



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



**Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica  
Carrera de Mecatrónica**

**Trabajo de Unidad de Integración Curricular, previo a la obtención del  
título de Ingeniero en Mecatrónica**

**Tema: Diseño y construcción de una máquina dosificadora por desbordamiento variable para el llenado de botellas de aceite de palma en la empresa MEGACONTROL ubicada en la parroquia de Tumbaco.**

**Autores: GUANIN MORAN, ERICK GUSTAVO  
TORRES CHUQUIMARCA, MIGUEL ANGEL**

**Director: ING. CONSTANTE PROCÉL, PATRICIA NATALY**

**Latacunga, Marzo 2023**





## INTRODUCCIÓN



## OBJETIVO GENERAL

Diseñar y construir una máquina dosificadora por desbordamiento variable para el llenado de botellas de 100cc a 1000cc de aceite de palma en la empresa MEGACONTROL ubicada en la parroquia de Tumbaco.



## OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diseñar y construir una máquina dosificadora por desbordamiento variable mediante la aplicación de un software CAD para la selección de los materiales.

- Diseñar el sistema de control mediante la implementación de un software grafico para el control de las diferentes variables

- Construir la máquina dosificadora mediante los diferentes procesos de producción para el ensamble de la máquina de llenado de 6 boquillas.

- Realizar pruebas de verificación por medio de diferentes funcionamientos repetitivos para la adquisición de datos y el mejoramiento del sistema de control.



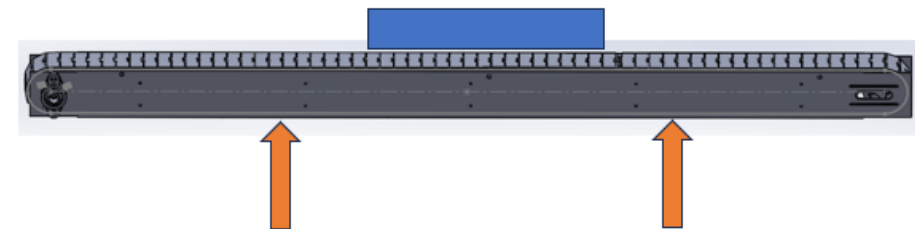
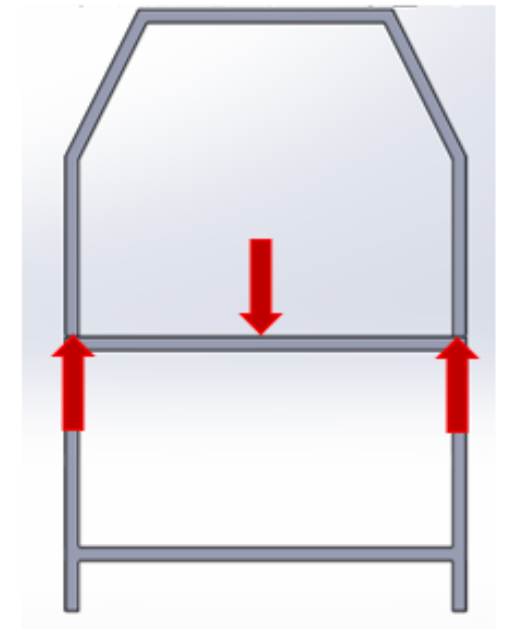
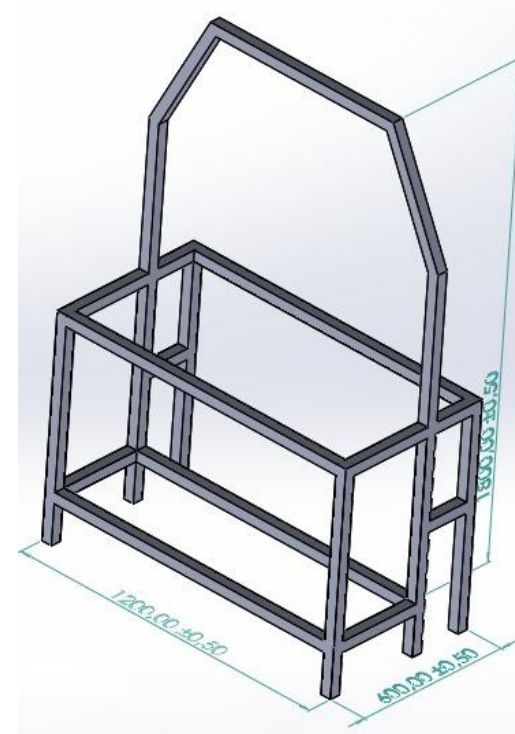
## Estructura Metálica

Condiciones requeridas por la empresa

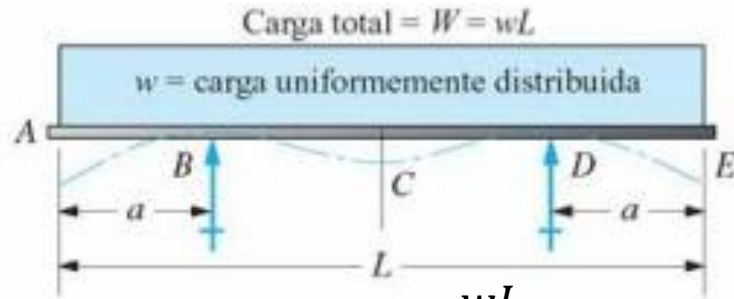
- Área de trabajo de 2500x600
- Grado alimenticio
- Capacidad de producción
- Altura 1800mm
- Acero Inoxidable

## Propiedades Mecánicas de AISI 316

Propiedades	Valor
Resistencia máxima $S_{\mu}$	550MPa
Resistencia a la cadencia $S_y$	240MPa
Módulo de Elasticidad $E$	193GPa
Elongación	70%



