



# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS

INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CORTE DE CHAPA METÁLICA AUTOMÁTICO CON HMI, MEDIANTE EL ANÁLISIS DE LOS BUSES DE DATOS INDUSTRIALES, PARA LA PRODUCCIÓN EN SERIE DE LA EMPRESA INDUSTRIA METÁLICA COTOPAXI”**

**INGENIERÍA MECATRÓNICA**

Edwin Basantes

Ana Palomo

**Latacunga 2016**

# AGENDA

1. OBJETIVOS PLANTEADOS
2. HIPÓTESIS
3. ESTADO DEL ARTE
4. LA EMPRESA
5. DIAGRAMA DE PROCESO
6. DISEÑO POR CALIDAD
7. DISEÑO CONCEPTUAL
8. DISEÑO MECÁNICO
9. DISEÑO ELÉCTRICO
10. IMPLEMENTACIÓN MECÁNICA
11. IMPLEMENTACIÓN ELÉCTRICA Y DE CONTROL
12. PRUEBAS Y RESULTADOS
13. ANÁLISIS DE RENTABILIDAD
14. VALIDACIÓN DE LA HIPÓTESIS
15. CONCLUSIONES
16. RECOMENDACIONES



# OBJETIVO GENERAL

- Diseñar e implementar un sistema de corte de chapa metálica automático con HMI, mediante el análisis de los buses de datos industriales, para la producción en serie de la empresa Industria Metálica Cotopaxi



# OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Recopilar información acerca buses de datos industriales.
- Analizar los buses de datos industriales, y seleccionar el más adecuado para la implementación.
- Recopilar información acerca de los sistemas automáticos de corte.
- Diseñar el sistema mecánico y de control, y seleccionar los dispositivos a partir de sus características técnicas, aplicabilidad y disponibilidad en el mercado para su adquisición.
- Implementar tanto el sistema mecánico como el de control para que cumpla el proceso secuencial de movimientos que se requiere para realizar el corte.
- Realizar pruebas, analizar resultados y retroalimentarlos para obtener un producto de calidad.
- Redactar conclusiones y recomendaciones finales.



# HIPÓTESIS

¿La implementación de los buses de datos industriales en el sistema de corte de chapa metálica automático con HMI, permitirá la integración de varios procesos en línea en la empresa Industria Metálica Cotopaxi?



# ESTADO DEL ARTE

- “Diseño y construcción de una cortadora de flejes de acero de gano no orientado”. Escuela Politécnica Nacional. Quito 2011.
- “Diseño e implementación de un módulo didáctico para un proceso de corte transversal y transporte de papel controlado y supervisado desde un sistema SCADA diseñado en LABVIEW”. Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil. Guayaquil 2015.



# LA EMPRESA

- Misión: Industria Metálica Cotopaxi, es una empresa dedicada a la fabricación y comercialización de productos industriales a nivel nacional; a través de la utilización de maquinaria de punta, mano de obra calificada y la utilización de insumos de calidad. Aplicando una filosofía empresarial de mejoramiento continuo, sustentada en su liderazgo, innovación y conducta ética.
- Visión: Ser la empresa líder en la fabricación y comercialización de productos industriales a nivel nacional, impulsando el desarrollo regional, y mundial a través de nuestros productos e innovaciones tecnológicas.



