



# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

# INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA

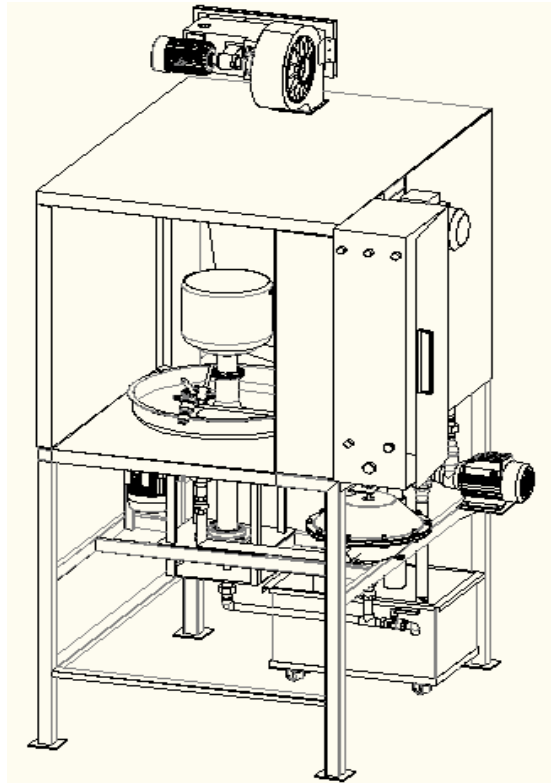


# AGENDA

- ▶ Tema.
- ▶ Objetivos Generales.
- ▶ Objetivos específicos.
- ▶ Conceptos generales.
- ▶ Diseño
- ▶ Construcción
- ▶ Análisis de resultados
- ▶ Conclusiones.
- ▶ Recomendaciones.



# “DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DE UNA MÁQUINA PARA EL ESMALTADO DE DISPENSADORES CERÁMICOS, EN LA EMPRESA NOVEL”





# OBJETIVOS

## OBJETIVO GENERAL:

- ▶ Diseñar y construir una máquina automática para realizar el recubrimiento de esmalte de los dispensadores cerámicos que realiza la empresa “Novel”.



# OBJETIVOS

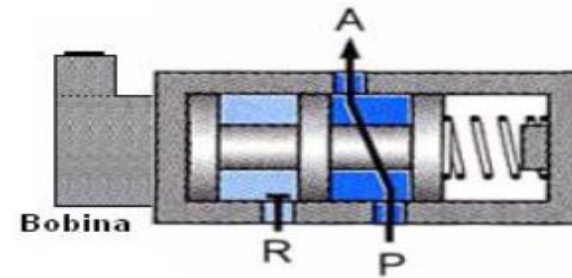
## OBJETIVO ESPECÍFICOS:

- Diseñar y construir la estructura o bancada de la máquina.
- Diseñar el mecanismo que permita movilizar a la pistola automática por una trayectoria y ejecutar el esmaltado externo del dispensador cerámico.
- Diseñar un sistema para realizar el esmaltado interno del dispensador cerámico.
- Diseñar un sistema de recuperación de esmalte y obtener un sistema de recirculación de fluido.
- Realizar el diseño de circuitos de fuerza y de control para el funcionamiento de la máquina.

# MÁQUINA PARA EL ESMALTADO DE DISPENSADORES CERÁMICOS

## CONCEPTOS GENERALES

**ELECTROVÁLVULAS:** Las Son elementos que traducen señales eléctricas a cambios en la distribución de aire comprimido



**PISTOLA AEROGRÁFICA:** Este tipo de pistola se utiliza para pintar superficies de forma interrumpida, utilizada principalmente en fábricas. El producto o la pintura a utilizar esta almacenada en un depósito independiente a la pistola de gran capacidad y el proceso de pulverizado se realiza por presión a la que está sometida la pintura en todo el circuito.





# MÁQUINA PARA EL ESMALTADO DE DISPENSADORES CERÁMICOS

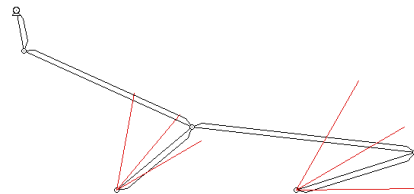


## CONCEPTOS GENERALES

**CABINA DE PINTURA CON CORTINA DE AGUA:** Es un cerramiento de tipo metálico fabricada con chapa de acero galvanizado, esta cuenta con un sistema de aspiración que genera una corriente de aire en el interior.

La cortina de agua instalada en la parte interna es para aprovechar al máximo el material pulverizado al momento de pintar

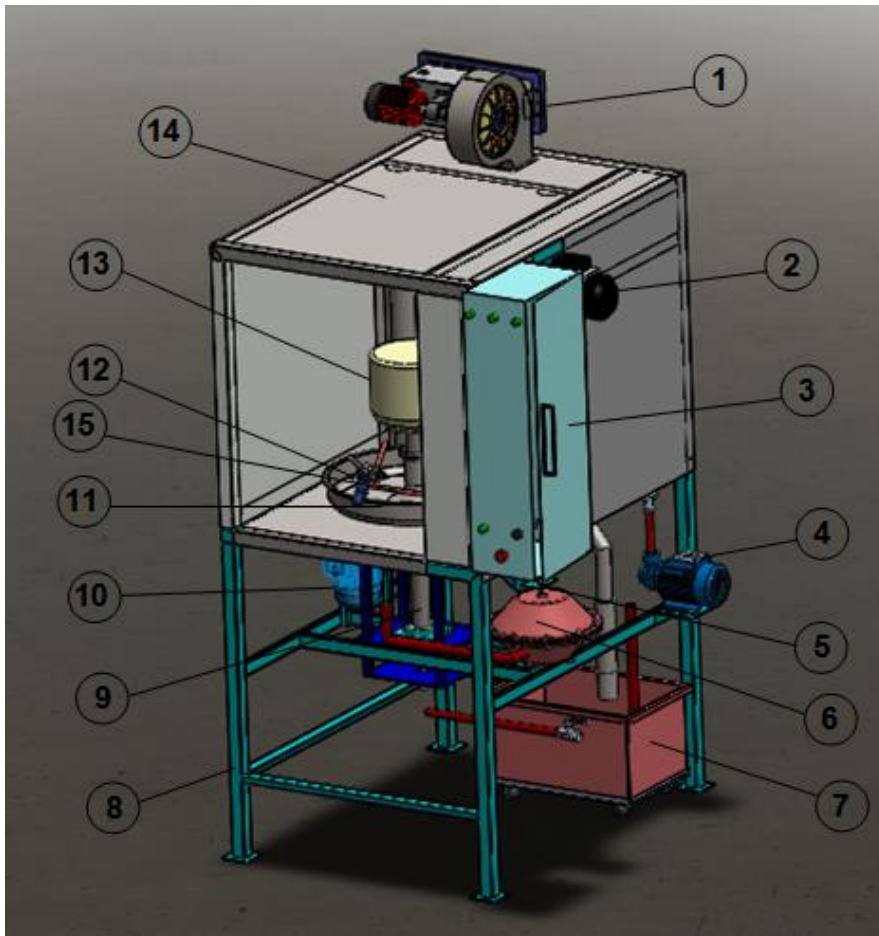
**SÍNTESIS CINEMÁTICA:** Es el proceso de encontrar la mejor geometría y dimensiones del mecanismo que producirá el movimiento deseado.



**ESMALTE CERÁMICO:** Es una suspensión líquida de minerales muy finamente molidos, y que se aplica a las piezas cerámicas por medio de pincel, baño de inmersión, o aspersion con algún tipo de pistola, spray o soplete.



## COMPONENTES DE LA MAQUINARIA



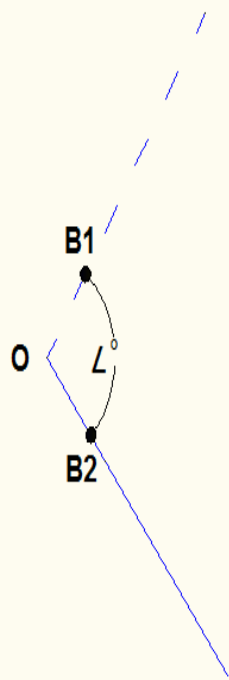
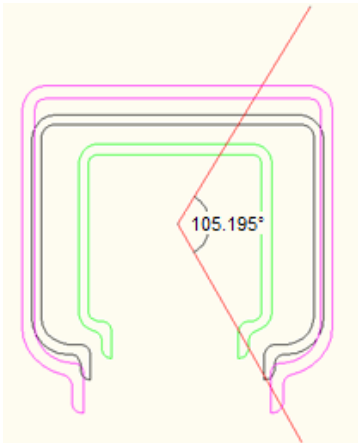
- (1) Extractor (Blower Aireador)
- (2) Motoreductor del Brazo Mecánico
- (3) Tablero de Mando y Control
- (4) Bomba Hidráulica
- (5) Cilindro Neumático
- (6) Diafragma
- (7) Tanque de almacenamiento
- (8) Estructura Metálica
- (9) Eje giratorio
- (10) Motor del Eje Giratorio
- (11) Bandeja recolectora de esmalte
- (12) Pistola automática
- (13) Dispensador Cerámico
- (14) Cubierta de Tol galvanizado
- (15) Brazo mecánico.