# Estructura Metálica



$$R_B = R_D = \frac{wL}{2}$$

$$R_B = R_D = 823.2N$$

$$\sigma_d = \frac{S_y}{N}$$

$$\sigma_d = 120MPa$$

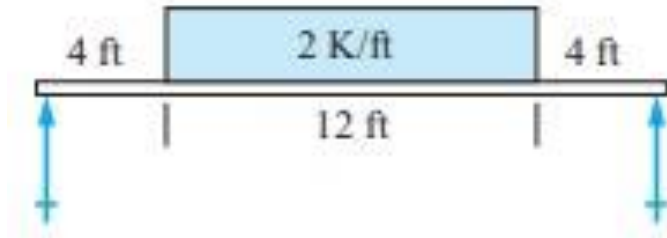
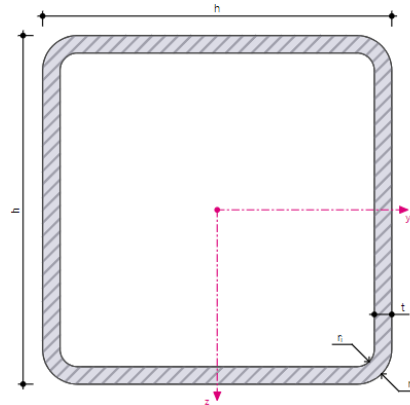
$$y_{maxd} = \frac{L}{360}$$

$$y_{maxd} = 1.11 mm$$

$$R_T = 999.6N \approx P$$

$$M_A = M_B = M_C = \frac{PL}{8}$$

$$M_A = M_B = M_C = 49980Nmm$$



$$R_A = R_B = 88.2N$$

$$R_A + R_B = R_T$$

$$R_T = 999.6N$$

$$S = \frac{A^4 - (A - e)^4}{6A} = \frac{M_A}{\sigma_d}$$

$$S = 416.5mm^3$$

$$S = \frac{8A^3 - 24A^2 + 32A - 16}{6A}$$

$$A \approx 19.13 mm$$

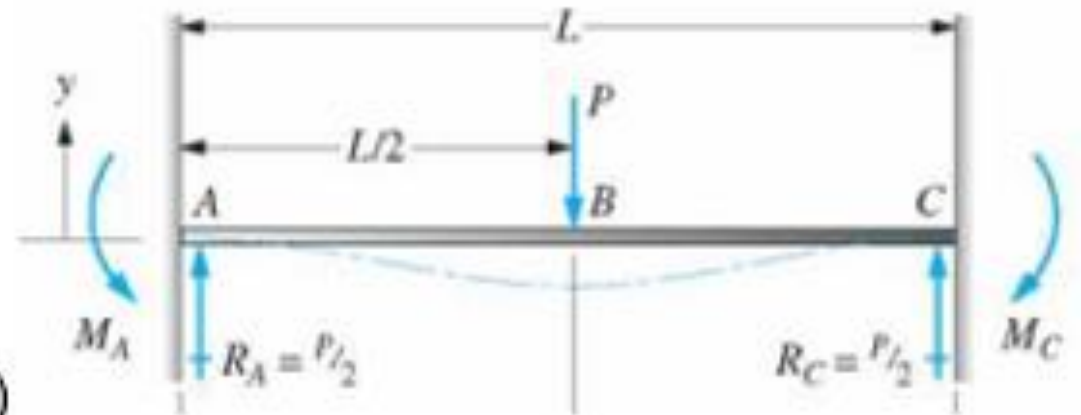


# Estructura Metálica

## PORTA BOQUILLAS

$$R_A = \frac{Pb^2}{L^3} (3a + b)$$

$$R_C = \frac{Pa^2}{L^3} (3b + a)$$





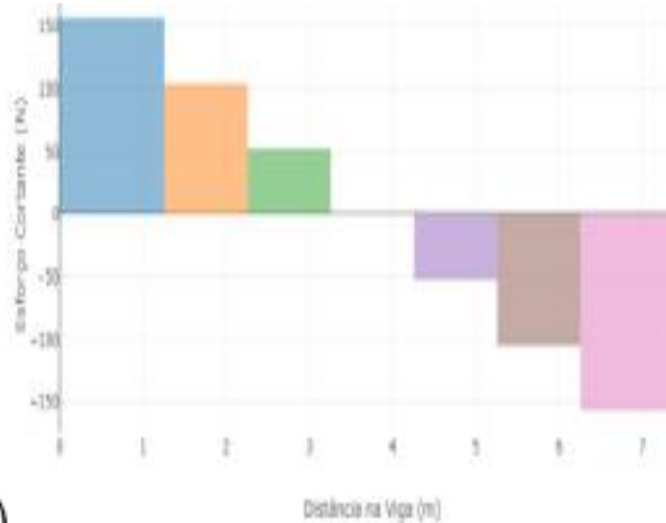
# PORTA BOQUILLAS

Descripción	Valor
Diámetro embolo $\phi$	$\phi 20$
Máxima presión de trabajo $Pr$	1Mpa

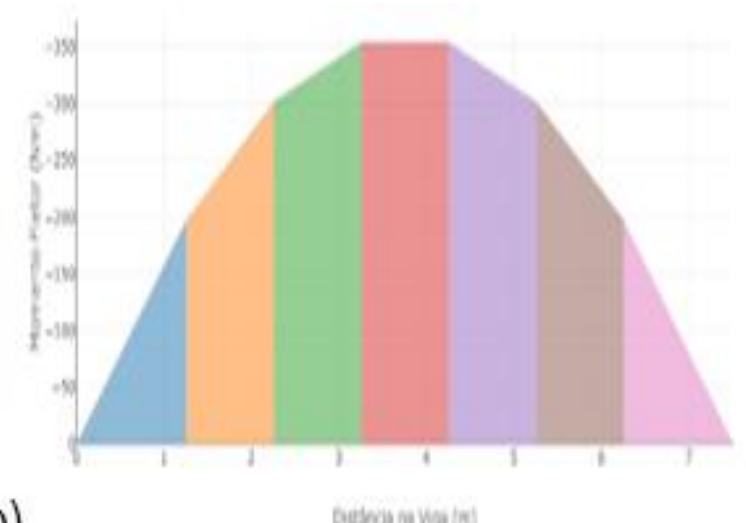
$$P_T = \frac{\pi * \phi^2}{4} * PrMPa(12)$$

$$P_T = \frac{\pi * 20^2}{4} * 1MPa$$

$$P_T = 314.16N$$



a)