# COMPONENTES DEL SISTEMA DE CORTE EXISTENTES EN LA EMPRESA

Cizalla Guillotina



Desbobinadora

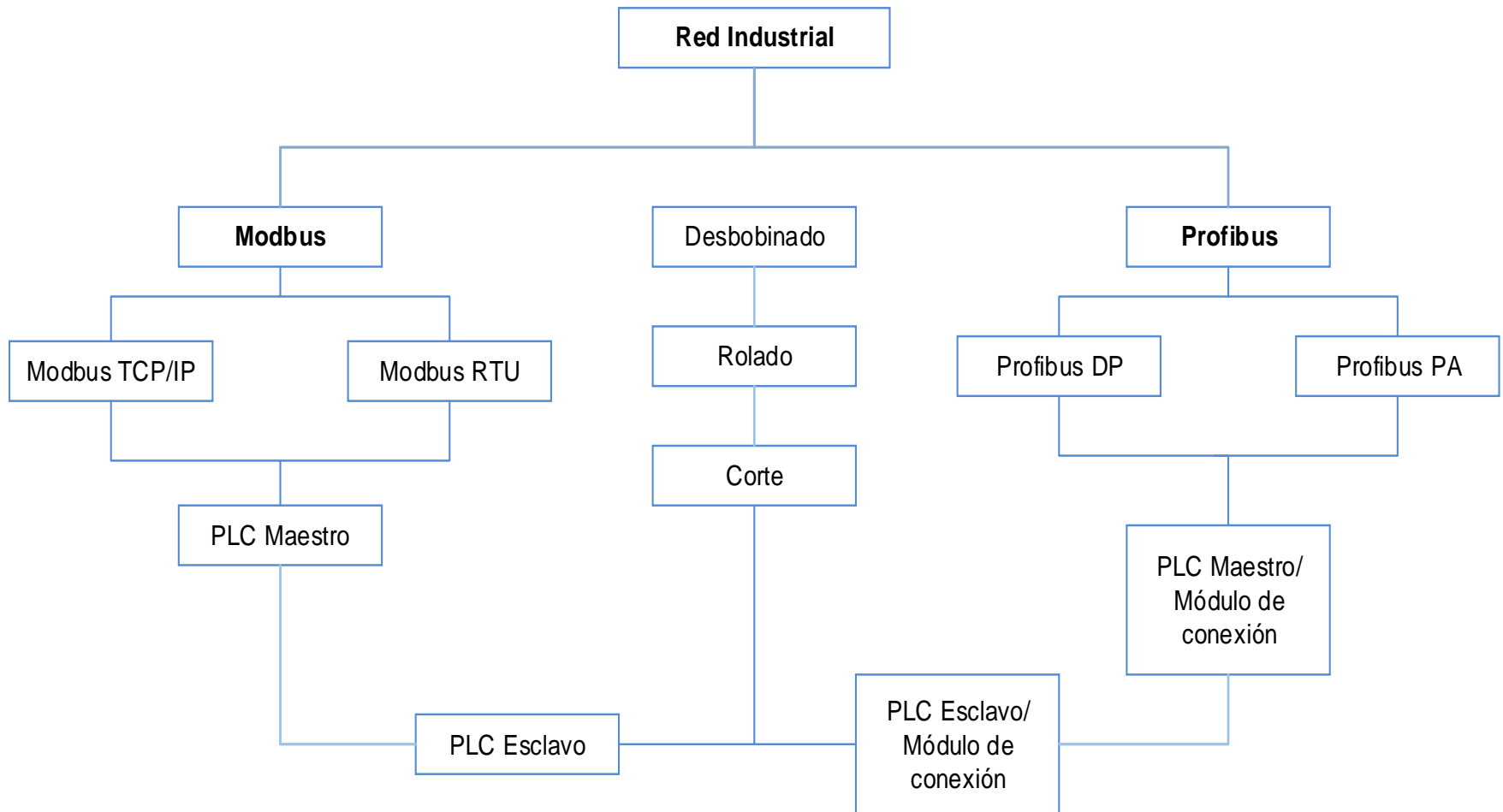


Roladora

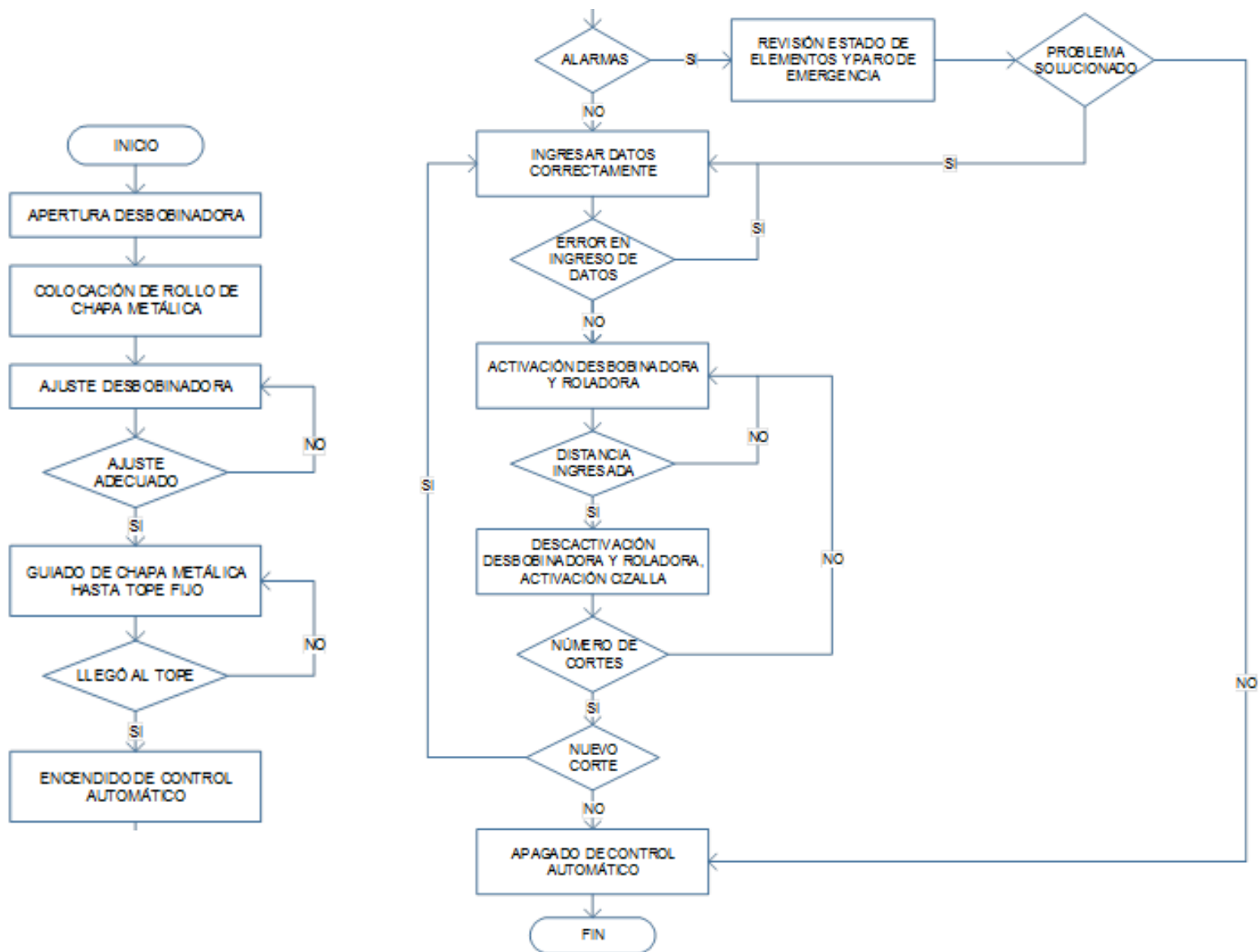




# DIAGRAMA DE PROCESO DEL BUS DE DATOS INDUSTRIAL



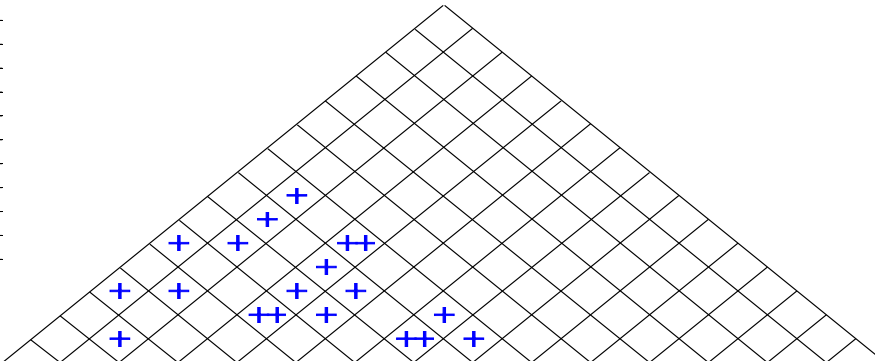
# DIAGRAMA DE PROCESO



# DISEÑO POR CALIDAD (QFD)

Título: \_\_\_\_\_  
 Autor: \_\_\_\_\_  
 Fecha: \_\_\_\_\_  
 Notas: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

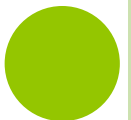
Legenda		
⊕	Relación Fuerte	9
○	Relación Moderada	3
△	Relación Débil	1
⊕+	Correlación positiva Fuerte	
+	Correlación Positiva	
-	Correlación Negativa	
▽	Correlación negativa Fuerte	
▲	Objetivo para minimizar	
▲	Objetivo para maximizar	
X	Objetivo para alcanzar meta	



Fila N	Column #				Características de la Calidad (a.k.a. "Requerimientos Funcionales" o "Comos")	Dirección de Mejoramiento: Minimizar (▽), Maximizar (▲), u Objetivo (X)																	Analisis Competitivo (0=Peor, 5=Mejor)					
	Valor Máximo de la Relación en la Fila	Peso Relativo	Peso / Importancia	Calidad Exijida (a.k.a. "Requerimientos del Cliente " o "Qués")		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	MÉTODO CONVENCIONAL	DISEÑO PROPIO						
1	9	10,3	3,0	FÁCIL OPERACIÓN	⊕			▲		⊕		⊕								1	4							
2	9	6,9	2,0	FÁCIL MANTENIMIENTO	▲				⊕											3	3							
3	9	6,9	2,0	POCOS OPERADORES	⊕					⊕										3	2							
4	9	13,8	4,0	RÁPIDO		⊕		⊕		▲	▲	⊕						▲		1	5							
5	9	10,3	3,0	PRECISIÓN		⊕	▲	⊕		⊕	⊕	⊕	⊕				⊕			2	5							
6	9	13,8	4,0	AUTOMATIZADO	⊕	⊕	▲	⊕		⊕	⊕	⊕	⊕							3	5							
7	9	10,3	3,0	CONFIABILIDAD	⊕		⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕							1	5							
8	9	10,3	3,0	EFICIENTE		⊕	▲	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕							1	4							
9	3	10,3	3,0	SEGURIDAD	⊕	⊕	⊕											▲		1	4							
10	9	6,9	2,0	INTEGRAR PROCESOS	⊕			⊕	⊕									▲		2	5							
Meta (Target) o Valor Límite					ALTO	GUIAS Y RODILLOS	ACERO	MODBUS	LINEAL	ALTO	CIZALLA	DESBOBINADOR DE CHAPA METÁLICA	ALTO															
Dificultad (0=Fácil de lograr, 10=Extremadamente Difícil)					4	5	0	3	3	7	0	0	6															
Valor Máximo de la relación en la Columna.					9	9	9	9	9	9	9	9	9															
Peso / Importancia					369,0	237,9	144,8	537,9	186,2	572,4	355,2	475,9	427,6															
Peso Relativo					11,2	7,2	4,4	16,3	5,6	17,3	10,7	14,4	12,9															



# **DISEÑO CONCEPTUAL**

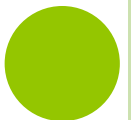


# MATRIZ MORFOLÓGICA

Parte	Selección	Ventaja	Desventaja
Red Industrial	Profibus DP	Conexiones con múltiples maestros, transmisión rápida de datos, independencia de proveedor, menor complejidad de programación, distancia máxima de 100 Km.	Capacidad de 32 nodos sin el uso de repetidores, 127 segmentos, alto costo de implementación.
Estructura	Acero ASTM A500	Mayor resistencia a la tracción, disponibilidad en el mercado, bajo costo, disponible en perfiles redondo cuadrado y rectangular.	Propenso a la oxidación, acero estructural
Rodillo de arrastre	Acero AISI 1018	Buena soldabilidad, ligeramente mejor maquinabilidad, alta tenacidad Menor costo que el acero AISI 1020.	Baja resistencia mecánica, propenso a la oxidación.
Movimiento de rodillos	Motor AC + variador de frecuencia	Fácil mantenimiento, alta revolución, máxima potencia, fácil control de velocidad, alto par de torsión, bajo costo.	Tendencia al recalentamiento, produce interferencias electromagnéticas.
Sensor de distancia	Encoder absoluto	Marco de referencia propio, se define un punto de inicio, reconoce su posición actual, salida digital, inmune a interferencias.	Alto costo, una sola codificación.
Controlador	PLC	Fácil instalación, bajo costo, compacto, flexibilidad, fácil programación, alta velocidad de operación.	Mano de obra especializada, centraliza el proceso, condiciones ambientales apropiadas.
Medio de interfaz	TouchPanel	Fácil programación, disminución de periféricos de entrada, amigable con el usuario.	Frágil, mano de obra especializada, alto costo.



