004 kW
T	3,100 N m
n	13,250 rpm
D _D	100,000 mm
β	160,30 deg
F ₁	83,528 N
F ₂	21,528 N
F _r	104,049 N
F _v	103,507 N
L _t	475,147 mm
Pulley 2	
P _x	1,000 ul
P	0,004 kW
T	8,051 N m
n	4,893 rpm
i	2,708 ul
D _D	265,000 mm
β	199,70 deg
F ₁	21,528 N
F ₂	83,528 N
F _r	104,049 N
F _v	103,507 N
L _t	475,147 mm

Calculate OK Cancel >>



Diseño del dosificador

- $T_r = \frac{9550 P_m I_r \eta_r}{n_m}$
- $P_m = 8.07 W$
- (la potencia requerida es muy baja, por lo que se considera una potencia de 2.5 veces la misma)

Característica	Dato/Valor
Modelo	RXV-1-712
Reducción	1:10
Tipo de carcasa	Monolítica
Posiciones de fijación	M1, M4, M5
Factor de carga dinámica	0.95
Factor de servicio en la prueba	0.985
Factor correctivo de carga	1
Nivel de presión acústica	68 dBA



Diseño del dosificador

- $T_d = I_{yy,d} \omega_d / t_d$
 - $T_d = 6.96 \text{ N} \cdot \text{m}$

- $P_d = \frac{f_m \left(\frac{T_d \omega_d}{9550} \right)}{\eta}$
 - $P_d = 0.051 \text{ kW} \approx 0.1 \text{ hp}$

Métrica	símbolo	valor	unidad
Inercia del dosificador	$I_{yy,d}$	0,4178	kg m ²
Velocidad del dosificador	ω_m	5	rpm
Tiempo de aceleración	t_m	0.2	s
Coefficiente de desplazamiento	$f_{d,d}$	1.18	s.u.

Inertial Properties

Principal Global Center of Gravity

Principal Moments

I1 I2 I3

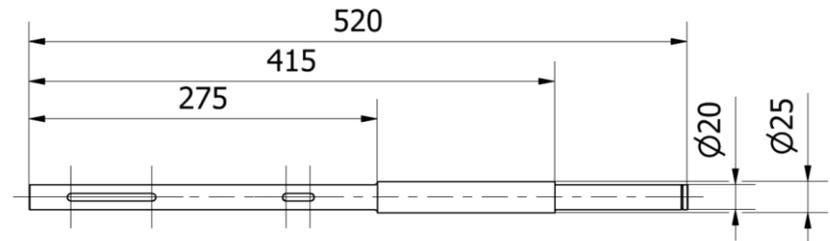
Rotation to Principal

Rx Ry Rz



Diseño de dosificador

- $\tau_T = \frac{16P_m}{\pi d_e^3 \omega_m}$
- $\tau_V = \frac{4V}{3\pi r_e^2}$
- $\sigma_{VM} = \sqrt{3} \left(\frac{16P_m}{\pi d_e^3 \omega_m} + \frac{4V}{3\pi r_e^2} \right)$
- $S_e = (C_M C_S C_D C_R) S_{be}$

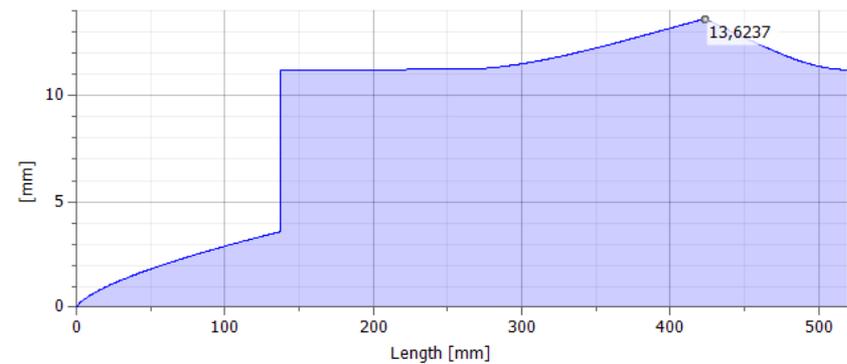
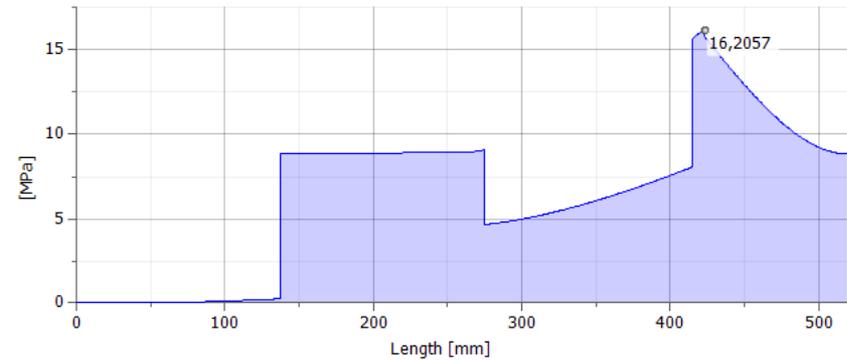
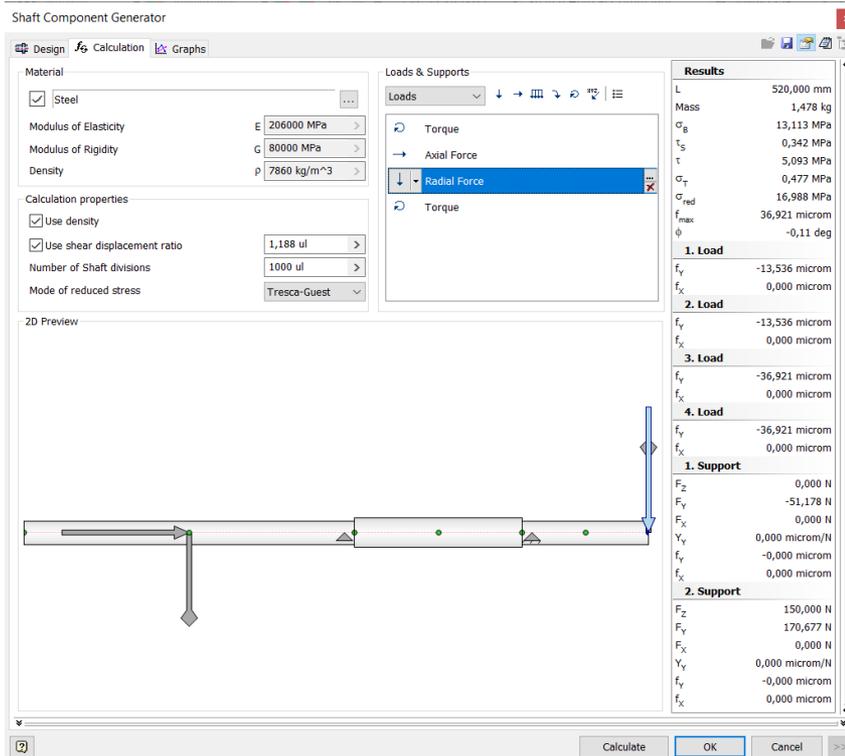


d_e

$$= \frac{4.6188V_t}{\sqrt[3]{461.56k_t^2 P_m S_{be}^2 \omega_m^2 + 1.7321 \sqrt{71011k_t^4 P_m^2 S_{be}^4 \omega_m^4 - 3437.1k_t^3 V_t S_{be}^3 \omega_m^6}}}$$



Diseño de dosificador

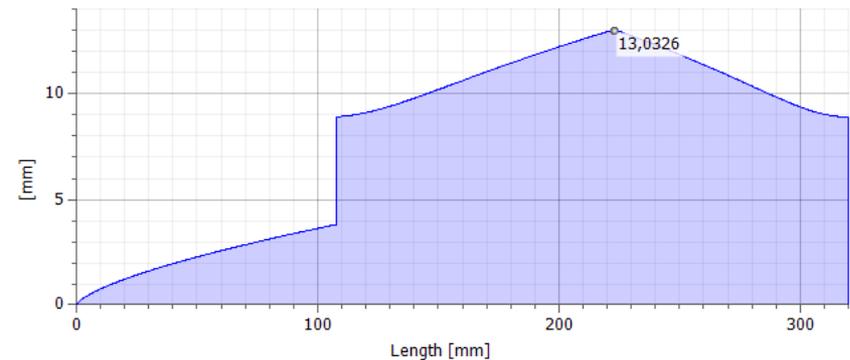
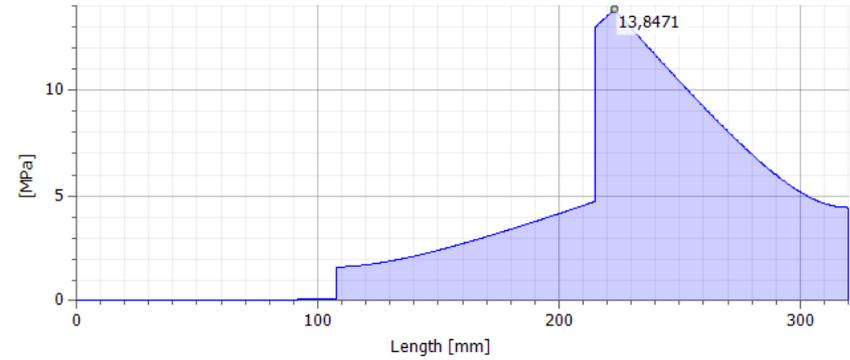
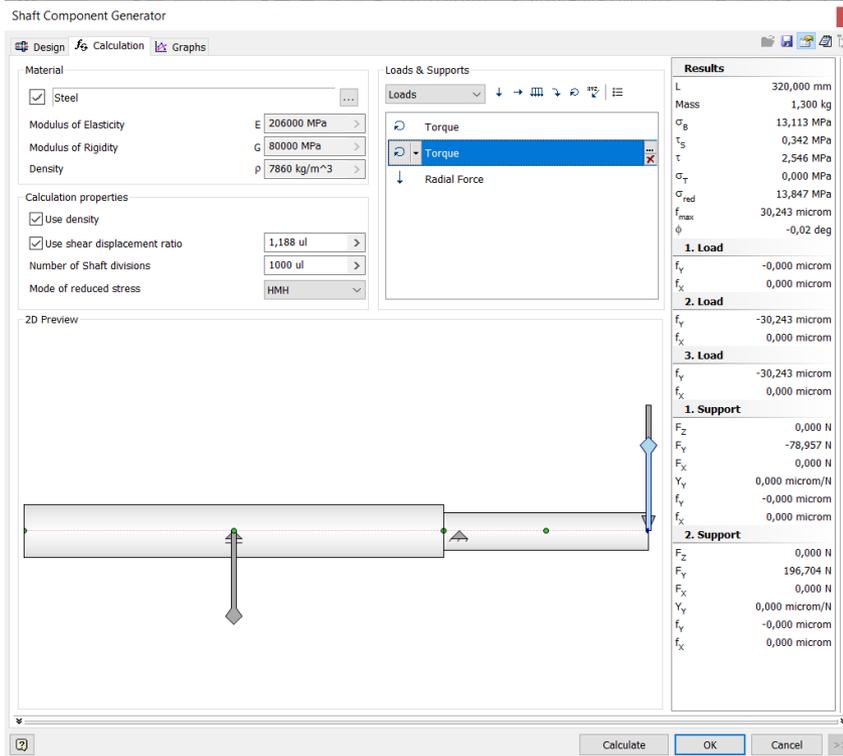


$$e_{e,d} = \frac{14.015 - 13.6237}{13.6237}$$

$$= 2.87\% \text{ (Admisible)}$$



Diseño de dosificador

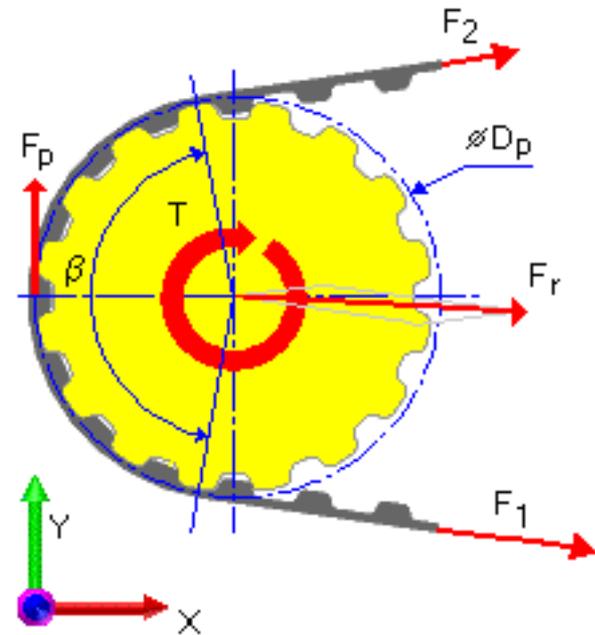


$$e_e = \frac{13.572 - 13.0326}{13.0326} = 4.14\% \text{ (Admissible)}$$



Diseño de formador

- $F_r = \sqrt{F_1^2 + F_2^2 + 2F_1F_2\cos(\beta)}$
- $F_1 = F_{Tmax} = k_1F_p + F_c$
- $F_2 = F_1 - F_p$
- $F_p = \frac{P}{v}$
- $F_c = mv^2$
 - $k_1 = 1.3$
 - $T_p = 10\text{Nm @ } 120\text{rpm}$
 - $P = 130\text{W} \rightarrow F_p = 260\text{N}$
 - $m = 0.154 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \rightarrow F_c = 0.038\text{N}$
 - $F_1 = 338.038\text{ N}$



Diseño de formador

Bevel Gears Component Generator

Design Calculation

Method of Strength Calculation
ANSI/AGMA 2001-D04:2005

Loads

	Gear 1	Gear 2
Power	P 128.35 W	0,126 kW
Speed	n 120 rpm	120,00 rpm
Torque	T 10,214 N m	10,009 N m
Efficiency	η 0,980 ul	

Material Values

Gear 1 A576-1045

Gear 2 A576-1045

Allowable Bending Stress	s_{at} 193,0 MPa	193,0 MPa
Allowable Contact Stress	s_{ac} 660,0 MPa	660,0 MPa
Modulus of Elasticity	E 206000 MPa	206000 MPa
Poisson's Ratio	μ 0,300 ul	0,300 ul

Required Life L_h 1000000 hr

Factors Accuracy

6:28:43 Design: Numbers of teeth are commensurable - shots of the same teeth are taken relatively re
6:28:43 Design: Calculation indicates design compliance!