b)

$$R_{AT} = 3.91 + 11.33 + 20.98 + 31.38 + 41.03 + 48.45 = 157.08N = R_{CT}$$

$$M = 35452.956Nmm$$

$$S = \frac{M}{\sigma}$$

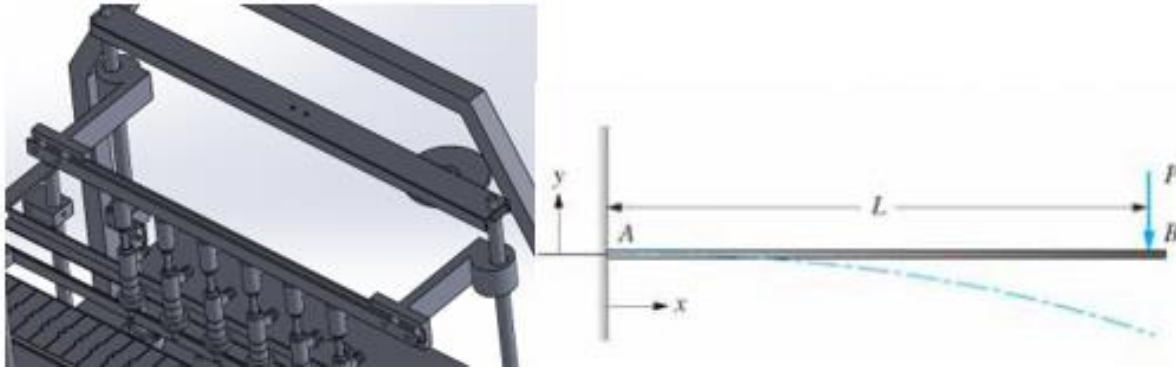
$$\sigma = 60.5MPa$$

$$\sigma_d = \frac{S_u}{2N}$$

$$N = 4.55$$



# SUJETA PORTA BOQUILLAS



$$N = 4$$

$$\sigma_d = \frac{S_y}{8}$$

$$\sigma_d = 68.75 \text{ MPa}$$

$$P = 314.16 \text{ N}$$

$$M = 35452.956 \text{ Nmm}$$

$$S = \frac{M}{\sigma_d}$$

$$S = 523.29 \text{ mm}^3$$

$$S = \frac{Ah^2}{24}$$

$$A = 46.13 \text{ mm}$$

$$y_{max} = -\frac{PL^3}{3EI}$$

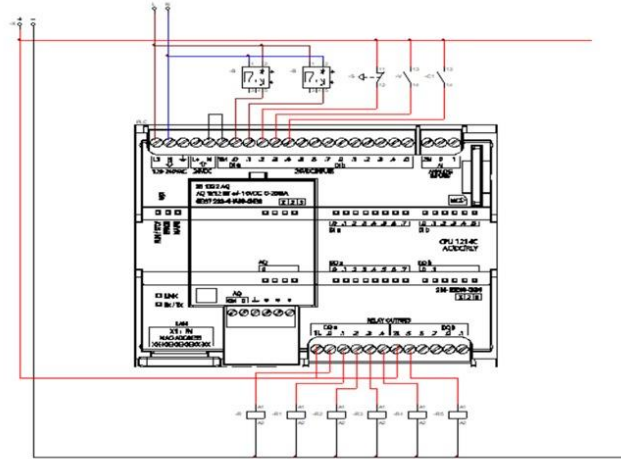
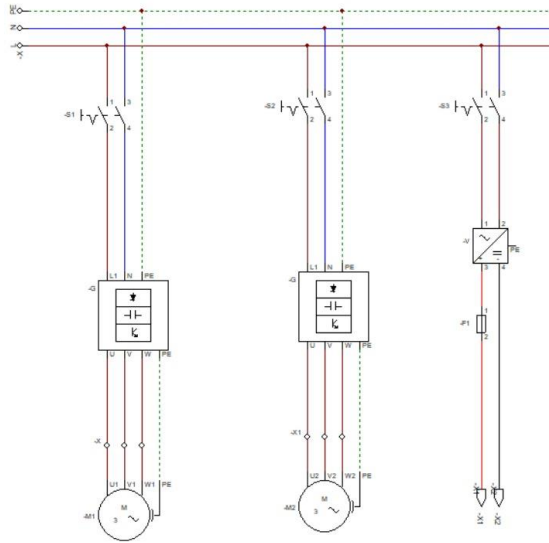
$$I = 6939.12 \text{ mm}^4$$

$$I = \frac{Ah^3}{36}$$

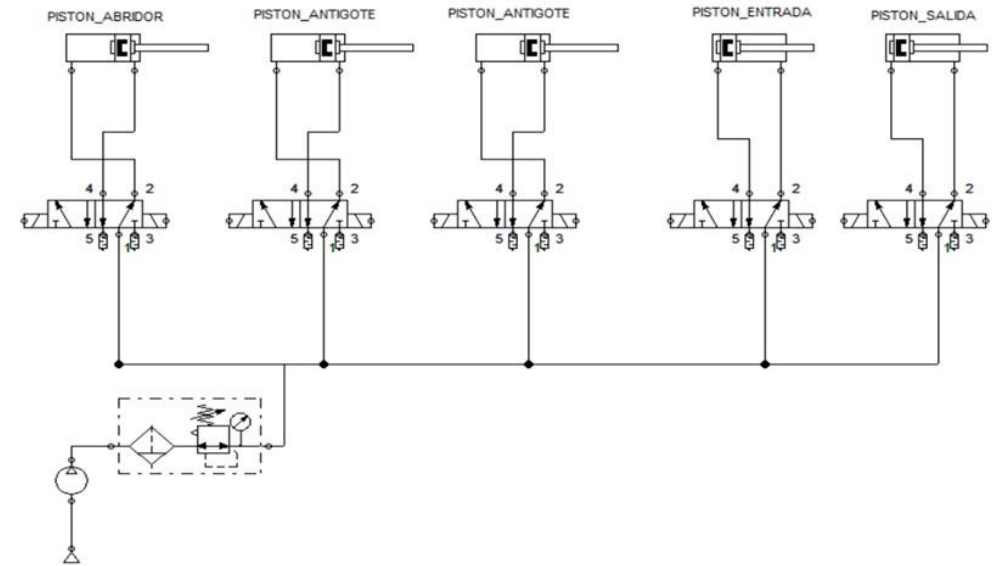
$$A \approx 55.61 \text{ mm}$$




# DISEÑO ELÉCTRICO




# DISEÑO NEUMÁTICO




# DISEÑO HMI



**MEGA CONTROL**



Universidad de las Fuerzas Armadas-E.S.P.E.  
Dosificadora por desbordamiento variable