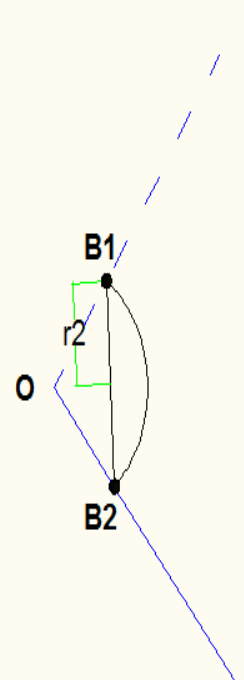
## DISEÑO Y SELECCIÓN DE COMPONENTES

### DISEÑO DEL BRAZO MECÁNICO

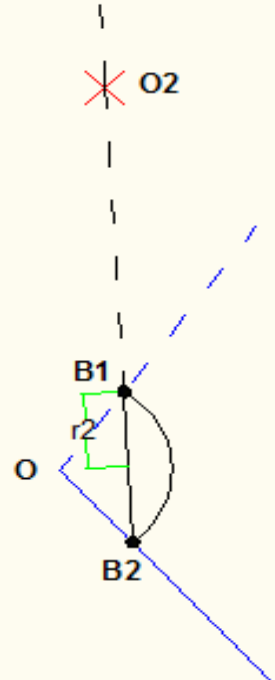
Síntesis de generación de funciones.- Estudia las dimensiones de un mecanismo que genere la coordinación deseada de las posiciones



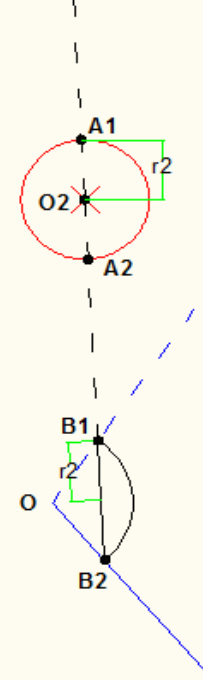
Paso(1)



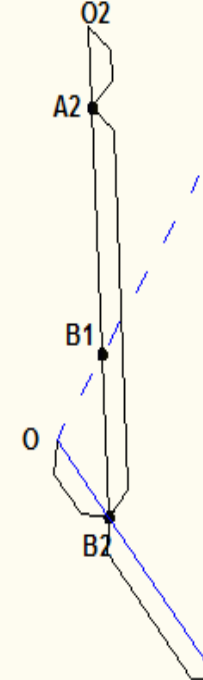
Paso(2)



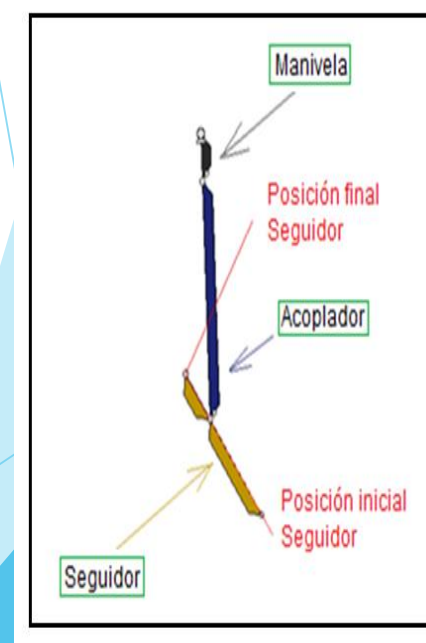
Paso(3)



Paso(4)



Paso(5)

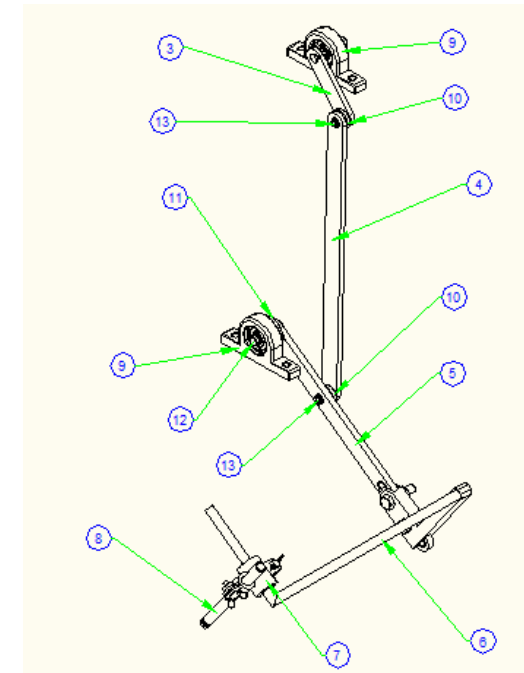
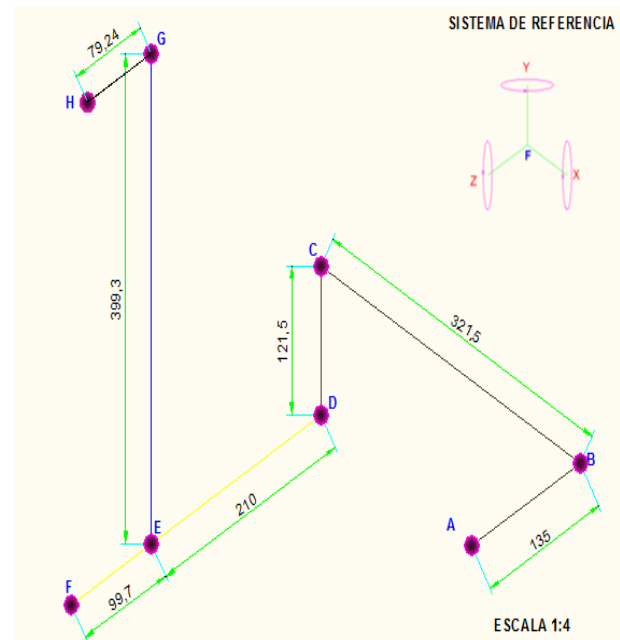
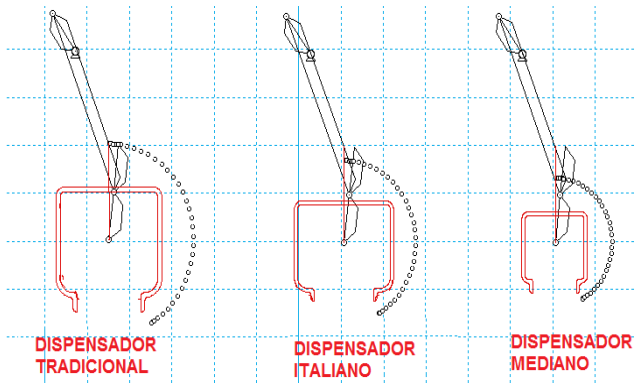


## DISEÑO Y SELECCIÓN DE COMPONENTES

### DISEÑO DEL BRAZO MECÁNICO

Software: → Working Model

$$V = 12 \frac{\text{rev}}{\text{min}} * \frac{2\pi \text{rad}}{\text{rev}} * \frac{\text{min}}{60 \text{seg}} = 1.25 \frac{\text{rad}}{\text{seg}}$$



## DISEÑO Y SELECCIÓN DE COMPONENTES

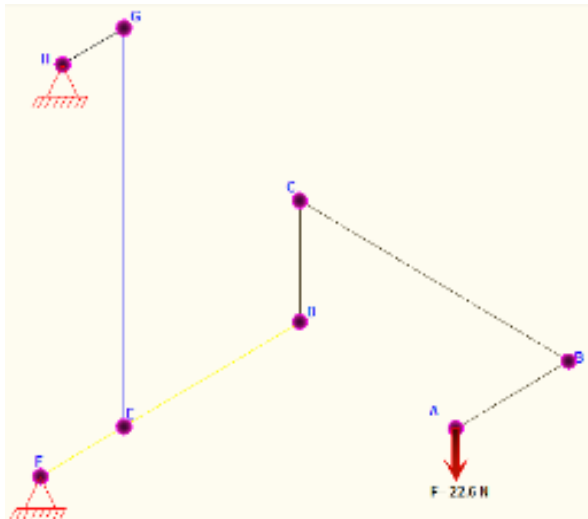
### DISEÑO DEL BRAZO MECÁNICO - ANÁLISIS DE ESFUERZOS

$$m = 2.3(\text{kg})$$



$$g = 9.81(\text{m/s}^2)$$

$$F = Wa = m * g$$

$$F = 22.56(\text{N}) \approx 22.6(\text{N}).$$



Determinar los puntos más críticos en fuerza, momento, torque y realizar los diagramas de esfuerzo cortante y momento flector