# DISEÑO MECÁNICO



# SISTEMA DE ARRASTRE EJE DE TRANSMISIÓN

- Mediante el criterio de ED-Godman

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

- Datos

$$M_a = 59.58 Nm$$

$$T_m = 71.14 Nm$$

$$K_f = 1.7$$

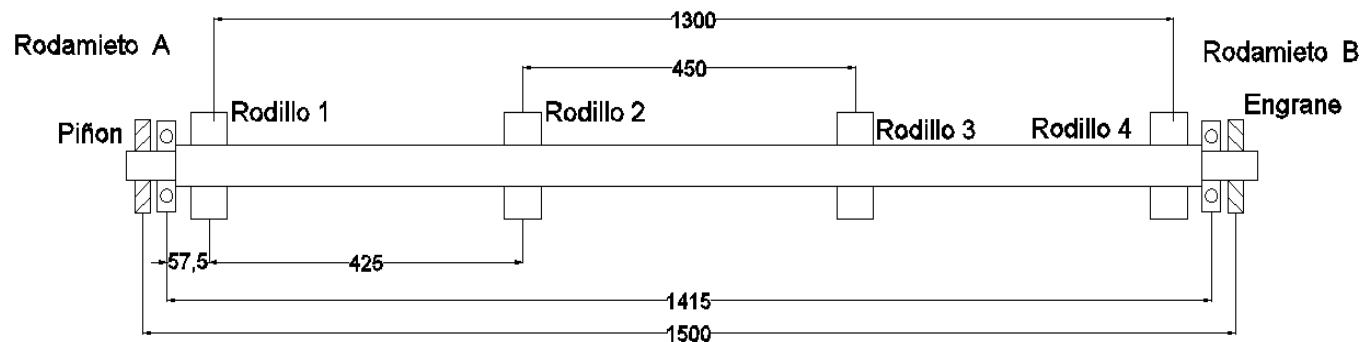
$$K_{fs} = 1.5$$

$$S_e' = 220 MPa$$

$$S_e = 161.17 MPa$$

- Diámetro calculado

$$d = 25.75 mm$$



# EJE SUPRESOR

- Datos

$$M_a = 58.88 \text{ Nm}$$

$$K_f = 1.7$$

$$Se' = 220 \text{ MPa}$$

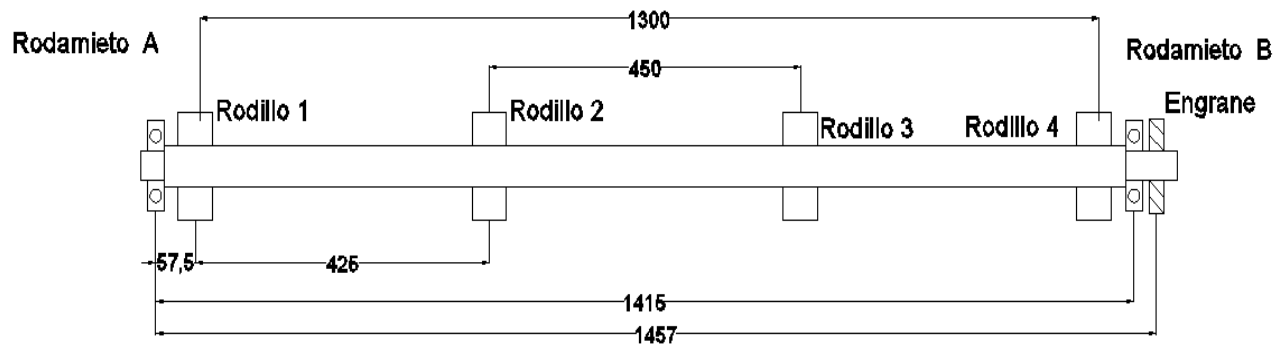
$$T_m = 71.14 \text{ Nm}$$

$$K_{fs} = 1.5$$

$$Se = 161.17 \text{ MPa}$$

- Diámetro calculado

$$d = 25.68 \text{ mm}$$





# SELECCIÓN DE RODAMIENTO

$$F_e = XF_r + YF_a$$

Datos

$$F_a \approx 0$$

$$F_r = 169.87 \text{ N}$$

$$X = 1$$

$$Y = 0$$

$$F_e = 169.87 \text{ N}$$

$$C = F_e \sqrt[p]{\frac{60 * n * L_D}{10^6}}$$

$$p = 3$$

$$L_D = 16000 \text{ horas}$$

$$C = 1.66 \text{ kN}$$

## Result

Deep groove ball bearings, Single row

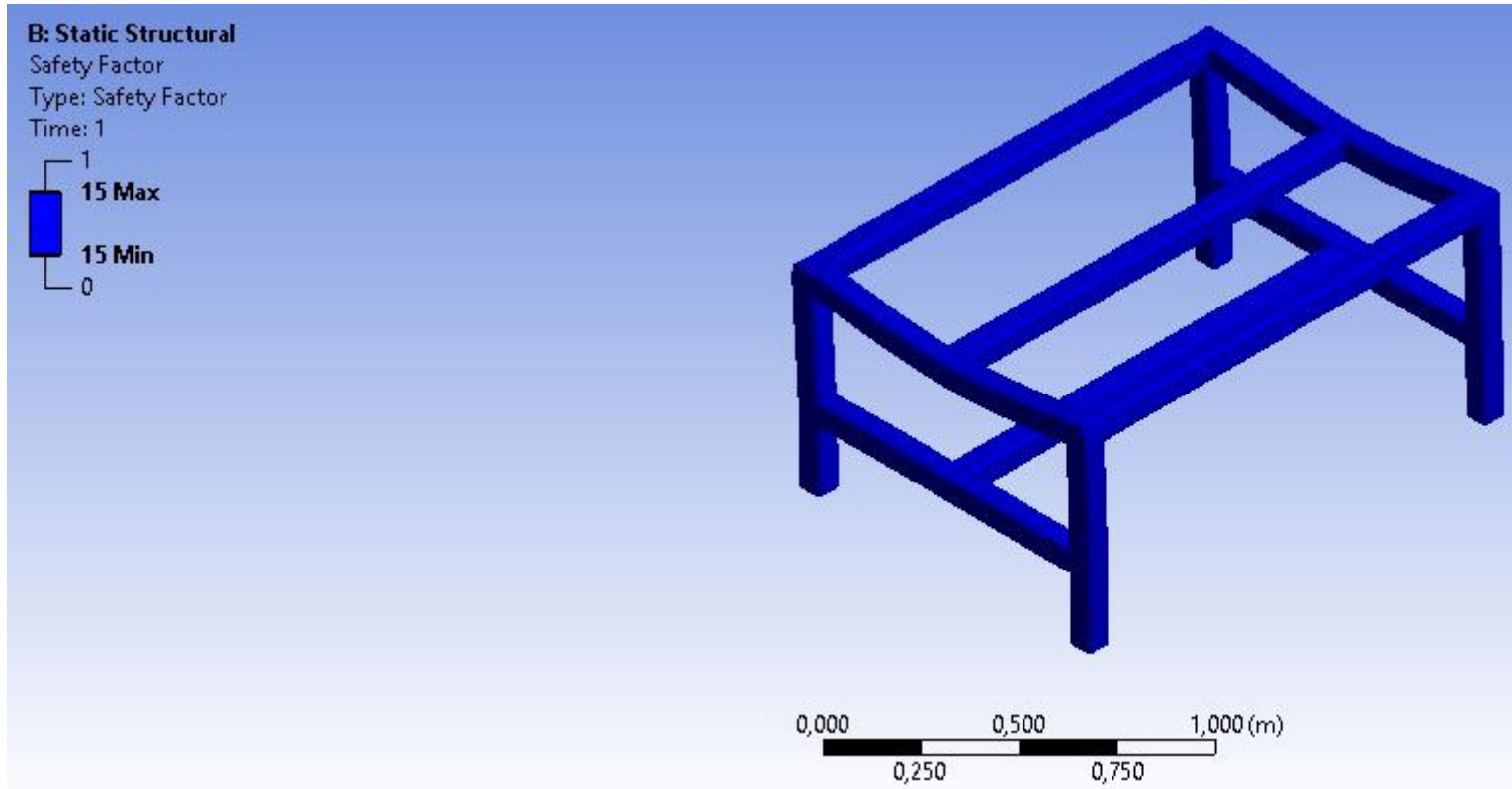
Designation	d mm	D mm	B mm	C kN	C <sub>0</sub> kN	L <sub>10m</sub> 10 <sup>6</sup> rev	L <sub>10mh</sub> hours	t <sub>f</sub> hours	Notes
6207 *	35.0	72.0	17.0	27.0	15.3	113000	3760000	-	Loads 1)

\*SKF Explorer bearing

1)  $\kappa=4$  gives full surface separation, hence the SKF rating life has no additional lubrication benefit for  $\kappa>4$ . Operating at  $\kappa>4$  is possible but depending on the speed and lubricant quantity, may lead to higher friction and temperature.