INFORMACIÓN MENÚ




**MEGA CONTROL**



**Descripción del proyecto**  
Trabajo de titulación realizado por los alumnos de la Universidad de las Fuerzas Armadas E.S.P.E. Sede Latacunga de la Carrera de Ingeniería Mecatrónica, con la dirección de la Ingenera Patricia Constante

**Autores**  
Erick Guanín *egguanin@espe.edu.ec* 0979347547  
Miguel Torres *matorres18@espe.edu.ec* 0958916174

**Tutor**  
Ing. Patricia Constant MSC *pnconstante@espe.edu.ec*



**MEGA CONTROL**



**MENÚ**

MANUAL AUTOMÁTICO TIEMPOS

BOTELLAS



**MEGA CONTROL**



Pistón apertura de boquillas OFF


Pistón salida de banda OFF

Pistón antigotéo OFF


Bomba OFF

Pistón entrada de banda OFF

Banda OFF



**MEGA CONTROL**



SENSOR DE ENTRADA DOSICADOR SENSOR DE SALIDA

MARCHA PARO BOTELLAS 0



**MEGA CONTROL**




TIEMPO DE DOSIFICADO 0 ms

TIEMPO DE SALIDA DE BOTELLAS 0 ms




**MEGA CONTROL**



300 cc OFF

500 cc OFF

1000 cc OFF



**USER ACCESS LOGIN**

USER NAME  Login

ACCESS PASSWORD  Logout

# SELECCIÓN DE COMPONENTES

Tabla 5

Criterios de selección y alternativas para la selección del PLC

Criterio de selección	PLC Simatic S7-1200 6ES7212-1BE40-0XB0			Módulo lógico programable LOGO! 8 6D1052-1FB08-0BA0			Controlador micro programable ivc1		
	Peso	Cal.	Evaluación Ponderada	Cal.	Evaluación ponderada	Cal.	Evaluación ponderada	Cal.	Evaluación ponderada
Dimensiones	0.15	9	1.35	10	1.5	9	1.35		
Com. Ethernet	0.1	10	1	10	1	0	0		
Bajo costo	0.20	7	1.4	8	1.6	10	2.0		
Lenguaje KOP	0.15	10	1.5	9	1.35	10	1.5		
S. digitales > 5	0.2	10	2	9	1.8	10	2		
E. digitales > 6	0.2	9	1.8	10	2.0	10	2.0		
<b>Total</b>	<b>1</b>		<b>9.05</b>		<b>9.25</b>		<b>8.85</b>		
¿Selección?			no		si		no		

Nota. En la Tabla 5 se utilizan las abreviaturas: Cal = Calificación; Com. Ethernet =

Comunicación Ethernet; S. Digitales = Salidas Digitales; E. Digitales = Entradas Digitales.



Tabla 7

Criterios de selección y alternativas para la selección del HMI para el sistema eléctrico y electrónico

Criterio de selección	SIMATIC HMI KTP400 PN Basic			Kinco HMI Green Series GL070E			Pantalla táctil serie VK VT070-N0CX-N		
	Peso	Cal.	Evaluación Ponderada	Cal.	Evaluación Ponderada	Cal.	Evaluación ponderada	Cal.	Evaluación ponderada
Dimensiones	0.2	10	2	9	1.8	9	1.8		
Com. Ethernet	0.40	10	4	10	4	0	0		
Bajo costo	0.25	5	1.25	10	2.5	8	2		
Peso ligero	0.15	8	1.2	9	1.35	10	1.5		
<b>Total</b>	<b>1</b>		<b>8.45</b>		<b>9.65</b>		<b>5.3</b>		
¿Selección?			no		si		No		

Nota. En la Tabla 7 se utilizan las abreviaturas: Cal. = calificación; Com. Ethernet =

comunicación ethernet.



Tabla 9

Criterios de selección y alternativas para la selección del cilindro neumático para el sistema neumático

Criterio de selección	Cilindro normalizado DSBC, ISO 15552			Cilindro redondo CRHD, acero inoxidable			Cilindro normalizado DSBF-C		
	Peso	Cal.	Evaluación Ponderada	Cal.	Evaluación ponderada	Cal.	Evaluación ponderada	Cal.	Evaluación ponderada
D. del émbolo	0.15	10	1.5	10	1.5	10	1.5		
Presión ejercida	0.30	10	3	9	2.7	9	2.7		
Dimensiones	0.10	10	1	10	1	10	1		
Bajo costo	0.15	9	1.35	8	1.2	8	1.2		
Carrera del pistón	0.20	10	2.0	10	2.0	10	2.0		
Conexión G3/8	0.10	10	1	10	1	10	1		
<b>Total</b>	<b>1</b>		<b>9.85</b>		<b>9.4</b>		<b>9.4</b>		
¿Selección?			Si		no		no		

Nota. En la Tabla 9 se utilizan las abreviaturas: Cal. = calificación; D. del émbolo =

diámetro del émbolo.