Calculate OK Cancel >>

Results

F_t	335,660 N
F_n	357,202 N
v	0,382 mps
n_{E1}	18381,627 rpm
Gear 1	
F_{r1}	86,387 N
F_{r2}	86,387 N
F_{a1}	86,387 N
F_{a2}	86,387 N
k_f	1,219 ul
k_n	3,540 ul
Gear 2	
F_{r1}	86,387 N
F_{r2}	86,387 N
F_{a1}	86,387 N
F_{a2}	86,387 N
k_f	1,219 ul
k_n	3,540 ul

- $T_1 = 10.214 \text{ Nm}$
- $P_1 = 128.35 \text{ W}$
- $k_{f1} = k_{f2} = 1.219$



Diseño de formador

Spur Gears Component Generator

Design **Calculation**

Method of Strength Calculation
ISO 6336:1996

Loads

	Gear 1	Gear 2
Power	P 261,94 W	0,257 kW
Speed	n 120 rpm	120,00 rpm
Torque	T 20,845 N m	20,428 N m
Efficiency	η 0,980 ul	

Material Values

Gear 1 A576-1045

Gear 2 A576-1045

	Gear 1	Gear 2
Bending Fatigue Limit	σ_{Flim} 410,0 MPa	410,0 MPa
Contact Fatigue Limit	σ_{Hlim} 520,0 MPa	520,0 MPa
Modulus of Elasticity	E 206000 MPa	206000 MPa
Poisson's Ratio	μ 0,300 ul	0,300 ul
Heat Treatment	0 ul	0 ul

Required Life L_h 100000 hr

Factors Accuracy

Results

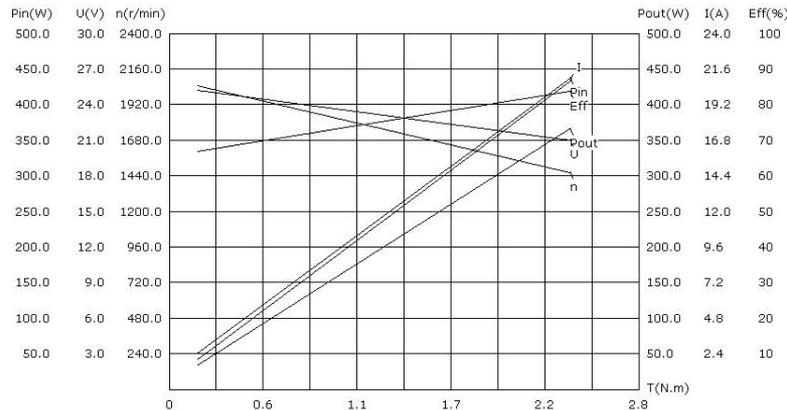
F_t	435,277 N
F_r	168,595 N
F_a	-158,428 N
F_n	492,940 N
v	0,602 mps
n_{E1}	16260,156 rpm
Gear 1	
S_H	1,267 ul
S_F	21,516 ul
S_{Hst}	3,089 ul
S_{Fst}	48,146 ul
Gear 2	
S_H	1,267 ul
S_F	21,516 ul
S_{Hst}	3,089 ul
S_{Fst}	48,146 ul

Calculate OK Cancel >>

- $T_1 = 20.845 \text{ Nm}$
- $P_1 = 261.94 \text{ W}$
- $S_{H1} = S_{H2} = 1.267$



- $T_i = \frac{F_{CL}(T_o)}{K_S \eta_r i_r}$
 - $T_i = 5.569 \text{ Nm}$
 - $P_m = 349.906 \text{ W}$



Característica	Dato/Valor
Modelo	NMRV040-80
Reducción	1:5
Tipo de carcasa	Monolítica
Posiciones de fijación	M1, M4, M5
Eficiencia	0,95
Factor de servicio en la prueba	0.985
Factor correctivo de carga	1,25
Nivel de presión acústica	68 dBA



Diseño de formador

Shaft Component Generator

Design Calculation Graphs

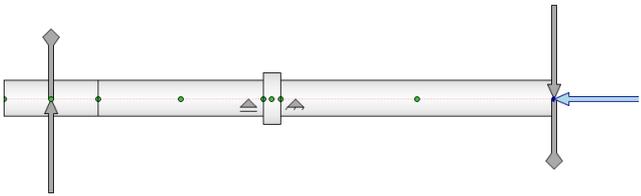
Material

- User material
- Modulus of Elasticity: E 206000 MPa
- Modulus of Rigidity: G 80000 MPa
- Density: ρ 7860 kg/m³

Calculation properties

- Use density
- Use shear displacement ratio: 1,188 ul
- Number of Shaft divisions: 1000 ul
- Mode of reduced stress: HMH

2D Preview



Loads & Supports

Loads

- Torque
- Radial Force
- Axial Force**
- Torque
- Radial Force

Results

L	291,500 mm
Mass	0,741 kg
σ_B	53,887 MPa
τ_S	5,595 MPa
t	6,366 MPa
σ_T	0,275 MPa
σ_{red}	55,845 MPa
f_{max}	162,274 microm
ϕ	0,12 deg

1. Load

f_y	-0,478 microm
f_x	-122,141 microm

2. Load

f_y	-0,478 microm
f_x	-122,141 microm

3. Load

f_y	54,615 microm
f_x	-0,196 microm

4. Load

f_y	54,615 microm
f_x	-0,196 microm

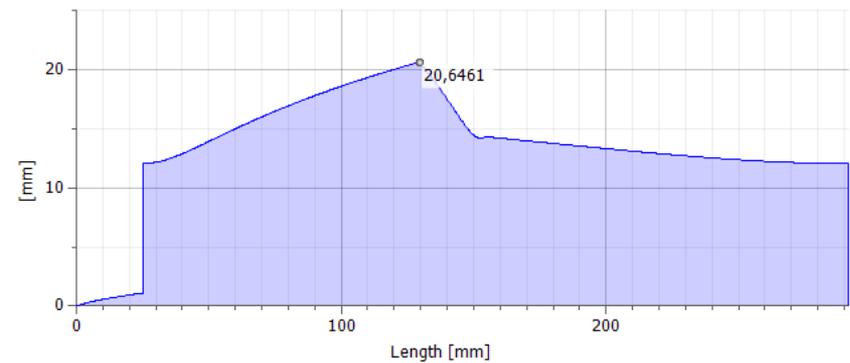
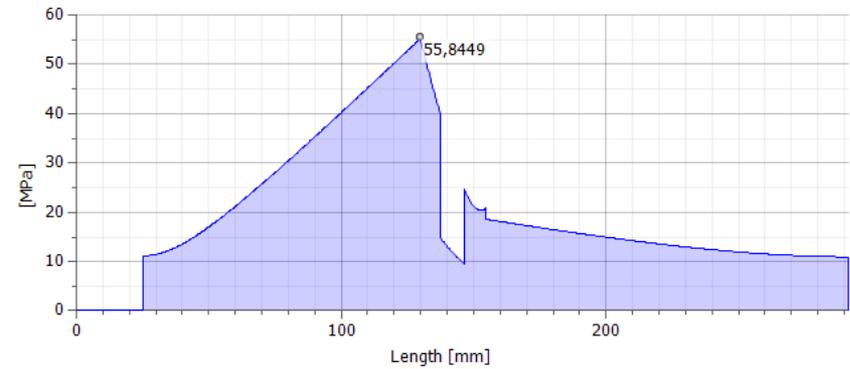
5. Load

f_y	54,615 microm
f_x	-0,196 microm

1. Support

F_z	0,000 N
F_y	475,976 N
F_x	2097,900 N
Y_y	0,000 microm/N
F_y	-0,000 microm

Calculate OK Cancel >>



Shaft Component Generator

Design **Calculation** Graphs

Material

- User material
- Modulus of Elasticity: E 206000 MPa
- Modulus of Rigidity: G 80000 MPa
- Density: ρ 7860 kg/m³

Calculation properties

- Use density
- Use shear displacement ratio: 1,188 ul
- Number of Shaft divisions: 1000 ul
- Mode of reduced stress: HMH

2D Preview

Loads & Supports

- Torque
- Radial Force
- Axial Force
- Torque
- Axial Force
- Radial Force
- Torque

Results

L	545,000 mm
Mass	1,450 kg
σ_B	22,857 MPa
τ_S	0,345 MPa
τ	13,005 MPa
σ_T	0,337 MPa
σ_{red}	32,273 MPa
f_{max}	127,198 microm
ϕ	-0,23 deg

1. Load

f_y	-121,405 microm
f_x	0,000 microm

2. Load

f_y	-121,405 microm
f_x	0,000 microm

3. Load

f_y	-121,405 microm
f_x	0,000 microm

4. Load

f_y	-125,953 microm
f_x	0,000 microm

5. Load

f_y	-125,953 microm
f_x	0,000 microm

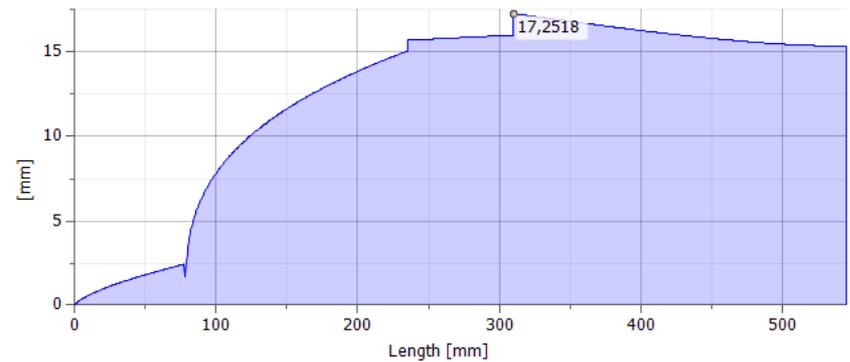
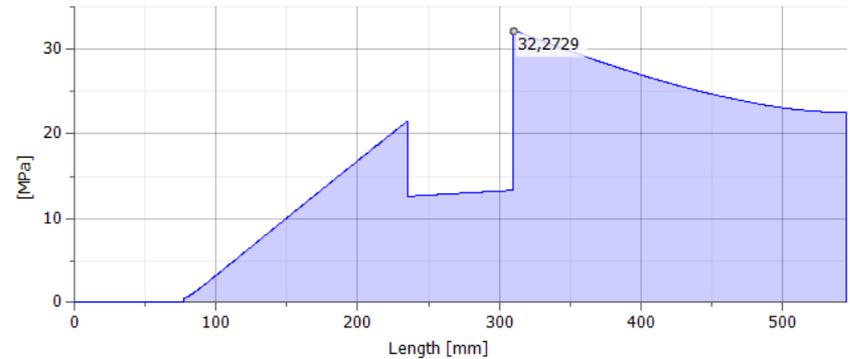
6. Load

f_y	-125,953 microm
f_x	0,000 microm

7. Load

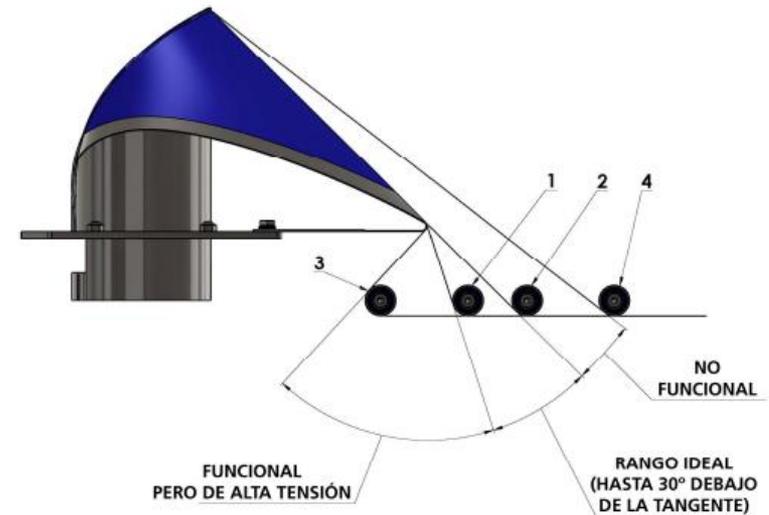
f_y	109,040 microm
f_x	0,000 microm

Buttons: Calculate, OK, Cancel, >>

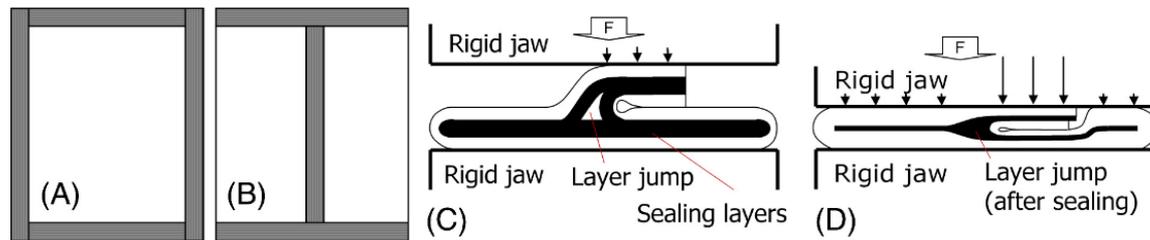
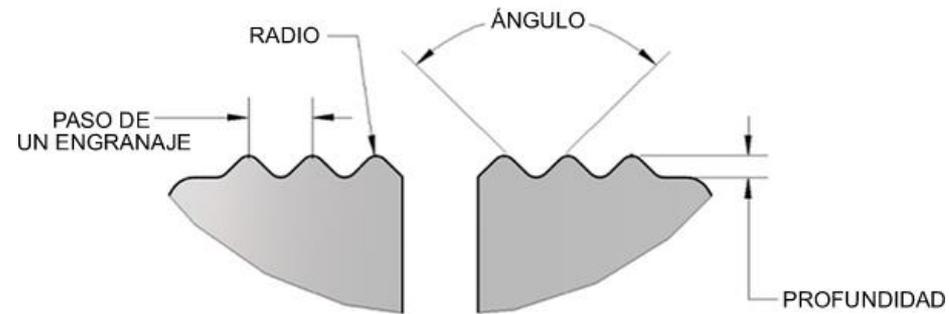


Diseño de formador

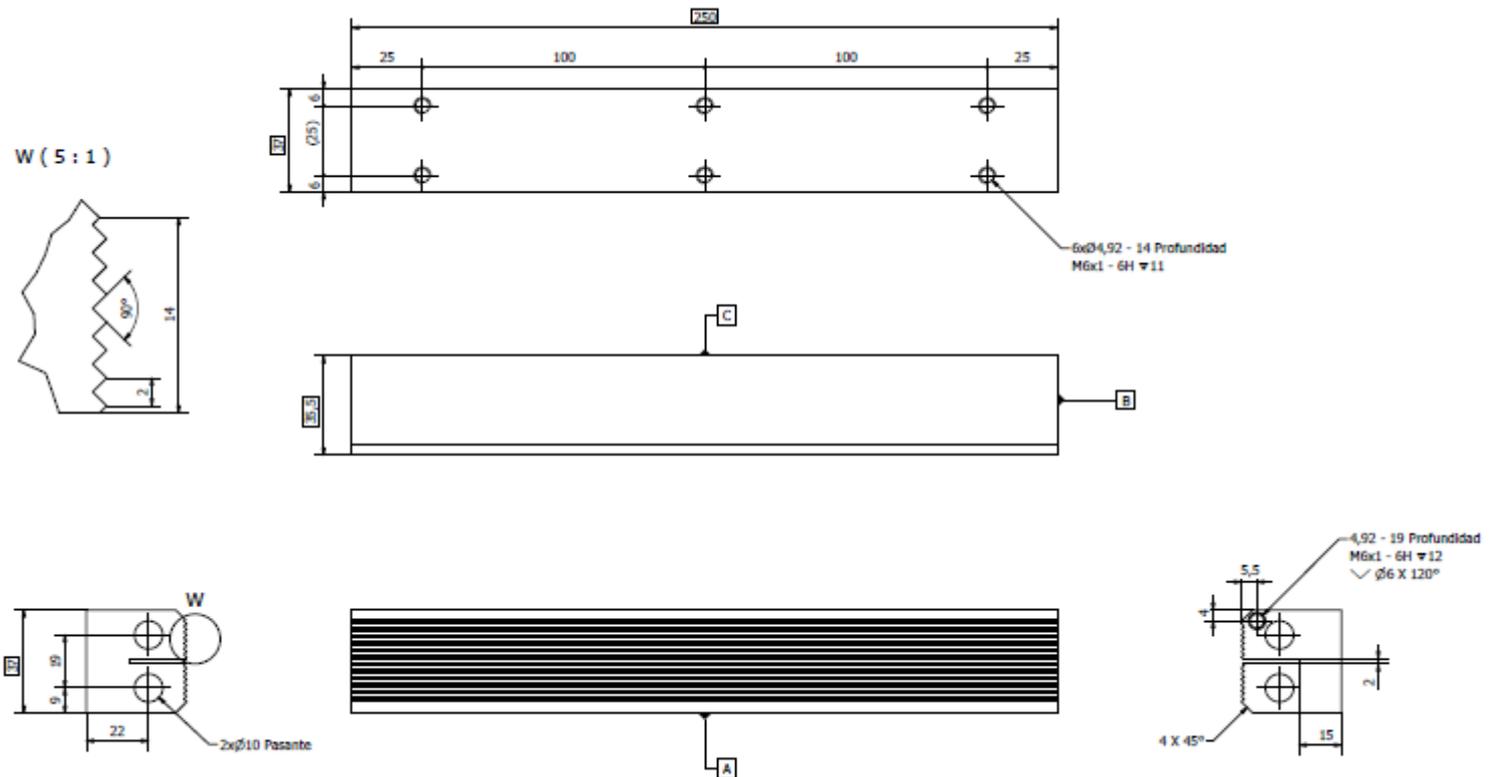
- Se aconseja que el rodillo tensor que estará más cerca de la manga formadora no tenga un ángulo mayor a 30° bajo la tangente del formador, ya que de lo contrario existirá una sobretensión en ese punto