# ANÁLISIS ESTÁTICO DE LA ESTRUCTURA DE LA MESA DE ARRASTRE DE LÁMINA



# DISEÑO DEL MECANISMO DE MESA DE GUIADO

- Mediante el criterio de ED-Godman

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

- Datos

$$M_a = 118.5 Nm$$

$$T_m = 0.344 Nm$$

$$K_f = 1.48$$

$$K_{fs} = 1.304$$

$$S_e' = 440 MPa$$

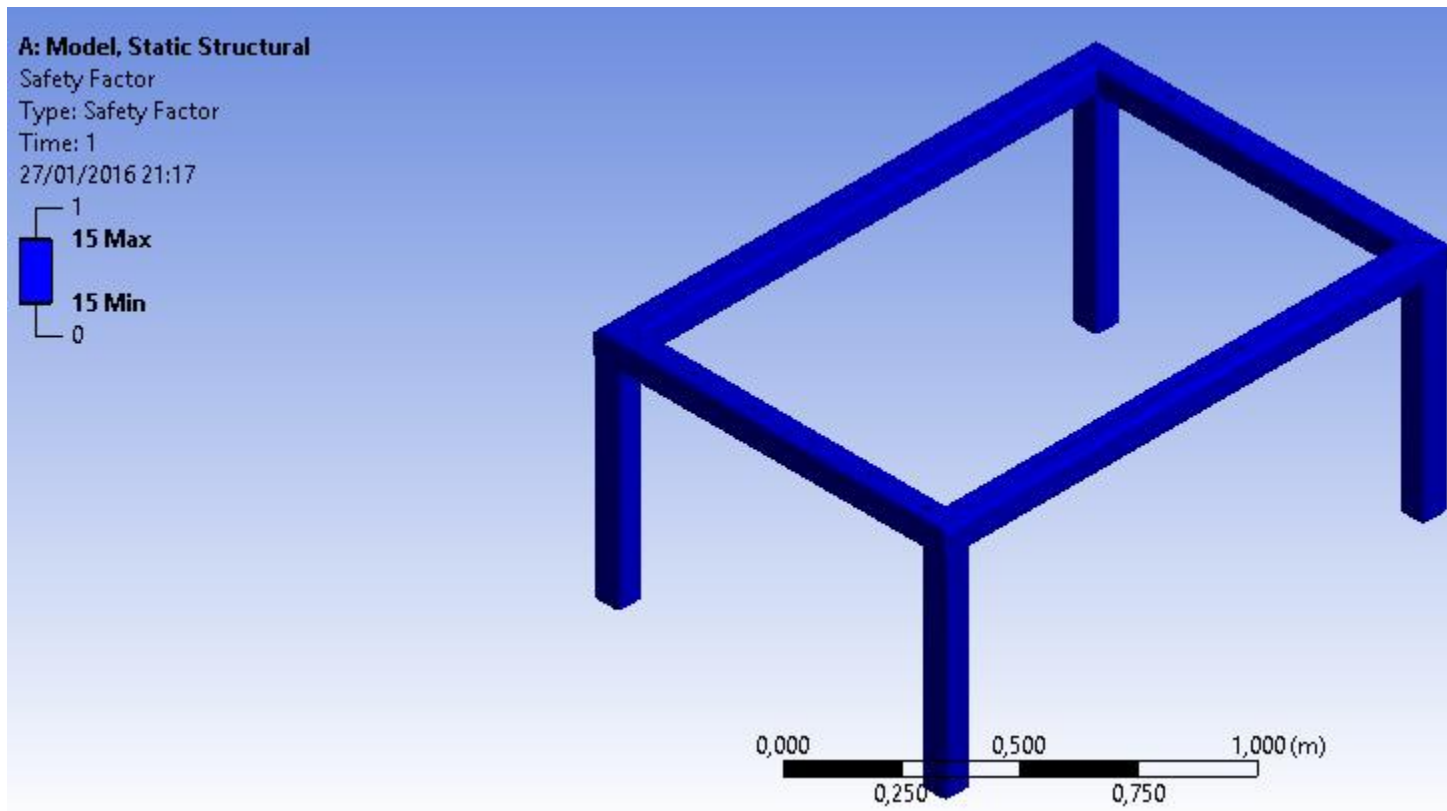
$$S_e = 161.17 MPa$$

- Diámetro calculado

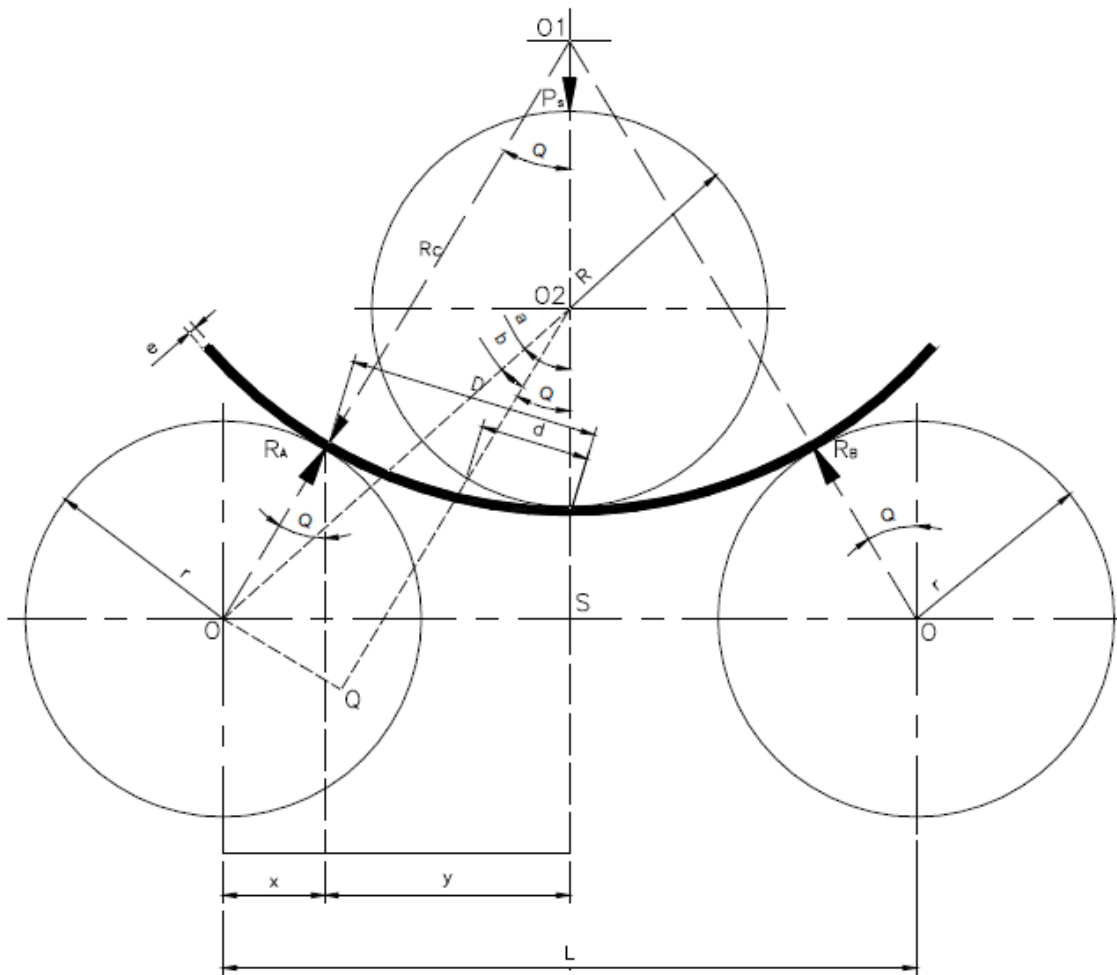
$$d = 25.75 mm$$



# ANÁLISIS ESTÁTICO DE LA ESTRUCTURA DE LA MESA DE GUIADO DE LÁMINA



# CALCULO DE LA POTENCIA DEL MOTOR



$$Pr = Wb$$