Tabla 11

Selección de la electroválvula

Criterio de selección	Electroválvula 4GA210R/4GA310R			Electroválvula VSVA, ISO 15407-1			Electroválvula Compact Performance CPE		
	Peso	Cal.	Evaluación Ponderada	Cal.	Evaluación ponderada	Cal.	Evaluación ponderada	Cal.	Evaluación ponderada
C. Eléctrica	0.1	10	1	10	1	10	1		
Tiempo de C.	0.20	9	1.8	8	1.6	10	2.0		
Dimensiones	0.20	10	2.0	10	2.0	10	1.8		
Presión	0.15	9	1.35	9	1.35	8	1.2		
Bajo costo	0.25	10	2.5	9	2.25	8	2		
Fácil uso	0.1	10	1	9	0.9	9	0.9		
<b>Total</b>	<b>1</b>		<b>9.65</b>		<b>9.1</b>		<b>8.9</b>		
¿Selección?			Si		No		No		

Nota. En la Tabla 11 se utilizan las abreviaturas: Cal. = calificación; C. eléctrica =

conexión eléctrica; Tiempo de C. = tiempo de conmutación.



# SELECCIÓN DE COMPONENTES

Tabla 13

Selección del Variador de Frecuencia

Criterio de selección	Variador de Frecuencia CFW300			Variador de frecuencia SV004IG5A-2		Variador de frecuencia CFW500	
	Peso	Cal.	Evaluación Ponderada	Cal.	Evaluación ponderada	Cal.	Evaluación ponderada
E. Bifásica	0.30	10	3	10	3	10	3
S. Trifásica	0.20	10	2	10	2	10	2
D. Pequeñas	0.15	10	1.5	9	1.35	5	0.75
Corriente B.	0.15	9	1.35	10	1.5	8	1.2
Fácil uso	0.20	9	1.8	9	1.8	9	1.8
<b>Total</b>	<b>1</b>		<b>9.65</b>		<b>9.65</b>		<b>8.75</b>
¿Selección?			si		Si		No

Nota. En la Tabla 13 se utilizan las abreviaturas: Cal.= calificación; E. bifásica = entrada



a)



b)

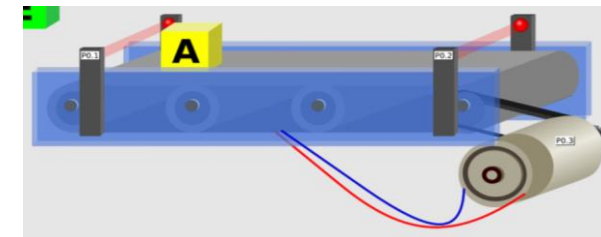
Tabla 15

Selección del concepto para los elementos principales de cada subsistema

Criterio de Selección	Conceptos						
	Configuración de Transporte		Elemento de Transmisión			Fuerza de Transmisión	
	Mesa Giratoria	Banda Trans	Rodillo	Cinta	Cadena	Motor Mono.	Motor Tri.
In. de Botella	+	+	+	+	+		
Producción	-	+	0	0	0	0	0
Costo bajo	+	0	+	-	0	0	-
Man. sencillo	0	0	0	+	+	+	0
Salida de botella	+	+	+	+	+		
Vel. de Llenado	-	+					
Vel. de Trans.			0	0	0	0	+
Carga Máxima			-	0	+	0	+
Potencia						-	+
Consumo Eléc.						+	0
Suma +	3	4	3	3	4	2	3
Suma 0	1	2	3	3	3	4	3
Suma -	2	0	1	1	0	1	1
Evaluación neta	1	4	2	2	4	1	2
Lugar 1	1	2	3	3	3	4	3
¿Continuar?	No	Si	No	No	Si	No	Si



c)



# CONSTRUCCIÓN

**ESTRUCTURA BASE**



**MANIFOLD**



**BANDA**



**BOQUILLA DOSIFICADOR**



**SOPORTE**



# CONSTRUCCIÓN NEUMÁTICO





# PRUEBAS Y RESULTADOS

## 350 cc

Prueba por lote (6 botellas)	Tiempo (s)	Frecuencia bomba (Hz)	Observaciones
1	6:39	30	El flujo de botella es muy lento
2	4:45	35	Mejora el flujo, sigue lento
3	2:34	40	Llenado eficiente, tiempo corto
4	2:05	45	Desborde excesivo, tiempo corto

## 600 cc

Prueba por lote (6 botellas)	Tiempo (s)	Frecuencia bomba (Hz)	Observaciones
1	8:30	30	El flujo de botella es muy lento
2	7:30	35	Mejora el flujo, sigue lento
3	4:50	40	Flujo óptimo, reduce tiempo
4	3:03	45	Rebose, reducción de gota

## 1000 cc

Prueba por lote (6 botellas)	Tiempo (s)	Frecuencia bomba (Hz)	Observaciones
1	15:20	30	El flujo de botella es muy lento
2	10:45	35	Mejora el flujo, sigue lento
3	8:50	40	Mejora flujo, disminuye tiempo
4	7:17	45	Flujo rápido, brinca gotas a levantar



# PRUEBAS Y RESULTADOS

**350 cc**

**600 cc**

Frecuencia (Hz)	Tiempo (s)	Cumplimiento	Observaciones
10	6:27	Ok	Llegada completa de botella
15	4:01	Ok	Retardo de botellas
20	3:35	Ok	Mucho tiempo
24	2:56	Ok	Tiempo optimo

Frecuencia (Hz)	Tiempo (s)	Cumplimiento	Observaciones
15	6:30	Ok	Dos botellas se retrasan
20	5:05	Ok	Reducción de tiempo
25	3:34	Ok	Óptimo tiempo
30	2:50	X	Caída primera botella

**1000 cc**

Frecuencia (Hz)	Tiempo (s)	Cumplimiento	Observaciones
20	4:45	Ok	Llegada correcta y completa
25	3:57	Ok	Tiempo adecuado
30	3:00	X	Velocidad adecuada, se atascan
35	2:20	X	Atasco de botellas



# PRUEBAS Y RESULTADOS

100 cc

Equivalencias en gramos para cada botella sometidas a las pruebas de peso

Centímetros cúbicos	Gramos
100 cc	89.1 gr
350 cc	311.85 gr
600 cc	534.6 gr
1000 cc	891 gr
1100 cc	980 gr