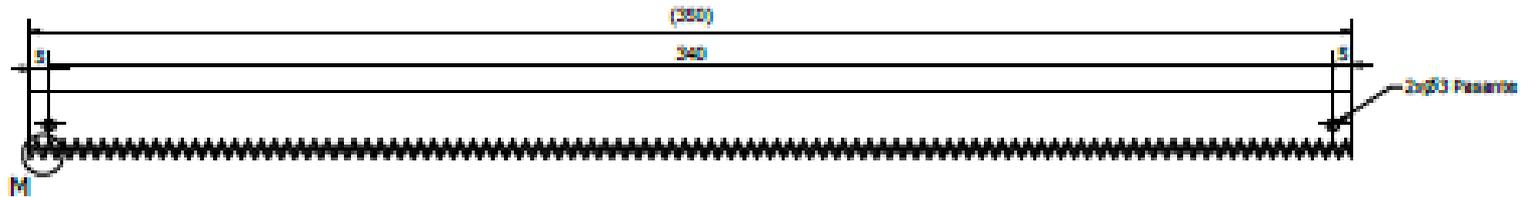
Diseño de sellador



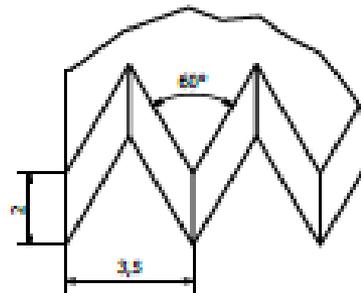
Diseño de sellador



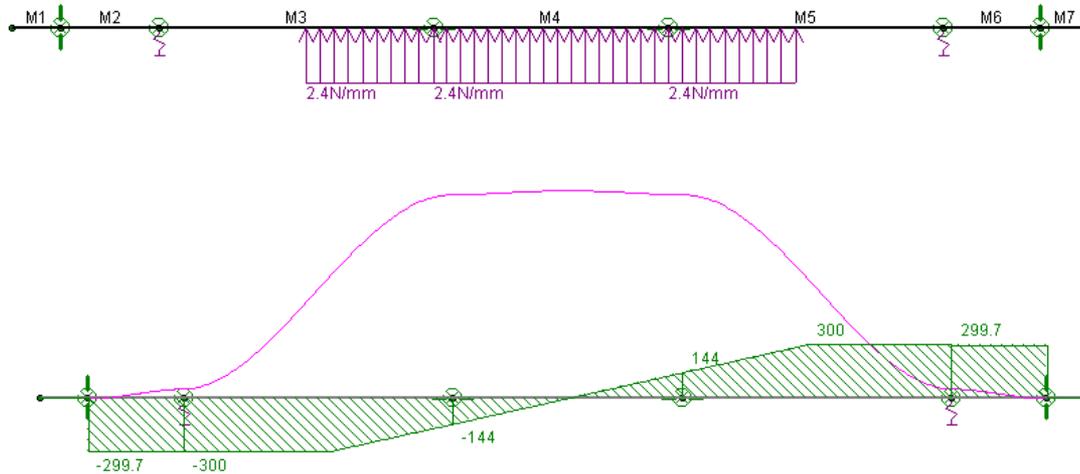
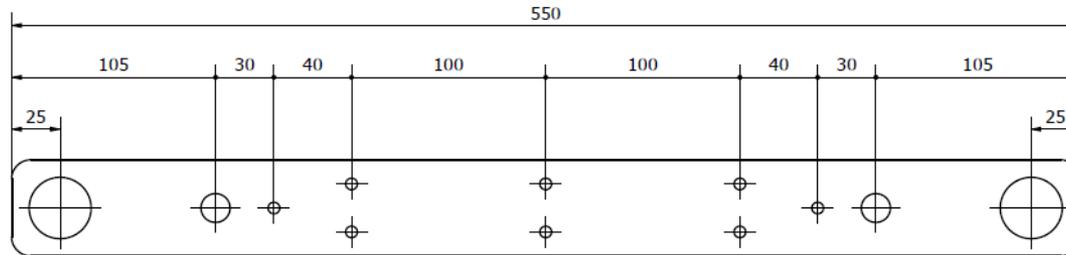
Diseño de sellador



Detalle M
(10 : 1)



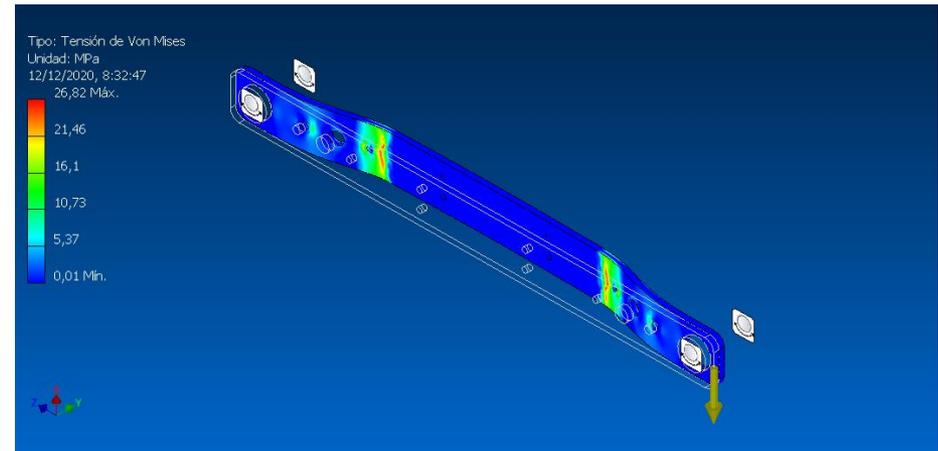
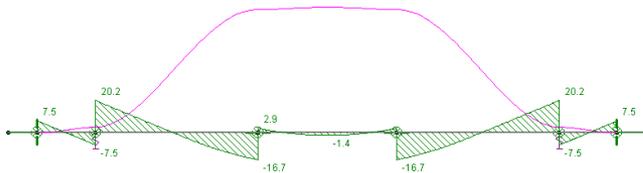
Diseño de sellador



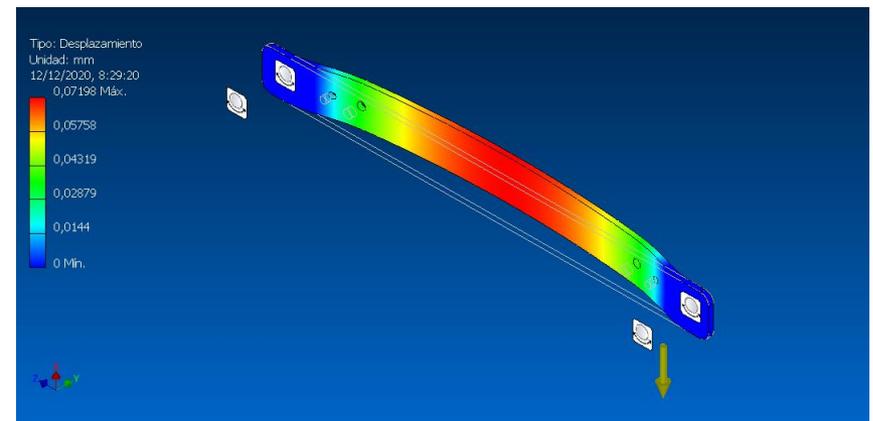
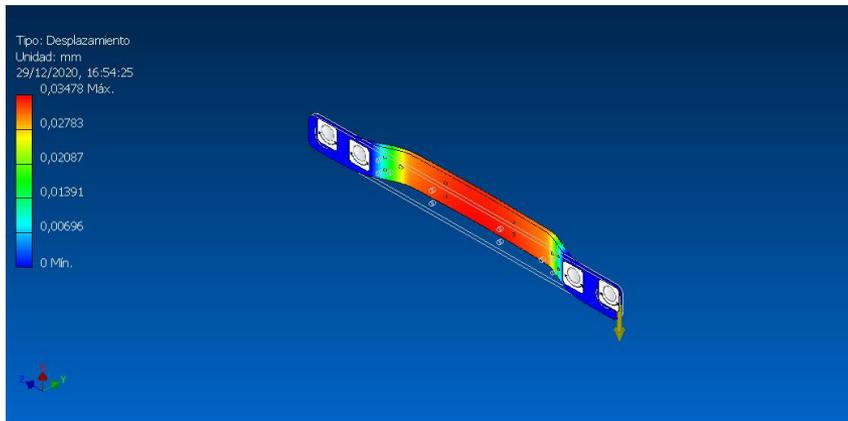
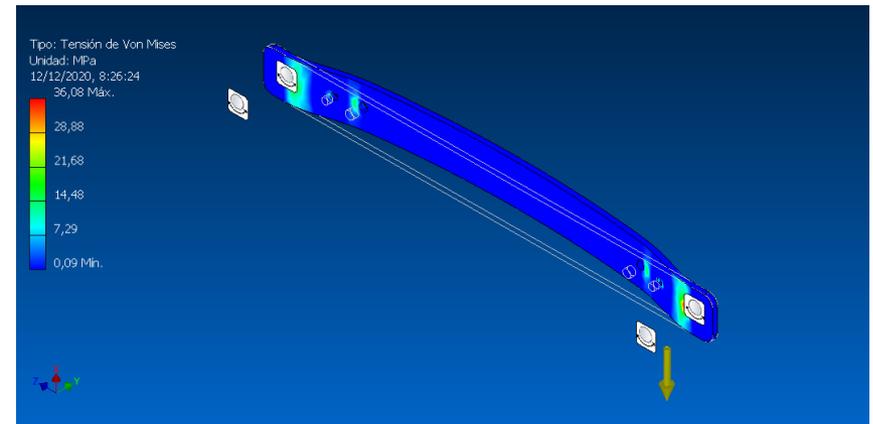
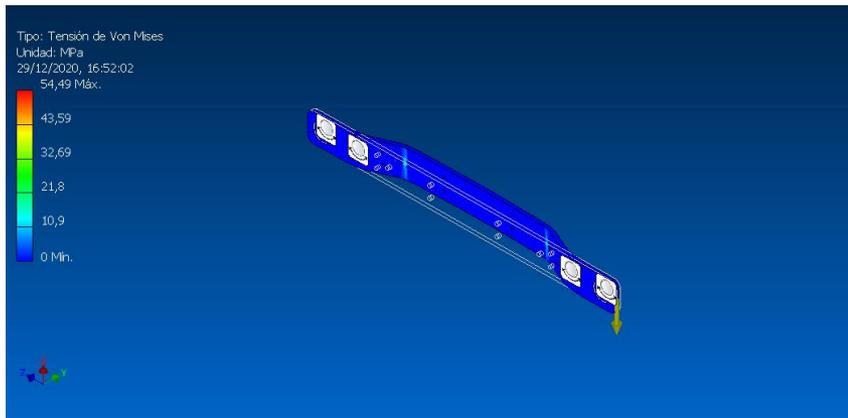
Diseño de sellador

- $\max(\sigma_{VM,pf}) = 29,94 \text{ MPa @ } x = 0; y = 4,5$

- $e_{pf} = \frac{26,82 - 24,47}{26,82} = 8.76\%$

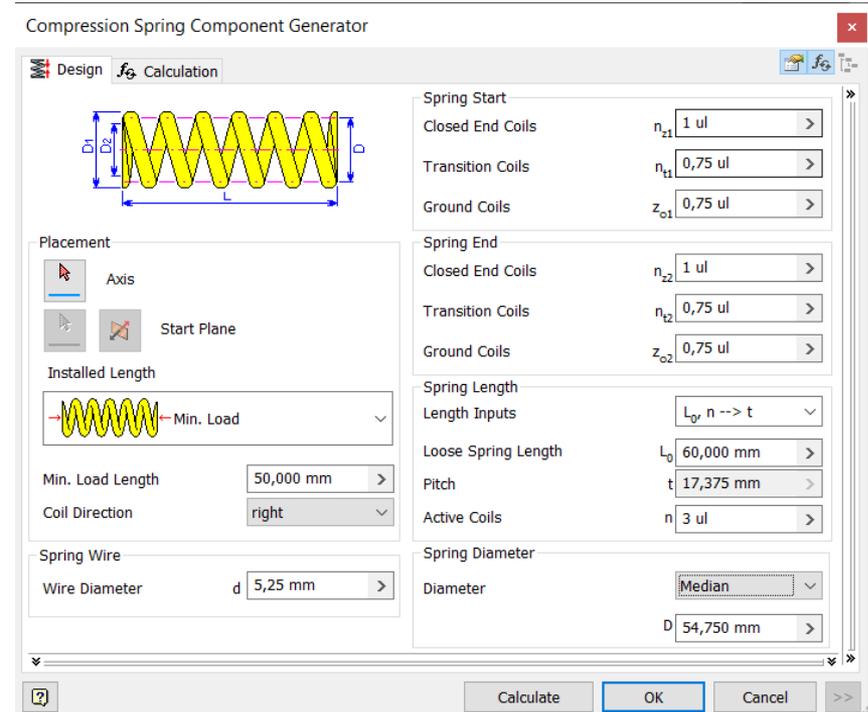


Diseño de sellador



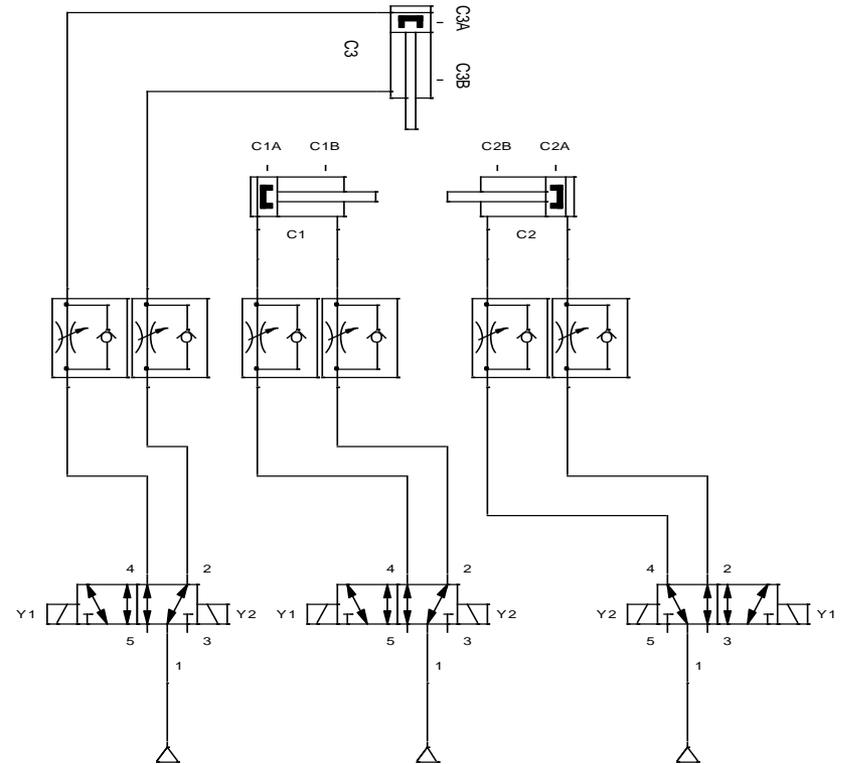
Diseño de sellador

- $K_r = \frac{Gd_c^4}{8D_m^3n_a}$
- $G = \frac{E}{2(1+\nu)}$
- $K_r = \frac{F_{max}}{L_l - L_s}$
- $\tau_{max} = \frac{8WD_m}{\pi d_c^3} F_{max}$
- $W = \frac{4C-1}{4C-4} + \frac{0.615}{C}$
- $C = \frac{D_m}{d_c}$