$$P = \frac{4624.7N(5)(0,74mm)}{44.45 mm}$$

$$P = 384.96 N$$

$$\tau = 17.11 Nm$$

$$\tau_{arrastre} = 1.85 Nm$$

$$\tau_T = 18.96 Nm$$

$$Pot = \frac{2 * \pi * n}{60} * \tau \quad [W]$$

$$Pot = 0.27 HP$$



# DISEÑO ELÉCTRICO Y DE CONTROL



PLC S7-1200 y  
módulos de  
ampliación



Módulos de comunicación  
Profibus DP



Touch Panel



Sensor de distancia



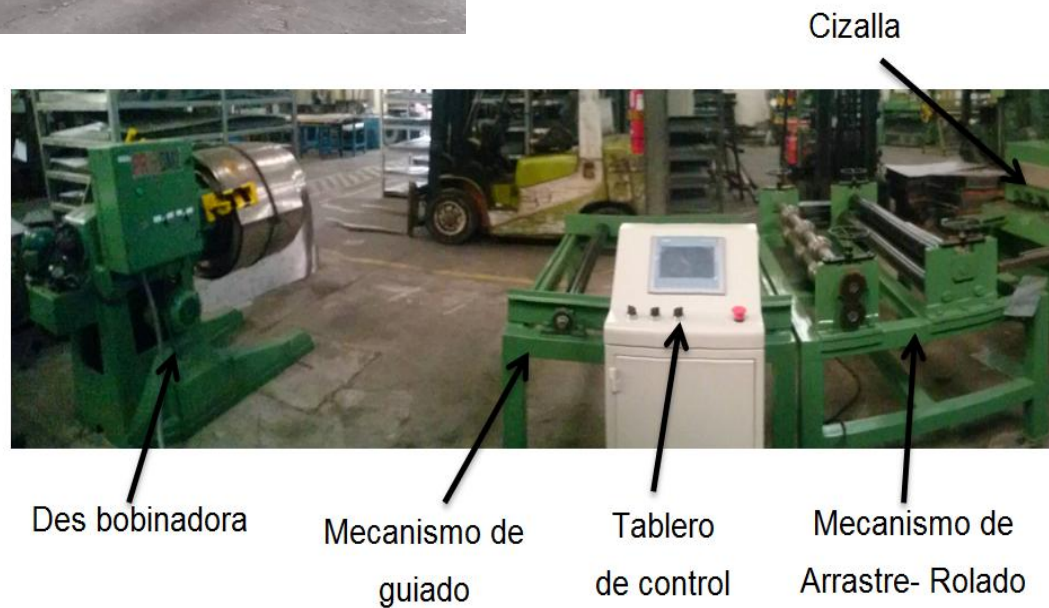
Motor



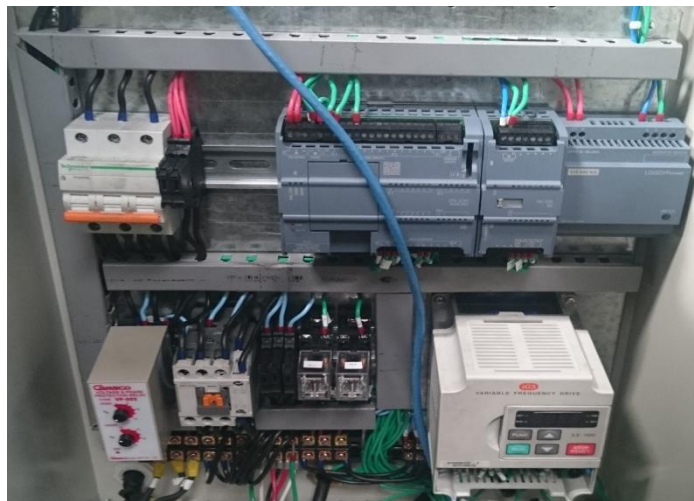
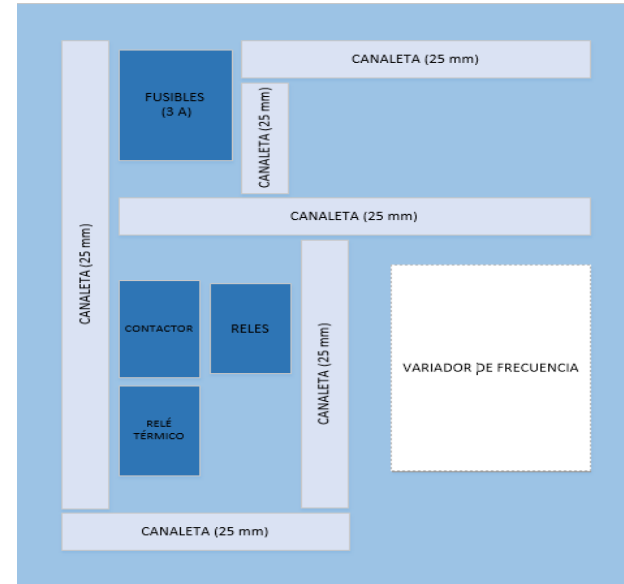
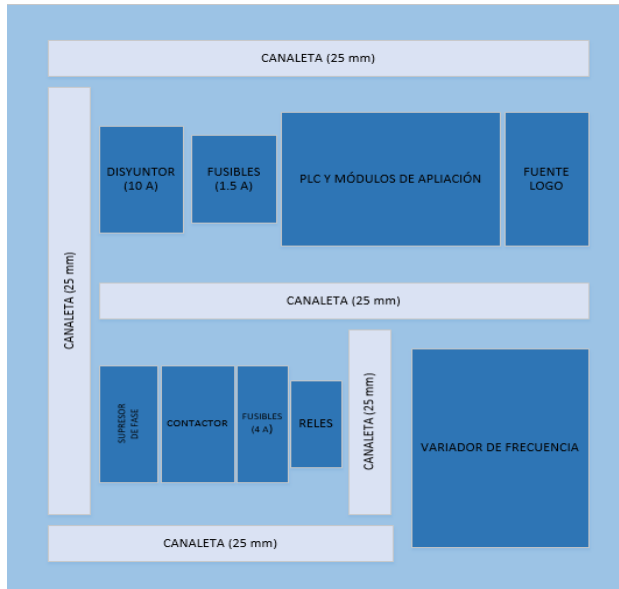
Variador de  
frecuencia