Eslabón	Diagrama de cuerpo libre	Cálculos	Diagrama de esfuerzo cortante y momento flector
A-B		a) $\sum F_z = 0$ $F_{az} = 0$ $\sum F_y = 0$ $F_{ay} = F = 22.6\text{N}$ b) $\sum M_b = 0$ $M_{bx} = -F * 135 = -(22.6\text{N} * 135\text{mm})$ $M_{bx} = -3051(\text{Nmm})$	 Fuente: MD Solid

SECCIÓN	ESFUERZO	MOMENTO	TORQUE
A-B	FBY = 22.6 N	MBX= -3051 Nmm	
B-C	FCY = 22.6 N	MCZ = 7265.9 Nmm	T1X=-3051 Nmm
C-D	FDY = 22.6 N	MDZ = 7265.9 Nmm	
D-E	FEY = 22.6 N	MEX = -4746 Nmm	T2Z=-7265,9 Nmm
E-F	FFY = 22.6 N	MGX = 2492.78 Nmm	
E-G	FGY = 22.6 N	MGX = 4746 Nmm	
G-H	FHY = 22.6 N	MHX = 2955.407 Nmm	T3Z=7265,9 Nmm



# MÁQUINA PARA EL ESMALTADO DE DISPENSADORES CERÁMICOS

## DISEÑO Y SELECCIÓN DE COMPONENTES

### DISEÑO DEL BRAZO MECÁNICO ANÁLISIS DE TENSIONES

Análisis de elementos finitos usando SolidWorks.

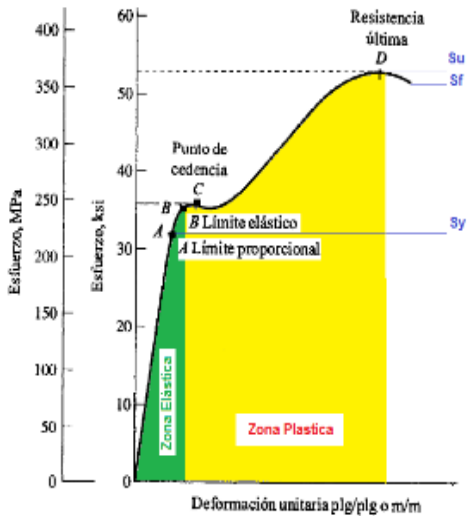
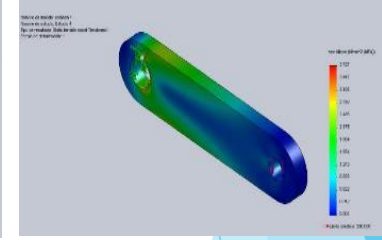
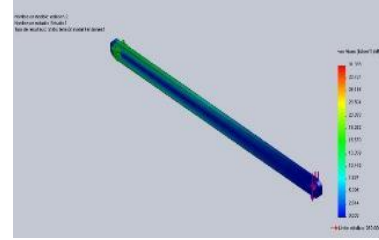
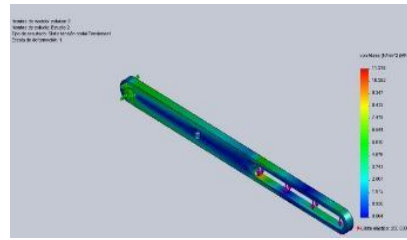
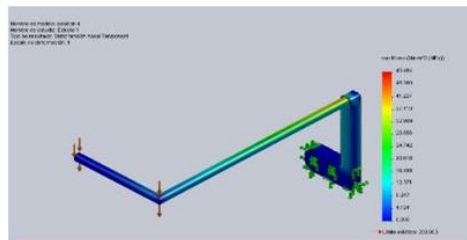


Figura: Esfuerzo - deformación



Eslabones	Material	Limite elástico	Esfuerzo	Tensión	Deflexiones (mm)	Deflexión estándar	Sección (mm)
Seguidor(A-D)	ASTM A36 Acero	250 MPa	22.6 N ->Y	49.4839 MPa	Y ab = -0.091 Y bc = -0.6	(0.06-0.4) mm	Circular Dab =12 Circular Dbc =14
Seguidor(D-F)	ASTM A36 Acero	250 MPa	22.6 N-> Y	50.0 MPa	Y df = -0.04	(0.01-0.6) mm	Rectangular 25 *9
Acoplador (E-G)	ASTM A36 Acero	250 MPa	22.59 N->Y	31.338 MPa			Rectangular 25 *6
Manivela(G-H)	AISI 1020 Acero	350 MPa	22.59 N->Y	64.62 MPa	Y gh = -0.003	(0.002-0.2) mm	Rectangular 25 *6

## DISEÑO Y SELECCIÓN DE COMPONENTES

### BRAZO MECÁNICO - SELECCIÓN DEL MOTO REDUCTOR

#### Fuerza en eslabón

$$F = m * g$$

$$F = 5Kg * 9.81 \frac{m}{s^2}$$

$$F = 49.05N$$

#### Torque adicional

$$T_{adicional} = F * d$$

$$T_{adicional} = 49.04 * 0.7923$$

$$T_{adicional} = 38.855Nm$$

T2= torque brazo + Torque adicional

$$T2 = 7.2659 Nm + 38.855 Nm$$

$$T2 = 46.1209 Nm$$

$$n2 = 12 rpm$$

$$P = ?$$

$$n1 = ?$$

$$T1 = ?$$

**REDUCTOR** → T=2.9 Nm seleccionado

$$i = n1/n2$$

$$i = 1200/12 = 100$$

$$T1 = (T2 * n2 / n1)$$

$$T1 = (46.1209 Nm * 12 rpm) / 1200 rpm$$

$$T1 = 0.461 Nm$$

**MOTOR** → T=2.24 Nm; 0.5 HP;

fp 0.81 seleccionado

$$P = (T1 * n1 / 5252)$$

$$P = (0.334 lb ft * 1200 / 5252)$$

$$P = 0.076 hp$$

out 2



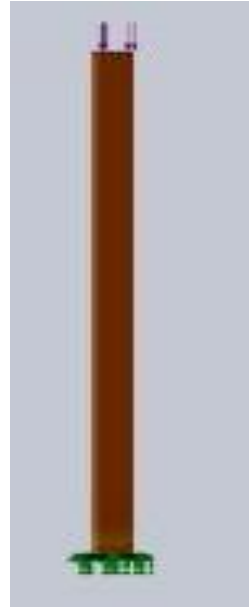
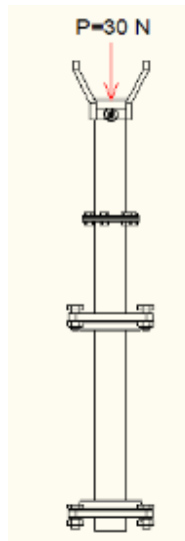
in 1

## DISEÑO Y SELECCIÓN DE COMPONENTES

### EJE GIRATORIO- ANÁLISIS DE ESFUERZOS

#### Datos

$L = 745 \text{ mm}$   
 $FS = 8$   
 $A = 945.61 \text{ mm}^2$   
 $D = 50 \text{ mm}$   
 $FS = N = 8$  carga repetida  
 $K = 2.1$   
 Material: AISI 1020  
 $E = 207 \text{ GPa}$   
 $S_y = 296 \text{ MPa}$   
 $d = 36 \text{ mm}$



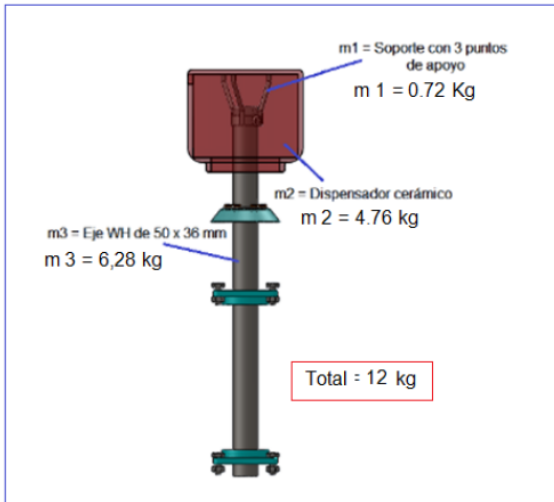
Teoría de columnas (carga crítica).