Dimensionamiento de actuadores

- $F_{rc} = 0.85 \times P_{aire} \times A_{rc}$
- $A_{ac1} = \frac{\pi d_{c1}^2}{4}$; $d_{c1} = \sqrt{\frac{4A_{ac1}}{\pi}}$
- $d_{v1} = \sqrt[4]{\frac{4F_{ac1}(4Kl_{c1})^2}{\pi^3 E_{acero}}}$
- $d_{c1} = d_{c2} \geq 3.57 \text{ cm}$
- $d_{v1} \geq 5.94 \text{ mm}$



Dimensionamiento de actuadores

- $Q_c = \frac{\pi d_c^2}{4} \times l_c \times \frac{P_{abs} + P_{aire}}{P_{abs}}$
- $Q_c = \frac{\pi}{4} \left[d_c^2 + (d_c^2 - d_v^2) \right] \times l_c \times \frac{P_{abs} + P_{aire}}{P_{abs}}$
 - $Q_{c1} = 0.224 \text{ L/Ciclo}$
 - $Q_{c2} = 0.168$
 - $Q_{c3} = 0.071 [L/Ciclo]$



Diseño del bastidor

- Para vigas
 - $1.2D + 1.6L + 1.4P + 1.6I$
- Para todos los miembros
 - $1.4D + 1.2P$
 - $1.2D + 1.4P + 1.6L$
- Estándares
 - AISC 360 – 16
 - AISI MH16.3 - 2016



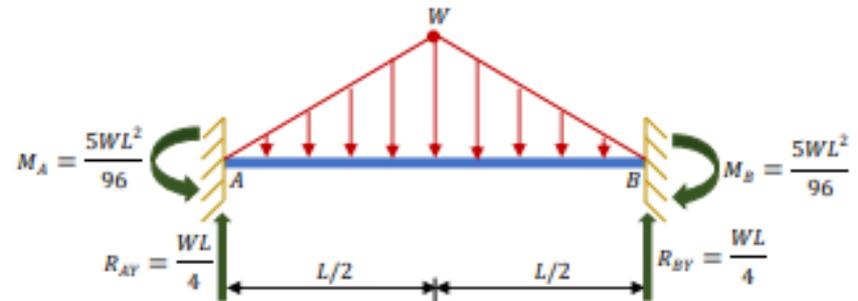
Diseño del bastidor

- Cálculos de vigas

- $M_A = -M_B = \frac{5WL^2}{96}$

- $R_{zA} = R_{zB} = -\frac{WL}{4}$

- $\delta_{max} = \frac{7WL^4}{3840EI}$



Diseño de bastidor

- $$M_n = \begin{cases} \left(1.92 - 1.17 \sqrt{\frac{M_y}{M_{cr}}} \right) M_y & \frac{M_y}{M_{cr}} \leq 1 \\ \left(0.92 - \frac{0.17M_{cr}}{M_y} \right) M_{cr} & \frac{M_y}{M_{cr}} > 1 \end{cases}$$

- $$M_{cr} = 1.25 \left\{ \frac{0.58Eb^4 tC_b}{L_b^2} \left[\sqrt{1 + 0.88 \left(\frac{L_b t}{b^2} \right)^2} + 1 \right] \right\}$$

- $$M_y = \sigma_y S$$



Diseño de bastidor

Viga	Variable	Valor	Unidad
11-14	Momento máximo	3.8069	kgf m
	Momento nominal	26.518	kgf m
	Radio de resistencia	0,1435	n/a
21-22	Momento máximo	7.7701	kgf m
	Momento nominal	26.518	kgf m
	Radio de resistencia	0,2903	n/a
23-24	Momento máximo	9,7126	kgf m
	Momento nominal	26.518	kgf m
	Radio de resistencia	0,3662	n/a
31	Momento máximo	1,9609	kgf m
	Momento nominal	26.518	kgf m
	Radio de resistencia	0,0739	n/a
32	Momento máximo	5,2846	kgf m
	Momento nominal	26.518	kgf m
	Radio de resistencia	0,1992	n/a
41-42	Momento máximo	14,118	kgf m
	Momento nominal	26.518	kgf m
	Radio de resistencia	0,5323	n/a





ESPE
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
CAMINO A LA EXCELENCIA



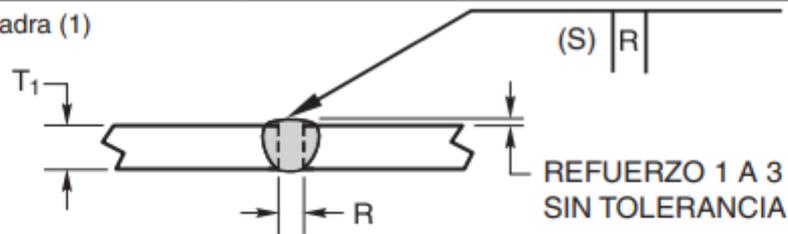
ESPE
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
CAMINO A LA EXCELENCIA



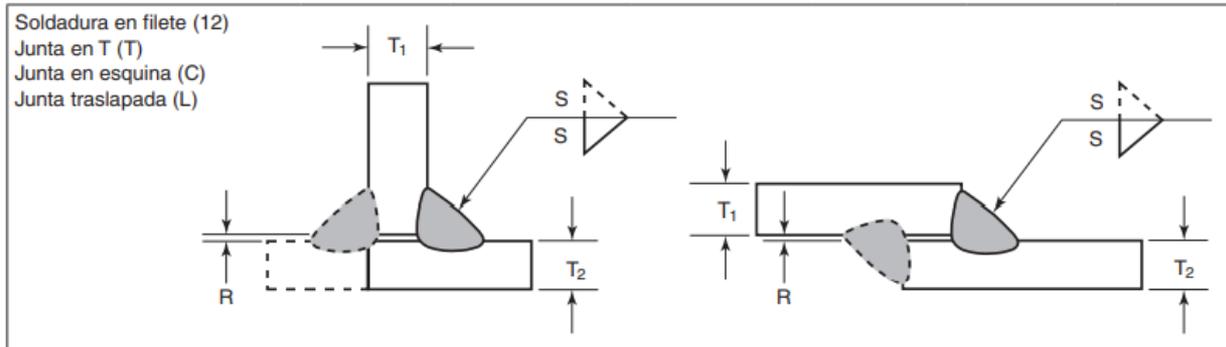
ESPE
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
CAMINO A LA EXCELENCIA

Diseño de bastidor

Soldadura en ranura en escuadra (1) Junta a tope (B)									
		Espesor del metal base (U = ilimitado)		Preparación de la ranura			Posiciones de soldadura permitidas	Tamaño de la soldadura (S)	Notas
Proceso de soldadura	Designación de junta	T ₁	T ₂	Abertura de la raíz	Tolerancias				
					Según lo detailed (ver 5.4.2.2)	Como ajuste (ver 5.4.2.7)			
SMAW	B-P1a	3	—	R = 0 a 2	+2, -0	±2	Todo	T ₁ - 1	b
	B-P1c	6 máx.	—	R = $\frac{T_1}{2}$ mín.	+2, -0	±2	Todo	$\frac{T_1}{2}$	b
GMAW FCAW	B-P1a-GF	3	—	R = 0 a 2	+2, -0	±2	Todo	T ₁ - 1	b, e
	B-P1c-GF	6 máx.	—	R = $\frac{T_1}{2}$ mín.	+2, -0	±2	Todo	$\frac{T_1}{2}$	b, e



Diseño de bastidor



Proceso de soldadura	Designación de junta	Espesor del metal base T_1 o T_2	Diseño/Geometría de la junta			Posiciones de soldadura permitidas	Notas
			Abertura de la raíz	Tolerancias			
				Según detalle	Según acoplamiento		
SMAW	TC-F12	< 75	R = 0	+2, -0	5 máx.	Todo	a, b, d
	TC-F12a	> 75			8 máx.		a, b, d
	L-F12	< 75			5 máx.		a, b, c
	L-F12a	≥ 75			8 máx.		a, b, c
GMAW FCAW	TC-F12-GF	< 75	R = 0	+2, -0	5 máx.	Todo	a, b, d
	TC-F12a-GF	≥ 75			8 máx.		a, b, d
	L-F12-GF	< 75			5 máx.		a, b, c
	L-F12a-GF	≥ 75			8 máx.		a, b, c
SAW	TC-F12-S	< 75	R = 0	+2, -0	5 máx.	F, H	a, b, d
	TC-F12a-S	≥ 75			8 máx.		a, b, d
	L-F12-S	< 75			5 máx.		a, b, c
	L-F12a-S	≥ 75			8 máx.		a, b, c



Diseño de bastidor

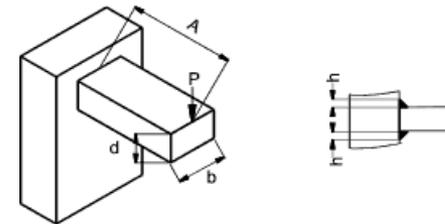
- $$\tau = \frac{8.5M_b(d+2h)}{b[(d+2h)^3-d^3]} + \frac{0.71V}{bh}$$

- $M_b = 14.118 \text{ kgf m}$

- $V = 67.7664 \text{ kgf}$

- $$F_u = \sqrt{3\tau^2}$$

- $$F_u = 85,14 \text{ MPa} > \phi F_n$$



Diseño de bastidor

Soldadura en ranura con bisel abocinado (10)
 Junta a tope (B)
 Junta en T (T)
 Junta en esquina (C)

Proceso de soldadura	Designación de junta	Espesor del metal base (U = ilimitado)			Preparación de la ranura			Posiciones de soldadura permitidas	Tamaño de la soldadura (S)	Notas
		T ₁	T ₂	T ₃	Abertura de la raíz Cara de la raíz Radio de doblado	Tolerancias				
						Según lo detallado (ver 5.4.2.2)	Como ajuste (ver 5.4.2.7)			
SMAW FCAW-S	BTC-P10	5 mín.	U	T ₁ mín.	R = 0 f = 5 mín. $r = \frac{3T_1}{4}$ mín.	+2, -0 +U, -0 +U, -0	+3, -2 +U, -2 +U, -0	Todo	5/16 r	e, g, j, l
GMAW FCAW-G	BTC-P10-GF	5 mín.	U	T ₁ mín.	R = 0 f = 5 mín. $r = \frac{3T_1}{4}$ mín.	+2, -0 +U, -0 +U, -0	+3, -2 +U, -2 +U, -0	Todo	5/8 r	a, g, j, l, m
SAW	B-P10-S	12 mín.	12 mín.	N/A	R = 0 f = 5 mín. $r = \frac{3T_1}{4}$ mín.	±0 +U, -0 +U, -0	+2, -0 +U, -2 +U, -0	F	5/16 r	g, j, l, m



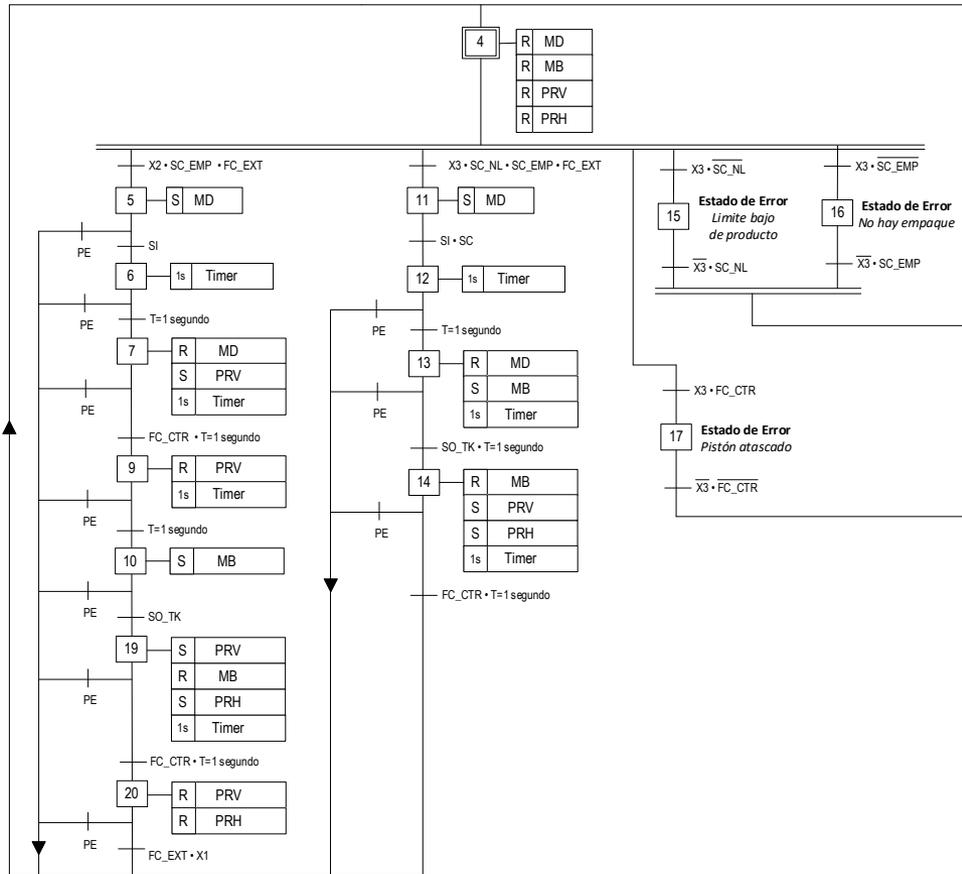
Diseño de sistema de control

N°	Descripción	Símbolo	Dirección	Tipo	Configuración
1	Botón de INICIO / STOP	IS	X1	Entrada	N.A.
2	Botón de Paro de Emergencia	PE	X2	Entrada	N.A.
3	Switch selector de modos de marcha: Manual / Automático	MMA	X3	Entrada	2 posiciones
4	Sensor Inductivo – Detecta los vasos dosificadores	SI	X4	Entrada	N.A. (PNP)
5	Sensor Capacitivo – Detecta caída del producto al empaque	SC	X5	Entrada	N.A. (PNP)
6	Sensor Capacitivo – Detecta la falta de empaque	SC_EMP	X6	Entrada	N.A. (PNP)
7	Sensor Capacitivo – Detecta el nivel bajo del producto	SC_NL	X7	Entrada	N.A. (PNP)
8	Fin de Carrera Pistones Contraídos	FC_CTR	X10	Entrada	N.A. (PNP)
9	Fin de Carrera Pistones Extendidos	FC_EXT	X11	Entrada	N.A. (PNP)
10	Sensor Óptico de Taca	SO_TK	X12	Entrada	N.A. (PNP)
11	Pistón Resistencia Vertical	PRV	Y6	Salida	N.A.
12	Pistón Resistencia Horizontal	PRH	Y7	Salida	N.A.
13	Pulsos Motor Dosificadora	MD	Y0	Salida	N.A.
14	Control de Dirección Motor Dosificadora	D_MD	Y3	Salida	N.A.
15	Pulsos Motor Banda	MB	Y1	Salida	N.A.
16	Control de Dirección Motor Banda	D_MB	Y4	Salida	N.A.