Prueba	B 1	B 2	B 3	B 4	B 5	B 6	Valor real	Error Máximo	Aceptable
1	88	87	86	86	88	87	89.1	$89.1 - 86 = 3.1$	Ok
2	85	88	88	92	87	90	89.1	$89.1 - 85 = 4.1$	Ok
3	89	89	90	92	88	91	89.1	$89.1 - 92 = -2.3$	Ok
4	90	91	93	93	91	90	89.1	$89.1 - 93 = 3.1$	Ok
5	89	89	88	89	88	90	89.1	$89.1 - 90 = -0.9$	Ok
6	91	89	89	91	90	88	89.1	$89.1 - 91 = -1.9$	Ok
7	89	90	87	91	91	89	89.1	$89.1 - 87 = 2.1$	Ok
8	89	91	88	92	87	90	89.1	$89.1 - 92 = -2.9$	Ok
9	92	90	90	90	85	91	89.1	$89.1 - 85 = 4.1$	Ok
10	88	91	87	88	91	89	89.1	$89.1 - 87 = 2.1$	Ok



# PRUEBAS Y RESULTADOS

## 350 cc

## 600 cc

P.	B 1	B 2	B 3	B 4	B 5	B 6	T.(s)	Valor real	Error máximo	Aceptable
1	310	309	309	312	309	305	2:34	311.85	$311.85 - 305 = 6.89$	Ok
2	310	310	309	312	310	307	2:34	311.85	$311.85 - 307 = 4.89$	Ok
3	309	310	310	311	311	306	2:34	311.85	$311.85 - 306 = 5.89$	Ok
4	310	310	308	310	309	305	2:34	311.85	$311.85 - 305 = 6.89$	Ok
5	310	309	310	311	310	306	2:34	311.85	$311.85 - 306 = 5.89$	Ok
6	310	309	309	311	310	306	2:34	311.85	$311.85 - 306 = 5.89$	Ok
7	310	310	309	311	310	305	2:34	311.85	$311.85 - 305 = 6.89$	Ok
8	310	309	310	311	309	305	2:34	311.85	$311.85 - 306 = 5.89$	Ok
9	309	309	310	311	309	306	2:34	311.85	$311.85 - 306 = 5.89$	Ok
10	309	310	310	310	309	305	2:34	311.85	$311.85 - 305 = 6.89$	Ok

P.	B 1	B 2	B 3	B 4	B 5	B 6	T.(s)	Valor real	Error máximo	Aceptable
1	521	521	523	521	521	520	4:50	534.6	$534.6 - 520 = 14.6$	Ok
2	521	521	522	521	521	521	4:50	534.6	$534.6 - 521 = 13.6$	Ok
3	521	521	522	521	519	520	4:50	534.6	$534.6 - 519 = 15.6$	X
4	521	520	523	521	521	521	4:50	534.6	$534.6 - 520 = 14.6$	Ok
5	520	521	522	521	521	521	4:50	534.6	$534.6 - 520 = 14.6$	Ok
6	521	521	522	521	521	521	4:50	534.6	$534.6 - 521 = 13.6$	Ok
7	521	520	522	520	520	521	4:50	534.6	$534.6 - 520 = 14.6$	Ok
8	520	521	523	520	519	521	4:50	534.6	$534.6 - 519 = 15.6$	X
9	521	520	522	520	521	521	4:50	534.6	$534.6 - 520 = 14.6$	Ok
10	520	521	522	520	521	520	4:50	534.6	$534.6 - 520 = 14.6$	Ok



# PRUEBAS Y RESULTADOS

## 1000 cc

## 1100 cc

P.	B 1	B 2	B 3	B 4	B 5	B 6	T.(s)	Valor real	Error Máximo	Aceptable
1	883	900	887	878	876	882	8:50	891	$891 - 876 = 15$	Ok
2	877	886	882	880	876	881	8:50	891	$891 - 876 = 15$	Ok
3	878	901	883	880	877	882	8:50	891	$891 - 877 = 14$	Ok
4	878	885	882	878	879	883	8:50	891	$891 - 878 = 13$	Ok
5	878	885	884	879	878	882	8:50	891	$891 - 878 = 13$	Ok
6	877	884	882	877	879	883	8:50	891	$891 - 877 = 14$	Ok
7	876	885	883	878	875	882	8:50	891	$891 - 875 = 16$	X
8	877	900	887	878	877	881	8:50	891	$891 - 877 = 14$	Ok
9	877	901	884	877	878	883	8:50	891	$891 - 877 = 14$	Ok
10	878	886	887	880	875	883	8:50	891	$891 - 875 = 16$	X

P.	B 1	B 2	B 3	B 4	B 5	B 6	T.(s)	Valor real	Error Máximo	Aceptable
1	993	992	994	994	991	995	8:50	980.1	$980.1 - 995 = -14.9$	Ok
2	992	993	994	995	996	995	8:50	980.1	$980.1 - 996 = -15.9$	X
3	992	992	995	995	990	994	8:50	980.1	$980.1 - 995 = -14.9$	Ok
4	993	993	993	995	991	995	8:50	980.1	$980.1 - 995 = -14.9$	Ok
5	991	992	994	995	990	995	8:50	980.1	$980.1 - 995 = -14.9$	Ok
6	992	992	994	995	989	995	8:50	980.1	$980.1 - 995 = -14.9$	Ok
7	993	993	995	995	996	994	8:50	980.1	$980.1 - 996 = -15.9$	X
8	992	992	993	994	991	993	8:50	980.1	$980.1 - 994 = -13.9$	Ok
9	993	994	995	994	992	995	8:50	980.1	$980.1 - 995 = -14.9$	Ok
10	990	991	994	995	991	995	8:50	980.1	$980.1 - 995 = -14.9$	Ok



# PRUEBAS Y RESULTADOS

## 350 cc

Prueba	1	2	3	4	5
Entrada	X	X			X
P. entrada	X		X	X	X
B. antigoteo	X	X	X	X	X
Llenado	X	X	X	X	X
P. salida	X	X	X	X	X
Salida	X	X	X	X	
Observación	Flujo continuo y correcto	Golpea la botella al pistón de entrada	Retraso en el ingreso	Al ingresar se retrasa uno botella	Se choca con los rieles