Descripción	Ecuación	Resultado
Longitud efectiva	$L_e = K.L$	$L_e = 1564.5 \text{ mm}$
Radio de giro de sección circular	$r = \frac{\sqrt{D^2 - d^2}}{4}$	$r = 8.674 \text{ mm}$
Relación de esbeltez	$SR = \frac{L_e}{r}$	<u><math>SR = 180.35</math></u>
Constante de columna	$C_c = \sqrt{\left(\frac{2\pi^2 E}{S_y}\right)}$	$C_c = 117$
Carga de pandeo crítica ( $SR > C_c$ Aplicar ecuación de Euler)	$P_{cr} = \frac{\pi^2 EA}{(SR)^2}$	$P_{cr} = 59.4 \text{ KN}$
Carga Permisible	$P_a = \frac{P_{cr}}{N}$	$P_a = 7.42 \text{ KN}$

# MÁQUINA PARA EL ESMALTADO DE DISPENSADORES CERÁMICOS

## DISEÑO Y SELECCIÓN DE COMPONENTES

### EJE GIRATORIO- SELECCIÓN DE LA BANDA DE TRANSMISIÓN



ELEMENTOS	FÓRMULA	Resultado
Fuerza	$F = P * g$	117.72 N
T eje	$T = F * r$	2.943 Nm
Potencia	$P = T * w$	0.207 hp
Potencia diseño	$Pd = P * FS$	0.2691 hp

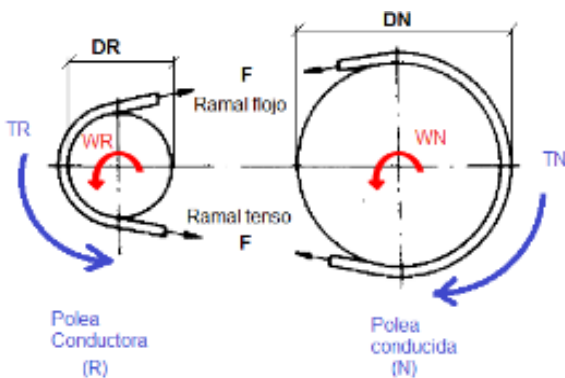
8 mm PolyChain GT2

Relación de velocidad.

$$i = \frac{n1}{n2} = \frac{D2}{D1}$$

$$i = \frac{R}{N} = \frac{n1}{n2} = \frac{682}{500} = 1.364$$

	Denominación	Fórmula	Valores Calculados
i	Relación de transmisión	$i = \left(\frac{DN}{DR}\right) = \left(\frac{WR}{WN}\right)$	1,634
DR	Diámetro patea conductora	-	2.206 in
DN	Diámetro de la patea conducida	-	3.008 in
WR	Velocidad patea conductora	-	109.12 rpm
WN	Velocidad de la patea conducida	-	80 rpm
TR	Torque rueda conductora	$TR = \frac{Pd \text{ (Watt)}}{WR \text{ (rad / seg)}}$	17.568 Nm
TN	Torque rueda conducida	$TN = \frac{Pd \text{ (Watt)}}{WN \text{ (rad / seg)}}$	23.963 Nm
F	Fuerza de Rozamiento	$F = \left[ \frac{TR * 2}{DR} \right]$ , $F = \left[ \frac{TN * 2}{DN} \right]$	627.429 N
To	Tensión inicial	$To = \frac{TR + TN}{2}$	20.7655 Nm



Sprocket Combinations				Speed Ratio	Center Distance, Inches			
DriveR		DriveN			8MGT-640 P.L. 25.20 80 Teeth	8MGT-720 P.L. 28.35 90 Teeth	8MGT-800 P.L. 31.50 100 Teeth	8MGT-896 P.L. 35.28 112 Teeth
Number of Grooves	Pitch Diameter (Inches)	Number of Grooves	Pitch Diameter (Inches)					
22	2.206	30	3.008	1.364	8.5	10.07	11.65	13.54
33	3.308	45	4.511	1.364	6.43	8.01	9.59	11.48
Length Factor*					0.79	0.83	0.87	0.91



# MÁQUINA PARA EL ESMALTADO DE DISPENSADORES CERÁMICOS



## DISEÑO Y SELECCIÓN DE COMPONENTES

### EJE GIRATORIO- SELECCIÓN DEL MOTOR ELÉCTRICO

$$P_{\text{motor}} = (T_{\text{eje}} + T_R) * W_R$$

$$P_{\text{motor}} = (2.943 + 17.568)\text{Nm} * 109.12\text{rpm} * \frac{2\pi}{60} * \frac{\text{rad}}{\text{seg}}$$

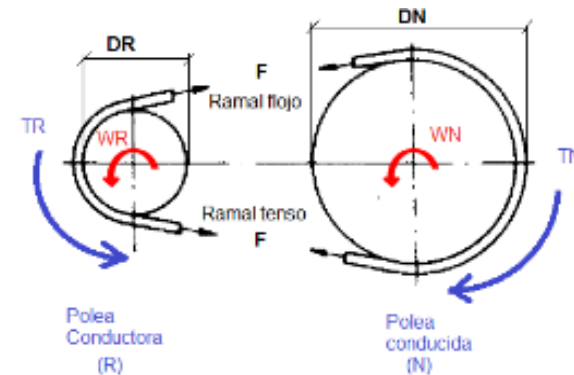
$$P_{\text{motor}} = (234.38\text{Watt}) * F_s$$

$$P_{\text{motor}} = 234.38 * 1.5$$

$$P_{\text{motor}} = 351.57\text{Watt} * \frac{\text{Hp}}{746\text{Watt}}$$

$$P_{\text{motor}} = 0.4712\text{Hp}$$

Se ha seleccionado un MOTOR TRIFÁSICO 1800 RPM 0,5 HP 220/400V 1LA7 070-4YA60





## DISEÑO Y SELECCIÓN DE COMPONENTES

### CONTROL PARA LOS MOTORES ELÉCTRICO



**Variador de Velocidad SINAMICS G110.**

#### **Ventajas al utilizar un variador de velocidad.**

- Operaciones más suaves.
- Control de la aceleración.
- Distintas velocidades de operación para cada fase de proceso.
- Compensación de variables en diversos procesos.
- Permitir operaciones lentas para fines de ajuste o prueba.
- Ajuste de la tasa de producción.
- Permitir el posicionamiento de alta precisión.
- Control del par motor (torque).



# MÁQUINA PARA EL ESMALTADO DE DISPENSADORES CERÁMICOS



## DISEÑO NEUMÁTICO

### SISTEMA DE ESMALTADO INTERNO Y EXTERNO

#### DISEÑO DEL CILINDRO NEUMÁTICO

Cargas:

- Esmalte cerámico:  $\rho = 1,16 \frac{Kg}{lt}$ ;  $V = 7 lt$
- Diafragma y soporte base:  $m_2 + m_3 = 1,03 kg$ ;  $V = 7 lt$

$$m_1 = \rho * V = 1,16 \frac{kg}{lt} * 7lt$$

$$m_1 = 8,12 kg$$

$$m_{TOTAL} = m_{esmalte} + m_{diafragma} + m_{soporte base} = 9,15 Kg$$

$$W_{TOTAL} = m * g = 9,15 Kg * 9,81 m/s^2$$

$$W_{TOTAL} = 89,8 N \approx 90 N * FS = 90 * 2,5 = 135 N$$

F=w= El cilindro tiene que vencer 135 N

Sistema Neumático esta conformado por:

- Cilindro Neumático de Doble Efecto
- Diafragma
- Pistola Automática de Aspersión
- Calderín de Presión
- Electro distribuidores neumáticos
- Sistema de Mantenimiento
- Unidad Compresora

Ø VASTAGO [mm]	Ø EMBOLO [mm]	FUERZA NETA [N] a P=6 bar	LONGITUDES DE CARRERAS NORMALIZADAS [mm]
—	6	15	10, 25, 40, 80
4	12	60	10, 25, 40, 80, 140, 200
6	16	106	10, 25, 40, 80, 140, 200, 300
10	25	260	25, 40, 80, 140, 200, 300
12	35	509	70, 140, 200, 300
16	40	665	40, 80, 140, 200, 300

# MÁQUINA PARA EL ESMALTADO DE DISPENSADORES CERÁMICOS

## SELECCIÓN DEL CILINDRO NEUMÁTICO



Selección Tipo de Cilindro



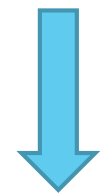
## Parámetros de Diseño

tiempo de posicionamiento esperado: quiero alcanzar este tiempo de posicionamiento: 1 5

Regulación básica del cilindro:  con válvula de estrangulación de retención  
Longitud de carrera requerida: 50 mm  
Ángulo de instalación: 90 deg  
Dirección del movimiento:  extender  retirar

Alimentación de aire comprimido: Presión de funcionamiento: 6 bar

Regulaciones de la carga: Largo del tubo flexible: 2 m  
Equipo de mantenimiento: Válvula: 2 m  
Válvula - Cilindro: 2 m  
Masa en movimiento: 9,15 kg  
fuerza de impacto adicional: 0 N  
fuerza de fricción adicional: 0 N



	Tipo	Núm. artículo	Conexión	Carrera [mm]
<input type="radio"/>	ADN-32-50-I-P-A	536285	1/8	50
<input type="radio"/>	ADN-32-50-I-PP5-A	572652	1/8	50
<input checked="" type="radio"/>	DNC-32-50-PPV	163321	1/8	50
<input type="radio"/>	DNC-32-50-PPV-A	163317	1/8	50

Cilindro Seleccionado

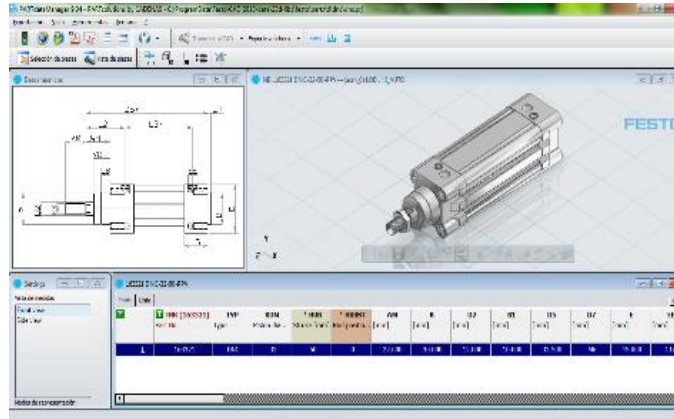


# MÁQUINA PARA EL ESMALTADO DE DISPENSADORES CERÁMICOS



## SELECCIÓN CILINDRO NEUMÁTICO Y SUS ACCESORIOS

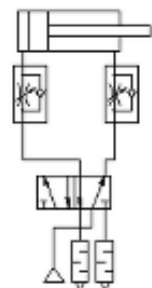
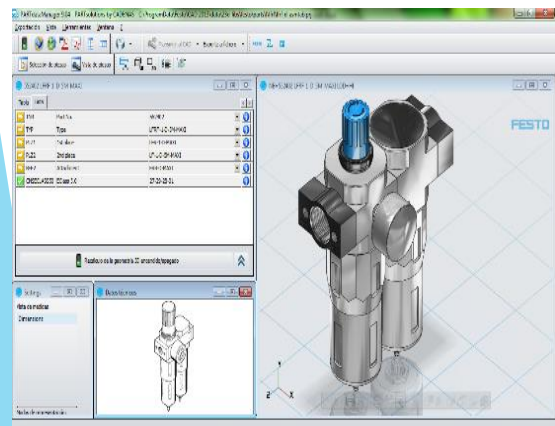
Tipo	Denominación	Núm. artículo
DNC-32-50-PPV	Cilindros normalizados	163321
GRLA-1/8-QS-0-D	Válvula de estrangulación y antirretorno	193145
PUN 8X1,25 BL	Tubo de material sintético	159688
QS 1/8-B	Racor rápido roscado	153004
WUVG-L14-B52-T-G18-1P3	Electroválvula	588500
U-1/8	Silenciadores	2307
QS-1/8-B	Racor rápido roscado	153004
PUN-8X1,25-BL	Tubo de material sintético	159066



TIPO	Doble Efecto
CARRERA (c)	50 mm
DIÁMETRO DEL EMBOLO (D)	32 mm
DIÁMETRO DEL VÁSTAGO (d)	12 mm
CONEXIÓN NEUMÁTICA	G1/8

Artículos para el Sistema neumático

Modelo CAD del cilindro neumático



Regulación PPV  
 100 %  
 Flujo  
 2.7 Revoluciones  
 s/rotación

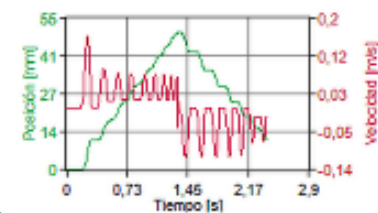
Accionamiento	DNC 32 50 PPV
<input type="checkbox"/> Amortiguador	
Válvula de estrangulación de retención	GRLA-1/8-QS-0-D
Tubo flexible (Cil. > Válvula)	PUN 8x1,25 BL (2 m)
Válvula de vías	WUVG-L14-B52-T-G18-1P3
Tubo flexible (Fuente > Válvula)	PUN-8x1,25-BL (2 m)
Silenciador	U-1/8
Presión de funcionamiento	6 bar
Dirección del movimiento	<input type="radio"/> extender <input type="radio"/> retirar <input checked="" type="checkbox"/> Ciclo de trabajo completo

< Atrás

Simulación

Simulación Actuador Lineal

Diagrama Recomendado/Velocidad/Tiempo



Tiempo total de posicionamiento	2.113 s
Velocidad promedio	0.021 m/s
Velocidad de impacto	-0.020 m/s
Máx. velocidad	0.163 m/s
Energía dinámica de impacto	0.002 J
Consumo de aire mínimo	0.585 l
Consumo de aire por carrera	1.191 l
Regulación PPV	100 %

Diagrama presión-tiempo

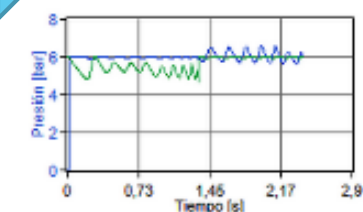
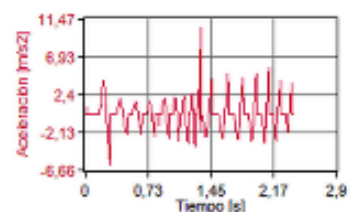


Diagrama de tiempos de presión/aceleración



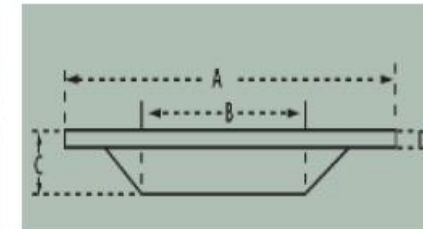
Modelo CAD accesorios

Diagramas de funcionamiento del cilindro neumático

## SELECCIÓN DEL CILINDRO NEUMÁTICO Y SUS ACCESORIOS

Se selecciona:

- Un pistón de doble efecto (32x50)mm; P=6-10 Bar
- Una Electrovalvula 5/2: V=110Vac; P=135Psi; T=5-60°C; G1/8
- Un Sistema de Mantenimiento FRL: 6-10 Bar con purga manual
- 2 Silenciadores neumáticos: G1/8"
- 2 Válvulas reguladoras de caudal: G1/8"
- Racors de conexión rápida: G1/8"
- 10 m Manguera de Poliuretano
- Diafragma NBR: A=20cm, B= 14cm, C= 5cm, D=8mm; V= 7 lt



Diafragma y carcasa seleccionados.



# MÁQUINA PARA EL ESMALTADO DE DISPENSADORES CERÁMICOS



## SELECCIÓN DE LA PISTOLA AUTOMÁTICA

### Características de Esmaltes Cerámicos.

Características	Esmalte TR 1101	Esmalte BL 2001
Acabado	Brillante	Brillante
Viscosidad	80±5 K.U (940 cP)	80±5 K.U (940 cP)
Densidad	1,16±0,02 Kg/l	0,975±0,025 Kg/l
Contenido sólido en peso	71±1%	64±1%
Contenido sólido en volumen	66±1%	64±1%
Modo de Aplicación	Brocha, rodillo y pistola	Brocha, rodillo y pistola
Indicaciones de Seguridad	Toxico y abrasivo	Toxico y abrasivo

Fuente: KROMACRIL-Esmalte cerámico 1101



Pistola Automatica SAGOLA 4041 HVLP



### Calderín de Presión SAGOLA:

- Pmax= 15 psi;
- Capacidad= 20 galones; con agitador neumático
- Consumo de Aire= 30L/min

- Altísima calidad de acabado.
- Pistola automática convencional, ideal para robots y máquinas especiales.
- Posee pasos especiales (aguja y mecanismos) en carburo de tungsteno para productos altamente abrasivos.
- Sectores de aplicación: Metal, Plástico, Automotriz, Cerámica.
- El Pilotaje se lo realiza con una electroválvula 3/2

### Datos Técnicos:

- ✓ Consumo de aire= 370 L/min
- ✓ Dimensiones= 152x83x73 mm
- ✓ Peso= 710 g.
- ✓ Presión de trabajo= 6-10 Bar
- ✓ Tamaño de Abanico= 5-30 cm



# MÁQUINA PARA EL ESMALTADO DE DISPENSADORES CERÁMICOS



## DISEÑO Y SELECCIÓN DEL COMPRESOR

### CONSUMO DE AIRE POR EL CILINDRO NEUMÁTICO

$$Q = v * A$$

Donde:

Q = Caudal (m<sup>3</sup>/s)

v = Velocidad (m/s)

A = Área del cilindro (m<sup>2</sup>)

Caudal a la Salida del vástago:

$$Q = v * \frac{\pi * D^2}{4} = 0,15 \frac{m}{s} * \frac{\pi(0,032)^2 m^2}{4} = 1,20 * 10^{-4} \frac{m^3}{s} = 7,2 \frac{lt}{min}$$

Caudal a la Entrada del vástago:

$$Q = v * \frac{\pi * (D-d)^2}{4} = 0,15 \frac{m}{s} * \frac{\pi(0,032-0,012)^2 m^2}{4} = 4,7 * 10^{-5} \frac{m^3}{s} = 2,82 \frac{lt}{min}$$

$$f = \frac{2}{60} = 0,033 s^{-1} \quad ; \quad 3,33\% \text{ trabaja y el } 96,67\% \text{ está parado}$$

$$C = 2(s * n * q)$$

Donde:

C = Consumo de aire total en litros/minuto.

q = Consumo de aire por centímetro para un cilindro de 32 mm.

s = Carrera en centímetros.

n= Numero de carreras por minuto.

$$C = 2(5 * 4 * 1,04)$$

$$C = 41,6 \text{ lt/min}$$



# MÁQUINA PARA EL ESMALTADO DE DISPENSADORES CERÁMICOS



## SELECCIÓN DEL COMPRESOR

$$\sum \text{caudal total} = (Q_{\text{cilindro}} + Q_{\text{pistola}} + Q_{\text{calderín}})$$

$$\sum (41,6 + 370 + 30) = 441,6 \text{ lts/min}$$



### CARACTERÍSTICAS DEL COMPRESOR SELECCIONADO

VELOCIDAD DEL CABEZAL	3500 RPM
CAUDAL	283 lt/min
PRESIÓN MÁXIMA	10 Bar
CAPACIDAD TANQUE	80 Galones
VOLTAJE DE FUNCIONAMIENTO	3~220 V – 60 HZ
MOTOR	5 HP

- Pérdidas de presión por acoples y filtros, se considera un 3%.

$$P_{pa} = 441,6 * 0,03 = 13,24 \text{ lts/min}$$

- Pérdidas de presión por fugas, se considera una pérdida del 10%.

$$P_{pf} = 441,6 * 0,1 = 44,16 \text{ lts/min}$$

- Coeficiente de simultaneidad para construcciones varias es de 25%.

$$C_s = 441,6 * 0,25 = 110,4 \text{ lts/min}$$

- Incremento de seguridad recomendado es de 10%.

$$I_s = 441,6 * 0,1 = 44,16 \text{ lts/min}$$

$$Q_t \text{ requerido} = 13,24 + 44,16 + 110,4 + 44,16 = 211,96 \text{ lts/min}$$

Es decir que el compresor requerido, debe cubrir los 211,96 lts/min, a una presión de 8 bar.





# MÁQUINA PARA EL ESMALTADO DE DISPENSADORES CERÁMICOS



## SISTEMA DE CORTINA DE AGUA (RECUPERACION DE ESMALTE)

### DISEÑO DE LA BOMBA HIDRAÚLICA

	A	B	C	D	E	F		
1	<b>MECÁNICA DE FLUIDOS APLICADA</b>		<b>SISTEMAS EN SERIE DE CLASE I</b>					
2	<b>Objetivo: Potencia de la Bomba</b>		<i>Puntos de referencia para la ecuación de la energía:</i>					
3	<b>SISTEMA DE CORTINA DE AGUA</b>		Pto. 1: Superficie del depósito inferior					
4			Pto. 2: Superficie del depósito superior					
5	<b>System Data:</b>		<b>SI Metric Units</b>					
6	Flujo Volumétrico: Q =		0,000333	m <sup>3</sup> /s		Elevación en el Punto. 1 =	0,00	m
7	Presión Pto. 1 =		0	kPa		Elevación en el Punto. 2 =	1,60	m
8	Presión Pto. 2 =		0	kPa		<i>Si el punto está en la tubería: indicar v1"= B20" o v2 " = E20"</i>		
9	Velocidad Pto. 1 =		0	m/s -->		Carga de velocidad en el Pto. 1 =	0	m
10	Velocidad Pto. 2 =		0	m/s -->		Carga de velocidad en el Pto. 2 =	0	m
11	<b>Propiedades del Fluido:</b>		May need to compute: $v = \eta/\rho$					
12	Peso Especifico =		9,81	kN/m <sup>3</sup>		Viscosidad Cinemática =	1,15E-06	m <sup>2</sup> /s
13	<b>Tubería 1: 1-in PVC</b>		<b>LÍNEA DE SUCCIÓN</b>		<b>Tubería 2: 1/2-in PVC</b>		<b>LÍNEA DE DESCARGA</b>	
14	Diámetro: D =		0,022	m		Diámetro: D =	0,00993	m
15	Rugosidad de la Pared: $\epsilon$ =		3,00E-07	m		Rugosidad de la Pared: $\epsilon$ =	3,00E-07	m [Ver Tabla 8.2]
16	Longitud: L =		0,8	m		Longitud: L =	2,5	m
17	Area: A =		3,80E-04	m <sup>2</sup>		Area: A =	7,74E-05	m <sup>2</sup> [A = $\pi D^2/4$ ]
18	D/ $\epsilon$ =		73333			D/ $\epsilon$ =	33100	Rugosidad Relativa
19	L/D =		36			L/D =	252	
20	Velocidad del Flujo =		0,88	m/s		Velocidad de Flujo =	4,30	m/s [v = Q/A]
21	Carga de Velocidad =		0,039	m		Carga de Velocidad =	0,942	m [v <sup>2</sup> /2g]
22	Número de Reynolds =		1,68E+04			Número de Reynolds =	3,71E+04	[N <sub>R</sub> = vD/v]
23	Factor de Fricción: f =		0,0270			Factor de Fricción: f =	0,0223	Emplee la Ec. 8-7



# MÁQUINA PARA EL ESMALTADO DE DISPENSADORES CERÁMICOS



## SISTEMA DE CORTINA DE AGUA (RECUPERACION DE ESMALTE)

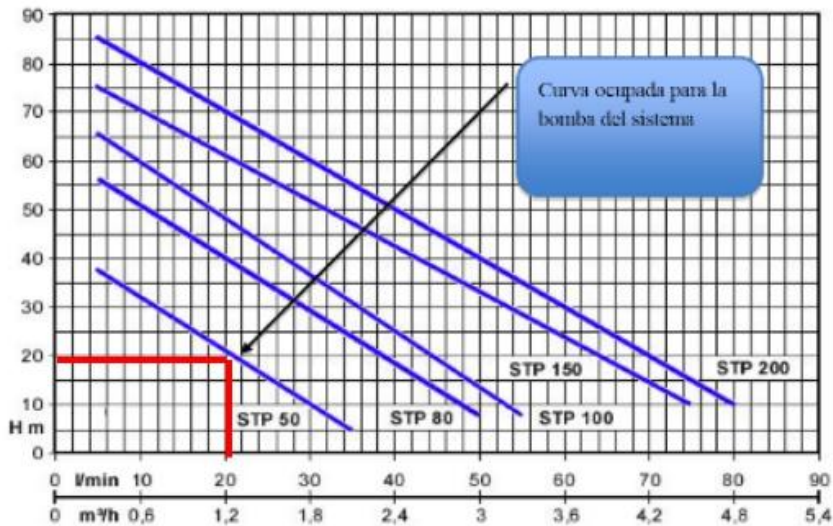
### DISEÑO DE LA BOMBA HIDRAÚLICA

24	<b>Pérdidas de Energía-T1:</b>	K	Qty.			
25	Tubería: $K_1 = f(L/D) =$	0,98	1	Pérdida de Energía $h_{L1} =$	0,038 m	Pérdidas por Fricción
26	Pérdida-Entrada: $K_2 =$	0,00	1	Pérdida de Energía $h_{L2} =$	0,000 m	
27	V. Pie: $K_3 =$	3,78	1	Pérdida de Energía $h_{L3} =$	0,148 m	
28	V. Globo: $K_4 =$	3,06	1	Pérdida de Energía $h_{L4} =$	0,120 m	
29	Codo 90°: $K_5 =$	0,27	1	Pérdida de Energía $h_{L5} =$	0,011 m	
30	Element 6: $K_6 =$	0,00	1	Pérdida de Energía $h_{L6} =$	0,000 m	
31	Element 7: $K_7 =$	0,00	1	Pérdida de Energía $h_{L7} =$	0,000 m	
32	Element 8: $K_8 =$	0,00	1	Pérdida de Energía $h_{L8} =$	0,000 m	
33	<b>Pérdidas de Energía-T2:</b>	K	Qty.			
34	Tubería: $K_1 = f(L/D) =$	5,62	1	Pérdida de Energía $h_{L1} =$	5,30 m	Pérdidas por Fricción
35	V. Check: $K_2 =$	0,99	1	Pérdida de Energía $h_{L2} =$	0,93 m	
36	V. Globo: $K_3 =$	3,37	1	Pérdida de Energía $h_{L3} =$	3,17 m	
37	Codo 90°: $K_4 =$	0,30	2	Pérdida de Energía $h_{L4} =$	0,56 m	
38	T estandar: $K_5 =$	0,20	1	Pérdida de Energía $h_{L5} =$	0,19 m	
39	Element 6: $K_6 =$	0,00	1	Pérdida de Energía $h_{L6} =$	0,00 m	
40	Element 7: $K_7 =$	0,00	1	Pérdida de Energía $h_{L7} =$	0,00 m	
41	Element 8: $K_8 =$	0,00	1	Pérdida de Energía $h_{L8} =$	0,00 m	
42				Pérdida Total de Energía $h_{Ltot} =$	10,47 m	
43	<b>Resultados:</b>			<b>Carga Total sobre la bomba: <math>h_A =</math></b>	<b>12,1 m</b>	
44				Potencia agregada al fluido: $P_A =$	0,04 kW	
45				<b>Eficiencia de la Bomba =</b>	<b>80,00 %</b>	
46				Potencia de entrada a la bomba: $P_I =$	0,05 kW	

# MÁQUINA PARA EL ESMALTADO DE DISPENSADORES CERÁMICOS

## SISTEMA DE CORTINA DE AGUA (RECUPERACION DE ESMALTE)

### SELECCIÓN DE LA BOMBA HIDRAÚLICA



Curva de Rendimiento.

Fuente: Catálogo Bombas Hidráulicas TRUPER

Tipo		P <sub>2</sub>		Capacitor		Corriente			Q=	Caudal									
Monofásica	Trifásica	Nominal				Amp.			m³/h	0,3	0,6	1,2	1,8	2,4	3	3,6	4,2	4,8	
1	2	Kw.	HP	μF	V <sub>c</sub>	1~	3~	440	l/1'	5	10	20	30	40	50	60	70	80	
60 Hz	60 Hz					127	230	440	H=	Carga Dinámica Total (m)									
STP 50	STP 50 T	0,37	0,5	8	450	4,8	1,9	0,95	(m)	37,5	32	21	10						
STP 80	STP 80 T	0,6	0,8	14	450	7,5	2,4	1,2		56	51	40	30	18,5	8				
STP 100	STP 100 T	0,75	1,0	20	450	10,8	4,0	2		65	59	47,5	36	25	13				
STP 150	STP 150 T	1,1	1,5	35	450	18	6,0	3		75	70	61	52	42,5	33	24	15		
STP 200	STP 200 T	1,5	2,0	40	450	23	7,2	3,6		85	80	70	60	50	40	30	20	10	

Potencia Eléctrica	½ HP
Alimentación Eléctrica	110V – 60Hz
Corriente Nominal	5A
Velocidad	3450 RPM
Designación	1x1x3½
Capacidad Máxima	20 galones/min a 2.5 A
Peso Total	55 lb
Protección Eléctrica	IP 44
Tipo	Hidráulica Centrifuga



### CARACTERÍSTICAS DE LA BOMBA SELECCIONADA



# MÁQUINA PARA EL ESMALTADO DE DISPENSADORES CERÁMICOS



## SISTEMA DE CORTINA DE AGUA (RECUPERACION DE ESMALTE)

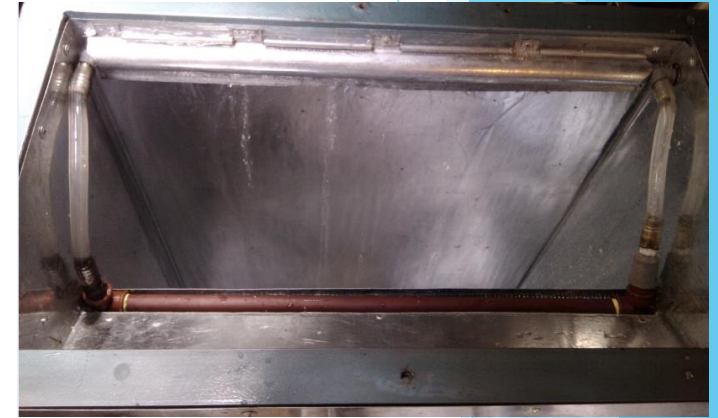
### RECIRCULACIÓN DE FLUIDO



BOMBA INSTALADA



CANALETAS RESERVORIO



TUBERIA DE ASPERCIÓN



PRECIPITADOR DE ESMALTE



CORTINA POSTERIOR



CORTINA FRONTAL



# MÁQUINA PARA EL ESMALTADO DE DISPENSADORES CERÁMICOS



## SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE ESMALTE

### DISEÑO DEL BLOWER AIREADOR (EXTRACTOR)

#### Dimensiones del Área de extracción:

Altura (h)= 0,85 m

Ancho (a)= 0,85 m

Profundidad (p)= 1,02 m

$$\text{Volumen de extracción} = a * p * h = (0,85 * 1,02 * 0,85) \text{ m}^3 = 0,73695 \text{ m}^3 = 2653,02 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{Diámetro de extracción} = 0,636 \sqrt{\frac{Q}{v_o}} = 0,636 \sqrt{\frac{0,73695}{8}} = 0,1930 \text{ m} = 19,30 \text{ cm}$$

Donde:

Q= Cantidad de aire a extraer en m<sup>3</sup>/seg

v<sub>o</sub>= velocidad de entrada de aire al ventilador (8m/seg)-Velocidad de diseño

$$D_1 = 1,5D = 1,5(19,3) = 28,95 \text{ cm (Diámetro interior del rodete)}$$

$$D_2 = 2D_1 = 2(28,95) = 57,90 \text{ cm (Diámetro exterior del rodete)}$$

$$\text{rpm} = 60 \frac{v}{\pi \cdot D_2} = 60 \frac{50}{\pi \cdot 0,579} = 1657,45 \text{ r.p.m}$$

#### Velocidad tangencial de la hélice para aspiradores de aire.

	Grado de intensidad de ruido	Lugares de aplicación de los aspiradores
1	Velocidad tangencial de la hélice, hasta 25 m/seg.	Hospitales, espectáculos, cafés, casinos, habitaciones, viviendas, restaurantes y en locales donde sea recomendable silencio
2	Velocidad tangencial de la hélice, de 25 a 60 m/seg	Almacenes, fábricas, talleres, cocinas, despachos generales y en cualquier espacio o local cerrado que admita ruidos de mediana intensidad.
3	Velocidad tangencial de la hélice, de 50 m/seg. en adelante	Grandes almacenes, fundiciones, industrias pesadas o insalubres que admiten sonidos intensos

Fuente: Libro Neumática-José Roldan Vilorio



# MÁQUINA PARA EL ESMALTADO DE DISPENSADORES CERÁMICOS



## SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE ESMALTE

### DISEÑO DEL BLOWER AIREADOR

$$n_1 = 3,6 \sqrt{p} = 3,6 \sqrt{7610} = 314,04 \text{ m/seg}$$

Donde:

p= presión atmosférica (mm c.d.a) = 560 mmHg= 7610 mm c.d.a

n<sub>1</sub>= velocidad tangencial del rodete en la extremidad exterior de las paletas en m/seg

$$P = \frac{Q \cdot p}{75 \cdot \mu} = \frac{0,73695 \cdot 25}{75 \cdot 0,5} = 0,4913 \text{ CV} = 0,49 \approx 1/2 \text{ HP}$$

Donde:

P= potencia en CV

Q= caudal de aire m<sup>3</sup>/seg

μ = rendimiento (entre 0,4 y 0,5)

p= presión estándar para extractores de aire (5-25 mm c.d.a)

Q= 0,73695 m<sup>3</sup>/seg (Caudal de Diseño-Extractores centrífugos)

### SELECCIÓN DEL BLOWER AIREADOR

Datos del Fabricante Republic Regenerative Blowers.

Model	Phase/ Stage	Motor (HP)	Current (A)@110V	Current (A)@220V	Sound Level (dB)	Rated Pressure (in. H <sub>2</sub> O)	Rated Vacuum (in. H <sub>2</sub> O)	Air flow (cfm)	Weight (lbs.)
HRB-101	1	0.50	9.0	4.5	64.00	47.00	40.00	50.00	31.00
HRB-201	1	1.00	12.0	6.0	66.00	47.00	44.00	102.00	46.00
HRB-301	1	2.00	23.0	11.5	75.00	71.00	63.00	141.00	73.00
HRB-401	1	3.00	30.0	15.0	75.00	110.00	79.00	141.00	78.00
HRB-501	1	3.00	31.0	15.5	76.00	83.00	79.00	212.00	82.00

Fuente: Catálogo Republic Regenerative Blowers

Extracción de Aire	2600 m <sup>3</sup> /h
Diámetro de extracción	20 cm
Presión de Aspiración	47 in H <sub>2</sub> O
Potencia del motor	½ HP
Tipo ventilador	Centrifugo
Corriente	4,5A @ 220v
Flujo de Aire	50 cfm
Nivel de Ruido	64 dB
RPM	1650





# MÁQUINA PARA EL ESMALTADO DE DISPENSADORES CERÁMICOS



## MECANISMO DE ESMALTADO INTERNO Y EXTERNO

### CABINA DE ESMALTADO

- SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE ESMALTE
- SISTEMA DE CORTINA DE AGUA



### ESMALTADO INTERNO

- MECANISMO PISTON-DIAFRAGMA
- MECANISMO EJE GIRATORIO
- TUBERIA DE RECIRCULACIÓN DE ESMALTE



### ESMALTADO EXTERNO

- MOTOREDUCTOR
- MECANISMO DEL BRAZO MECANICO
- PISTOLA AUTOMÁTICA



# MÁQUINA ESMALTADORA

## DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA ELÉCTRICO

### Determinación de las cargas en el sistema eléctrico

	POTENCIA (HP)	CORRIENTE (A)
motor eje giratorio	1/2	1,9
motor brazo mecánico	1/2	1,9
motor blower aireador	1/2	3,5
motor bomba hidráulica	1/2	5

### Selección de los conductores para los motores

MOTORES: EJE Y BRAZO MECÁNICO

$$I = \frac{P}{\eta \times \sqrt{3} \times V \times \cos \phi} = 3,82 \text{ A}$$

$$\sum_{\text{motores}} I = 3,82 + 8,5 = 12,32 \text{ A}$$

Se utiliza conductores de calibre # 3x14 AWG THHN FLEXIBLE.





# MÁQUINA ESMALTADORA

## Selección del conductor para el alimentador primario

$$I = I_{motor\ mayor} + \sum I_{motores} + \sum I_{cargas\ adicionales} = 21,82\ A$$

Se utiliza conductores de calibre # 3x12 AWG THHN FLEXIBLE

## Protección para el alimentador primario

$$I = I_{motor\ mayor} + \sum I_{motores} + \sum I_{cargas\ adicionales} = 21,82\ A$$

Se utiliza un Breaker termomagnético de 20 A marca siemens

## Protección para derivaciones

$$I_{prot} = I_{cp} = 5\ A$$

Se utiliza un Breaker termomagnético de 10 A marca siemens



# MÁQUINA ESMALTADORA



## Selección de los guardamotores

MOTORES: BOMBA Y BLOWER

$I = 1,25 \times I_n = 2,38 \text{ A}$  “Se selecciona un guardamotor marca siemens con regulación de corriente 2.2 - 4A”

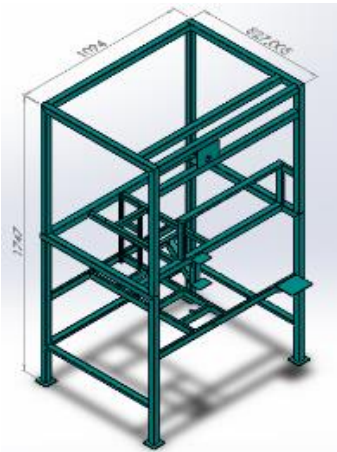
## Selección del contactor

$I = I_{\text{motor mayor}} = 5 \text{ A}$  “Se selecciona un contactor marca siemens con tipo de servicio AC3, tripolar a 110-220V/10A”

# MÁQUINA PARA EL ESMALTADO DE DISPENSADORES CERÁMICOS

## CONSTRUCCIÓN

### ESTRUCTURA



### COLOCACIÓN DE CUBIERTA



### BRAZO MECÁNICO



## CONSTRUCCIÓN

### MOTOR EJE GIRATORIO



### SISTEMA DE ESMALTADO EXTERNO



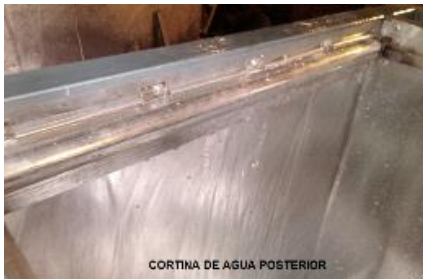
### ESMALTADO INTERNO



# MÁQUINA PARA EL ESMALTADO DE DISPENSADORES CERÁMICOS

## CONSTRUCCIÓN

### SISTEMA DE RECUPERACIÓN



### PROGRAMACIÓN DEL PLC



### TABLERO MANDO Y CONTROL



# MÁQUINA ESMALTADORA

## FUNCIONAMIENTO Y PUESTA EN MARCHA DE LA MÁQUINA ESMALTADORA



1



2



3



4



4

	LÍNEA DE AIRE	RANGO DE PRESIÓN
PISTOLA AUTOMÁTICA	Pulverización (ATOM)	50 - 70 PSI
	Tanque de Presión (CYL)	3 - 5 PSI
	Movimiento de Aguja (FAM)	50 - 70 PSI
CILINDRO NEUMÁTICO	Avance	60 - 70 PSI
	Retroceso	50 - 60 PSI





# MÁQUINA ESMALTADORA



## PERIODO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN

$$TMAR = 12,48 \%$$

$$VPN = -k_0 + \sum_{i=1}^n \frac{fC_i}{(1+D)^i} = \$11523,84$$

$$TIR = 54,96\%$$

$$PR = 2 \text{ años } 3 \text{ meses } 22 \text{ días}$$

$$R C/B = 2,92$$

TÉCNICA DE EVALUACIÓN	RANGO
VPN, \$	\$ 11523,84 > 0
TIR, %	54,96% > 13,13%
PRI, AÑOS	2 años < 5 años
RBC	2,92 > 1



# MÁQUINA PARA EL ESMALTADO DE DISPENSADORES CERÁMICOS



## CONCLUSIONES

- En el diseño se aplicaron métodos analíticos los cuales permitieron establecer parámetros importantes como lo es factor de seguridad y esfuerzos máximos, teniendo así una baja probabilidad de falla para este tipo de elementos estructurales.
- El diseño del brazo mecánico tiene un factor seguridad de 3, lo cual brinda una confiabilidad al sistema sin que exista deflexiones y torsión al momento de instalar la pistola automática el cual soportara un peso de 22.6 N
- El eje giratorio está diseñado para soportar un peso de 30 N y la misma cuenta con un factor de seguridad de 8.
- El diseño de la bancada de la máquina se lo realizó bajo un estudio de SolidWorks, en el cual cada elemento puede soportar un esfuerzo de 13 kg, y en el peor de los casos existe una tensión máxima de 5,86 MPa, y una deflexión de 7,268e-002 y con un factor de seguridad de 3.





# MÁQUINA PARA EL ESMALTADO DE DISPENSADORES CERÁMICOS



## CONCLUSIONES

- El bañado interno de los dispensadores depende de la fuerza que ejerza el actuador y es de 135 N a una presión de 6 bares, este servirá para crear una presión en el diafragma y el fluido se traslade por la tubería y lograr el bañado.
- El control de los elementos eléctricos de la máquina esmaltadora se lo realizó con un plc Siemens 230RC y un módulo de expansión DM8 230R.
- Los beneficios que presenta al implementar la máquina esmaltadora está: Mayor cantidad en el esmaltado dispensadores cerámicos (300/día), reducción del grado de contaminación en el ambiente, ahorro de materia prima en el esmaltado de dispensadores, reducción de esfuerzo físico del operador y por sobre todo el desarrollo de la empresa Cerámica Novel.
- La inversión realizada en la máquina elevadora de carga es viable debido a que se obtiene un VPN de \$ 11523,84 y un TIR del 54,96% el cual asegura un periodo de recuperación de 2 años con 3 meses siendo de gran satisfacción para los propietarios de la empresa “NOVEL”.



# MÁQUINA PARA EL ESMALTADO DE DISPENSADORES CERÁMICOS



## RECOMENDACIONES

- Es indispensable revisar el manual de operación y mantenimiento de la máquina esmaltadora para extender su vida útil.
- Al momento de poner en funcionamiento el equipo se debe tener las medidas de seguridad e ir verificando las presiones de los sistemas para evitar accidentes.
- Para que opere correctamente el sistema de accesorios neumáticos se necesita tener conectado un compresor que mantenga constante una presión de 80 a 100 psi.



# MÁQUINA PARA EL ESMALTADO DE DISPENSADORES CERÁMICOS



**GRACIAS**