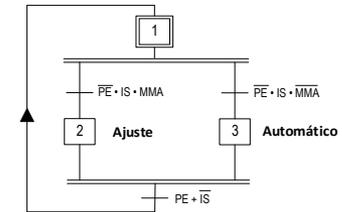


Diseño de sistema de control

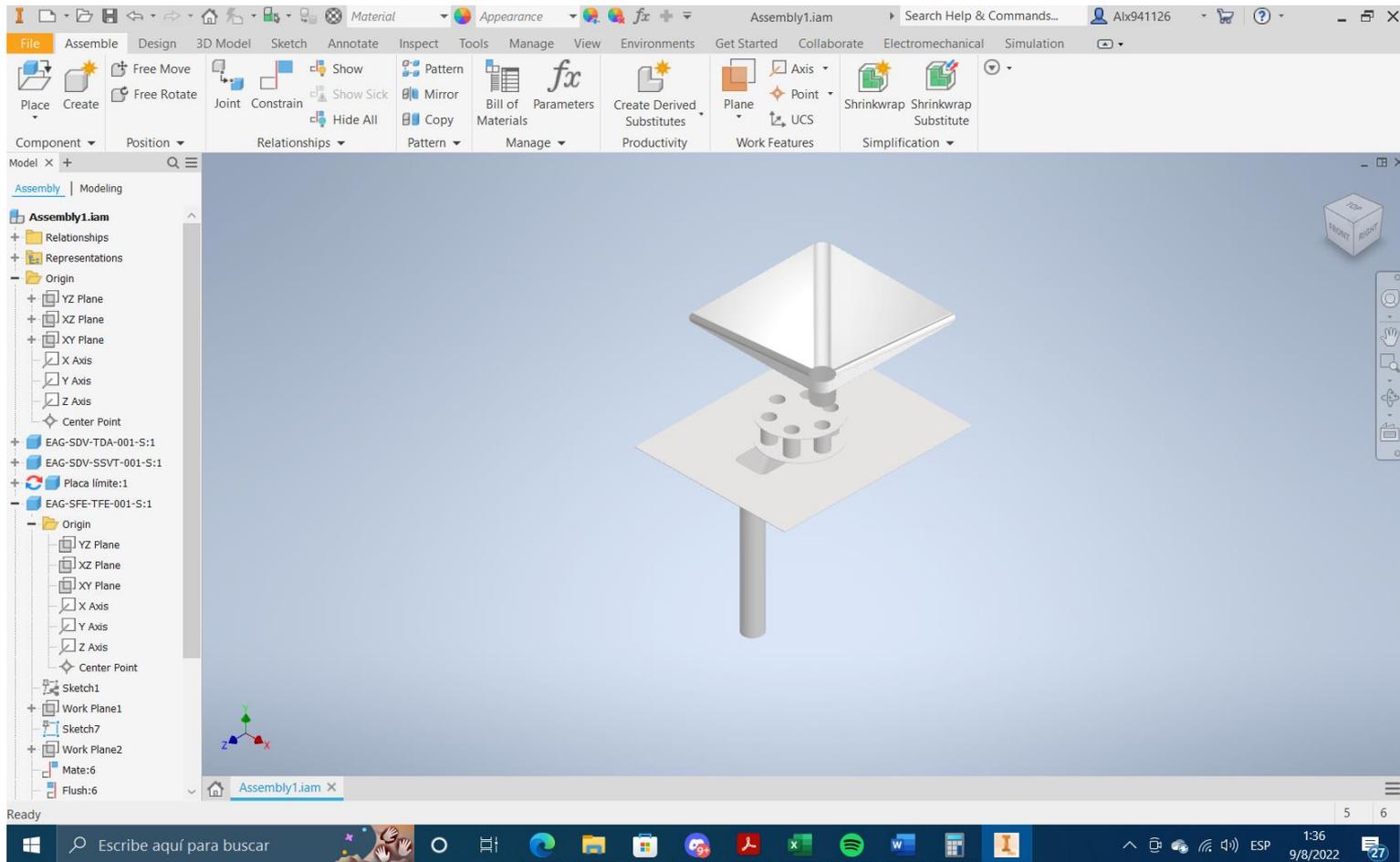
GRAFSET EJECUCIÓN DEL SISTEMA



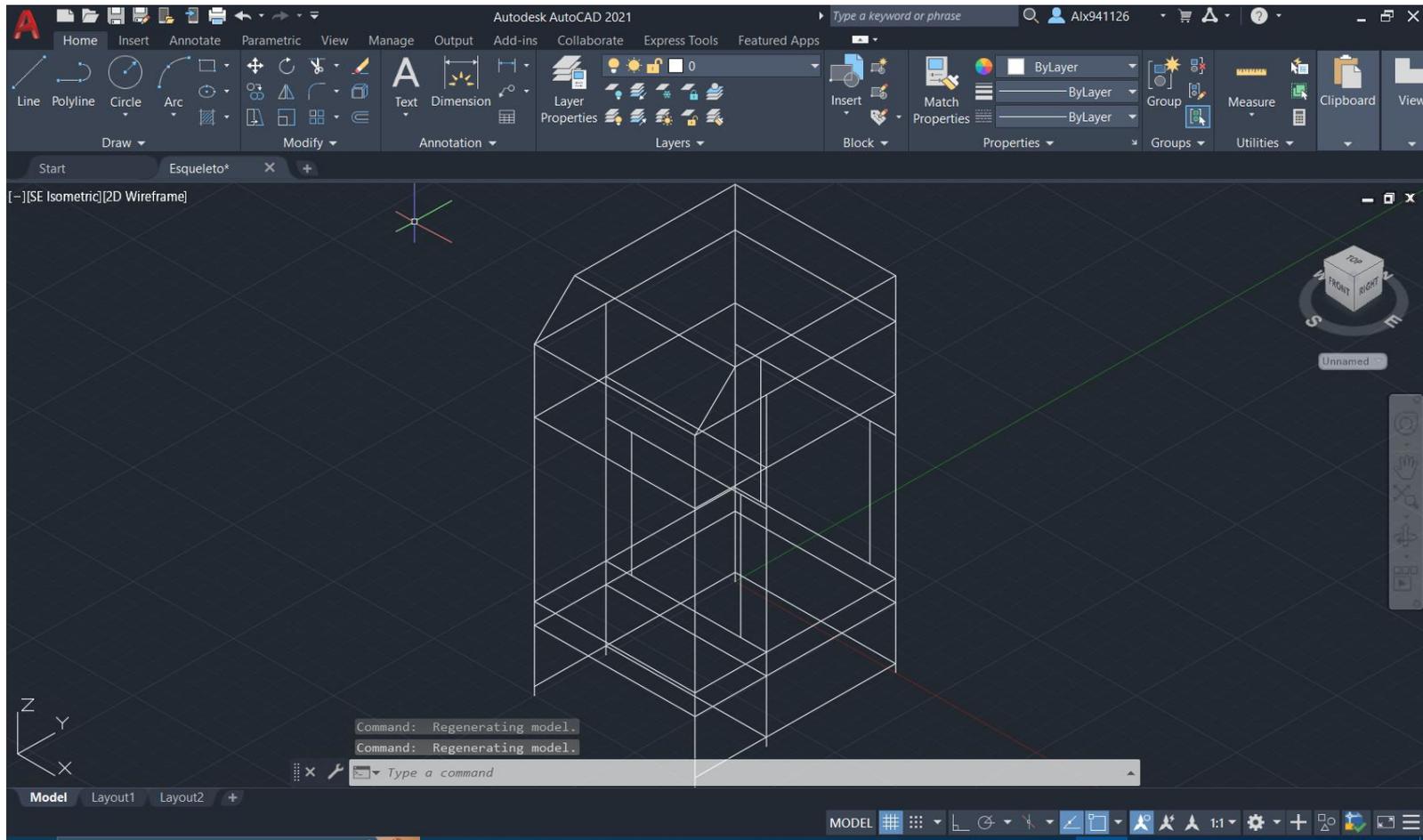
GRAFSET INICIO Y MODOS DE MARCHA



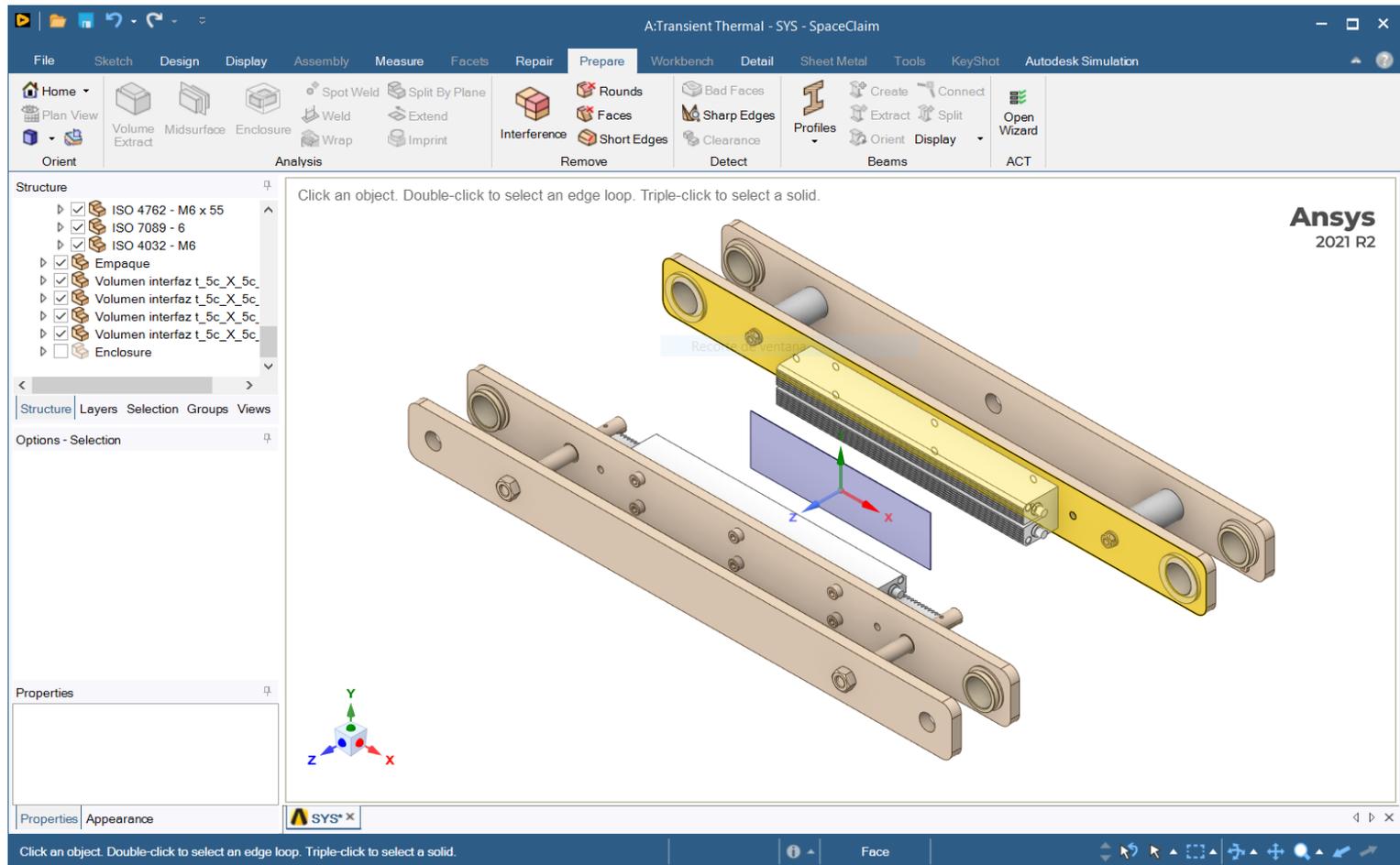
Optimización de geometrías



Optimización de geometrías

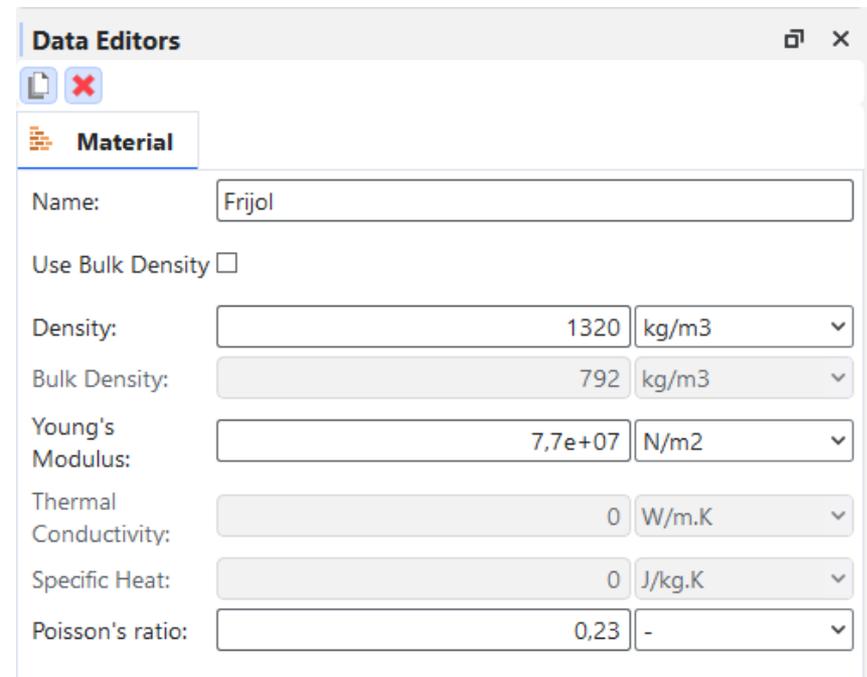


Optimización de geometrías



Análisis DEM de flujo de grano

- Establecimiento de material a granel



The screenshot shows a software interface titled "Data Editors" with a "Material" tab selected. The form contains the following fields and values:

Property	Value	Unit
Name	Frijol	
Use Bulk Density	<input type="checkbox"/>	
Density	1320	kg/m3
Bulk Density	792	kg/m3
Young's Modulus	7,7e+07	N/m2
Thermal Conductivity	0	W/m.K
Specific Heat	0	J/kg.K
Poisson's ratio	0,23	-