# IMPLEMENTACIÓN MECÁNICA



# IMPLEMENTACIÓN ELÉCTRICA



Distribución tablero de control

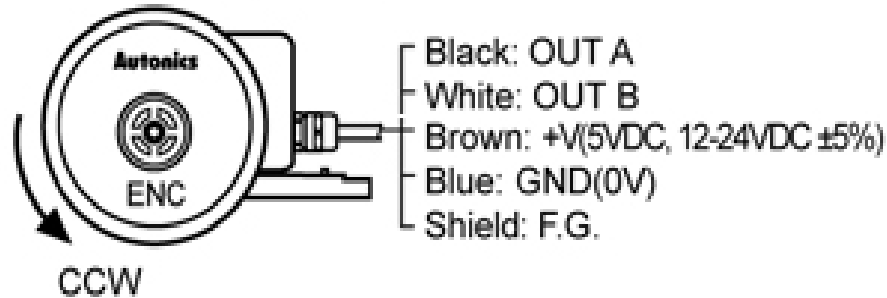


Distribución tablero de control desbobinadora





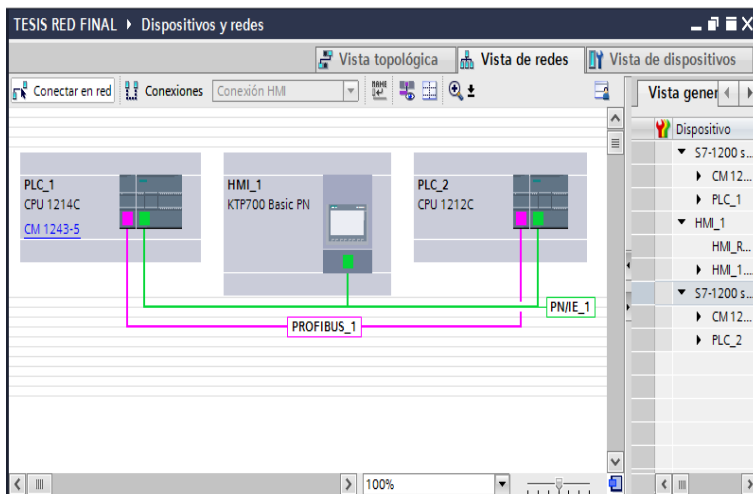
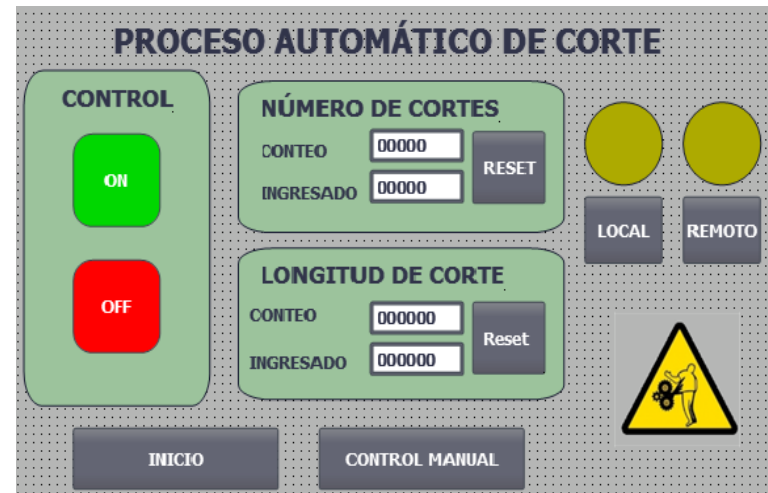
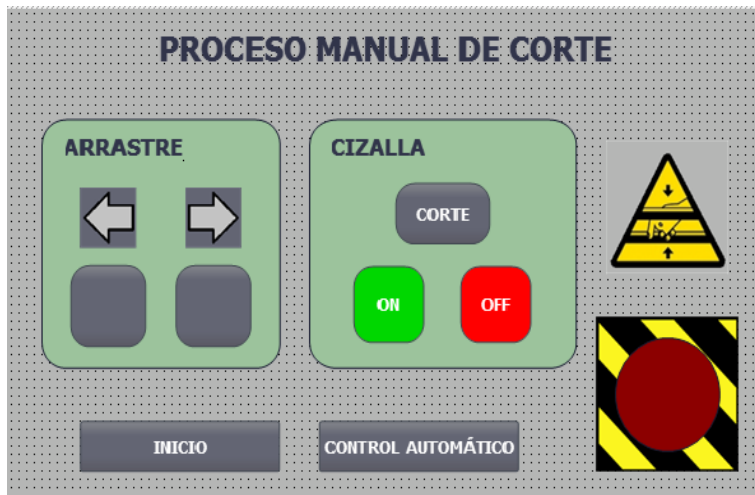
# TERMINALES DEL SENSOR



Conexión ENC-1-1-T-24	
ENC-1-1-T-24	PLC S7 1200
Negro	I0
Blanco	I1
Café	+24 V
Azul	0 V



# IMPLEMENTACIÓN DEL HMI Y LA RED PROFIBUS



# CALIBRACIÓN DEL SENSOR

1500 *revoluciones* → 1 *minuto* = 60 *segundos*

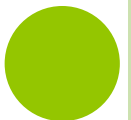
$$1 \text{ revolución} \rightarrow \left(\frac{1}{40}\right) * 60 = 1.5 \text{ segundos}$$

- Tiempo de toma de señal

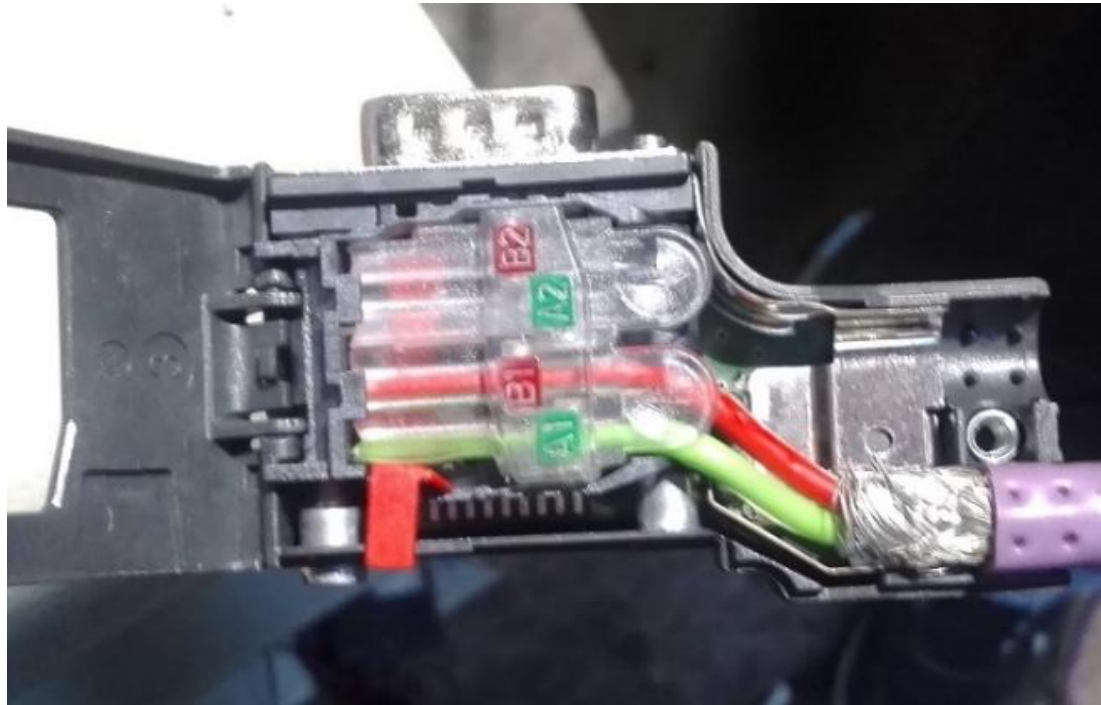
$$\begin{aligned} \text{Tiempo entre pulsos} = T_p &= \frac{1.5}{250} = 0.006 \text{ segundos} \\ &= 6 \text{ milisegundos} \end{aligned}$$

- Frecuencia

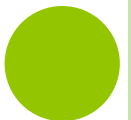
$$f_{\text{entrada}} = \frac{1}{6 \text{ milisegundos}} = 166.66 \text{ Hz}$$



# CONEXIÓN FÍSICA DE LA RED PROFIBUS



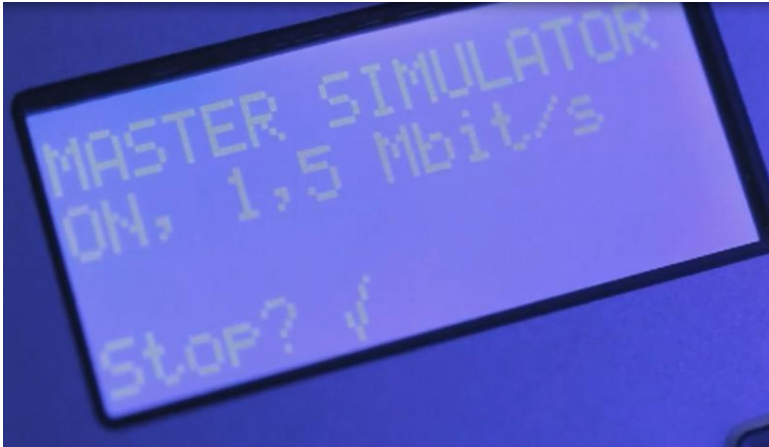
# **PRUEBAS Y RESULTADOS**



# OPERACIONALIZACIÓN DE LA VARIABLE INDEPENDIENTE

Conceptualización	Dimensiones	Indicadores (Una sola vez)	Instrumento
<p>Un bus de campo es un sistema de transmisión de información por un sólo cable de comunicación que simplifica enormemente la instalación y operación de máquinas y equipamientos industriales (PLCs, transductores, actuadores y sensores) utilizados en el proceso de producción.</p>	Velocidad	Kb/s	Analizador de Protocolos de Comunicación de Datos
		Puestos de trabajo laboratorio	
	Distancia	Metros	Con respecto al equipo y bajo estándares de comunicación
		Puestos de trabajo laboratorio	
	Tiempo de respuesta	Segundos	Analizador de Protocolos de Comunicación de Datos y bajo estándares de comunicación
		Puestos de trabajo laboratorio	
	Capacidad de datos	Kb	Bajo estándares de comunicación
		Puestos de trabajo laboratorio	
	Número de segmentos	Unidades	Bajo estándares de comunicación
		Puestos de trabajo laboratorio	
	Compatibilidad	Entre equipos	Con respecto al equipo y bajo especificaciones
		Puestos de trabajo laboratorio	

## **Velocidad**



## **Distancia**

El estándar de comunicación Profibus IEC 61158, comprende una distancia de 200 metros.

## **Tiempo de respuesta**

1 Kbyte de datos en menos de 60 ms

## **Capacidad de datos**

244 bytes

## **Compatibilidad**

Equipos marca SIEMENS



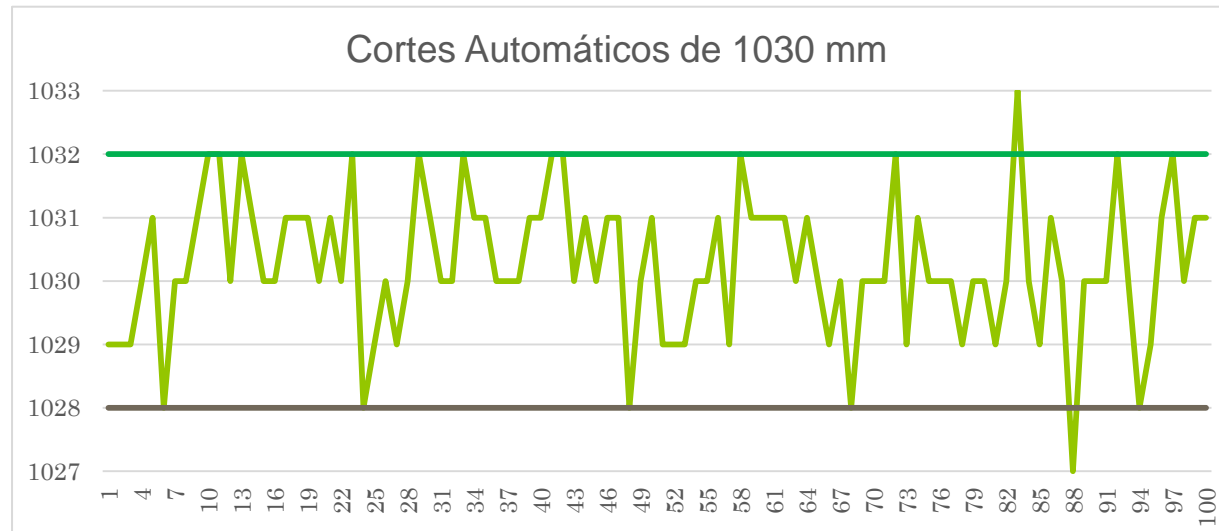
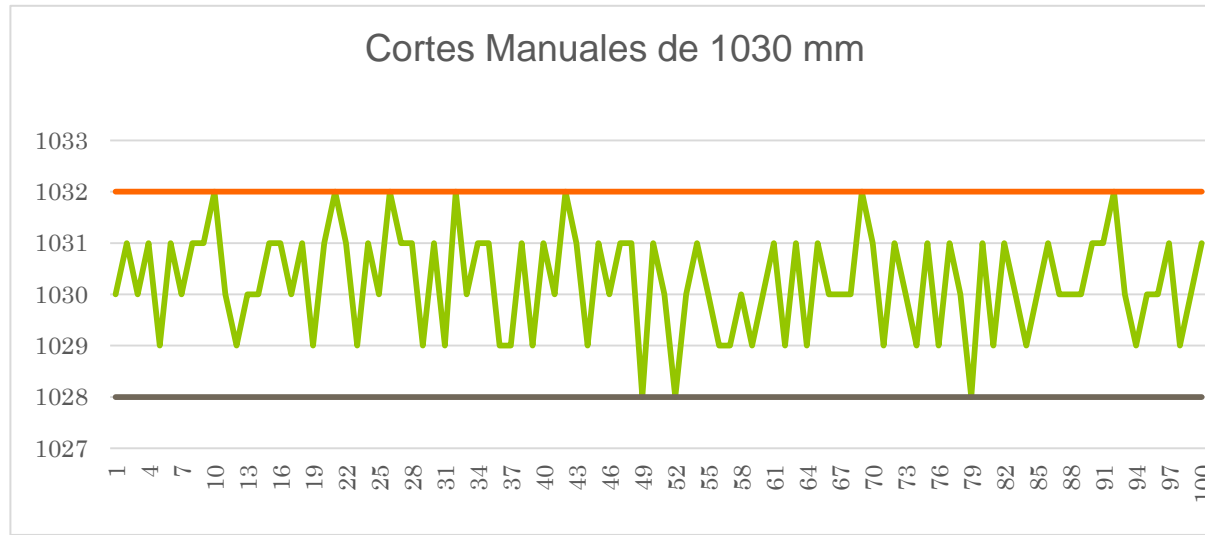
# OPERACIONALIZACIÓN DE LA VARIABLE DEPENDIENTE

Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Instrumento
<p>El sistema de corte automático permite el ahorro de tiempo, personal y precisión, en todo el proceso de corte permitiendo de esta manera una solución muy confiable y efectiva.</p>	Precisión	Milímetros	Flexómetro
		Precisión en cada corte	
	Tiempo de corte	Minutos	Cronómetro
		Tiempo de preparación por corte	
	Facilidad de operación	Parámetro del corte	Registro de operación





# PRECISIÓN



# TIEMPO DE CORTE Y PREPARACIÓN

- Medición de la precisión de corte

Número de cortes	Longitud de corte (mm)	Tipo de corte	Valor	Tiempo de corte	
				Tiempo de corte	Tiempo de barolado
100	1030	Manual	15:07:67	11:45:63	03:24:04
				14:08:82	
100	1030	Automático	14:08:82	14:08:82	

- Medición del tiempo de preparación

Tipo de corte	Valor	Tiempo de preparación	
Manual	03:37:61	Tiempo de preparación de corte	Tiempo de preparación de barolado
		01:36:39	02:01:22
Automático	03:43:53	03:43:53	



# FACILIDAD DE OPERACIÓN

## ○ Ventajas y desventajas de las variables técnicas

Variable	Sistema de corte manual	Sistema de corte automático
<b>Precisión</b>	<p>Elevada cantidad de cortes sin fallos</p> <p>Elevada cantidad de cortes con <math>\pm 1</math> mm de falla</p> <p>Baja cantidad de cortes con <math>\pm 2</math> mm de falla</p>	<p>Elevada cantidad de cortes sin fallos</p> <p>Elevada cantidad de cortes con <math>\pm 1</math> mm de falla</p> <p>Baja cantidad de cortes con <math>\pm 2</math> mm de falla</p> <p>Presencia casi nula de cortes con <math>\pm 3</math> mm de falla</p>
<b>Tiempo</b>	<p>Tiempo de preparación para ambos procesos (corte y rolado)</p> <p>Tiempo aceptable de preparación</p> <p>Tiempo de corte aceptable para menor longitud</p> <p>Tiempo de corte elevado para mayor longitud</p> <p>Tiempo aceptable de barolado</p>	<p>Un solo proceso de preparación</p> <p>Tiempo de preparación aceptable</p> <p>Tiempo de corte aceptable (incluido tiempo de barolado)</p>



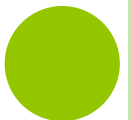
# ANÁLISIS DE RENTABILIDAD

TIEMPO DE PRODUCCIÓN	SALARIO ANUAL
AÑO 1	\$ 4.392,00
AÑO 2	\$ 4.567,68
AÑO 3	\$ 4.750,39
AÑO 4	\$ 4.940,40
AÑO 5	\$ 5.138,02
TOTAL	\$ 23.788,49



# VALIDACIÓN DE LA HIPÓTESIS

- Hipótesis de trabajo: La integración de varios procesos en línea depende de la implementación de los buses de datos industriales.
- Hipótesis nula: La integración de varios procesos en línea es independiente de la implementación de los buses de datos industriales.



# VALORES OBSERVADOS

## ○ Frecuencia observada

Procesos en línea/Buses de datos industriales	Desbobinado	Arrastre y Barolado	Corte	TOTAL
Dependientes	1	0	0	1
Independientes	4	5	5	14
TOTAL	5	5	5	15

## ○ Frecuencia esperada

Procesos en línea/Buses de datos industriales	Desbobinado	Arrastre y Barolado	Corte	TOTAL
Dependientes	0.33	0.33	0.33	1
Independientes	4.67	4.67	4.67	14
TOTAL	5	5	5	15

## Cálculo de chi cuadrado

$$x^2_{calc} = \sum \frac{(f_o - f_e)^2}{f_e}$$

$$x^2_{calc} = 2.1627$$



# ANÁLISIS DE CHI CUADRADO MEDIANTE TABLA

$$v = (\text{cantidad de filas} - 1) * (\text{cantidad de columnas} - 1)$$

$$v = 2$$

DISTRIBUCION DE  $\chi^2$

Grados de libertad	Probabilidad										
	0,95	0,90	0,80	0,70	0,50	0,30	0,20	0,10	0,05	0,01	0,001
1	0,004	0,02	0,06	0,15	0,46	1,07	1,64	2,71	3,84	6,64	10,83
2	0,10	0,21	0,45	0,71	1,39	2,41	3,22	4,60	5,99	9,21	13,82
3	0,35	0,58	1,01	1,42	2,37	3,66	4,64	6,25	7,82	11,34	16,27
4	0,71	1,06	1,65	2,20	3,36	4,88	5,99	7,78	9,49	13,28	18,47
5	1,14	1,61	2,34	3,00	4,35	6,06	7,29	9,24	11,07	15,09	20,52
6	1,63	2,20	3,07	3,83	5,35	7,23	8,56	10,64	12,59	16,81	22,46
7	2,17	2,83	3,82	4,67	6,35	8,38	9,80	12,02	14,07	18,48	24,32
8	2,73	3,49	4,59	5,53	7,34	9,52	11,03	13,36	15,51	20,09	26,12
9	3,32	4,17	5,38	6,39	8,34	10,66	12,24	14,68	16,92	21,67	27,88
10	3,94	4,86	6,18	7,27	9,34	11,78	13,44	15,99	18,31	23,21	29,59
	No significativo								Significativo		

$$x^2_{\text{tabla}} = 5.99$$

Si  $x^2_{\text{calc}} \leq x^2_{\text{tabla}}$

Se acepta la hipótesis nula

Si  $x^2_{\text{calc}} > x^2_{\text{tabla}}$

Se acepta la hipótesis de trabajo

$$x^2_{\text{calc}} = 2.1627 < x^2_{\text{tabla}} = 5.99$$



## CONCLUSIONES

- Se diseñó e implementó un sistema de corte de chapa metálica automático con HMI, mediante el análisis de los buses de datos industriales, para la producción en serie de la empresa Industria Metálica Cotopaxi.
- Se redujo el tiempo total de corte automático de chapa metálica, incluyendo el tiempo de preparación y tiempo de rolado; en comparación con el corte manual, en dos minutos y 30 segundos, para cada rollo de material, Incrementando así el corte de un rollo adicional en un ciclo diario de trabajo.
- Se obtuvo una reducción de la precisión de corte, con la presencia de mayor cantidad de láminas con 0 mm, considerando aceptable la tolerancia de  $\pm 2$  mm en cada corte, teniendo en cuenta la presencia de un bajo número de láminas con  $\pm 3$  mm de falla, lo que no significa pérdida para la empresa Industria Metálica Cotopaxi, por lo tanto el sistema resulta factible.
- Se redujo la mano de obra a un solo operario para el control del sistema de corte automático, el mismo que verificará el correcto funcionamiento de la máquina, obviando la etapa de preparación, en la que obligatoriamente se requerirá la presencia de dos operarios para el ingreso de la materia prima al sistema.



- Mediante un análisis de rentabilidad, se observó que, tras reducir la presencia de un operario, la recuperación total de la inversión inicial, se dará a partir del segundo año de producción.
- Tras comparar los resultados obtenidos con el analizador de protocolos Profibus Tester y la norma estándar de comunicación Profibus IEC 61158, se obtiene un error del 0% en cuanto a velocidad y distancia, ya que está establecido que, para una distancia de 200 metros la velocidad a la que se transmiten los datos dentro de la red es de 1.5 Mb/s.
- Se evidenció la fácil implementación de la red Profibus, ya que no representa una programación compleja a comparación de la red Modbus TCP/IP en la que es necesaria la sincronización de tiempos dentro del PLC, por lo que se comprobó la facilidad de integrar nuevos procesos futuros, como crea conveniente la empresa.
- Tras el análisis de los buses industriales, se optó por la implementación de la red Profibus DP, considerándola como la opción dominante en cuanto a distancia teniendo en cuenta que tiene la capacidad de soportar 120 segmentos de 32 nodos cada uno a una distancia de 1200 metros, a comparación de la opción más cercana que fue Modbus TCP/IP la misma que soporta 240 nodos a una distancia máxima de 100 metros.



- Con la implementación de la red industrial Profibus DP, se logró obtener un control local y remoto del sistema de corte automático de chapa metálica, estableciendo que tras habilitar uno de los dos mandos, inmediatamente se inhabilita el mando restante, es así que se asegura que no existirán cambios en los parámetros de corte ingresados
- Se rediseño el tablero eléctrico de la máquina desbobinadora de chapa metálica, con el fin de permitir la adaptación de esta al sistema de corte automático, teniendo en cuenta la implementación de dos controles, el control manual que da paso al ingreso del material dentro del sistema y el control automático que se encarga del corte en serie de chapa metálica.



## RECOMENDACIONES

- Para el corte de bobinas de más de 1000 Kg, se recomienda sustituir la desbobinadora por una de mayor capacidad, ya que la desbobinadora que se encuentra en el sistema soporta como máximo 1000 Kg.
- Tanto el mecanismo de arrastre-rolado y el mecanismo de guiado están diseñados para un ancho de chapa metálica de 1220 mm, para utilizar toda esta capacidad, se recomienda sustituir la cizalla de corte debido a que la capacidad de la misma es hasta de 1000mm.
- Para que el sistema sea totalmente autónomo, se recomienda implementar un sistema automático de apilamiento de láminas cortadas, debido a que las mismas se acumulan rápidamente y el operario tiene que moverlas de forma manual.
- Para el sistema de guiado se recomienda poner guías de rodillos móviles, debido a que las guías fijas tienden a sujetar el material evitando de esta manera el libre desplazamiento de la chapa metálica por el sistema.



- Para mejoras en la precisión del corte se recomienda la implementación de un encoder que posea una mayor resolución, garantizando el conteo exacto de cada desplazamiento, ya que el equipo actual tiende a perder datos de forma inesperada, es por esta razón que se tiene la presencia de cortes con una falla de  $\pm 3$  mm.
- Realizar un mantenimiento periódico de la cizalla, exclusivamente de los pistones que sujetan la chapa metálica el momento del corte, debido a que estos pueden quedar sujetando la chapa metálica e impidiendo la circulación de la misma, por lo que perjudica al sistema de arrastre- rolado esforzando el motor.



**GRACIAS**