## 600 cc

Prueba	1	2	3	4	5
Entrada	X	X	X	X	X
P. entrada		X	X		X
B. antigoteo	X	X	X		X
Llenado	X	X	X	X	X
P. salida	X	X	X	X	X
Salida	X	X	X	X	X
Observación	No contó primera botella	Ciclo completo	Ciclo completo, con desplazo de botella	Pequeño desfase de tiempo. Unas gotas caen	Ciclo completo

## 1000 cc

Prueba	1	2	3	4	5
Entrada	X	X	X	X	X
P. entrada	X	X	X	X	
B. antigoteo	X	X	X	X	X
Llenado	X	X	X	X	X
P. salida	X	X	X	X	X
Salida	X	X	X	X	X
Observación	Ciclo completo	Ciclo completo	Ciclo completo	Ciclo completo	Retraso de ultima botella



# ***HIPOTESÍS***

Diseñar y construir una máquina dosificadora por desbordamiento variable para el llenado de botellas de 100cc a 1000cc de aceite de palma en la empresa MEGACONTROL ubicada en la parroquia de Tumbaco.

## **Variables dependientes**

Llenado de botellas de 100cc a 1000cc

## **Variables independientes**

Máquina dosificadora por desbordamiento variable



## VALIDACIÓN POR LISTA DE COTEJO

Se lleva a cabo una lista de cotejo que permitirá abordar cada una de las variables independientes identificadas:

- Mejora de eficiencia
- Precisión del proceso de envasado
- Aumento de la productividad
- Reducción de costos de mano de obra





## MEJORA DE EFICIENCIA

	Prueba	Tiempo (s)
350 cc	1	48.22
	2	41.97
	3	39.55
	4	45:20
	5	38:50
	6	44:60
	$\bar{x}$	43:01
600 cc	1	58.22
	2	60:15
	3	46:20
	4	50:20
	5	48:20
	6	55:30
	$\bar{x}$	53:04
1000 cc	1	125:02
	2	115:12
	3	130:50
	4	127:50
	5	124:45
	6	119:50
	$\bar{x}$	123:68

Prueba de llenado a mano

Tiempos de llenado con máquina vs sin máquina

Botellas	Tiempo con máquina (s)	Tiempo sin máquina (s)
350 cc	2.32	43.01
600 cc	4.50	53.04
1000 cc	8.50	123.68



## PRECISIÓN DEL PROCESO DE ENVASADO

$$s = \sqrt{\frac{\sum f(x_i - \bar{x})}{n - 1}}$$

Donde:

S = desviación estándar

$X_i$  = cada uno de los datos de botella obtenido

$\bar{x}$  = media aritmética

n = número de muestras

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}$$

Donde:

$\bar{x}$  = Media aritmética

$\sum x_i$  = sumatoria de todos los valores de peso en gramos

n = número de muestras

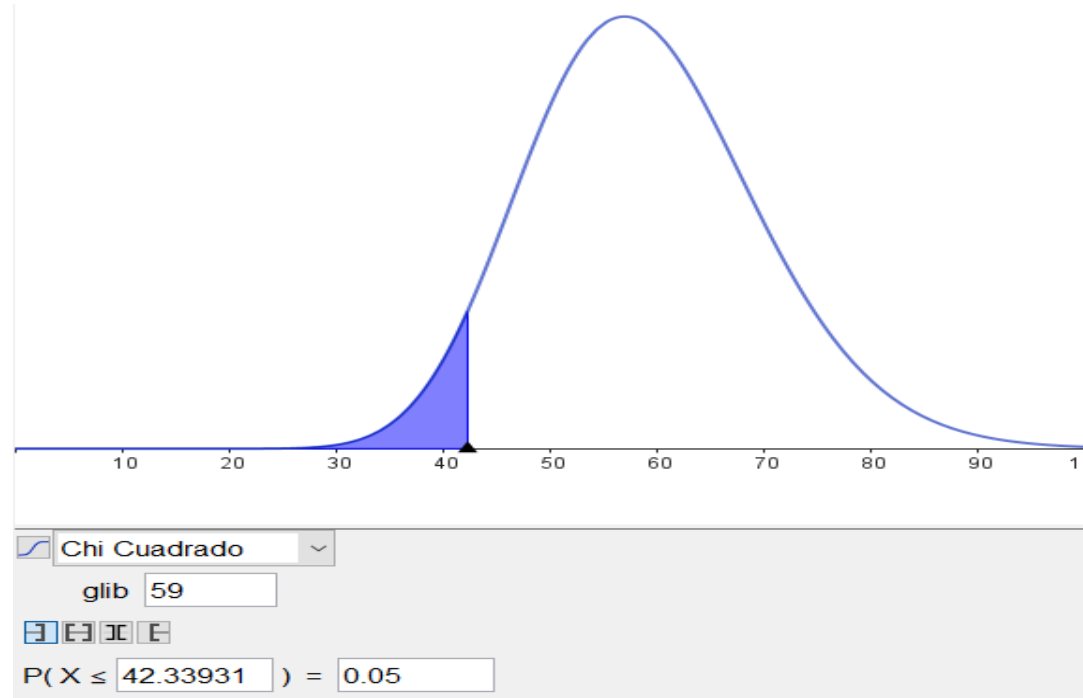
Volúmenes	Media aritmética $\bar{x}$	Desviación estándar (s)
100 cc	89.267	1.858
350 cc	309.133	1.789
600 cc	520.917	0.829
1000 cc	881.833	6.006
1100 cc	993.267	1.696



## PRECISIÓN DEL PROCESO DE ENVASADO

Volúmenes	Hipótesis nula	Hipótesis alternativa
100 cc	$\sigma > 4,5$	$\sigma < 4,5$
350 cc	$\sigma > 9$	$\sigma < 9$
600 cc	$\sigma > 15$	$\sigma < 15$
1000 cc	$\sigma > 15$	$\sigma < 15$
1100 cc	$\sigma > 15$	$\sigma < 15$

Volúmenes	Chi calculado
100 cc	10.058
350 cc	2.331
600 cc	0.180
1000 cc	9.459
1100 cc	0.754



Volúmenes	$x_{cal}^2 < x_{Fig}^2; x_{cal}^2 > x_{Fig}^2$	Hipótesis nula/alternativa
100 cc	$10.058 < 42.339$	Se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa
350 cc	$2.331 < 42.339$	Se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa
600 cc	$0.180 < 42.339$	Se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa
1000 cc	$9.459 < 42.339$	Se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa
1100 cc	$0.754 < 42.339$	Se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa



## AUMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD

La eficiencia y precisión de la máquina impactan positivamente en la productividad, ya que su desempeño supera al trabajo manual en términos de eficacia y exactitud en el envasado. Cuando la máquina opera con rapidez y precisión, se incrementa significativamente la productividad.