Análisis DEM de flujo de grano

- Establecimiento de contactos

Data Editors

Materials Interactions

Frijol AISI 316

Momentum

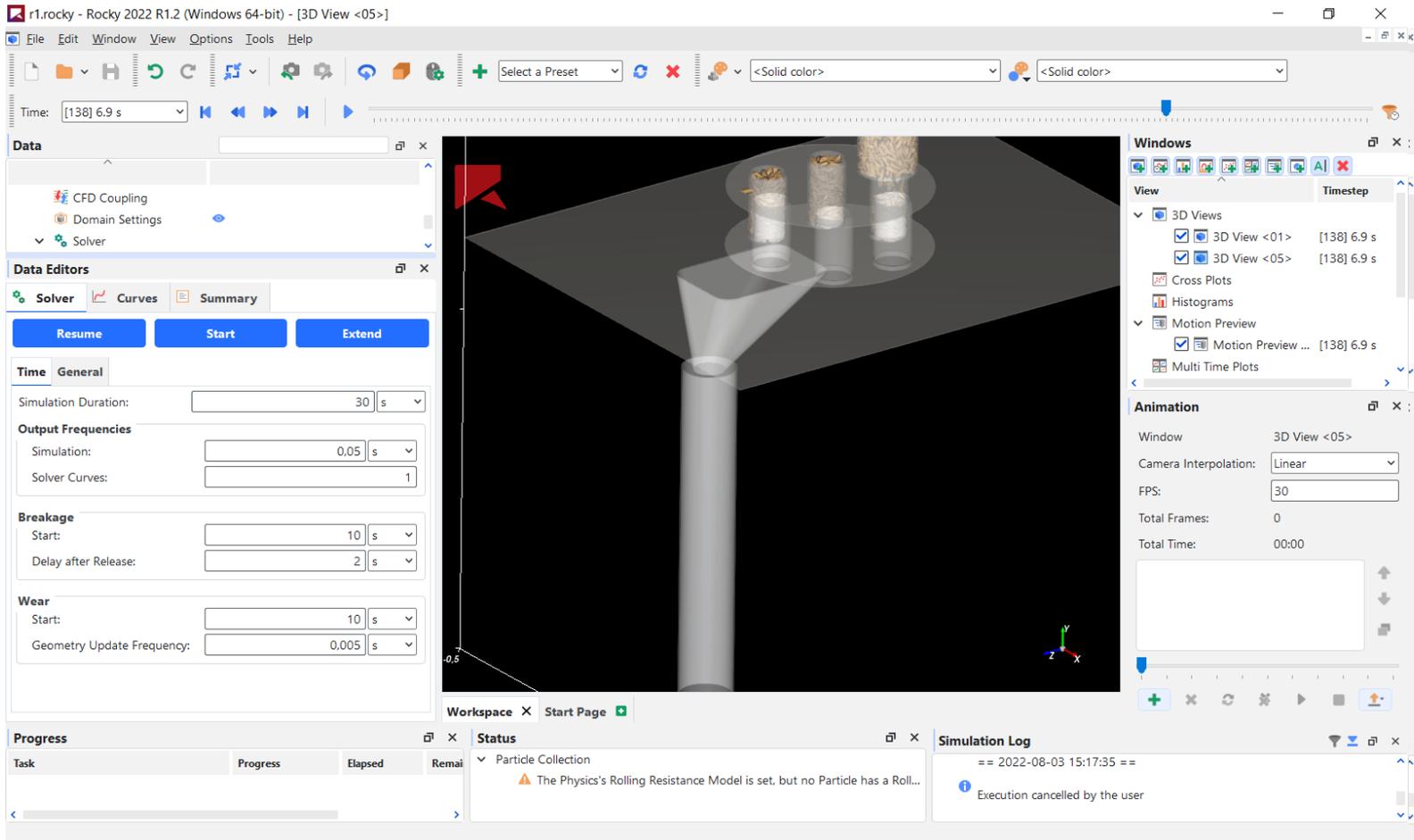
Static Friction:	0,1777	-
Dynamic Friction:	0,3485	-
Tangential Stiffness Ratio:	1	-

Restitution

Restitution Coefficient:	0,621	-
--------------------------	-------	---



Análisis DEM de flujo de grano



Análisis DEM de flujo de grano



ESPE
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
CAMINO A LA EXCELENCIA

Análisis de mordazas

Transferecia de calor a mordazas y empaque - Workbench

File View Tools Units Extensions Jobs Help

Project

Import... Reconnect Refresh Project Update Project ACT Start Page

Toolbox Project Schematic

- Coupled Field Static
- Coupled Field Transient
- Eigenvalue Buckling
- Electric
- Explicit Dynamics
- Fluid Flow - Blow Molding (Polyflow)
- Fluid Flow - Extrusion (Polyflow)
- Fluid Flow (CFX)
- Fluid Flow (Fluent with Fluent Meshing)
- Fluid Flow (Fluent)
- Fluid Flow (Polyflow)
- Harmonic Acoustics
- Harmonic Response
- Hydrodynamic Diffraction
- Hydrodynamic Response
- IC Engine (Fluent)
- LS-DYNA
- LS-DYNA Restart
- Magnetostatic
- Modal
- Modal Acoustics
- Random Vibration
- Response Spectrum
- Rigid Dynamics
- Speos
- Static Acoustics
- Static Structural
- Steady-State Thermal
- Structural Optimization
- Thermal-Electric
- Throughflow

Project Schematic

A

- 1 Transient Thermal
- 2 Engineering Data ✓
- 3 Geometry ✓
- 4 Model ✓
- 5 Setup ✓
- 6 Solution ✓
- 7 Results ✓

Transient Thermal

B

- 1 Static Structural
- 2 Engineering Data ✓
- 3 Geometry ?
- 4 Model ?
- 5 Setup ?
- 6 Solution ?
- 7 Results ?

Static Structural

Progress

	A	B	C
1	Status	Details	Progress

Double-click component to edit. Job Monitor... No DPS Connection Hide Progress Hide 12 Messages



Análisis de mordazas

Transferecia de calor a mordazas y empaque - Workbench

File Edit View Tools Units Extensions Jobs Help

Project A2,B2:Engineering Data x

Filter Engineering Data Engineering Data Sources

Toolbox

- Physical Properties
 - Linear Elastic
 - Hyperelastic Experimental Data
 - Hyperelastic
 - Chaboche Test Data
 - Plasticity
 - Creep
 - Life
 - Strength
 - Gasket
 - Viscoelastic Test Data
 - Viscoelastic
 - Shape Memory Alloy
 - Geomechanical
 - Damage
 - Cohesive Zone
 - Fracture Criteria
 - Three Network Model
 - Thermal
 - Custom Material Models

Outline of Schematic A2, B2: Engineering Data

	A	B	C	D	E
1	Contents of Engineering Data	Source			Description
2	Material				
3	Plastic, HDPE				High density polyethylene / HDPE / PE-HD (homopolymer, general purpose, molding & extrusion) Data compiled by the Granta Design team at ANSYS, incorporating various sources including JAHM and MagWeb. ANSYS Inc. provides no warranty for this data.
4	Stainless steel, 316, annealed				Stainless steel, austenitic, AISI 316, annealed, wrought Data compiled by the Granta Design team at ANSYS, incorporating various sources including JAHM and MagWeb. ANSYS Inc. provides no warranty for this data.
5	Structural steel, S275N				Structural steel, S275N, normalized Data compiled by the Granta Design team at ANSYS, incorporating various sources including JAHM and MagWeb. ANSYS Inc. provides no warranty for this data.
6	Thermal compound, silicon-based				

Table of Properties Row 2: Plastic, HDPE Field Variables

	A	B	C	D	E
1	Variable Name	Unit	Default Data	Lower Limit	Upper Limit
2	Temperature	C	23	Program Controlled	Program Controlled

Chart: No data

Properties of Outline Row 3: Plastic, HDPE

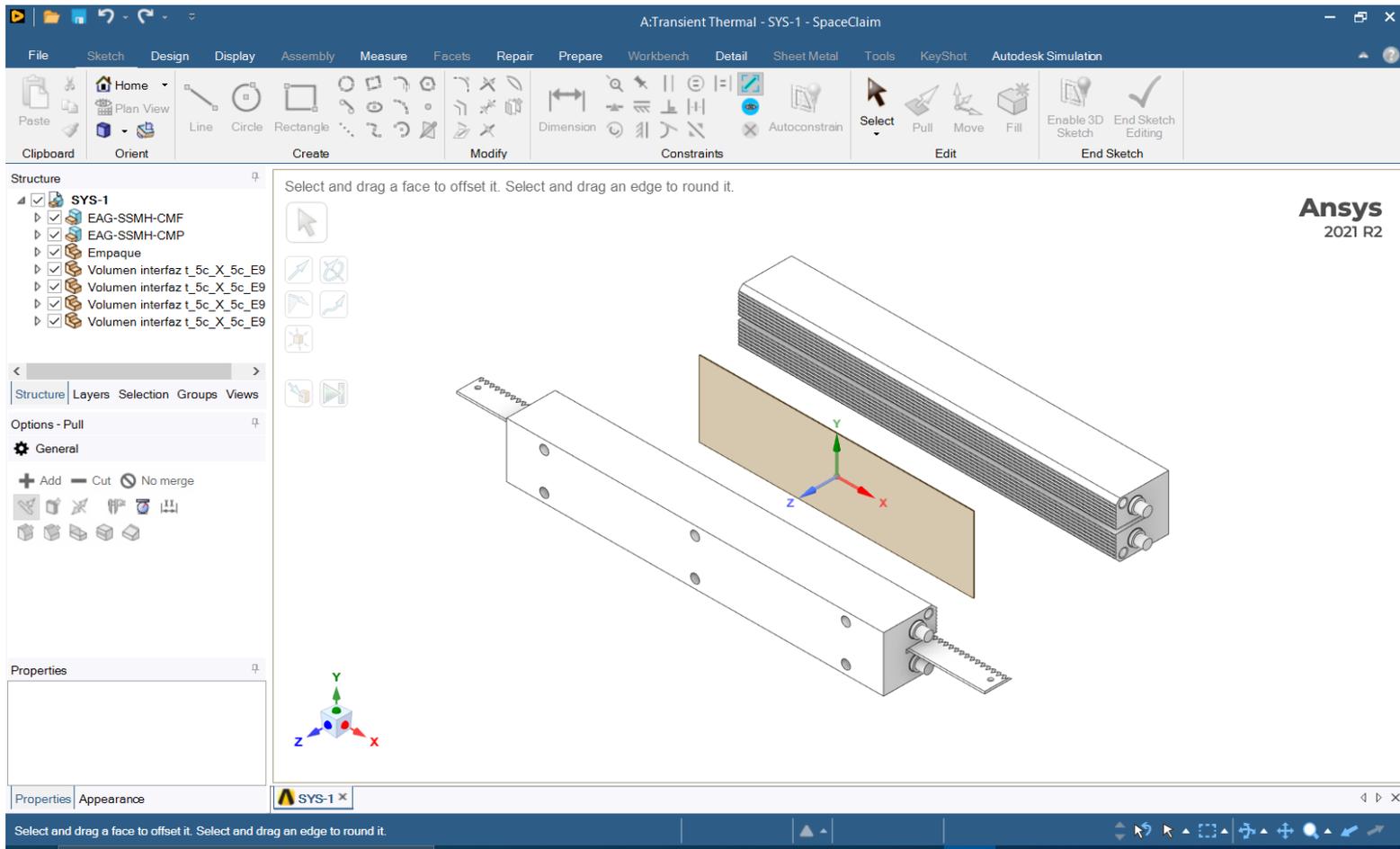
	A	B	C	D	E
1	Property	Value	Unit		
2	Material Field Variables		Table		
3	Density	958,5	kg m^-3		
4	Isotropic Secant Coefficient of Thermal Expansion				

Ready

Job Monitor ... No DPS Connection Show Progress Show 7 Messages



Análisis de mordazas



Análisis de mordazas

The screenshot displays the Ansys Mechanical Enterprise software interface for a transient thermal analysis. The main window shows a 3D model of a jaw mechanism with a mesh. The analysis settings are as follows:

- Analysis Settings:** Time: 1, s; Date: 3/8/2022 17:31
- Transient Thermal (A5):** Initial Temperature, Analysis Settings, Internal Heat Generation
- Solution (A6):** Solution Information, Temperature, Temperature Probe, Temperature Probe 2
- Transient (B5):** Initial Conditions, Analysis Settings, Imported Load (A6)

The **Details of "Analysis Settings"** panel shows the following configuration:

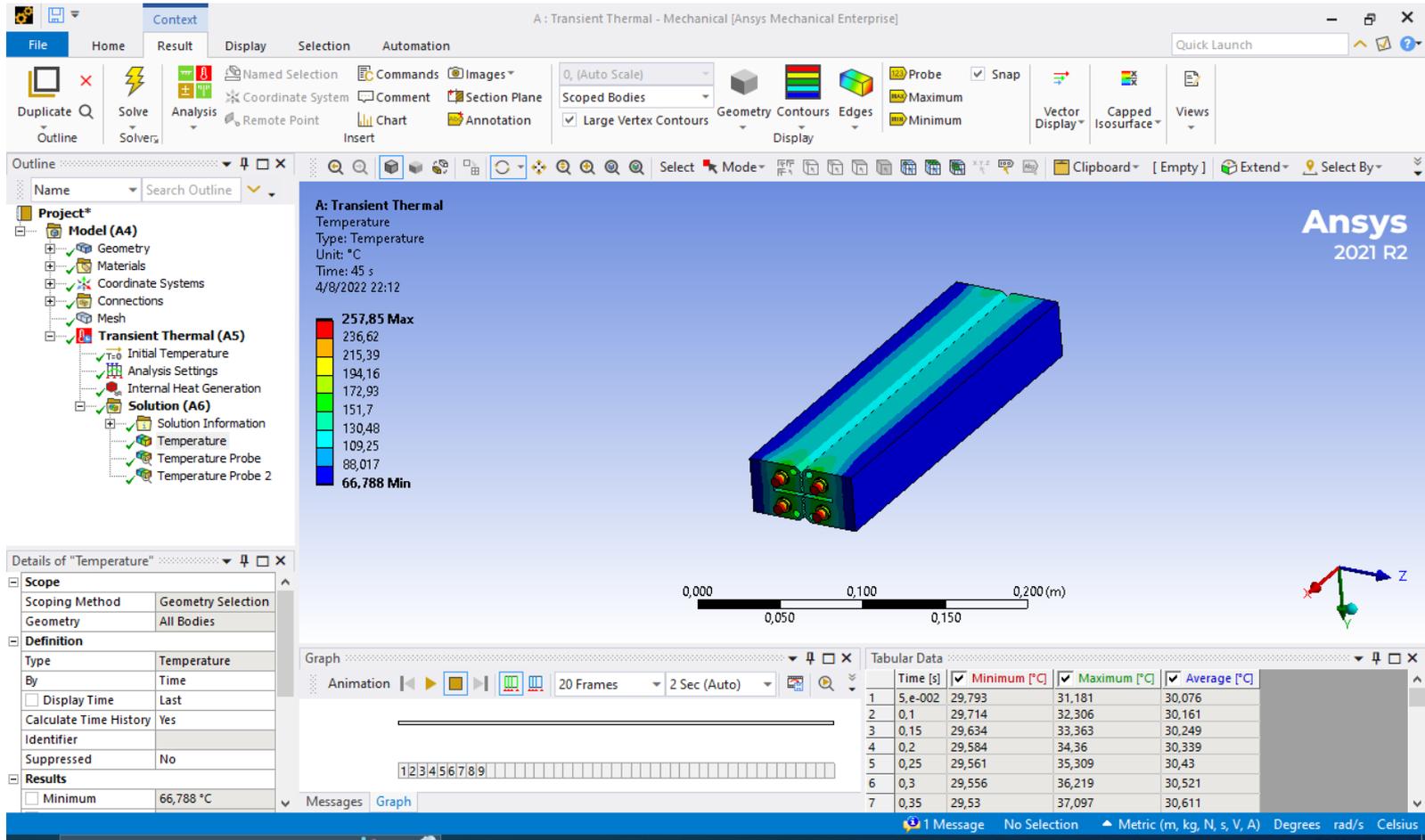
- Step Controls:** Number Of Steps: 45, Current Step Number: 1, Step End Time: 1, s, Auto Time Stepping: Off, Define By: Substeps, Number Of Substeps: 20, Time Integration: On
- Solver Controls:** Solver Type: Program Controlled
- Radioisity Controls**
- Nonlinear Controls**
- Advanced**

The **Graph** panel shows a plot of temperature over time, with a green line representing the temperature profile. The **Tabular Data** panel shows the following data:

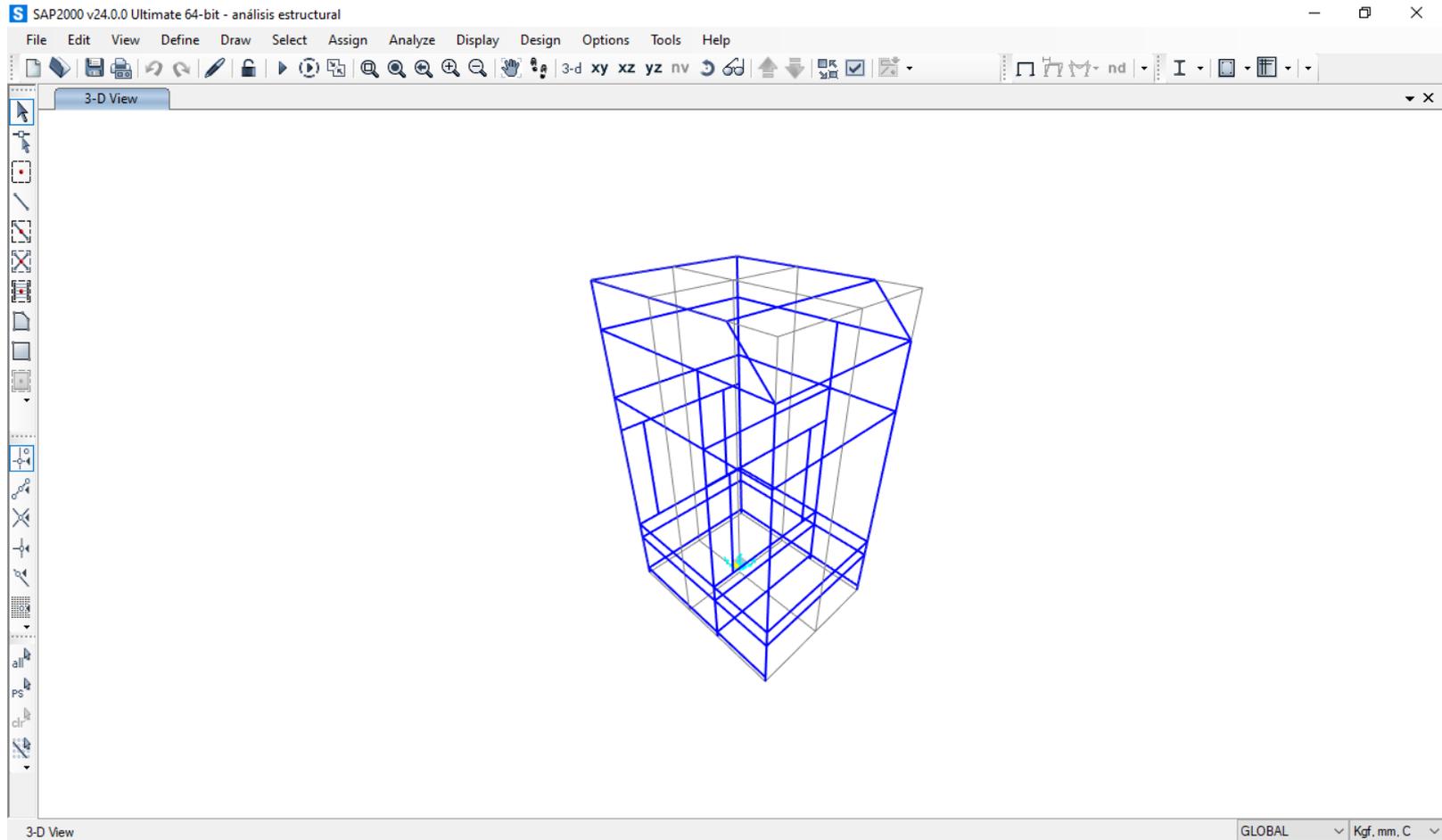
Steps	End Time [s]
1	1.
2	2.
3	3.
4	4.
5	5.
6	6.
7	7.
8	8.



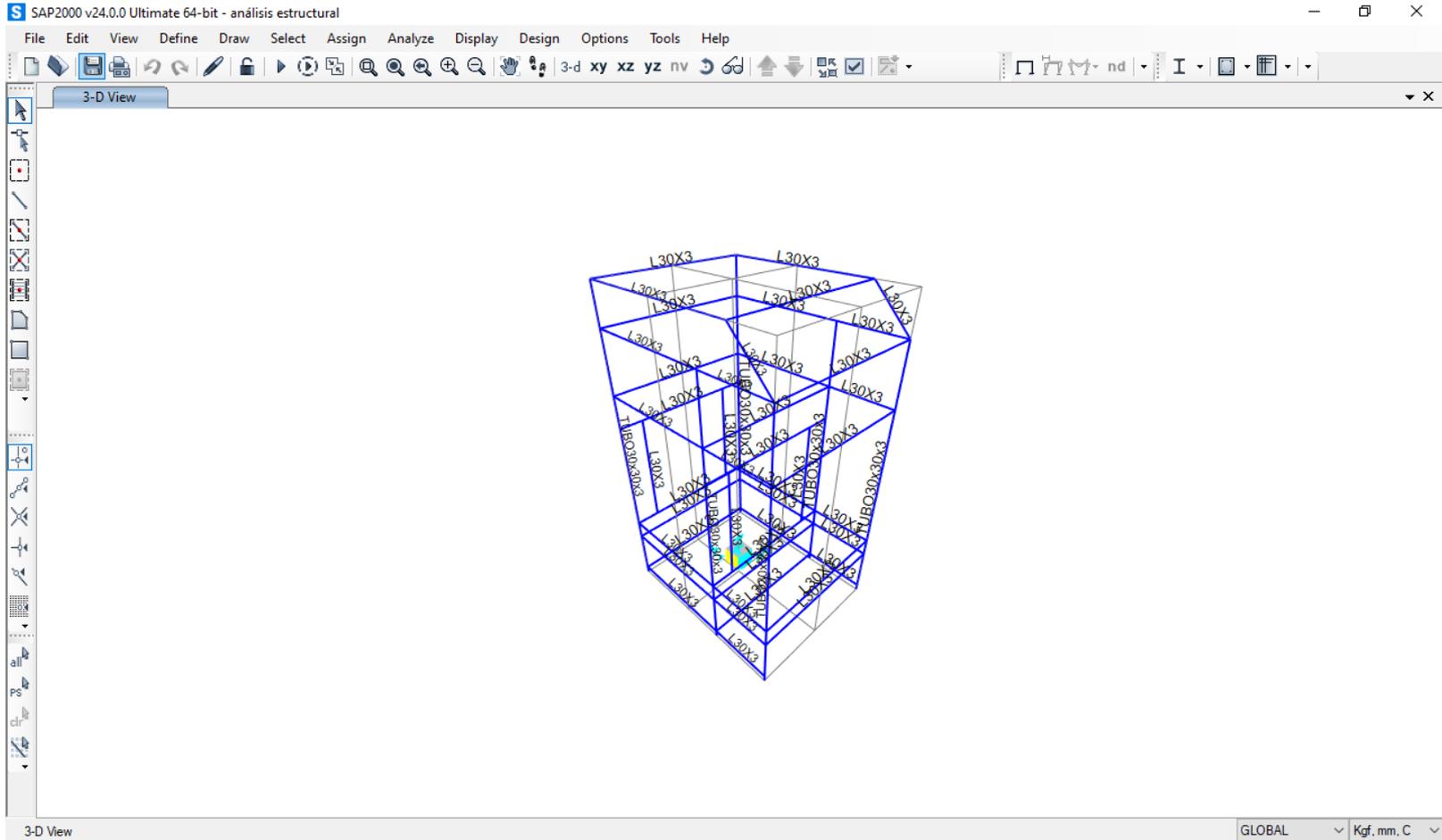
Análisis de mordazas



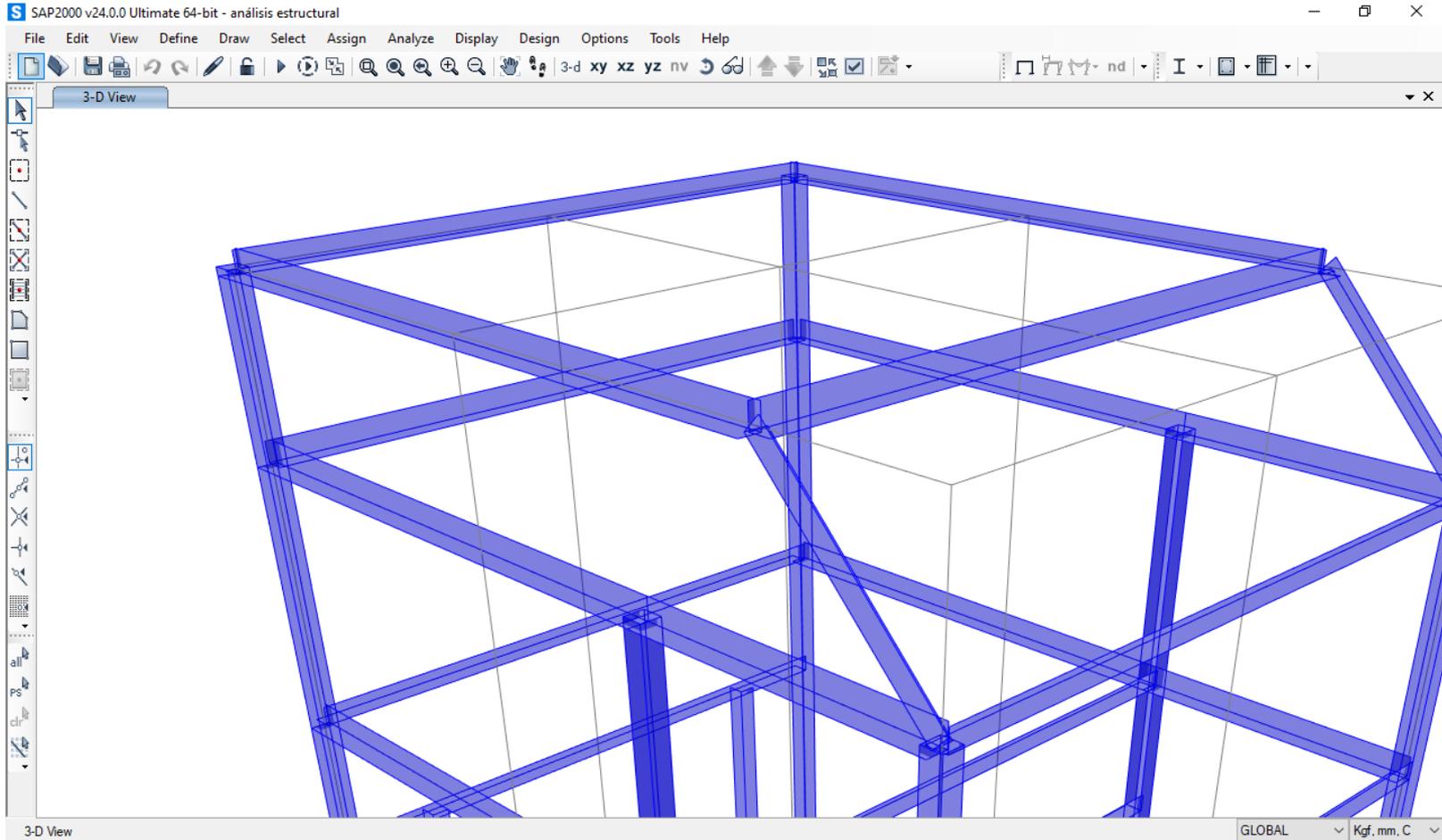
Análisis estructural



Análisis estructural



Análisis estructural



ESPE
ESCUOLA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
CAMINO A LA EXCELENCIA

Análisis estructural

S Assign Frame Insertion Point

Cardinal Point

Cardinal Point: 1 (Bottom Left) ▾

Mirror about Local 2 Axis

Mirror about Local 3 Axis

Frame Joint Offsets to Cardinal Point

Coordinate System: Local ▾

	End-I	mm	End-J	mm
Local 1	0	mm	0	mm
Local 2	0	mm	0	mm
Local 3	0	mm	0	mm

Stiffness Transformation

Do Not Transform Frame Stiffness for Offsets from Centroid

Reset Form to Default Values

OK Close Apply

S Object Model - Line Information

Location Assignments Loads Design

Identification

Label: DF Design Procedure: Steel Frame ▾

Section Properties

Property Modification

Material Overview

Releases

Partial Fixity Sp

Local Axes

Insertion Point

End Length Off

Max. Station Sp

Station at Elm In

Station at Conc

P-Delta Force

T/C Limits: None

Nonlinear Hinges: None

Line Springs: None

Line Mass: None

Automatic Mesh

Mesh Option: At Intermediate Joints

Material Temp: Default

Double click white background cell to edit item.

Update Display

Modify Display

OK Cancel

S Frame Local Axis

Angle from Default Direction

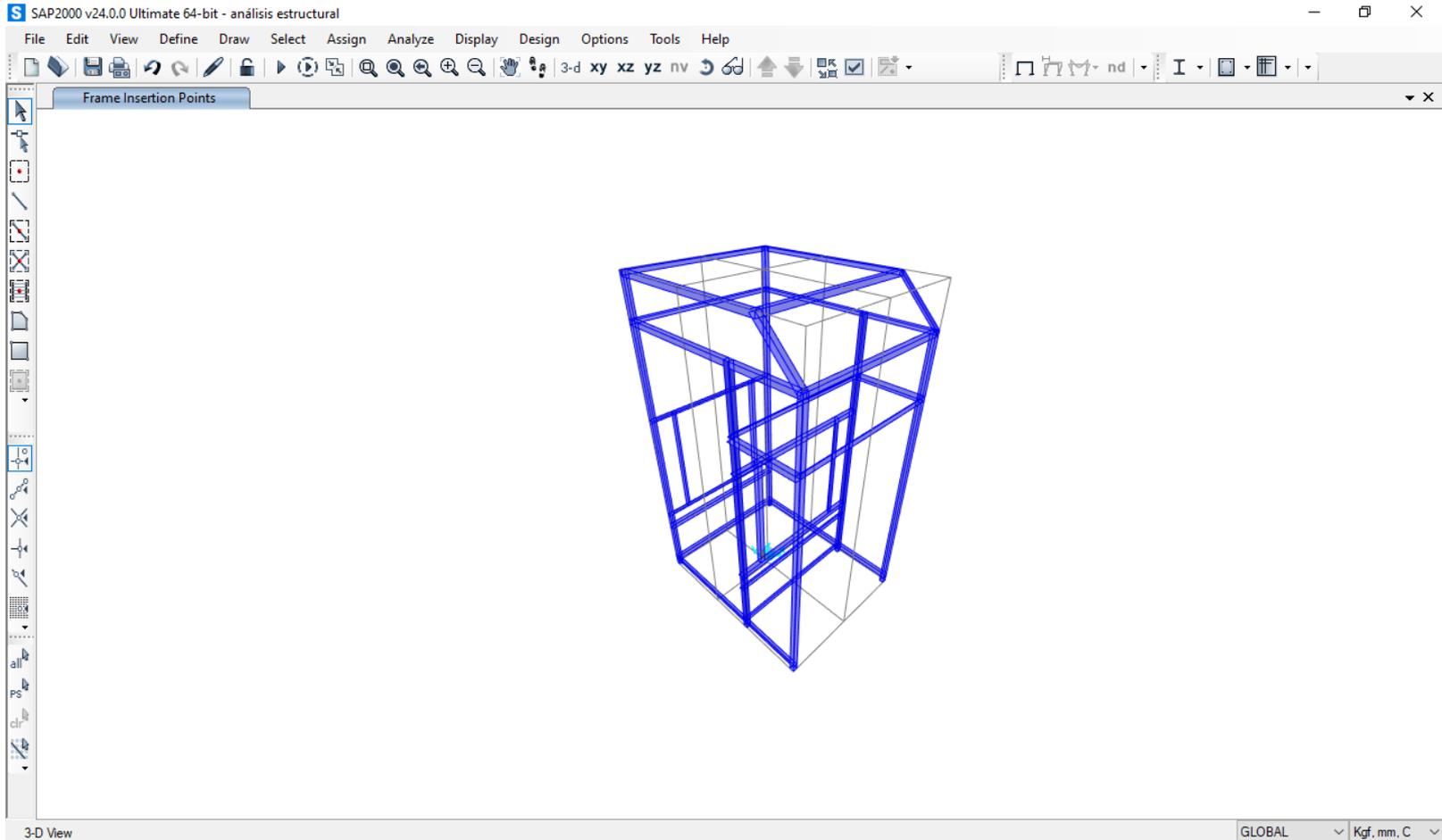
Angle in Degrees: 90

Advanced Advanced

OK Cancel



Análisis estructural

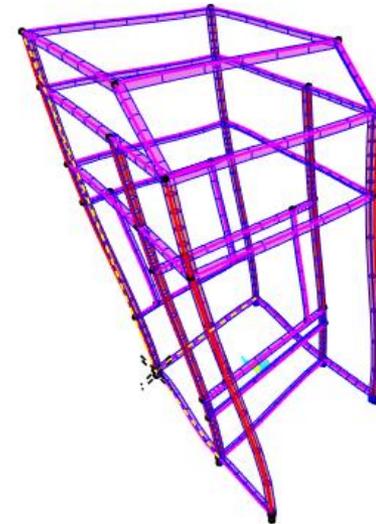


ESPE
ESCUOLA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
CAMINO A LA EXCELENCIA

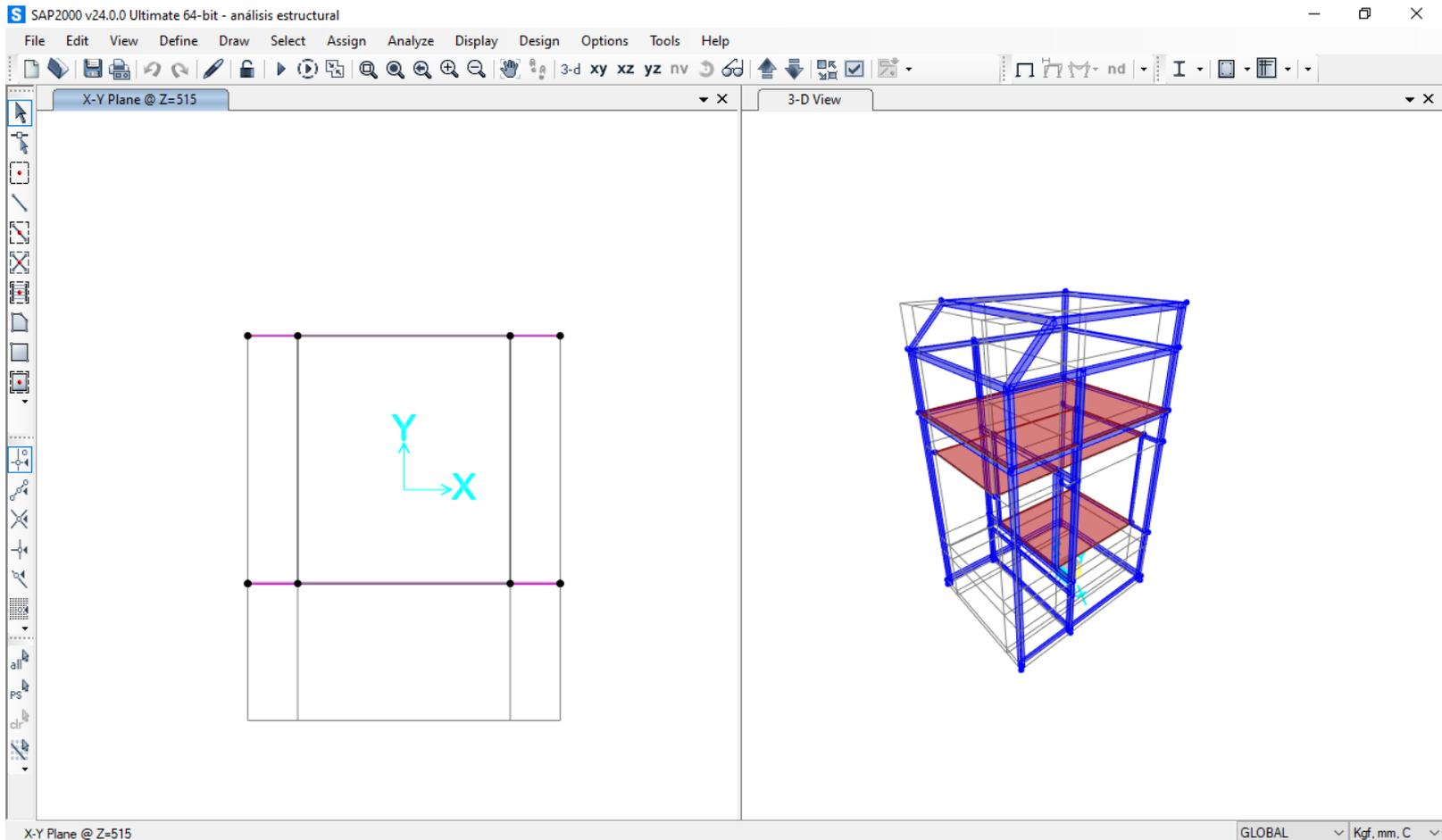
Análisis estructural

```
Original stiffness at shift : EV= 0.0000000E+00, f= .000000, T= -INFINITY-
Number of eigenvalues below shift = 0
Found mode 1 of 12: EV= 1.4182190E+03, f= 5.993656, T= 0.166843
Found mode 2 of 12: EV= 2.1169221E+03, f= 7.322722, T= 0.136561
Found mode 3 of 12: EV= 3.7432507E+03, f= 9.737435, T= 0.102696
Found mode 4 of 12: EV= 1.2693724E+04, f= 17.931419, T= 0.055768
Found mode 5 of 12: EV= 1.3800332E+04, f= 18.696697, T= 0.053485
Found mode 6 of 12: EV= 2.0570823E+04, f= 22.826849, T= 0.043808
Found mode 7 of 12: EV= 6.9308032E+04, f= 41.899797, T= 0.023866
Found mode 8 of 12: EV= 9.0181995E+04, f= 47.794734, T= 0.020923
Found mode 9 of 12: EV= 9.5932906E+04, f= 49.295120, T= 0.020286
Found mode 10 of 12: EV= 1.1957628E+05, f= 55.035467, T= 0.018170
Found mode 11 of 12: EV= 1.3005931E+05, f= 57.397219, T= 0.017422
Found mode 12 of 12: EV= 1.3970831E+05, f= 59.488257, T= 0.016810

NUMBER OF EIGEN MODES FOUND = 12
NUMBER OF ITERATIONS PERFORMED = 8
NUMBER OF STIFFNESS SHIFTS = 0
```



Análisis estructural



Análisis estructural

S Assign Frame Distributed Loads ×

General

Load Pattern: DEAD

Coordinate System: GLOBAL

Load Direction: Gravity

Load Type: Force

Options

Add to Existing Loads

Replace Existing Loads

Delete Existing Loads

Uniform Load

0 kgf/mm

Trapezoidal Loads

	1.	2.	3.	4.
Relative Distance	0	0,5	1	1
Loads	0	0,05	0	0

kgf/mm

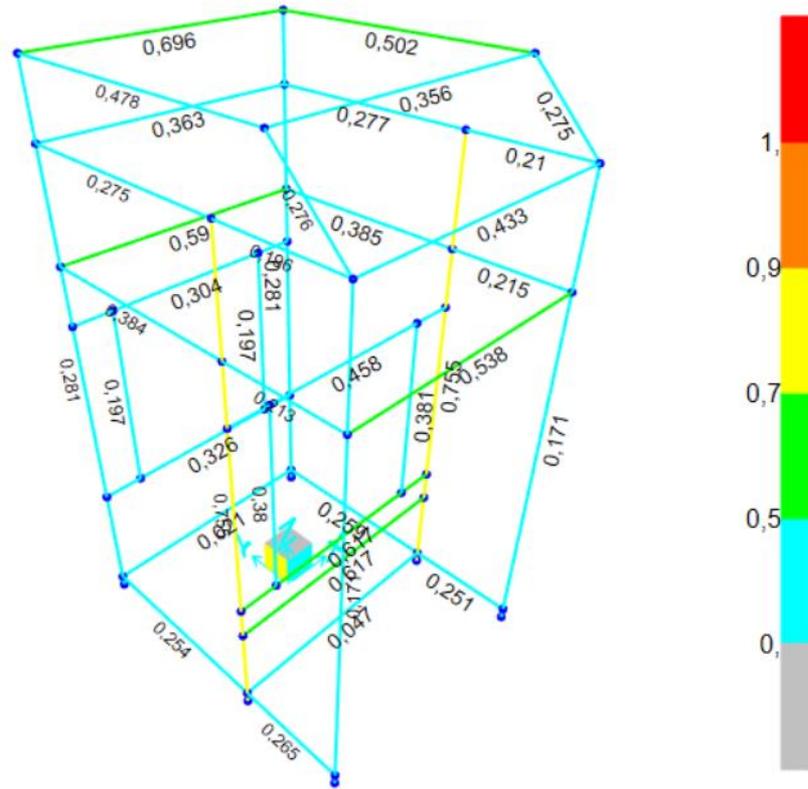
Relative Distance from End-I Absolute Distance from End-I

Reset Form to Default Values

OK Close Apply



Análisis estructural



Análisis de resultados

- Se determina la validez de las gráficas y ecuaciones utilizadas en el diseño de tolvas
- es factible la utilización de acero inoxidable como material base para la fabricación de las mordazas
- Se destaca la necesidad de utilizar una interfaz térmica entre las resistencias y mordazas
- las fórmulas establecidas en el estándar AISI MH16.1 son adecuadas para este tipo de aplicaciones, en especial considerando la adición de términos como cargas de producto y cargas de impacto.



Parámetros óptimos y modificaciones

- Parámetros
 - Un tiempo de inicialización de la máquina no menor a 40 s
 - Un tiempo de llenado y vaciado no menor a 1 s
 - Un tiempo de cerrado de las mordazas no menor a 0.6 s @670 N, 140 °C
 - Ciclos de trabajo diferentes a una frecuencia de 5 a 9 Hz
- Modificaciones
 - La reprogramación del PLC con la finalidad de definir tiempos de sellado, corte y vaciado/llenado de dosificador
 - Ajustes en las medidas de la estructura
 - Tubo cuadrado 30x30x3 en columnas, y L30x30x3 en vigas



Redefinición de especificaciones finales

Métrica núm.	Métrica	Valor	Unidades
1	Altura de la máquina	2275	mm
2	Ancho de la máquina	1000	mm
3	Profundidad de la máquina	1250	mm
4	Capacidad de la tolva de almacenamiento	100	kg
5	Ángulo de caída mínimo de tolvas	40	°
6	Diámetro de la boquilla de almacenamiento	130	mm
7	Longitud de la boquilla de almacenamiento	140	mm
8	Capacidad máxima del dosificador	760	mL
9	Capacidad mínima del dosificador	380	mL
10	Tiempo de ciclo del dosificador	2	s
11	Diámetro de la boquilla formadora de empaques	116	mm
12	Ancho del rollo de empaque	400	mm
13	Longitud vertical de empaque	200	mm
14	Longitud horizontal de empaque	180	mm
15	Tensión del empaque	300	N
16	Temperatura máxima de sellado	140	°C
17	Presión de sellado	0,22	N/mm ²
18	Carrera del sellador	120	mm
19	Tiempo de sellado	0,5	s



Desarrollo de documentación

- Planos
 - Mecánicos
 - Eléctricos
- Diagramas
- Manual de Operación y Mantenimiento (O&M)
- Documentación adicional



Análisis económico

Detalle	Tiempo empleado	Costo	Costo total
Desarrollo del concepto	160 h	\$ 5.00	\$ 800.00
Ingeniería y diseño	160 h	\$ 5.00	\$ 800.00
Desarrollo de documentación	80 h	\$ 5.00	\$ 400.00
Supervisión	40 h	\$ 8.00	\$ 200.00

Descripción	Precio und	Cantidad	Total
Computador Core i3 12100F, 16Gb @3200 MHz, GTX 1650	910,00	1	910,00
Consumo de luz por kWh	0,68	180	122,40
Viáticos	1,50	20	30,00
		Total	\$ 1062,40

Descripción	Valor	
Costo de desarrollo	2200.00	
Costo de bienes e insumos	1062.40	
Total		\$ 3062.40



Capítulo 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



ESPE
ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
CAMINO A LA EXCELENCIA

Conclusiones

- La máquina diseñada, de ser construida, es capaz de dosificar, empacar y sellar productos granulados de distintas medidas en función de los requerimientos establecidos.
- Los componentes eléctricos, mecánicos y de control fueron diseñados y dimensionados de acuerdo a los requerimientos específicos de esta aplicación, por lo que requirieron información especializada en cuanto al diseño de los mismos.
- Los conocimientos obtenidos durante la carrera de ingeniería mecánica son evidenciables en el desarrollo de este proyecto, partiendo de la selección de materiales, uso de software de diseño e ingeniería asistida por computador, dimensionamiento y tolerancias, hasta cálculos de fatiga, cálculos estructurales y consideraciones de mantenimiento.
- En función de los protocolos de pruebas elaborados, se realizaron las pruebas del equipo y la puesta a punto del mismo, afinando parámetros de operación como tiempos, temperaturas y presiones de sellado, así como tiempos de operación de la máquina.
- Se elaboró la documentación técnica de la máquina, lo que incluye manuales de ensamblaje, operación y mantenimiento, así como planos de diseño y fabricación, entre otros.



Recomendaciones

- Es necesario un estudio a detalle de las mordazas y el sistema de corte. Mientras que esta tesis se basó en diseños previamente implementados, y adaptó tanto el serrado de la cuchilla como el dentado de las mordazas de trabajos previos y libros blancos de compañías que se dedican al diseño y desarrollo de estos sistemas, es necesario tomar en cuenta que los valores de presión, temperatura y tiempo están directamente relacionados con los mismos.
- Es necesario considerar la adición de un HMI en el caso de que futuros proyectos desarrollen máquinas de similares características, ya que este tipo de interfaces permiten al usuario determinar con mayor precisión valores e indicadores de producción, así como identificar los fallos en la máquina mediante posibles códigos de error.
- Se recomienda añadir a la currícula de distintas materias conocimientos específicos en modelado y diseño, tales como el uso de parametrización, la compartición de datos entre ensambles y elementos, procesos de optimización paramétrica, análisis de elementos discretos y multifísica, y el desarrollo de planos en base a Dimensionamiento geométrico y tolerancias (GD&T), así como una ampliación en los tópicos relacionados a automatización y control.



Anexos

- Planos
- Manual de O&M
- Hojas técnicas
- Cotizaciones

