



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

ARTÍCULO CIENTÍFICO

TEMA:

**MODERNIZACIÓN DE UNA MÁQUINA PERFORADORA LINEAL
DE EBANISTERÍA**

AUTORES: Fausto Vinicio Yépez Lima

Vinicio Javier Lema Flores

DIRECTOR: Ing. Fernando Valencia

Ibarra – Ecuador

2015

MODERNIZACIÓN DE UNA MÁQUINA PERFORADORA LINEAL DE EBANISTERÍA

Yépez Lima Fausto Vinicio
chulis2_mayor@hotmail.com
Lema Flores Vinicio Javier
javie0719@gmail.com
Universidad Técnica del Norte

RESUMEN

La elaboración del presente artículo presenta como finalidad la modernización de una máquina perforadora lineal de ebanistería, la cual consiste en modernizar los procesos de posicionamiento vertical de la mesa, sujeción de la madera a la mesa mediante una prensa neumática, y control de profundidad de perforación mediante un tope mecánico. El posicionamiento vertical de la mesa permite movilizar la bancada tanto en forma ascendente como descendente mediante controles manuales, donde el operario activa el movimiento de la mesa; la distancia recorrida es visualizada en un dispositivo electrónico que el operario tiene a su vista. La sujeción de la madera a la mesa es realizada por un sistema neumático, en el cual la prensa neumática se activa mediante el control ON/OFF de la máquina. El sistema de profundidad de perforación permite seleccionar el estándar de profundidad, el cual detalla el tipo de mueble y el tipo de madera solicitado, donde el operario alinea el indicador luminoso de la barra perforada y fija la misma con el pasador en el orificio indicado.

1. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

La ebanistería es una especialización de la carpintería orientada a la construcción de muebles. El término procede de un tipo de madera, el ébano, considerada preciosa desde la antigüedad, procedente de un árbol de origen africano, de madera dura y pesada, negra en el centro y blanca en la corteza.

Una de las máquinas más utilizadas en la industria de la madera elaborada es la perforadora horizontal, la cual ha evolucionado a través de los tiempos, muchas de ellas en forma artesanal o industrial, esta máquina es muy útil en el proceso de construcción de puertas, ventanas y muebles de cocina.

La máquina perforadora lineal de ebanistería es una máquina considerada de alta precisión en la construcción de muebles, ya que su función principal es realizar el orificio de las partes que posteriormente son unidas con un tarugo (pedazo de madera corto y grueso); por lo tanto, al perforar erróneamente, se pierde tanto materia prima como tiempo de producción.

1.2. MÁQUINA PERFORADORA DE EBANISTERÍA

Básicamente los taladros pueden ser de dos tipos: el taladro de mano que es portátil y el taladro de sobremesa que permite bajar fácilmente la broca perpendicularmente al material que se desea perforar, el cual está fijado a un banco de trabajo.

1.2.1. PERFORADORA DE MANO

La perforadora de mano es una herramienta que se utiliza para perforar diversos materiales. Los orificios se realizan por un proceso de arranque de material mediante herramientas llamadas brocas.

1.2.2. PERFORADORA EN BANCO

La perforadora en banco es una máquina electromecánica cuya función principal consiste en hacer orificios o cortes con moldes en cualquier tipo de material, ya sea metal, madera o plástico.



Figura 1. Máquina perforadora lineal de ebanistería
Fuente: Autor

1.3. DESCRIPCIÓN DEL ANTIGUO SISTEMA DE PERFORACIÓN

El presente proyecto se orienta a la modernización de ciertos procesos de la máquina perforadora lineal de ebanistería, tales son el posicionamiento vertical de la mesa, la sujeción de la madera a la mesa mediante una prensa y el control de profundidad de perforación mediante un tope mecánico.

1.3.1. POSICIONAMIENTO VERTICAL DE LA MESA ANTIGUO

En el caso del posicionamiento vertical de la mesa, el movimiento se da mediante un sistema de manivela, que a través de un eje acoplado a un bisel transmite fuerza para mover un tornillo de potencia que moviliza la mesa.

Cabe recalcar que la distancia a recorrer es de 15 cm, teniendo en cuenta que por seis vueltas de manivela se avanza 1 cm, aplicando una fuerza mínima de 1,33[Nm]; además la máquina carece de una regla graduada en lo que corresponde a la altura de la mesa, por lo que se debe medir lo requerido mediante la utilización de un flexómetro, todo este proceso toma al operario alrededor de cinco minutos.



Figura 2. Sistema de transmisión de movimiento para el posicionamiento vertical.
Fuente: Autor

1.3.2. SISTEMA DE TOPE DE PROFUNDIDAD ANTIGUO

En el caso de control de profundidad de perforación se utiliza un tope mecánico, este se realiza mediante una varilla que es regulable mediante una “mariposa” (seguro mecánico), para este control el operario debe sacar la varilla, medir la distancia con un flexómetro, volver a ingresar en su eje y ajustar mediante la “mariposa” a la distancia requerida para la perforación.

El operario empuja el accionamiento mecánico de profundidad hasta que la varilla entre en contacto con el tope, cabe recalcar que a veces esta “mariposa” cede, por lo que la distancia medida ya no es la correcta, por tanto la perforación es errónea.



Figura 3. Sistema de tope regulable mediante “mariposa”.

Fuente: Autor

1.3.3. SISTEMA DE PRENSA ANTIGUA

En el caso de la sujeción de la madera a la mesa, este es un proceso puramente manual en donde el operario utiliza un sistema de manivela.

Este sistema de manivela está conformado por tres partes, dos de ellas unidas y regulables mediante mariposas ya para su

altura como alcance, y su última parte se encuentra en el extremo la cual mediante un tornillo sin fin permite proporcionar presión para fijar el madero a la mesa, cabe recalcar que se debe ejercer una fuerza de 500[N] para que el madero no se mueva de su posición y no se realice una perforación errónea.



Figura 4. Mecanismo para prensar la madera.

Fuente: Autor

2. CÁLCULO DE FUERZA Y CONTROL DE LOS SISTEMAS

A continuación se presenta los cálculos y el control realizado a los tres sistemas implementados en la máquina perforadora lineal de ebanistería, así como la selección de alternativas adecuadas y fundamentación matemática.

2.1. POSICIONAMIENTO VERTICAL

En la modernización se implementa un servomotor que reemplaza a la manivela, el cual está ubicado bajo la bancada o mesa de perforación, éste transmite su fuerza hacia el bisel a través de un sistema de engranes, movimiento activado mediante un pulsador que el operario tiene a la vista, se aclara que el operario tiene la facultad de elegir la velocidad de ascenso

o descenso de la mesa, esto mediante dos perillas tipo switches.

Proporcionando las siguientes ventajas:

- Optimización del tiempo de trabajo.
- Minimiza el desgaste físico que realiza el operario.
- Protección al operario

El servomotor es seleccionado mediante la fundamentación matemática que se realiza mediante la relación de transmisión, como se aprecia en la *Figura 5*.

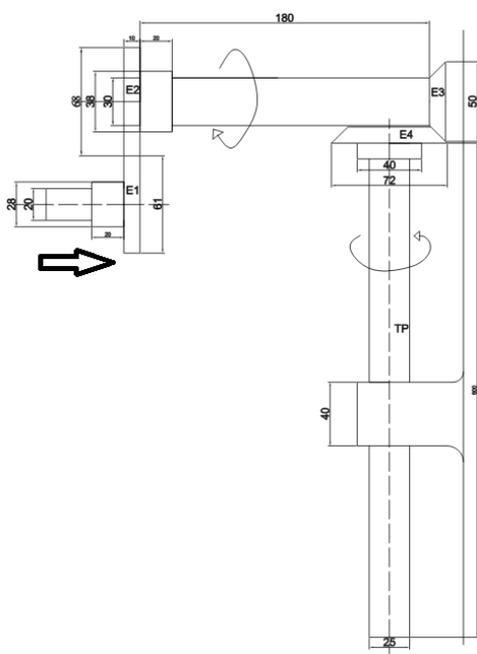


Figura 5. Diagrama mecánico de elementos que conforman la relación de transmisión.

Fuente: Autor

El factor principal para tomar en cuenta estos cálculos, es el peso de la bancada, para conocer el mismo se procede a separar la bancada que está sujeta mediante pernos a la máquina, como se puede apreciar en la *Figura 6*; esto se realiza porque la máquina es de fabricación artesanal.



Figura 6. Desmontaje de bancada de la perforadora de madera.

Fuente: Autor

Una vez separada la bancada, se procede a pesar mediante una pesa electrónica, cuyo valor corresponde a 259,2 [lb], como se puede apreciar en la *Figura 7*.



Figura 7. Utilización de una pesa electrónica para conocer el peso de la bancada.

Fuente: Autor

Para seleccionar el motor, es necesario calcular la fuerza que ejerce la bancada sobre el tornillo de potencia:

$$\text{Peso (W)} = 259,2 \text{ [lb]} \quad \rightarrow \quad 117,57 \text{ [Kg]}$$

$$F = m \cdot a$$

$$F = (117,57 \text{ [Kg]}) \cdot (10 \text{ m/s}^2)$$

$$F = 1175,7 \text{ [N]}$$

Donde:

F , es la fuerza

m , es la masa del cuerpo

a , es la gravedad

Una vez obtenido este valor, se procede a calcular todas las fuerzas necesarias para que el posicionamiento vertical opere sin problema, en donde se explica la selección del servomotor, así como de sus características.

2.1.1. CÁLCULOS DE RELACIÓN DE TRANSMISIÓN PARA SELECCIONAR EL SERVOMOTOR

2.1.1.1. Par Torsional para subir una carga

$$Tu = \frac{F \cdot Dp}{2} \left[\frac{(\cos \Phi \cdot \tan \lambda + f)}{(\cos \Phi - f \cdot \tan \lambda)} \right]$$

$$Tu = \frac{(1175,7[N])(22,1[mm])}{2} \left[\frac{(\cos 14,5^\circ)(\tan 4,2^\circ) + 0,15}{(\cos 14,5^\circ) - (0,15)(\tan 4,2^\circ)} \right]$$

$$Tu = 12991,485 [N \cdot mm] \left[\frac{(0,968)(0,073) + 0,15}{(0,968) - (0,15)(0,073)} \right]$$

$$Tu = 12991,485 [N \cdot mm] \left[\frac{0,221}{0,957} \right]$$

$$Tu = 3001,28 [N \cdot mm] = 3,00 [Nm]$$

Donde:

$$F = 1175,7 [N]$$

$$Dp = 22,1 [mm]$$

$$\Phi = 14,5^\circ$$

$$\lambda = 4,2^\circ$$

$$f = 0,15$$

2.1.1.2. Par torsional para bajar una carga

$$Td = \frac{F \cdot Dp}{2} \left[\frac{(f - \cos \Phi \cdot \tan \lambda)}{(\cos \Phi + f \cdot \tan \lambda)} \right]$$

$$Td = \frac{(1175,7 [N])(22,1[mm])}{2} \left[\frac{0,15 - (\cos 14,5^\circ)(\tan 4,2^\circ)}{(\cos 14,5^\circ) + (0,15)(\tan 4,2^\circ)} \right]$$

$$Td = 12991,485 [N \cdot mm] \left[\frac{(0,15) - (0,968)(0,073)}{(0,968) + (0,15)(0,073)} \right]$$

$$Td = 12991,485 [N \cdot mm] \left[\frac{0,0793}{0,978} \right]$$

$$Td = 1053,4 [N \cdot mm] = 1,05 [Nm]$$

Para la selección de este servomotor se considera el par torsional necesario para

subir una carga y la velocidad de giro necesaria para movilizarse:

Velocidad Lineal:

$$\text{Tornillo} = 600 \text{ mm}$$

$$\text{Tiempo} = 20 \text{ seg como mínimo}$$

$$v = \frac{600 [mm]}{44 \text{ seg}} = 13,5 \text{ mm/seg}$$

El tornillo de potencia ACME es de 1" de diámetro, con cinco roscas por pulgada, entonces la carga se mueve $\frac{1}{5}$ de pulgada en cada revolución, entonces la velocidad de giro es:

$$\frac{1}{5} [pulg] = 0,2 [pulg] = 5,08 [mm]$$

$$w = \frac{13,5 [mm]}{1 [seg]} \cdot \frac{1 [rev]}{5,08 [mm]} \cdot \frac{60 [seg]}{1 \text{ min}} = 160 \text{ rpm}$$

2.1.1.3. Relación de transmisión entre engranajes E3 y E4:

$$i = \frac{\omega_3}{\omega_4} = \frac{D_4}{D_3} = \frac{Z_4}{Z_3} = \frac{n_3}{n_4}$$

Velocidad Angular:

$$\frac{\omega_3}{\omega_4} = \frac{Z_4}{Z_3} \quad Z_3 = 15 \text{ dientes}$$

$$\omega_3 = \frac{Z_4 \cdot \omega_4}{Z_3} \quad \omega_4 = 160 \text{ [rpm]}$$

$$\omega_3 = \frac{(30) \cdot (160 \text{ [rpm]})}{15} \quad Z_4 = 30 \text{ dientes}$$

$$\omega_3 = 320 \text{ [rpm]} \quad \omega_3 = ?$$

Par torsional:

$$T_3 \cdot \omega_3 = T_4 \cdot \omega_4$$

$$T3 = \frac{T4+w4}{w3}$$

$$T3 = \frac{(3,00[Nm])+(160[rpm])}{320[rpm]}$$

$$T3 = 1,5 [Nm]$$

$$T4= 3,00 [Nm]$$

$$w3= 320 [rpm]$$

$$w4= 160 [rpm]$$

$$T3= ?$$

2.1.1.4. Relación de transmisión entre engranajes E1 y E2:

$$i = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{D_2}{D_1} = \frac{Z_2}{Z_1} = \frac{n_1}{n_2}$$

Velocidad Angular:

$$\frac{w1}{w2} = \frac{Z2}{Z1}$$

$$w1 = \frac{Z2+w2}{Z1}$$

$$w1 = \frac{(36)*(320[rpm])}{32}$$

$$w1 = 360 [rpm]$$

$$Z1= 32 \text{ dientes}$$

$$w2= 320 [rpm]$$

$$Z2 = 36 \text{ dientes}$$

$$w1 = ?$$

Par torsional:

$$T1 \cdot \omega_1 = T2 \cdot \omega_2$$

$$T1 = \frac{T2+w2}{w1}$$

$$T1 = \frac{(1,5[Nm])+(320[rpm])}{360[rpm]}$$

$$T1 = 1,33 [Nm]$$

$$T2= 1,5 [Nm]$$

$$w1= 360 [rpm]$$

$$w2= 320 [rpm]$$

$$T1= ?$$

Como se puede observar **T1** muestra el par torsional mínimo que debe tener el servomotor, y **w1** muestra la velocidad angular mínima del mismo, datos fundamentales para la selección del servomotor.

La *Tabla 1* permite comparar los datos necesarios para que trabaje el sistema de posicionamiento vertical con los datos del servomotor seleccionado, cumpliendo el dispositivo con lo requerido.

Tabla 1. Tabla comparativa de datos necesarios y los seleccionados del servomotor

	Par torsional [Nm]	Velocidad angular [rpm]
Necesario	1,33	360
Selección	2,39	3000

Fuente: Autor

2.1.2. VISUALIZACIÓN DEL MOVIMIENTO DEL SISTEMA

La visualización de la distancia la cual recorre la mesa de trabajo de la máquina se debe gracias a los datos (pulsos por revolución) que se adquiere del puerto X3, en el cual se encuentra la salida del Encoder, cuyos pulsos (A y B) son ingresados en un contador de pulsos, el cual visualiza la distancia que recorre dicha mesa, vital en el trabajo del operario.

Encoder interno del servodriver

Los encoder son transductores electromecánicos que convierten la rotación del eje en pulsos de salida, que se puede contar para medir las revoluciones del eje o ángulo del eje, lo cual proporciona información sobre la posición y velocidad del eje del motor.

La resolución del encoder determina la precisión de posicionamiento del motor. Por ejemplo, la resolución del servomotor que se utiliza para el posicionamiento vertical es de 2,500 pulsos / revolución, es decir una rotación del eje del motor (360°) se puede dividir en 2500 partes.

Obteniendo una óptima resolución de $0,144^\circ$ de giro del eje del servomotor por cada pulso.

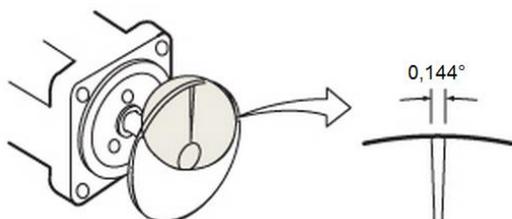


Figura 8. Resolución del encoder.

Fuente: (Servo Motor Glossary Terms, sf)

2.1.2.1. Contador de pulsos

El servodriver contiene un encoder incremental, cuyos pulsos no se encuentran linealizados, el ruido visualizado en el osciloscopio supera a la señal de estos, por tal motivo se decide conveniente utilizar un contador de pulsos, el dispositivo seleccionado es FH8-6CRNB-F of Counter/Length/Batch Meter de marca MYPIN, se inclina la decisión por su gran ventaja ante cualquier otro contador de pulsos, ya que este tiene la facultad de convertir los pulsos ingresados a una escala de distancia ajustable, permitiendo visualizar el movimiento del servomotor, y dicho así la ubicación de la bancada.

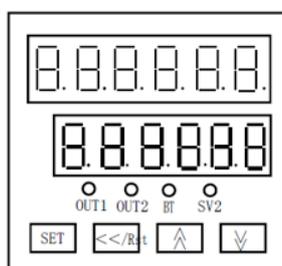


Figura 9. Panel de control y visualización del contador de pulsos, Mypin FH Series

Fuente: (MYPIN ELECTRICAL CO., LTD, sf)

2.2. SISTEMA DE PRENSADO

El sistema neumático básicamente tiene como primordial función prensar el madero a la mesa de la bancada, para seguridad del operario.

2.2.1. DIAGRAMA GRAFCET

El siguiente diagrama describe el funcionamiento y las acciones que el sistema neumático va a realizar.

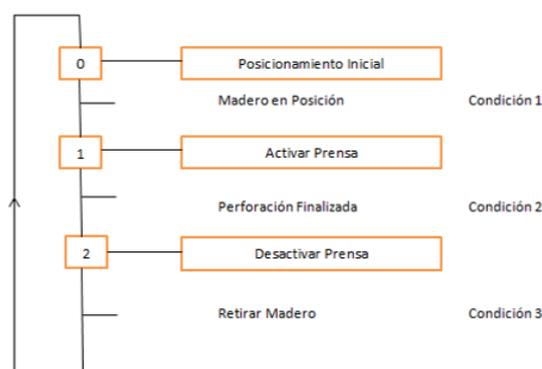


Figura 10. Diagrama Grafcet

Fuente: Autor

2.2.2. DIAGRAMA FASE - TIEMPO

Este diagrama permite visualizar el espacio recorrido versus el tiempo:

Tabla 2. Diagrama fase-tiempo

Elemento	Función	Posición	Tiempo
A	Alimentación	+ 0	
	Extracción	-	

Fuente: Autor

2.2.3. ESQUEMA NEUMÁTICO

La *Figura 11* muestra el esquema neumático implementado para la operación de prensado, con sus respectivos elementos de alimentación, mantenimiento, mando y trabajo.

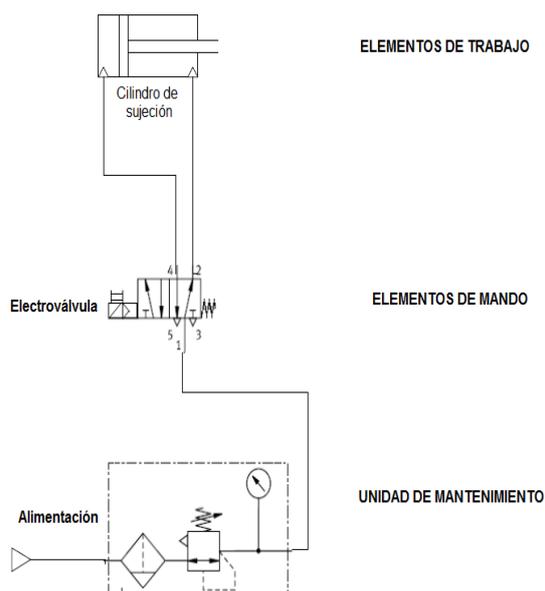


Figura 11. Esquema neumático

Fuente: Autor

2.2.4. SELECCIÓN DE DISPOSITIVOS NEUMÁTICOS

Los diferentes dispositivos que conforman el sistema neumático son seleccionados mediante los siguientes parámetros

Selección del cilindro neumático

Factor de carga en función de la aplicación requerida:

Tabla 3

Funcionamiento requerido		Factor de carga η
Funcionamiento estático (amarre, engarce de tornillo a baja velocidad, etc.)		0.7 o menos (70% o menos)
Funcionamiento dinámico	Movimiento horizontal de la carga en la guía	1 o menos (100% o menos)
	Movimiento vertical y horizontal de la carga	0.5 o menos (50% o menos) ⁽¹⁾

Fuente: (FESTO, 2013)

La prensa neumática realiza un movimiento vertical, por lo tanto el factor de carga correspondiente es 0,5.

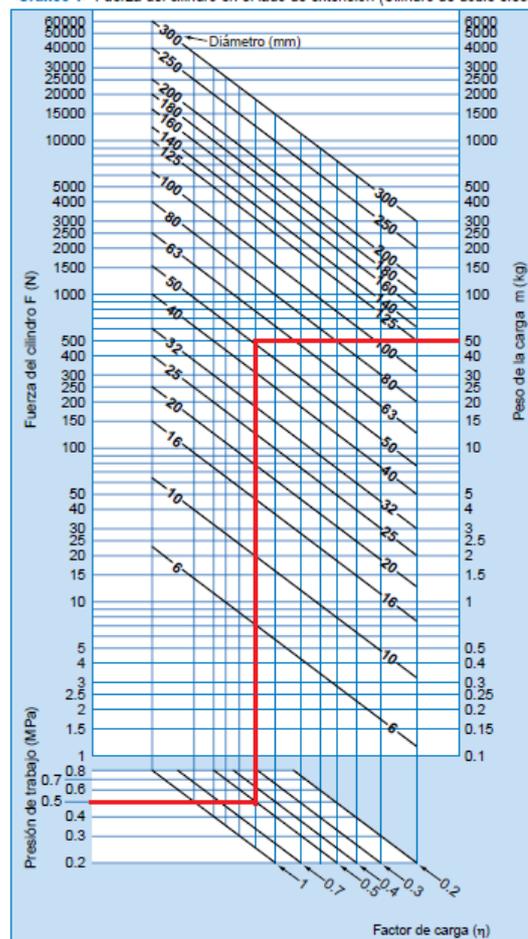
Cabe resaltar que para obtener la fuerza con la cual se presiona el madero a la mesa, se obtiene aplicando peso sobre el

madero, hasta que se encuentre completamente inmóvil para su posterior perforación, este valor corresponde a 50[Kg], o 500[N] si se toma en cuenta la gravedad de $10 [m/s^2]$.

La Tabla 4 permite conocer la presión de trabajo correspondiente a 0,5 [MPa] (5bar), esta presión indica el margen entre la presión mínima necesaria y máxima admisible para el correcto funcionamiento del sistema neumático.

Tabla 4. Presión de trabajo, Cilindro de doble efecto

<Gráfico 1> Fuerza del cilindro en el lado de extensión (Cilindro de doble efecto)

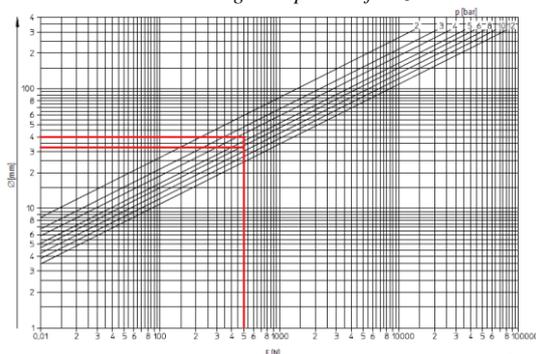


Fuente: (FESTO, 2013)

La Tabla 5 permite conocer el diámetro necesario del émbolo y la presión de funcionamiento, mediante los valores conocidos de fuerza, ($F=500[N]$), y de presión disponible en la red, (6 bar), la

cual es superior a la presión de funcionamiento.

Tabla 5. Diagrama presión-fuerza



Fuente: (FESTO, 2013)

Forma de proceder:

Desde $F=500[N]$ trazar una línea vertical hasta la línea de 6 bar; el diámetro del émbolo inmediatamente mayor disponible es de 40 mm, y se sitúa entre las líneas de 4 y 5 bar, es decir la presión de funcionamiento a ajustar aproximadamente es 4,5 bar.

Festo manifiesta que en este diagrama se ha considerado aproximadamente un 10% de pérdidas por rozamiento.

Consumo de aire del cilindro neumático y volumen de aire requerido

El consumo de aire es el volumen de aire consumido en el cilindro, dato fundamental para seleccionar el compresor; el volumen de aire requerido es el volumen de aire necesario para hacer funcionar una carga a una velocidad determinada.

Para lo cual se debe seguir los siguientes pasos:

1) Hallar el punto de intersección entre la presión de trabajo (línea diagonal) y la

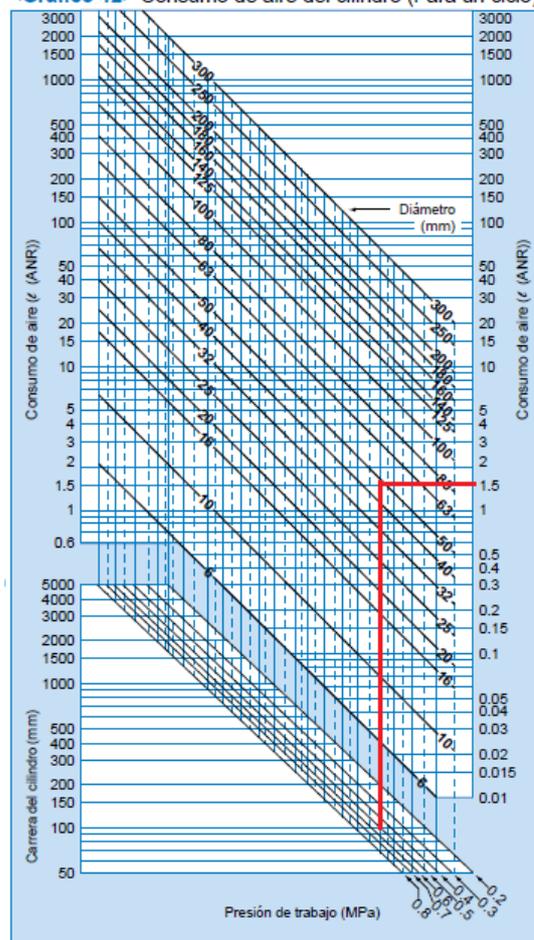
carrera del cilindro, desde ese punto trazar una línea vertical hacia arriba.

2) Desde el punto de intersección con el diámetro (línea diagonal) del cilindro a utilizar, en uno de los costados muestra el consumo que requiere un ciclo del cilindro neumático.

La *Tabla 6* representa la selección descrita:

Tabla 6. Consumo de aire del cilindro para un ciclo

<Gráfico 12> Consumo de aire del cilindro (Para un ciclo)

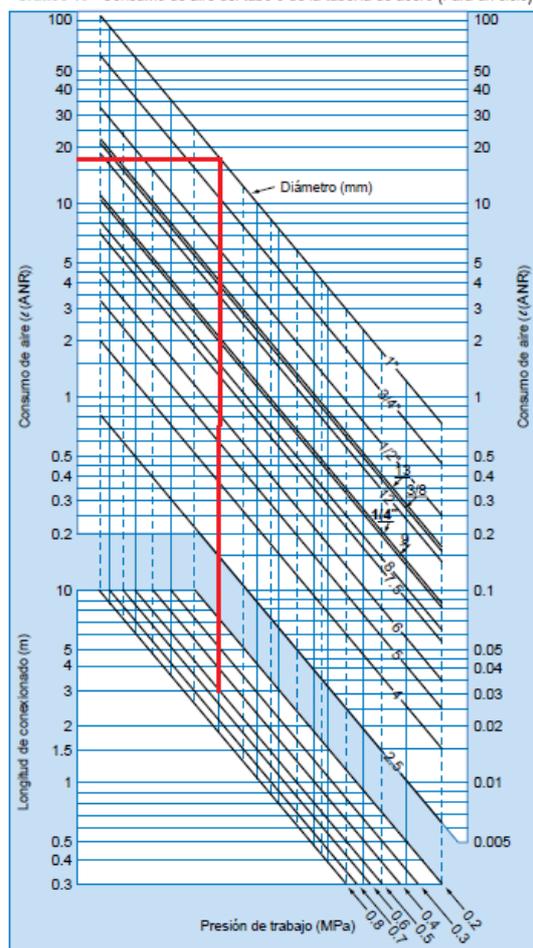


Fuente: (FESTO, 2013)

3) Calcule el consumo de aire del tubo igual que en los pasos anteriores, longitud del conexionado que conecta el cilindro con la electroválvula.

Tabla 7. Consumo de aire del tubo para un ciclo

<Gráfico 13> Consumo de aire del tubo o de la tubería de acero (Para un ciclo)



Fuente: (FESTO, 2013)

4) Calcular el consumo de aire total por minuto de la siguiente forma:

Consumo de aire Total = (consumo de aire del cilindro neumático + consumo de aire del tubo) * número de ciclos por minuto * número de cilindros usados

$$\text{Consumo de aire Total} = (1,5+20) * 6 * 1 = 129 \text{ l/min (ANR)}$$

2.2.5. SELECCIÓN DEL COMPRESOR

La selección del compresor es primordial para el funcionamiento del sistema neumático ya que este provee del aire comprimido con el cual se trabaja, para

seleccionar un compresor hay que tomar en cuenta la caída de temperaturas, las fugas y el consumo del equipo intermedio, por lo tanto se debe seleccionar una capacidad suficiente con una descarga que exceda el consumo de aire total.

Festo recomienda seleccionar un compresor con 1,4 veces el consumo de aire total, y uno con un volumen mayor en caso de ser necesario.

Es por esto que siendo el consumo total del sistema neumático de 129 l/min (ANR), se decide seleccionar un compresor con 2,0 veces el consumo de aire total, es decir el doble (258 l/min (ANR)).

Cabe recalcar que la fábrica de muebles clásicos Chandi "FAMUCLACH", posee un compresor de 300 l/min (ANR), de 600[kPa] (6 bar), el cual cumple con los parámetros deseados.



Figura 12. Esquema neumático

Fuente: Autor

2.2.6. DESCRIPCIÓN NEUMÁTICA DE FUNCIONAMIENTO

El compresor cumple la función de alimentar con aire comprimido al sistema, el cual ingresa al filtro de mantenimiento para extraer partículas no deseadas, ingresando aire comprimido limpio hacia la electroválvula, elemento de mando.

El aire comprimido ingresa a la electroválvula por el canal 1, saliendo el mismo en su estado natural por el canal 2 hacia el cilindro neumático, que en esta conexión mantendrá adentro el vástago.

Al activarse la bobina de la electroválvula el aire expulsado hacia el cilindro neumático cambia de estado, saliendo por el canal 4, haciendo que el vástago salga a prensar la madera, por consecuente el aire que se encontraba dentro del cilindro se descarga por el canal 3.

Este proceso será controlado por un relé de 110V AC, el cual se activa mediante el contacto ON-OFF que se encuentra en el panel de control.

2.3. SISTEMA DE PROFUNDIDAD

El sistema de topes de profundidad dentro de la modernización de la máquina perforadora lineal de ebanistería tiene el importante papel de optimizar la materia prima, que se emplea en la construcción de cada mueble.

El sistema de topes es vital en el proceso de perforar la madera, ya que mediante este proceso se puede tener diferentes profundidades de orificios en la madera, el funcionamiento de este proceso ya se menciona en el artículo, el antiguo sistema seleccionaba la profundidad mediante un seguro de presión (mariposa), pero este sistema no era tan eficiente debido al fallo del seguro.

Por este motivo se implementa en el nuevo sistema una varilla con orificios, junto con el seguro, pasador metálico, en donde cada orificio ya conlleva la distancia justa para perforar la madera de manera exacta.

2.3.1. ESTÁNDAR DE TIPO DE MUEBLE

Los muebles que comúnmente se construyen en la fábrica FAMUCLACH son tres, los cuales son puertas, cómodas y armarios por lo que la perforación de sus partes para su elaboración se ha priorizado, la fábrica tiene establecidos diferentes estándares para su respectiva perforación.

En la *Tabla 8* se puede identificar los diferentes estándares (distancias) a perforar para las diferentes partes de los muebles a ensamblar:

Tabla 8. Profundidad estándar a perforar.

Mueble \	Suave	Dura	MDF
Madera	[cm]	[cm]	[cm]
Puerta	2,5	3,5	X
Cómoda	2,0	2,0	1,5
Clóset	1,5	1,5	3,0

Fuente: Autor

2.3.2. PERFORACIÓN DE LA VARILLA

Para la perforación de la varilla se ha tomado muy en cuenta las distancias que se van a perforar, como se puede apreciar en la *Tabla 9*:

Tabla 9. Cantidad de orificios correspondientes a las distancias a perforar en la varilla

Cantidad	Profundidad [cm]
1	3,5
2	3,0
3	2,5
4	2,0
5	1,5

Fuente: Autor

2.3.3. VISUALIZACIÓN DE LOS ESTÁNDARES ESCOGIDOS

La visualización de los estándares escogidos se da a través de una pantalla LCD, la cual es configurada mediante el microcontrolador PIC 16F876A, cuyas entradas y salidas digitales se ven administradas gracias a la selección de los estándares que el operario necesita, para la configuración de este dispositivo de control se toma en cuenta la cantidad de pines que se van a utilizar, así como de su arquitectura y robustez al trabajar.

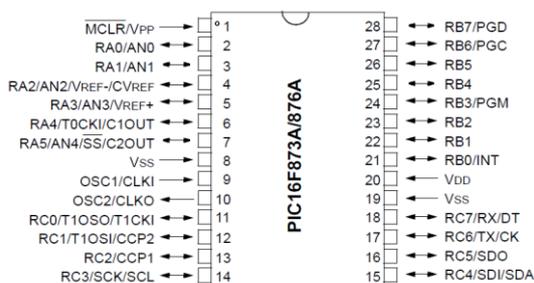


Figura 13. Pines de conexión del microcontrolador PIC16F876A

Fuente: Autor

Los dispositivos de la familia PIC16F87X admiten un amplio rango de tensiones de alimentación, que va de 2,0 V a 5,5 V. La tensión a la cual se alimenten determinará la frecuencia máxima de trabajo.

La potencia máxima disipada es de 1 W y se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$P_{disipada} = V_{DD}(I_{DD} - \Sigma I_{OH}) + \Sigma[(V_{DD} - V_{OH})I_{OH}] + \Sigma(V_{OL}I_{OL})$$

Donde:

- V_{DD} es la tensión suministrada por la fuente de alimentación.
- I_{OH} es la corriente suministrada por las salidas del PIC en estado alto.

- I_{OL} es la corriente absorbida por las salidas del PIC en estado bajo.
- V_{OH} es la tensión entregada por los terminales en estado alto.
- V_{OL} es la tensión presente en los terminales en estado bajo.

$$V_{DD} = 5V$$

$$I_{DD} = 250mA$$

$$I_{OH} = 20mA \rightarrow 1 \text{ led encendido}$$

$$V_{OH} = 4,30V \rightarrow \text{Resistencia de } 220\ \Omega$$

$$I_{OL} = 1,3mA$$

$$V_{OL} = 0,3V$$

$$P_{disipada} = 5[V] \cdot (250[mA] - (11) \cdot (20[mA])) + \Sigma[(5V - 4,30[V])20[mA]] + (13) \cdot [(0,3[V]) \cdot (1,3[mA])]$$

$$P_{disipada} = 5[V] \cdot (250[mA] - (220[mA])) + (11) \cdot [14[mW]] + (13) \cdot [(0,4[mW])]$$

$$P_{disipada} = 150[mW] + 154[mW] + 5,2[mW]$$

$$P_{disipada} = 309,2[mW] = 0,3[W]$$

El PIC16F876A se escoge debido a sus características puntuales, las cuales son básicas para este trabajo, ofreciendo con sus 28 pines rendimiento, velocidad de proceso, seguridad y eficiencia para visualizar el sistema de profundidad que se implementa.

Programación del microcontrolador:

Las primeras pruebas se realizan mediante el programa de simulación "ISIS Professional" o también conocido como "Proteus", que después de configurar los pines de la LCD en la plataforma de programación "MikroC PRO for PIC", se aprecia la visualización de los estándares previa selección del tipo de mueble y tipo de madera.

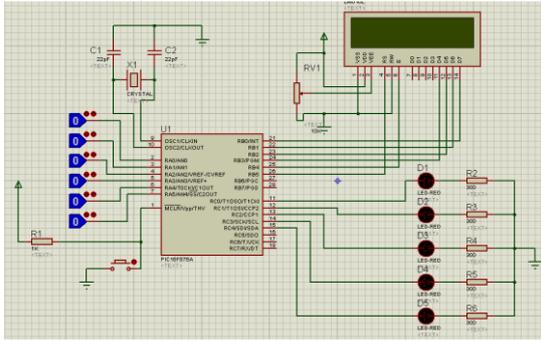


Figura 14. Simulación del circuito de selección de estándares para el sistema de profundidad
Fuente: Autor

Una vez concluida la simulación con éxito el circuito, se procede a probar el circuito armado en protoboard, para lo cual se utiliza el compilador “PICkit2” de Microchip, el cual realiza un interfaz entre el grabador de PICs y la computadora, transfiriendo el programa que se realiza en MikroC al microcontrolador PIC 16F876A.

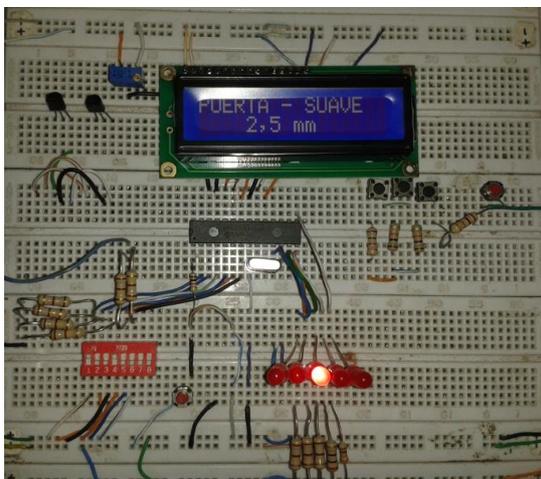


Figura 15. Implementación del circuito en protoboard.
Fuente: Autor

Con el correcto funcionamiento del circuito en la protoboard, se procede a diseñar la placa que conlleva el circuito que da funcionamiento al sistema de profundidad mediante el software “PCB Wizard”.

El diseño de la placa se puede apreciar en la *Figura 16*:

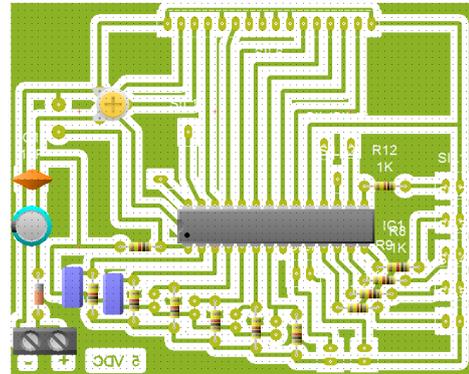


Figura 16. Implementación del circuito en protoboard.
Fuente: Autor

Las combinaciones de tipo de mueble y tipo de madera que se eligen se puede observar en la *Tabla 20*.

Tabla 10. Combinaciones respectivas para salida de estándares de profundidad

Significado de siglas:

A=Puerta, B=Cómoda, C=Clóset, X=Suave, Y=Dura, Z=MDF.

Salida	Distancia	Combinación	Visualización
1	3,5	A_Y	Puerta – Dura
2	3,0	C_Z	Clóset – MDF
3	2,5	A_X	Puerta – Suave
4	2,0	B_X, B_Y	Cómoda – Suave, Cómoda-Dura
5	1,5	C_X, C_Y, B_Z	Clóset - Suave, Clóset - Dura, Cómoda - MDF

Fuente: Autor

3. SISTEMAS MODERNIZADOS

Una vez seleccionados y modernizados los sistemas que componen la máquina perforadora lineal de ebanistería, se procede a enlazarlos entre si, para un óptimo trabajo.

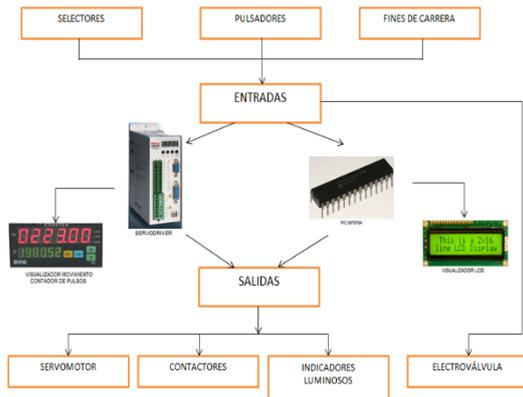


Figura 17. Diagrama de bloques de los sistemas implementados para modernizar la máquina.
Fuente: Autor

3.1. PANEL DE CONTROL

El panel de control permite al operario controlar todos los sistemas implementados y visualizar al instante información fundamental que permite conocer el estado de los sistemas, como es el caso del movimiento del servomotor y el sistema de profundidad.

En la *Figura 18* se observa la distribución tanto de los dispositivos de control, como de los dispositivos de visualización:

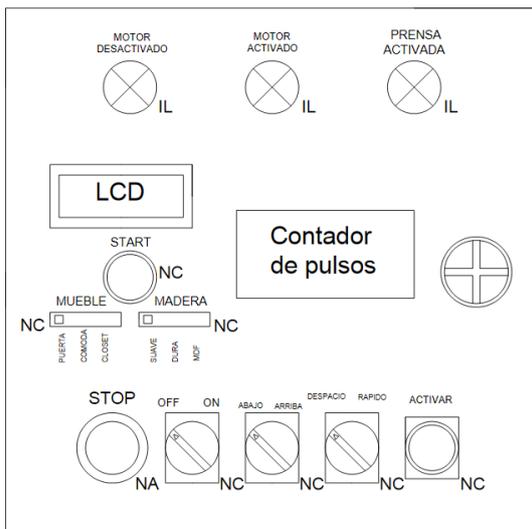


Figura 18. Panel de control con nomenclatura de estado normal.
Fuente: Autor

Donde:

NA -> Normalmente abierto

NC -> Normalmente cerrado

IL -> Indicador luminoso

3.2. MONTAJE E INSTALACIÓN

El gabinete principal es el que permite alimentar a todos los sistemas, además conlleva todas las protecciones, y contiene una de las partes más fundamentales de control, como es el servodriver, para lo cual se ha tomado las recomendaciones del fabricante para su respectiva instalación.



Figura 19. Conexiones del gabinete del gabinete principal.
Fuente: Autor

Implementados todos los componentes de la modernización de la máquina perforadora lineal de ebanistería, se procede a comprobar todas las conexiones con el multímetro, siendo satisfactoria la comprobación, se energiza al gabinete principal, se enciende la máquina mediante el selector (ON) del panel de control, y se realiza las diferentes pruebas de funcionamiento, la *Figura 20* muestra la máquina perforadora lineal de ebanistería modernizada.



Figura 20. Máquina perforadora lineal de ebanistería modernizada.

Fuente: Autor

4. RESULTADOS

Los resultados obtenidos en la realización de esta modernización, han sido claramente positivos para agilizar el proceso de producción, tanto a nivel de optimización de tiempo de trabajo en la máquina, seguridad del operario y óptima utilización de materia prima.

Es por esto que los datos adquiridos en las pruebas de la modernización son comparados con los datos obtenidos antes de realizar este trabajo:

Tabla 11. Optimización del tiempo de trabajo al realizar la perforaciones requeridas para construir cada mueble

Estándar	N° perforaciones	ANTES	AHORA	OPTIMIZA	OPTIMIZA
		Tiempo [mm:ss]	Tiempo [mm:ss]	Tiempo [mm:ss]	Porcentaje
Puerta-Suave	12	72:00	48:00	24:00	33%
Puerta-Dura	12	84:00	60:00	24:00	28%
Cómoda-Suave	26	138:20	86:20	52:00	37%
Cómoda-Dura	26	138:20	86:20	52:00	37%
Cómoda-MDF	26	130:00	78:00	52:00	40%
Clóset-Suave	50	250:00	150:00	100:00	40%
Clóset-Dura	50	250:00	150:00	100:00	40%
Clóset-MDF	50	315:00	215:00	100:00	31%

Fuente: Autor

La Tabla 11 muestra que la modernización de la máquina perforadora lineal de ebanistería permite optimizar en promedio el 30% del tiempo que se emplea en la construcción de cada mueble.

Tabla 12. Optimización de materia prima requerida para construir cada mueble en veinte días laborables

Proceso	Materia prima	Cantidad muebles	ANTES	AHORA	OPTIMIZA	OPTIMIZA
			Cantidad materia prima	Cantidad materia prima	Cantidad materia prima	Porcentaje
Puerta	Madero	12	84	72	12	14%
Cómoda	Madero	4	44	40	4	9%
Clóset	Plancha	4	16	12	4	25%

Fuente: Autor

La Tabla 12 muestra que la modernización de la máquina perforadora lineal de ebanistería permite optimizar en promedio el 16% de la materia prima que se emplea al trabajar veinte (20) días laborables.

La implementación del sistema neumático muestra resultados favorables en la seguridad de los operarios, esto se debe a que ninguno de los otros dos sistemas son alimentados de energía eléctrica, si la madera no se encuentra prensada.

Por lo tanto el operario debe obligatoriamente activar el sistema neumático para poder perforar la madera y a su vez salvaguardar su integridad física.

5. CONCLUSIONES

- ✓ La modernización de la máquina perforadora lineal de ebanistería agiliza el proceso de producción de muebles, reduciendo el tiempo en el proceso de perforación de la materia prima en 30%.

- ✓ El sistema de profundidad optimiza el uso de la materia prima que se requiere para fabricar cada mueble, reduciendo su consumo en 16%, tomando en cuenta veinte días laborables.
- ✓ A través de la relación de transmisión se optimiza la fuerza y velocidad del posicionamiento vertical.
- ✓ El sistema neumático implementado en la máquina perforadora lineal de ebanistería eleva la protección del operario en 12%.
- ✓ Mediante las pruebas realizadas se pudo corregir errores y falencias en el campo de precisión, velocidad, sujeción neumática y profundidad, presentadas en la máquina perforadora lineal, alcanzando un error de 1%.

6. RECOMENDACIONES

- Cumplir a cabalidad con el mantenimiento de la máquina perforadora lineal de ebanistería en el tiempo indicado para evitar contratiempos mayores a largo plazo.
- Se recomienda leer el manual de usuario antes de iniciar a trabajar para operar correctamente la máquina.
- En caso de cualquier desperfecto en la máquina perforadora lineal de ebanistería se recomienda buscar asistencia técnica capacitada o

comunicarse con los autores de la modernización.

- Es importante revisar la presión que ingresa al sistema neumático desde el compresor, la cual no debe exceder los 100 psi, el caso omiso a esta advertencia puede causar daños al equipo y al operario.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ❖ Mott, R. (2006). Diseño de Elementos de Máquinas, P.E (4ta edición). México: Pearson Educación.
- ❖ Budynas, R., y Nisbeth, K.(sf). Diseño en ingeniería mecánica de Shigley (8va edición): McGrawHill.
- ❖ Beer, F., Johnston, J., Russell, E., DeWolf, J., Mazurek, D. (sf). Mecánica de Materiales (5ta edición). McGraw-Hill.
- ❖ Mott, R.(sf). Resistencia de Materiales (5ta edición). (sl): Pearson Educación.
- ❖ AGMA STANDARD. (2011). ANSI/AGMA 2001-C95. Fundamental Rating Factors and Calculation Methods for Involute Spur and Helical Gear Teeth. (Metric Edition). Virginia: American Gear Manufacturers Association.
- ❖ Budynas, R., y Nisbeth K. (2008). Shigley's Mechanical Engineering Design. (8va edición). (sl): The McGraw-Hill Companies.

- ❖ KINCO Automation, Ltd. (2011). CD SERVO User Manual. Shanghai: KINCO Ltd.
- ❖ MYPIN Electrical Co., Ltd. (sf). FH Series of Counter/Length/Batch Meter Manual. Guangdong: MYPIN.
- ❖ Microchip Technology Inc. (2003). PIC16F87XA Data Sheet 28/40/44-Pin Enhanced Flash Microcontrollers. California: Microchip Technology Incorporated.
- ❖ FESTO AG y Co. (2013). Guía de productos 2013/2014 (9na edición). Esslingen: FESTO AG y Co.
- ❖ SMC. (sf). Procedimientos de selección del modelo de cilindro neumático. sl: SE.
- ❖ FESTO AG y Co. (2013). Informaciones técnicas. (6ta edición). Esslingen: FESTO AG y Co.
- ❖ Schneider Electric Argentina S.A. (2014). Unidades de mando y de señalización. Buenos Aires: SE.
- ❖ Xinje Electric Co., Ltd. (sf). DS2 series servodrive. Jiangsu: Xinje Electric Co., Ltd
- ❖ GSK CNC EQUIPMENT CO., LTD. (sf). Servo Motor de CA GSK serie SJT. (sl): GSK CNC EQUIPMENT CO., LTD

Fausto Vinicio Yépez Lima



Nacido en Ibarra, Ecuador, el 06 de junio de 1988.

Realizó sus estudios secundarios en el colegio “San Francisco” de Ibarra, obteniendo el título

de bachiller en Físico Matemático.

Sus estudios superiores de ingeniería en Mecatrónica los realizó en la Universidad Técnica del Norte en Ibarra.

Vinicio Javier Lema Flores



Nacido en Ibarra, Ecuador, el 07 de marzo de 1990.

Realizó sus estudios secundarios en el colegio ACMIL “San Diego” de Ibarra, obteniendo el

título de bachiller en Físico Matemático.

Sus estudios superiores de ingeniería en Mecatrónica los realizó en la Universidad Técnica del Norte en Ibarra.