## REDUCCIÓN DE COSTOS DE MANO DE OBRA

Siendo que la máquina es precisa, eficiente y productiva, esta mejora el estilo de vida del operario siendo que evita que este entre en contacto con el producto directamente y evita colisiones o accidentes, de esta manera evitando gastos por parte de la empresa.



Una vez que se han confirmado las variables independientes, como la mejora de la eficiencia y la precisión del proceso de envasado, junto con el aumento de la productividad y la reducción de los costos de mano de obra, no hay razón para rechazar la hipótesis general propuesta: "Se plantea que diseñar y construir una máquina dosificadora por desbordamiento variable para el llenado de botellas de 100cc a 1000cc de aceite de palma en la empresa MEGACONTROL, ubicada en la parroquia de Tumbaco, mejorará la eficiencia y precisión del proceso de envasado, aumentando la productividad y reduciendo los costos de mano de obra".



## Conclusiones

- Se diseñó y construyó una máquina dosificadora por desbordamiento variable, cuyas dimensiones son de 1200 x 600 x 1800 mm. Esta máquina consta de un sistema de transporte y un sistema de dosificado, ambos compuestos por estructuras robustas, sistemas eléctricos, sistemas neumáticos y componentes de transición. Los volúmenes de dosificación pueden variar desde 350 cc hasta 1000 cc. Es importante destacar que, para fines de calibración y ajuste, se incluye un volumen de 100 cc, representado por una probeta, en la cual no se implementa la función automática de la máquina. La empresa MEGACONTROL brinda soluciones precisas y confiables para la dosificación en diversos volúmenes, asegurando un control total en cada proceso.
- Se llevó a cabo el diseño y la construcción de la estructura de la máquina dosificadora por desbordamiento variable utilizando el software Inventor Student. Durante este proceso, se logró una selección precisa de los materiales adecuados, los cuales cumplen con los estándares de grado alimenticio establecidos por la normativa NTE INEN-ISO 8442-2.



# CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Se desarrolló un programa Ladder utilizando el PLC Simatic S7-1200 6ES7212-1BE40-0XB0 para facilitar la comunicación entre el operador y la máquina. Este programa permite una interacción intuitiva a través de una interfaz gráfica utilizando la pantalla Kinco HMI Green Series GL070E. Mediante esta interfaz, es posible ajustar parámetros y seleccionar el volumen de trabajo deseado. Además, el programa permite la manipulación de tiempos de entrada, salida y dosificado, así como el control de los diferentes pistones y el accionamiento del motor de la banda transportadora y la bomba de producto. Esta integración de tecnologías garantiza un control preciso y eficiente de la máquina dosificadora por parte del operador.
- La construcción de la máquina se realizó empleando perfiles de tubo cuadrado de 1 ½ pulgadas, los cuales fueron seleccionados mediante cálculos precisos. Para unir estos perfiles, se utilizó el proceso de soldadura TIG, conocido por no generar escoria y por prevenir la oxidación. Se optó por el uso del material AISI 316 para la fabricación de la mayoría de los componentes de la máquina, debido a sus propiedades resistentes a la corrosión y su idoneidad para aplicaciones industriales. Esta elección asegura la durabilidad y la fiabilidad de la máquina en diversas condiciones de trabajo.



# CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Se llevaron a cabo pruebas con tres diferentes volúmenes en modo automático: 350 cc, 600 cc y 1000 cc, centrándonos en la precisión y eficiencia como puntos clave de análisis. Estas pruebas se realizaron para verificar el cumplimiento con la normativa. Es importante destacar que las pruebas realizadas en las probetas de 100 cc no se tuvieron en cuenta, dado que no se ejecutaron en modo automático. El objetivo principal fue asegurar que la máquina dosificadora cumple con los estándares de precisión y eficiencia establecidos por la normativa relevante, garantizando su funcionamiento óptimo en la dosificación de diferentes volúmenes.
- Debido a las diferentes pruebas de llenado se puede apreciar que 2 botellas presentan errores en cada tipo de volumen de estas, por lo que se llega a señalar que la boquilla por desbordamiento si bien no presenta un error constante en cada lote, ya que en 10 lotes de 6 botellas cada uno, solo llegó a presentar dos errores, es necesario una calibración más fina para esta boquilla.





## Recomendaciones

- Es recomendable que la guía de las boquillas de las botellas sea recta y firme para garantizar un rango de aceptación adecuado por parte de la máquina, especialmente considerando las variadas formas de las botellas. Esto ayuda a evitar atascos y posibles colisiones durante el proceso de dosificación. Mantener una guía recta y firme asegura un flujo suave y constante de las botellas a través de la máquina, lo que contribuye a una operación eficiente y sin problemas.
- Para cambiar y configurar la máquina para dosificar botellas de 350 cc, 600 cc o 1000 cc, es esencial que las guías, así como las alturas de la bandeja antigoteo y las boquillas de desbordamiento, estén calibradas correctamente. Se recomienda realizar varias pruebas en el modo manual, activando la banda transportadora, los pistones y la bomba de producto, para garantizar que no haya ninguna colisión cuando se cambie al modo automático. Esta verificación es crucial para evitar problemas durante la operación automática y asegurar un proceso de dosificación sin contratiempos.
- Es necesario colocar un tope en las guías paralelas cuando la máquina se le quite la fuente de aire comprimido, ya que la posición inicial del pistón dosificador es expandida al igual que los pistones antigoteo por lo cual sin el tope colisionarían y deformarían la bandeja antigoteo y en consecuencia sus correspondientes pistones.



¡Gracias!



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA