

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**

**AUTOMATIZACIÓN DE UNA MÁQUINA FRESADORA VERTICAL O  
TUPÍ**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN  
ELECTRÓNICA Y CONTROL**

**MARÍA DOLORES ABADIANO FARINANGO**

**EDISON ANTONIO CHANDI YÉPEZ**

**DIRECTORA: ING. ANA RODAS**

**Quito, Septiembre 2007**

## **DECLARACIÓN**

Nosotros, María Dolores Abadiano Farinango y Edison Antonio Chandi Yépez, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

---

María Dolores Abadiano Farinango

---

Edison Antonio Chandi Yépez

## **CERTIFICACIÓN**

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por María Dolores Abadiano Farinango y Edison Antonio Chandi Yépez bajo mi supervisión.

---

Ing. Ana Rodas  
DIRECTORA DEL PROYECTO

## **AGRADECIMIENTOS**

*A Dios por darme la oportunidad de cumplir este sueño y por acompañarme todos los días de mi vida.*

*A mis padres por esforzarse día tras día por darme lo mejor.*

*A mi tía Diana por ser mi mejor amiga.*

*A toda mi familia por brindarme su amistad y confianza.*

*A Víctor Betancourd y su familia, gracias por su apoyo desinteresado.*

*Al Padre Francisco Piñas, Carlos Rivas y a todos los jesuitas mis buenos amigos.*

*A la Ing. Ana Rodas por guiarnos en el desarrollo de este proyecto.*

*A Edison por ser parte de este logro.*

**Mary**

## DEDICATORIA

*A Boris, mi chiquito, a pesar de tu ausencia en el mundo siempre fuiste mi inspiración.*

*A Luis Abadiano y Auxilia Farinango, mis padres por su amor, comprensión y apoyo en todo momento y por ser lo mejor que Dios me dio en la vida.*

*A Fidel, Verito, Luis, Michelle y Nayeli mis hermanos, por estar siempre a mi lado y ser mis grandes amigos.*

*A Baltazar Farinango, mi abuelito, a mis tías, mis tíos y toda mi familia por el aliento brindado.*

*A Edison, por tu apoyo y comprensión, ante todo eres un gran amigo.*

*A todos mis amigos y compañeros, por compartir mis sueños.*

**Mary**

## **AGRADECIMIENTOS**

*A Dios, por ser ese amigo incondicional, y estar conmigo en todos los momentos de mi vida, dándome esa esperanza que siempre el mañana traerá algo mejor para vivir.*

*A mis padres, que con sus bendiciones siempre me acompañaron y me dieron la fortaleza para salir adelante, con su esfuerzo y trabajo han hecho posible la culminación de esta etapa de mi vida.*

*A mis hermanos, por su apoyo incondicional y darme ese ánimo de ser cada día mejor.*

*A mis familiares y amigos, por estar siempre junto a mí, brindándome su amistad y lo mejor de cada uno.*

*A la Ing. Ana Rodas, directora de éste proyecto por guiarnos en la última etapa de nuestra vida universitaria.*

*A Mary, compañera de éste proyecto con la que hemos superado todos los obstáculos y problemas para salir adelante.*

**Edison**

## DEDICATORIA

*A Alonso Chandi y Adriana Yépez, quienes me dieron la vida y se sacrificaron por hacerme un profesional, sus consejos y enseñanzas siempre prevalecerán en mi corazón.*

*A mis hermanos Alonso Javier, Sofía y Evelyn por ser parte de éste triunfo e inspiración para cumplirlo.*

*A mi abuelito, que aunque ya no está junto a mí; su presencia siempre me guío y acompañó en todos los momentos.*

*A mis abuelitas que siempre dieron a su nieto todo su cariño y ternura.*

*A mis compañeros con quienes compartí momentos agradables e inolvidables que siempre estarán presentes en mi mente y en mi corazón.*

*A Mary por compartir conmigo este triunfo y ser esa persona incondicional.*

***Edison***

## CONTENIDO

	Pág.
<b>CONTENIDO .....</b>	<b>i</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>v</b>
<b>PRESENTACIÓN.....</b>	<b>vi</b>
<b>CAPÍTULO I</b>	
DESCRIPCIÓN DE LAS MAQUINAS FRESADORAS PARA	
MADERA .....	1
1.1. MÁQUINAS FRESADORAS PARA METALMECÁNICA .....	2
1.1.1 Fresadora vertical .....	3
1.1.2 Fresadora horizontal .....	4
1.1.3 Fresadora universal .....	5
1.2 MÁQUINAS FRESADORAS PARA EBANISTERÍA .....	6
1.2.1 Fresadoras de mano .....	6
1.2.2 Fresadoras de banco .....	8
1.3 MAQUINA FRESADORA VERTICAL O TUPÍ .....	11
1.3.1 Partes de la máquina .....	11
1.3.2 Tipos de operaciones .....	13
1.3.3 Fresas para madera .....	16
1.3.4 Formas de alimentación o avance .....	17
1.3.5 Normas de seguridad .....	23
1.3.6 Accesorios básicos de trabajo .....	24
1.3.7 Medidas de prevención .....	27
1.3.8 Breve descripción del proyecto .....	27
<b>CAPÍTULO II</b>	
DISEÑO DEL HARDWARE DEL SISTEMA .....	29



2.1	DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA .....	29
2.2	SISTEMA DE MOLDURADO .....	30
2.2.1	DESCRIPCIÓN DEL AVANCE .....	30
2.2.2	CALIDAD DEL LABRADO DE LA MADERA .....	31
2.2.3	VARIADOR DE VELOCIDAD ALTIVAR ATV31 .....	35
2.3	SISTEMA DE ESPIGADO .....	36
2.3.1	ESQUEMA NEUMÁTICO .....	37
2.3.2	ALIMENTACIÓN .....	37
2.3.3	UNIDAD DE MANTENIMIENTO .....	38
2.3.4	ELEMENTOS DE MANDO .....	38
2.3.5	ELEMENTOS DE TRABAJO .....	39
2.4	SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE POLVO .....	41
2.5	PANEL DE CONTROL .....	42
2.5.1	ESQUEMA .....	43
2.5.2	AUTÓMATA PROGRAMABLE (PLC) .....	44
2.5.3	ENTRADAS .....	46
2.5.4	SALIDAS .....	49
2.5.5	ELEMENTOS DE PROTECCIÓN .....	51
2.5.6	MICROCONTROLADOR 16F876A .....	53
2.5.7	LCD .....	56
2.5.8	MAX 232 .....	57

### **CAPITULO III**

	DESARROLLO DEL SOFTWARE .....	59
3.1	DIAGRAMA DE BLOQUES DEL SISTEMA .....	59
3.2	PROGRAMACIÓN DEL PLC .....	60
3.2.1	PAQUETE DE PROGRAMACIÓN STEP 7-MICRO/WIN .....	60
3.2.2	DIAGRAMA DE BLOQUE DEL PROGRAMA PRINCIPAL .....	

DEL PLC .....	61
3.2.3 DIAGRAMA DE BLOQUE DEL PROGRAMA DE SUBROUTINA DEL PLC .....	65
3.3 PROGRAMACIÓN DEL MICROCONTROLADOR PIC16F876A .....	65
3.3.1 COMPILADOR PICBASIC PRO .....	65
3.3.2 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROGRAMA PRINCIPAL DEL PIC 16F876A .....	66
3.3.3 DIAGRAMA DE FLUJO DEL SUBROUTINA PRINCIPAL DEL PIC 16F876A .....	67
3.3.4 DIAGRAMA DE FLUJO DEL SUBROUTINA CONTEO_MOLDURAR DEL PIC 16F876A .....	68
3.3.5 DIAGRAMA DE FLUJO DEL SUBROUTINA CONTEO_ESPIGAR DEL PIC 16F876A .....	69
3.4 PROGRAMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS ACTUALES .....	69
3.4.1 DIAGRAMA DE BLOQUE DEL PROGRAMA DE LABVIEW ....	70
3.5 INTERFAZ HOMBRE MAQUINA (HMI) .....	73
3.5.1 ENTORNO DEL S7-200 PC ACCESS .....	73
3.5.2 ENTORNO DEL LOOKOUT 5.0 .....	79
3.5.3 DIÁGRAMA DE BLOQUES DEL INTERFAZ HOMBRE MÁQUINA DE LOOKOUT .....	81
<b>CAPITULO IV</b>	
PRUEBAS Y RESULTADOS .....	85
4.1 OPERACIONES DE LA MÁQUINA ANTES DEL DESARROLLO DEL PROYECTO .....	85
4.2 OPERACIONES DE LA MÁQUINA DESPUÉS DEL DESARROLLO DEL PROYECTO .....	87
4.2.1 PRUEBAS Y RESULTADOS DE LA OPERACIÓN	

MOLDURAR .....	87
4.2.2 PRUEBAS Y RESULTADOS DE LA OPERACIÓN DE ESPIGAR .....	94
4.3 PRUEBAS Y RESULTADOS DEL EXTRACTOR DE POLVO .....	99
<b>CAPITULO V</b>	
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	100
5.1 CONCLUSIONES .....	100
5.2 RECOMENDACIONES .....	102
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	104
<b>ANEXO A</b>	
MANUAL DE OPERACIÓN .....	A
<b>ANEXO B</b>	
COSTOS DEL PROYECTO .....	B
<b>ANEXO C</b>	
DATOS TÉCNICOS DEL PLC SIMATIC S7-200 .....	C
<b>ANEXO D</b>	
DATOS TÉCNICOS Y CONFIGURACIÓN CABLE PC/PPI .....	D
<b>ANEXO E</b>	
GUÍA DE PARAMETRIZACIÓN DEL VARIADOR DE VELOCIDAD ALTIVAR ATV31 .....	E
<b>ANEXO F</b>	
MANUAL DE OPERACIÓN DEL SISTEMA DE AVANCE SEMI- MECANICO (SAW-MATE FEEDER) .....	F
<b>ANEXO G</b>	
ELEMENTOS NEUMÁTICOS .....	G
<b>ANEXO H</b>	
HOJA DE DATOS DEL LCD .....	H

## RESUMEN

La Industria del Mueble y la Madera, encargada de la construcción de muebles y afines, se ha ido desarrollando y acrecentando debido a la gran demanda de construcción de inmuebles, la necesidad de modernizar los procesos de fabricación de muebles de los artesanos en la Carpintería y de mejorar su ambiente de trabajo y producción.

Es importante tomar en cuenta que el mueble, en una gran parte abandona el concepto artesanal para convertirse en un bien de consumo; por lo tanto, su fabricación debe ser en cantidades grandes, con lo que se consigue una mayor rentabilidad y aprovechamiento del material que a la larga abaratarán los costes de producción.

Al ser la máquina fresadora vertical o tupí de mucha importancia en la elaboración de muebles y afines, y al estar siendo subutilizada por la falta de herramientas y accesorios que proporcionen mejor calidad de productos, seguridad para las personas que la operan y una reducción de tiempos de producción se hace necesaria la búsqueda de una solución.

Este proyecto plantea como objetivo el realizar la Automatización de la Máquina Fresadora Vertical o Tupí en la Fabrica de Muebles FAMUCLACH, para lo cual se ha implementado sistemas de arrastre automático para las operaciones de moldurar y espigar y un control de la máquina mediante un PLC.

Se ha dotado a la máquina de un interfaz hombre-máquina desarrollado en el software Lookout, el cual consta de un panel de control desde el cual se puede accionar fácilmente la máquina, un panel de monitoreo desde el cual se puede supervisar el funcionamiento de la máquina y paneles para la adquisición y registro de datos en las dos operaciones.

## **PRESENTACIÓN**

El proyecto de titulación denominado Automatización de una Máquina Fresadora Vertical o Tupí, está estructurado en cinco capítulos: Capítulo I: Descripción de las Máquinas Fresadoras para Madera, Capítulo II: Diseño del Hardware del Sistema, Capítulo III: Diseño del Software del Sistema, Capítulo IV: Pruebas y Resultados, y por último Capítulo V: Conclusiones y Recomendaciones, de los cuales a continuación se hace un breve resumen.

En el primer capítulo se ha realizado una investigación detallada de los diferentes tipos de fresadoras tanto para la metalmecánica como para la ebanistería. Luego el estudio se centra en la máquina Fresadora vertical o tupí, definiendo sus partes componentes, aditamentos principales, operaciones básicas, normas de seguridad, accesorios básicos y una breve descripción del proyecto a ser desarrollado.

En el segundo capítulo se describe las dos operaciones que va a realizar la máquina: moldurar y espigar; además de los elementos, accesorios y dispositivos utilizados, detallándolos cada uno de ellos; es decir, como se los ha utilizado, la función, aplicación, datos técnicos, etc. de tal forma que proporcionen al operario todas las garantías y cumplan los requerimientos necesarios para que el mismo funcione de acuerdo a los objetivos trazados inicialmente.

En el tercer capítulo se presenta una descripción de la programación tanto para el PIC, el PLC y la PC detallada a través de información sobre los programas utilizados, diagramas de flujo o bloques de los programas implementados y en el caso de la PC las pantallas creadas, de esta forma se da a conocer la lógica de control y monitoreo que se desarrolló para el proyecto.

En el cuarto capítulo se hace referencia a las pruebas realizadas para diferentes tipos y tamaños de madera, y los resultados obtenidos de las mismas con la máquina automatizada, tanto para las operaciones de moldurado como para el espigado. Se identifican las ventajas, beneficios y limitantes que se obtuvo al utilizar la máquina.

Finalmente se concluye el desarrollo de este proyecto con una serie de conclusiones y recomendaciones que deberán ser tomadas en cuenta en futuras investigaciones relacionadas con el tema del proyecto el campo de aplicación, para una mejor utilización de la máquina, tanto como para la continuidad y sostenibilidad de este proyecto.

# CAPÍTULO I

## DESCRIPCIÓN DE LAS MAQUINAS FRESADORAS PARA MADERA

Una de las máquinas más utilizadas en la industria de la madera elaborada es la fresadora vertical o tupí. Para el artesano es una máquina básica y necesaria en la producción de muebles y demás; para la mediana y gran empresa es indispensable al preparar prototipos, modelos y en definitiva, para aquellos "trabajos finos" y con un toque personal y artesano en la elaboración de piezas singulares [1].

La tupí o fresadora vertical es una máquina considerada peligrosa por los profesionales del sector de la madera, más aún si no se utiliza los accesorios y equipos básicos de protección [1]. Las máquinas han sido automatizadas en gran medida y los procesos han mejorado, pero la máquina tupí sigue conservando su funcionamiento tradicional que es el de realizar molduras, espigas, etc., es decir, fresar. Fresar es labrar o dar diferente forma a la madera (u otro material) con ayuda de una fresadora. Una fresadora es una máquina eléctrica rotativa en la que se coloca la herramienta de corte llamada fresa o útil; y debido al movimiento giratorio que ésta adquiere y al movimiento longitudinal que se da a la fresadora, va haciendo el labrado en la pieza. Existen multitud de formas de fresas como se puede apreciar en la Figura 1.1 y 1.2; todo depende de la labra que se quiera hacer y el material que se va a utilizar.



*Figura 1.1 Fresado en madera*



*Figura 1.2 Fresado en metal*

El presente capítulo permite conocer de manera rápida las fresadoras existentes tanto en el campo de la metalmecánica como en la ebanistería, llegando a la máquina fresadora vertical o tupí, objeto de este estudio; sus partes componentes, aditamentos principales, dispositivos de sujeción y operaciones básicas que puede realizar.

## **1.1 MÁQUINAS FRESADORAS PARA METALMECÁNICA [2]**

En el campo de las máquinas herramientas fresadoras existen una variedad de tipos que básicamente se pueden resumir en fresadoras verticales, fresadoras horizontales y fresadoras universales. El nombre se le da según la posición de trabajo del husillo principal, porta herramienta o porta fresa, que es un tornillo utilizado para el movimiento de las fresas.

Así, si la posición de trabajo del husillo es vertical, la fresadora será vertical y, si la posición es horizontal, la fresadora será horizontal. Estas máquinas son diseñadas y construidas para trabajar en esta única posición y por lo tanto, dedicadas a la producción de grandes series de piezas.



*Figura 1.3 Husillo para fresadora de metales*



### 1.1.1 FRESADORA VERTICAL

Este tipo de fresadora, tiene el cabezal semejante a las máquinas de taladrar. La mesa tiene movimiento vertical, sobre la cual se desliza el carro que tiene desplazamiento transversal y longitudinal. En algunas máquinas de este tipo, el carro es giratorio, igual que en las fresadoras universales. El eje porta-fresa también puede desplazarse verticalmente. Este tipo de máquinas es muy empleado para acanalado y ranurado, por la disposición del eje. En la Figura 1.4.1 se puede ver una fresadora vertical con sus partes y en la Figura 1.4.2 el ranurado de una pieza de metal. [3]

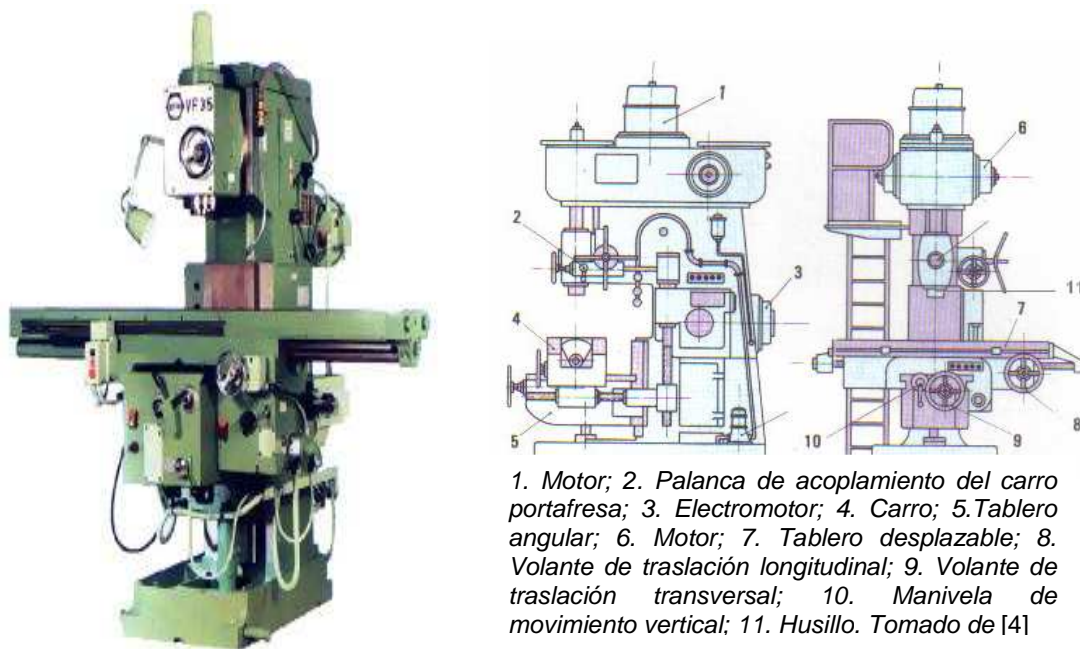


Figura 1.4.1 Fresadora Vertical.

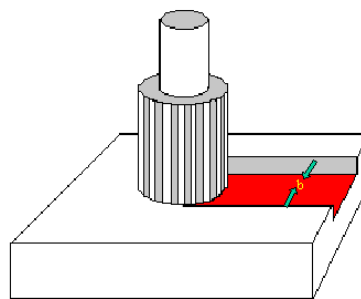


Figura 1.4.2 Ranurado de una pieza de metal. Tomado de [5]

### 1.1.2 FRESADORA HORIZONTAL

Esta máquina tiene el eje porta-fresa en forma horizontal. La mesa consiste en una verdadera bancada sobre la que se desliza el carro que es de gran longitud y similar a los de las máquinas de cepillar. La bancada en este caso es fija, y es el cabezal completo el que tiene desplazamiento vertical. El eje porta-fresa o husillo tiene un soporte exterior cuya altura se gradúa junto al cabezal. El carro tiene dos movimientos: transversal y longitudinal, los cuales se efectúan automáticamente. Entre sus operaciones está el fresado simple, el cual consiste en efectuar un plano paralelo al eje del cortador; el corte lateral para maquinar ranuras y escalones, etc. En la Figura 1.5 se encuentra una fresadora horizontal y sus partes principales. [3]

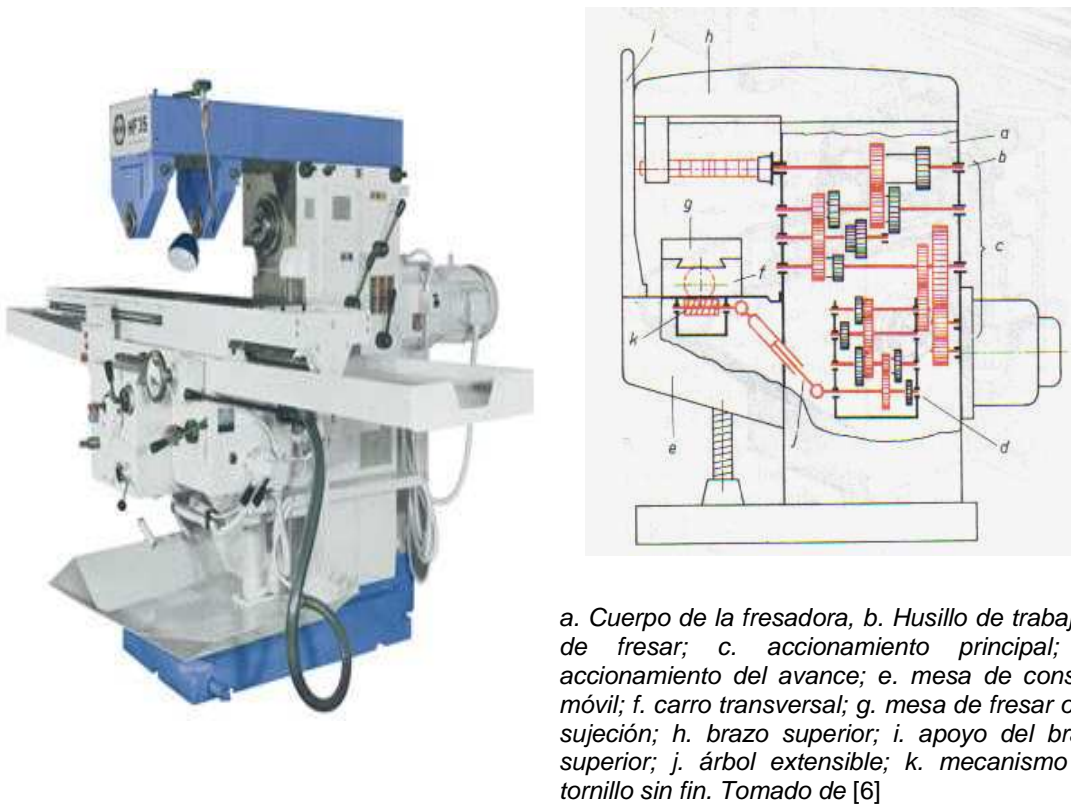


Figura 1.5 Fresadora Horizontal.

### 1.1.3 FRESADORA UNIVERSAL

Debido a la restricción de maniobrabilidad del husillo se ha creado la Fresadora Universal, que es una máquina herramienta que permite el acoplamiento de una serie de aditamentos especiales que le permiten trabajar como fresadora vertical, horizontal y aún como mortajador (máquina que realiza huecos en una pieza para encajar otra), con el consiguiente aumento de las posiciones de trabajo de la herramienta, lo que redunda en la obtención de piezas de mayor complejidad, pero limitándose a series de producción mas bien pequeñas, dadas las condiciones de menor robustez, tamaño de la mesa portapieza y rigidez de este tipo de fresadora. La fresadora universal es la máquina más versátil y con una mayor gama de aplicación para la producción de pequeñas series de piezas de variada forma y complejidad, utilizando para esto, los aditamentos propios de estas fresadoras, que le pueden transformar inclusive en una pequeña mortajadora. En la Figura 1.6 se observa la fresadora universal y sus partes principales. [2]

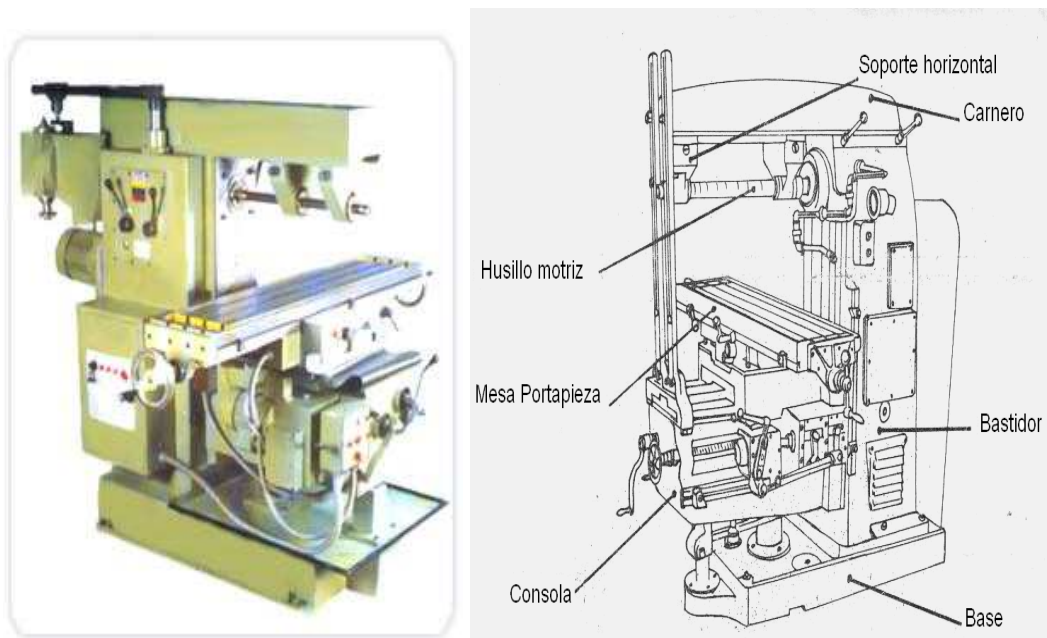


Figura 1.6 Fresadora Universal. Tomado de [2]

## 1.2 MÁQUINAS FRESADORAS PARA EBANISTERÍA

Las fresadoras sirven para hacer ensambles de madera, fresar perfiles o molduras, en materiales de madera y de plástico según plantillas. La elaboración de la pieza se produce mediante distintas herramientas perfiladas accionadas mecánicamente. Se distingue entre las fresadoras: de mano y de banco.

### 1.2.1 FRESADORAS DE MANO [7]

Son máquinas portátiles para trabajar a pulso o con plantillas. Constan de un potente motor que les imprime una velocidad alta, lo cual permite incorporar los diferentes tipos de fresas para realizar operaciones diversas. Tienen una superficie graduable en profundidad y un mandril<sup>1</sup> de agarre del fresín.

#### 1.2.1.1 Fresadora de cantear y de tiras de bordes

Se emplea para planear, achaflanar y rebordear tiras de bordes encoladas, así como para fresar perfiles en los bordes e inserción de tiras de metal y de plásticos.



Figura 1.6 Fresadora de cantos. Tomado de [8]

##### 1.2.1.1.1 Planear.- aplanar, cantear, igualar un borde



Figura 1.7 Fresín de planear. Tomado de [9]

---

<sup>1</sup> mandril.- Pieza de madera o metal de forma cilíndrica que sirve para apoyar una pieza para su trabajo (torneado, fresado, etc.) o a una herramienta fija.

**1.2.1.1.2 Achaflanar.-** Dar a una esquina forma de chaflán (borde, canto, bisel).



*Figura 1.8 Fresín de Achaflanar. Tomado de [9]  
]*

**1.2.1.1.3 Rebordear.-** Perfilar, retocar, pulir un borde



*Figura 1.9 Rebordear. Tomado de [8]*

### **1.2.1.2 Tupí de mano**

Sirve para fresar ranuras y perfiles en bordes rectos, arqueados y contorneados, ranuras redondas y también según plantillas. Para cada trabajo hay que emplear la fresa que corresponde. En la Figura 1.10 se puede observar una tupí de mano y el fresado que realiza en la madera.



*Figura 1.10 Tupí de mano. Tomado de [9] y [10]*

### 1.2.1.3 Fresadora Enrasadora

Especialmente diseñada para el enrasado de esquinas en los trabajos de pulido de parquet macizo o escalones en escaleras de madera. Permite enrasar las esquinas a las que no llega la lijadora tradicional de parquet, dejándolas a nivel con el resto de suelo. Enrasar es hacer que la superficie de un mueble quede totalmente lisa.



Figura 1.11 Fresadora Enrasadora. Tomado de [9] y [11]

## 1.2.2 FRESADORAS DE BANCO

### 1.2.2.1 Tupí de brazo superior

La tupí de brazo superior (Figura 1.12) sirve para aristas vivas y ranuras, para el fresado de perfiles de cualquier forma según plantillas y para fresados en bajo relieve en piezas. La herramienta de la tupí de brazo superior trabaja en sentido vertical como las brocas y hacia los lados como las fresas.



Figura 1.12 Tupí de Brazo Superior. Tomado de [12]



### 1.2.2.2 Fresadora de empalme

Con esta máquina se hacen uniones a cola de milano. Las piezas a ensamblar se sujetan formando un ángulo recto y se les fresan los dientes y los huecos del ensamble en una misma operación. Para este trabajo se emplean fresas especiales.

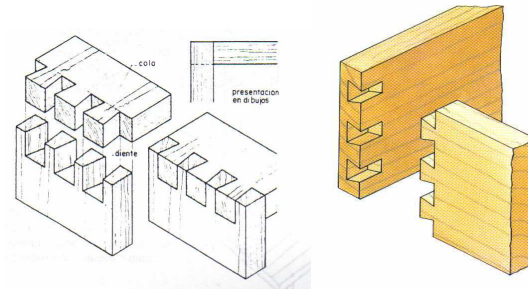


Figura 1.13 Unión Cola de Milano Tomado de [13] y [14]

### 1.2.2.3 Fresadora de cadena

Esta máquina, llamada también escopleadora de cadena sirve para hacer orificios rectangulares tales como mortajas y cajas para cerraduras, como se ve en la Figura 1.14

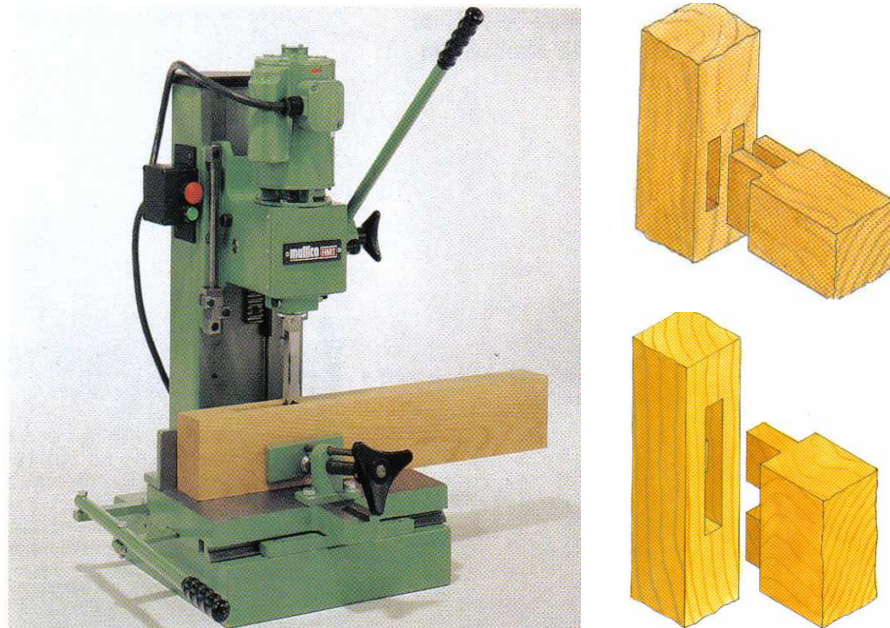
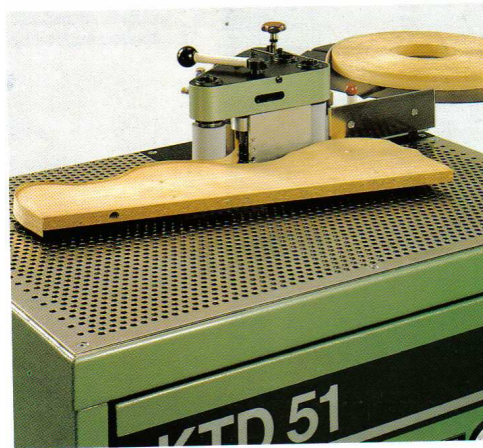


Figura 1.14 Fresadora de Cadena o Escopleadora. Tomado de [13]

#### 1.2.2.4 Fresadora de bordes

Puede ser una máquina aparte o complemento de una automática en la que en una sola pasada se efectúan varios trabajos. Una máquina automática de ese tipo es por ejemplo la encoladora de bordes; que es una máquina que aplica cola o pegamento en el borde de una pieza, para luego ser adherida a las tiras de plásticos. El transporte de la pieza es mecánico o semi-mecánico. La mayor parte de las fresas con dientes de metal duro trabajan la pieza simultáneamente por ambas caras. El anillo de ataque colocado sobre la herramienta procura el fresado plano exacto del material del borde. En la Figura 1.15 se aprecia una fresadora de bordes.



*Figura 1.15 Fresadora de Bordes Tomado de [13]*

#### 1.2.2.5 Máquina fresadora vertical o tupí

Es una de las máquinas herramienta más versátiles y útiles, que dispone de un eje vertical en el que se pueden instalar las distintas fresas para realizar diversos trabajos; desempeña una de las funciones imprescindibles en cualquier taller de ebanistería.

Existen en el mercado numerosos fabricantes que proveen este tipo de máquina. Las medidas son muy variadas, pero la función es siempre la misma; a un eje vertical se aplican diversos útiles para trabajar la madera.



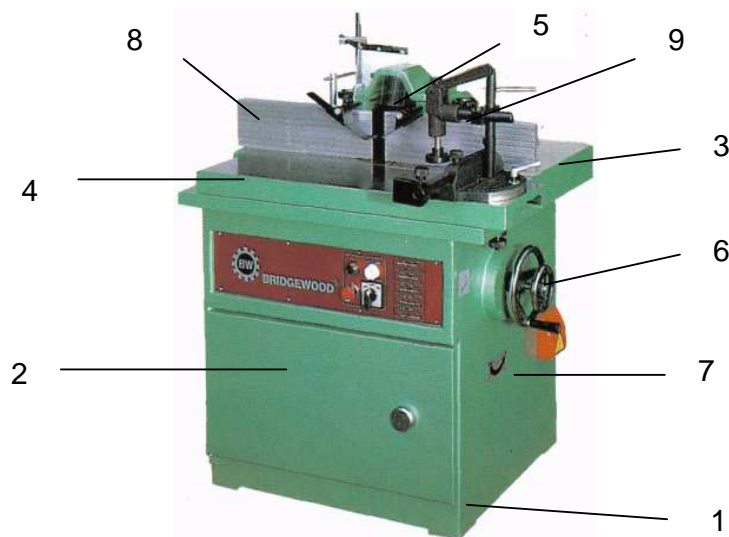
### 1.3 MAQUINA FRESADORA VERTICAL O TUPI



*Figura 1.16 Fresadora Vertical o Tupí. Tomado de [13]*

La máquina tupí se utiliza para la modificación de perfiles de piezas de madera, por creación de ranuras, galces, molduras, etc., mediante la acción de un útil recto o circular que gira sobre un eje normalmente vertical. La tupí se distingue por su versatilidad de trabajo. Para cada tipo de trabajo, se elige la velocidad más adecuada en función de la herramienta de corte, madera a trabajar, profundidad de corte, etc. En la Figura 1.16 se aprecia una fresadora vertical en funcionamiento.

#### 1.3.1 PARTES DE LA MÁQUINA [13]



*Figura 1.17 Partes de la Máquina Tupí. Tomado de [13]*

1. **Base.** Parte de la máquina que le otorga solidez y apoyo en el suelo. Suele disponer de taladros para su fijación al suelo, aunque las máquinas modernas resuelven el problema de las vibraciones con unos tacos de caucho.
2. **Motor.** Insertado en el interior de la carcasa, proporciona la fuerza de rotación al árbol o eje de la máquina.
3. **Mesa.** Sirve para la colocación y guía de las piezas y como base de apoyo de las mismas. Las mesas de las fresadoras disponen de ranuras en forma de cola de milano para sujetar las guías de trabajo. También están provistas de agujeros para sujetar distintas fijaciones, protectores y puntos de apoyo.
4. **Carro.** Algunas fresadoras disponen de carros para poder sujetar las piezas en un perfil acoplable. Estos carros están diseñados para sujetar piezas que se trabajan en operaciones de espigado.
5. **Árbol.** Eje de la máquina en el que se introducen de forma perimetral las herramientas o fresas para trabajar la madera. Puede desplazarse en sentido vertical para colocar las fresas a la altura deseada. Antiguamente, los árboles estaban provistos de una ranura vertical en la que se introducían las cuchillas que molduraban la madera. En la actualidad no es recomendable esta práctica, ya que el mercado ofrece elementos portacuchillas que consiguen reducir el ángulo de ataque, aumentando así la seguridad del operario.
6. **Volante para accionar el árbol.** Manivela que puede subir y bajar el eje, y que dispone de un seguro para bloquear este movimiento.
7. **Bloqueador del eje.** Para apretar o aflojar las tuercas del árbol que fijan las herramientas, se dispone de un pedal que introduce en un punto del eje un borne que lo bloquea.

8. **Guía.** Sujeta a la mesa, se puede graduar su desplazamiento en todos los sentidos. Siempre que se coloque una herramienta, se debe disponer la guía en una posición óptima de protección y apoyo. Las guías modernas están provistas de todo tipo de movimientos para ajustarlas al máximo una vez colocadas.
9. **Dediles.** Flejes que se sujetan a la mesa o a la guía para presionar la madera en los dos sentidos, evitando de esta forma que se pueda poner las manos en la zona de riesgo. La utilización de los dediles se está imponiendo en la mayoría de las industrias.

### 1.3.2 TIPOS DE OPERACIONES [13]

En la industria de la madera, la máquina tupí cumple variadas funciones gracias al surtido de fresas que ofrece el mercado, entre las principales se tiene:

#### 1.3.2.1 Para aserrar

Se puede incorporar una sierra paralela a la mesa de trabajo, pero esta no es una de sus aplicaciones más importantes. En este caso la máquina actúa con una sierra circular capaz de cortar cualquier tipo de madera.

#### 1.3.2.2 Para machihembrar

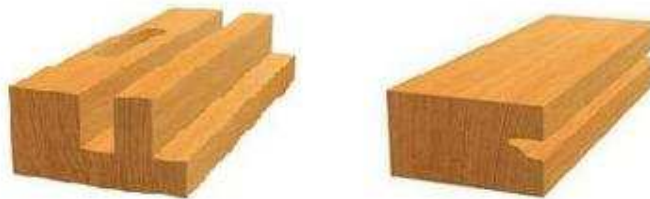
Realiza el machihembrado que es el ensamble de dos piezas de madera a caja y espiga de tal forma que una vez unidas forman superficies sólidas; como se puede ver en la Figura 1.18. Esta operación se efectúa con dos pasadas, una para realizar el macho (espiga) y otra para realizar el galce (caja, ranura), en el que se introduce la espiga. Existen máquinas específicas para este trabajo que están provistas de dos ejes verticales porta fresas, con los cuales en una sola pasada se obtiene la espiga y la ranura.



*Figura 1.18 Piezas machihembradas. Tomado de [13]*

### **1.3.2.3 Para ranurar**

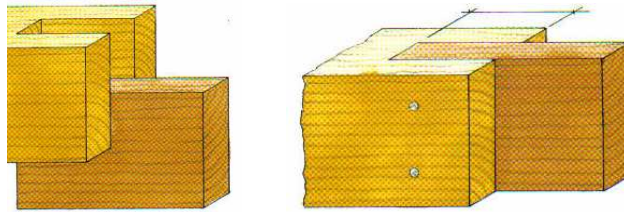
En el mercado existen fresas de todas las medidas para formar ranuras (canal estrecho y largo que se abre en un madero), donde normalmente se introducen los paneles. En la Figura 1.19 se muestran ejemplos de piezas ranuradas.



*Figura 1.19 Piezas ranuradas. Tomado de [9]*

### **1.3.2.4 Para galcear**

Galcear significa realizar ranuras más anchas y profundas (Figura 1.20). En esta operación se utilizan las mismas fresas que para ranurar, aunque se dispone de fresas especiales con cuchillas de metal duro, capaces de realizar galces de todos los anchos. Todas las operaciones para galcear los marcos de puertas o montantes y los travesaños de muebles se realizan con esta máquina.



*Figura 1.20 Piezas con galce. Tomado de [13]*

### **1.3.2.5 Para moldurar**

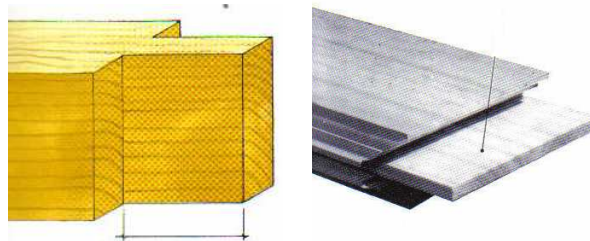
Moldurar es moldear, dar forma a la madera a través del uso de fresas. El mercado actualmente ofrece todo tipo de fresas con un amplio surtido de molduras que se adaptan a los requerimientos de los muebles. Cada fresa dispone de una moldura total, de la que sólo se utiliza la parte que se requiera; en la Figura 1.21 se puede apreciar ejemplos de piezas molduradas.



*Figura 1.21 Piezas molduradas. Tomado de [9]*

### **1.3.2.6 Para espigar**

Con la incorporación de un carro en la parte exterior de la mesa se pueden disponer fresas con espacios intermedios vacíos que pueden espigar por testa, aunque para esta operación es necesario trabajar a muchas revoluciones en el eje o árbol de la máquina y con fresas bien afiladas para que no se astille la madera.



*Figura 1.22 Piezas con espiga. Tomado de [13]*

### 1.3.3 FRESAS PARA MADERA [7]

Son discos o cilindros de acero especial, muy duro, capaces de resistir los esfuerzos de corte en cuya periferia se han dispuesto unas cuchillas o dientes. Se utiliza en la máquina para labrar o fresar madera, metales u otro material. Entre las fresas para madera las hay de: una sola pieza, compuestas, dientes pegados y juegos de filos; que se pueden apreciar en la Figura 1.23.

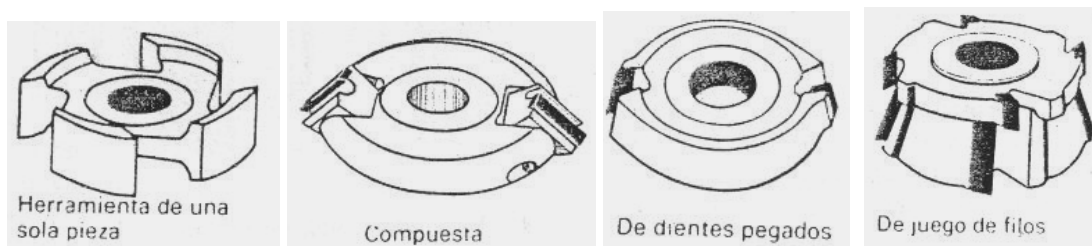


Figura 1.23 Tipos de Fresas. Tomado de [7]

En las fresas deben constar de modo permanente los siguientes datos: Fabricante, frecuencia de giro admisible (velocidad  $n$  máxima), material de los filos y el sello o marca de calidad del lugar de verificación de las herramientas para máquinas para el trabajo de la madera.

#### 1.3.3.1 Fresas de una sola pieza

Llevar los filos o cuchillas en el mismo material del soporte. Para fijarlas al mandril, con excepción de las fresas de ranuras, van provistas de un agujero cuyo diámetro corresponde al del vástago del mandril. En estas fresas no hay ningún peligro en cuanto a que las cuchillas salgan volando o se ladeen. Tienen en cambio el inconveniente de que en cada afilado se gasta toda ella.

#### 1.3.3.2 Fresas compuestas

Constan de varias piezas desmontables. Por lo general llevan uno o varios portacuchillas intercambiables unidos a un cuerpo de soporte. Tienen la ventaja de que el portaherramientas solamente hace falta adquirirlo una vez. Por la posibilidad de intercambiar las cuchillas, las fresas resultan más universales y económicas. Pueden estar concebidos de distintos modos; sin embargo, la sujeción de las cuchillas tiene que ser en arrastre de forma, con lo cual se evita

que se ladeen o salgan despedidas las cuchillas y se limita el espesor de las virutas.

#### 1.3.3.3 Fresas de dientes pegados

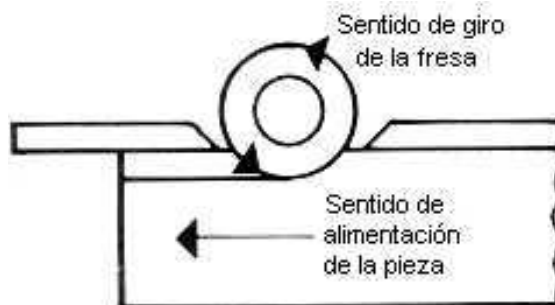
Son herramientas equipadas con piezas cortantes que están unidas de forma permanente al cuerpo de soporte por adhesión de material, como puede ser la soldadura, por ejemplo. Pueden ser de acero rápido muy aleado o de metal duro.

#### 1.3.3.4 Fresas de juegos de filos

Comprenden varias herramientas que constituyen una sola. Pueden ser de una sola pieza, compuestas o pegadas. La velocidad de giro de las fresas de juegos de filos se rige siempre por el de menor velocidad admisible. Su construcción corresponde también a su forma de trabajar, ya sea de avance a mano, semi-mecánico o mecánico.

### 1.3.4 FORMAS DE ALIMENTACIÓN O AVANCE [15]

La alimentación de la pieza debe realizarse en sentido contrario al del giro del útil, en todas las operaciones, como se ve en la Figura 1.24.



*Figura 1.24 Forma correcta de alimentación. Tomado de [16]*

#### 1.3.4.1 Avance Manual

Es el suministro y el empuje manual de piezas (Figura 1.25), sin utilización de dispositivos mecánicos de sujeción o de suministro.

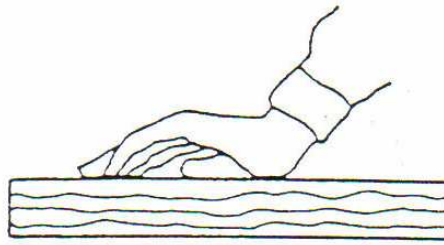


Figura 1.25 Avance Manual. Tomado de [15]

Las características de construcción de los útiles o fresas para el avance manual son:

- Limitado el arranque de viruta a un máximo de 1,1 mm. de espesor
- Forma circular en gran parte.
- El ancho del hueco ( $S_{\text{máx}}$ ) de virutas debe ser estrechamente limitado
- Débil efecto de retroceso.

Las herramientas con el sello de calidad BG-TEST cumplen estas exigencias que se pueden observar en la Figura 1.26.

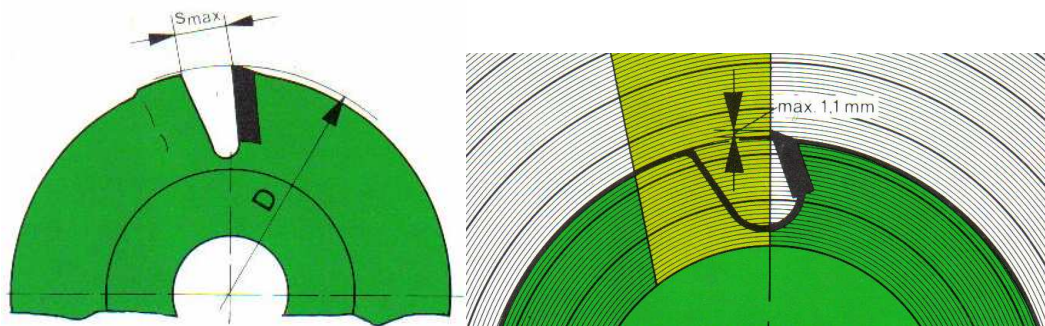


Figura 1.26 Características de la fresa para avance manual. Tomado de [17]

La prevención está basada en emplear para la alimentación manual de la pieza, fresas y/o portátiles (portacuchillas) de limitación continua del paso de trabajo, de manera que la madera encuentre un apoyo continuo entre dos dientes consecutivos del útil.



Ejemplos de herramientas que no deben utilizarse en alimentación manual son las indicadas en la Figura 1.27 que muestra una fresa cuya distancia del hueco de viruta es muy grande lo que puede generar tropiezos de la madera; en la Figura 1.28 el arranque de viruta es superior al límite y en la Figura 1.29 se indican cuchillas de acero que no deben ser utilizados porque representan un peligro para el operario ya que pueden quebrarse y sus fragmentos salir volando.

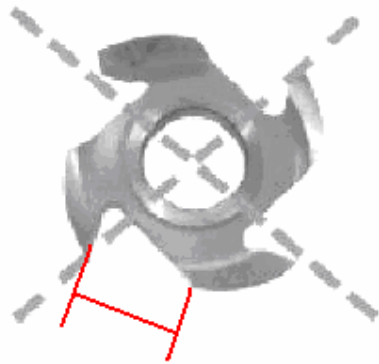


Figura 1.27 Hueco de viruta muy ancho

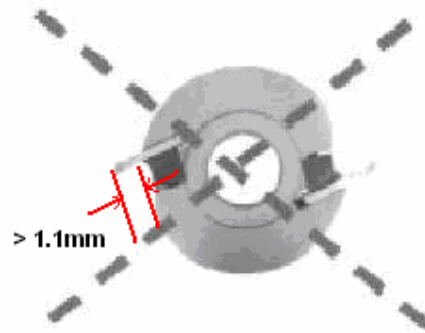


Figura 1.28 Arranque de viruta mayor al límite

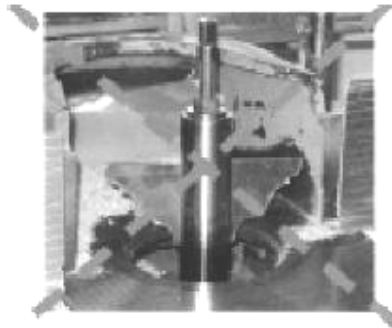


Figura 1.29 Cuchilla de acero. Tomado de [1]

#### 1.3.4.2 Avance Semi-Mecánico [16]

Es el suministro y el empuje manual de las piezas con utilización de dispositivos mecánicos de avance y sujeción montados sobre la máquina. Tales dispositivos pueden ser carros corredizos o aparatos de avance, por ejemplo el carro de alimentación manual o el carro de alimentación automática.

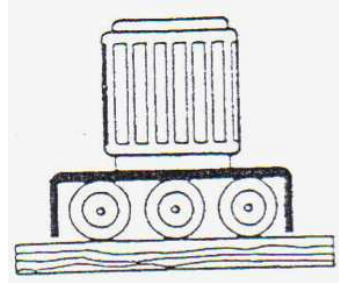


Figura 1.29 Avance Semi-mecánico. Tomado de [15]

Las características de construcción de los útiles o fresas para avance semi-mecánico son:

- Limitación de corte máximo de 10 mm
- Forma prácticamente circular
- Espacio de virutamiento limitado.
- Riesgo de retroceso limitado

Las herramientas con el sello de calidad BG-FORM cumplen estas exigencias que se pueden observar en la Figura 1.30.

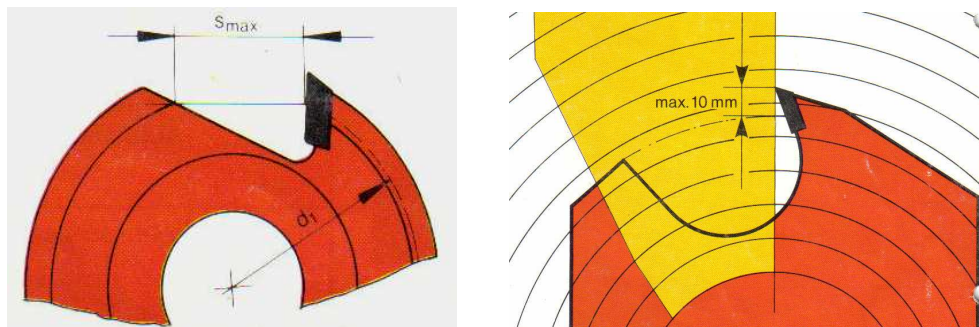
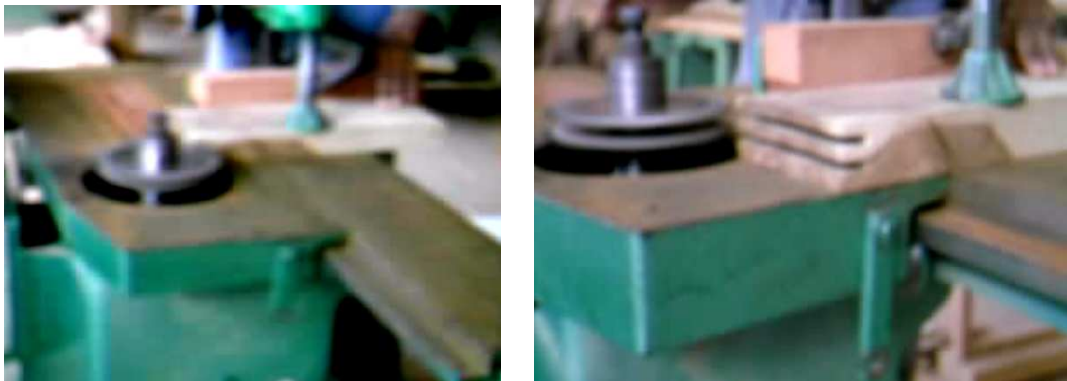


Figura 1.30 Características de la fresa para avance semi-mecánico. Tomado de [17]

#### 1.3.4.2.1 Carro de alimentación manual

Se trata de un carro que, empujado por el operario, discurre en el sentido del corte a lo largo de un carril que previamente se fija a la mesa de la tupí. La pieza a mecanizar se deposita sobre el carro, amordazándose convenientemente al mismo. En la Figura 1.31 se puede apreciar el funcionamiento del carro de la máquina.



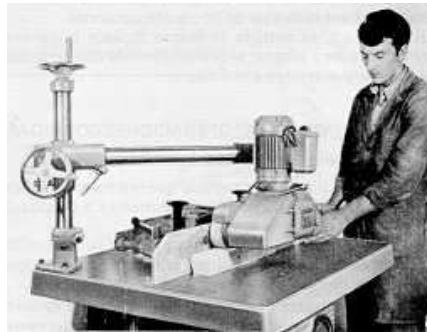
*Figura 1.31 Carro de alimentación manual*

Al igual que el carro de alimentación automática, el de alimentación manual protege al tupidor de los riesgos específicos de la tupí:

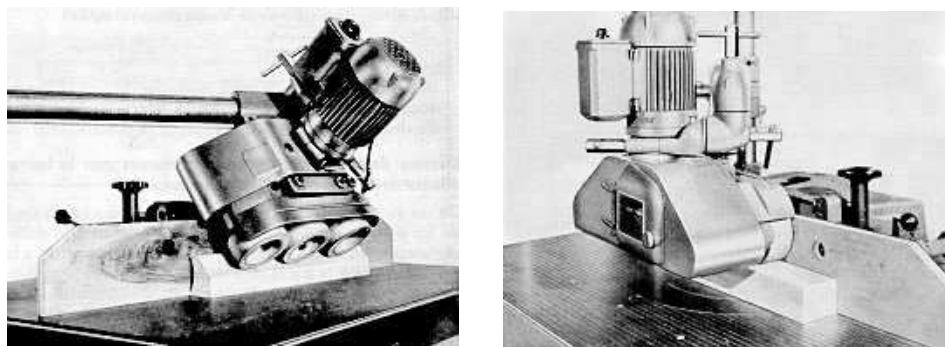
- a. Evita el contacto manual con la herramienta de corte al mantener las manos del operario alejadas del punto de operación, dado que las mismas se hallan empujando el carro de avance sobre el que se encuentra depositada la pieza.
- b. Se evita el retroceso violento de la pieza, dado que la misma se mantiene firmemente sujeta al carro de avance mediante un dispositivo presor adecuado.
- c. Evita parcialmente que los útiles o sus fragmentos que hipotéticamente pudieran proyectarse alcancen al operario, ya que el carro se interpone entre operario y útiles tan sólo en el momento estricto de la mecanización.

#### *1.3.4.2.2 Carro de alimentación automática para moldurar*

Es un sistema tractor por rodillos que realiza automáticamente la alimentación de piezas de madera a la zona de operación de la tupí; en las Figuras 1.32 y 1.33 se observa la operación y utilización del carro de alimentación automática.



*Figura 1.32 Carro de alimentación automática Tomado de [16]*



*Figura 1.33 Formas de utilización del carro de avance semi-mecánico Tomado de [16]*

Sin ser en sí mismo un protector de la tupí, el carro de alimentación automática; debe considerarse como tal dado que protege al tupidor de los riesgos específicos de la tupí:

- a. Evita el contacto manual con la herramienta de corte al mantener las manos del operario alejadas del punto de operación a lo largo de la misma.
- b. Con una regulación correcta de la presión de los rodillos del carro sobre la pieza (se consigue una presión adecuada de los rodillos sobre la madera, si éstos quedan en vacío, de 3 a 5 mm. por debajo de la cara de la pieza sobre la que se apoyan), se evita el retroceso de la pieza que se trabaja.
- c. Evita que los útiles o sus fragmentos que hipotéticamente pudieran proyectarse alcancen al operario, dado que el carro se interpone entre el operario y los útiles.

El carro permite ser reglado en altura, profundidad e inclinación por lo que su utilización es factible en todo tipo de trabajos con guía "en operaciones corridas" para modificación de perfiles en piezas longitudinales de sección constante o con pequeñas variaciones de sección.

El carro de alimentación automática no es utilizable en trabajos con guía para la realización de "operaciones semiciegas"<sup>2</sup> o de "operaciones ciegas"<sup>3</sup>, dado que toda pieza de madera alimentada por el carro debe ser forzosamente mecanizada en toda su longitud.

### 1.3.5 NORMAS DE SEGURIDAD [13]

La fresadora vertical o tupí es considerada por los trabajadores del sector de la madera como la máquina más peligrosa. Es la que provoca mayor número de accidentes, y en la mayoría de los casos son graves.

Los accidentes más comunes son:

- ✓ El contacto de la mano con la herramienta de corte, es el riesgo más importante de la fresadora vertical, que en la práctica es la causa de todos los accidentes. Suele producirse en la zona de operación; también puede darse mientras se realizan pruebas para comprobar la colocación exacta de la fresa y la profundidad de la moldura que suelen hacerse con retales o trozos pequeños y en mal estado.
- ✓ El cambio de dureza de la madera puede provocar golpes y/o contusiones por el retroceso imprevisto y violento de la pieza que se trabaja, debido a la existencia de maderas con nudos o irregularidades que rompen la continuidad de la alimentación manual.

---

<sup>2</sup> **Operaciones "semiciegas"**. El ataque se realiza en un extremo de la pieza sin que la mecanización de la misma sea a lo largo de toda su longitud, sino que la pieza se extrae en el punto deseado. También a viceversa, es decir, el ataque se inicia en un punto dado de la pieza siguiendo la mecanización hasta el extremo posterior de la misma.

<sup>3</sup> **Operaciones "ciegas"**. La operación ni comienza ni termina en los extremos de la pieza, sino que se realiza entre dos puntos intermedios de la misma.

- ✓ Las herramientas deben trabajar a la velocidad recomendada por el fabricante. Esta velocidad debe ser respetada, porque de lo contrario puede producirse la rotura de las herramientas.

A continuación se va a describir las medidas preventivas y los accesorios básicos para dar seguridad a la máquina tupí. Estos accesorios son perfectamente acoplables y utilizables para toda tupí, con independencia de su antigüedad.

### 1.3.6 ACCESORIOS BASICOS DE TRABAJO [1]

Los accesorios que seguidamente se describen constituyen algunos de los equipamientos básicos que deberían existir y utilizarse en todas las tupíes verticales simples, en tanto en cuanto su utilización a la vez que facilita el trabajo permite reducir los riesgos de accidente. Estos accesorios son:

#### 1.3.6.1 Fresas Antirrechazo

Las fresas antiretroceso o antirrechazo limitan el golpe de retroceso o el rechazo de la pieza; pero no lo evitan completamente por lo que el usuario debe tomar medidas complementarias para prevenir riesgos y utilizar el tipo de fresa apropiada para la operación que se vaya a realizar.

#### 1.3.6.2 Carro de Alimentación Automática

Es un sistema de alimentación automática, que realiza el avance de las piezas de madera a la zona de operación de la tupí.

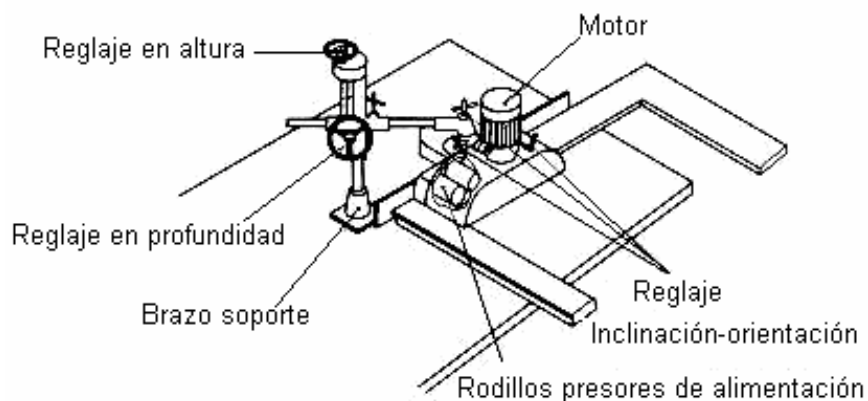
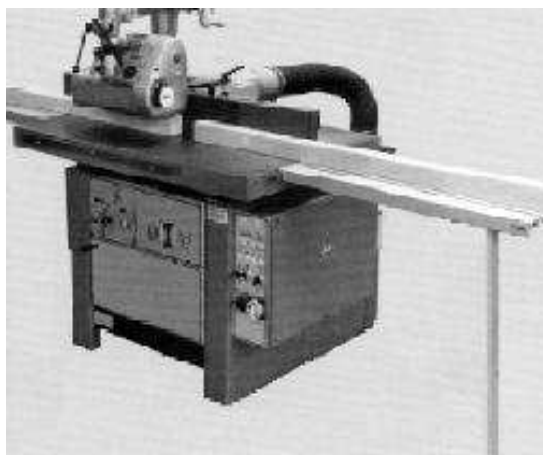


Figura 1.34 Carro de alimentación automática. Tomado de [16]

### 1.3.6.3 Mesas Auxiliares - Topes "Antirrechazo"

La utilización de prolongadores de mesa es imprescindible para la realización de operaciones en que la longitud de la pieza a mecanizar sobrepasa la de la mesa de apoyo de la máquina. Es una solución más efectiva que la del operario ayudante que sujeta la pieza, dado que éste puede someter la pieza a oscilaciones o movimientos que dificultarían la correcta alimentación y guiado por parte del tupidor, como se puede ver en la Figura 1.35



*Figura 1.35 Mesa auxiliar sin tope en operación de alimentación automática con carro.*

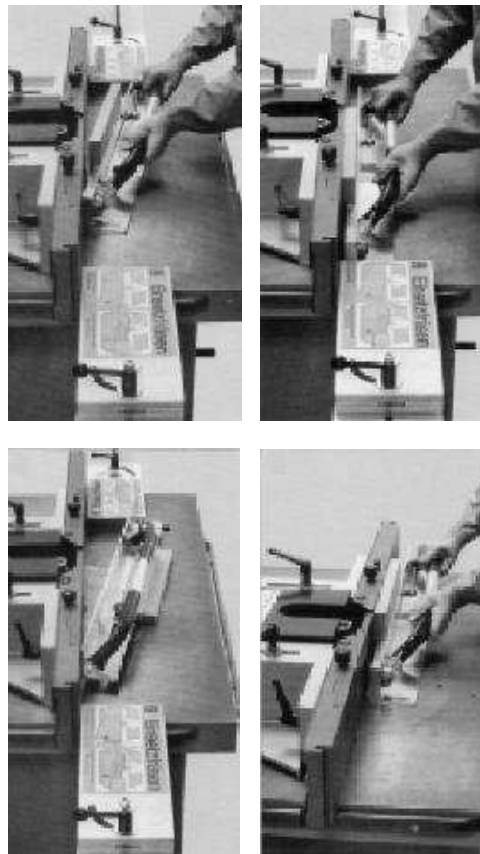
*Tomado de [1]*

### 1.3.6.4 Plantillas de Sujeción y Alimentación

La mecanización de piezas de pequeñas dimensiones presenta riesgos añadidos debido a una mayor dificultad para sujetar y conducir correctamente la pieza y asimismo a una mayor proximidad de las manos del operario a la herramienta. Ambas situaciones se mejoran con la utilización de plantillas a las que se sujeta la pieza a mecanizar (Figura 1.36). El operario realiza la alimentación con la plantilla a la que se ha amordazado la pieza, garantizando una correcta sujeción de ésta y asimismo un alejamiento de las manos del punto de operación, como se aprecia en la Figura 1.37.



*Figura 1.36 Plantilla de sujeción de la pieza. Tomado de [1]*



*Figura 1.37 Operaciones con plantilla de sujeción. Tomado de [1]*

#### **1.3.6.5 Guías Continuas**

Es necesario adosar a las semirreglas-guía una contraplaca de madera dura cuyo objetivo es el de garantizar la continuidad de alimentación de la pieza, eliminando la abertura existente entre las semirreglas - guía y la herramienta.

Actualmente existen en el mercado guías equipadas o compuestas por regletas horizontales pivotantes que permiten cubrir este espacio en el cual la pieza puede clavarse y provocar un accidente.



### 1.3.7 MEDIDAS DE PREVENCIÓN [13]

- ✓ Las operaciones se realizan con el útil no visto. Nunca debe sobresalir la herramienta por la parte superior de la pieza con la que se trabaja.
- ✓ La alimentación de la pieza debe realizarse mediante la sujeción de dediles, los cuales proporcionan una correcta sujeción e impiden asumir riesgos innecesarios.
- ✓ Es conveniente sujetar mediante clavos, tornillos o gatos un protector sobre la guía que sólo deja libre la parte de la herramienta con la que se trabaja y garantiza la ausencia de huecos discontinuos. Esta doble guía debe montarse con tablero contrachapado.
- ✓ La aspiración de virutas puede garantizar una zona limpia sin ninguna obstrucción innecesaria.
- ✓ La mano izquierda siempre va delante; la derecha, detrás.
- ✓ Las guías deben estar provistas de protectores superiores y posteriores de la herramienta.
- ✓ La manipulación de piezas curvadas debe estar sujeta a plantillas de protección, para trabajar con la seguridad necesaria.

### 1.3.8 BREVE DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

La Fábrica de Muebles Clásicos Chandi “FAMUCLACH” posee una fresadora vertical o tupí de banco, la cual no tiene todos los accesorios básicos, no cumple con las medidas preventivas y formas de utilización que dé seguridad a sus operarios. Además no existen las protecciones eléctricas adecuadas al motor que proporciona la fuerza de rotación al árbol de la máquina.

La automatización de la máquina fresadora vertical o tupí es el objetivo de este proyecto, para lo cual se utiliza un PLC y se añade accesorios tales como:

- El carro de avance semi-mecánico para moldurar, que lleva automáticamente las piezas hacia las cuchillas de la fresa, tiene una selección de velocidades de acuerdo al tipo de madera que se requiera labrar las cuales son controladas a través de un variador de velocidad, además cuenta con un sensor de conteo de las piezas que se han

moldurado. Al añadir el carro de avance se obtendrán los siguientes beneficios: prevenir el contacto manual con la herramienta de corte al mantener las manos del operario alejadas del punto de operación a lo largo de la misma, el retroceso o rechazo de la pieza, y que los útiles o sus fragmentos que hipotéticamente pudieran proyectarse alcancen al operario, dado que el carro se interpone entre el operario y los útiles.

- Cilindros neumáticos para la sujeción de las piezas y el avance de las mismas utilizando el carro propio de la máquina en la operación de espigado. Posee sensores para verificar la salida y entrada total del vástago que mueve el carro; también realiza el conteo de las piezas espigadas.
- Extractor de polvo, con el cual se desea hacer del entorno de trabajo un lugar más limpio y seguro. Un aire y un entorno libre de polvo en el puesto de trabajo no solo aumentan la productividad de la empresa sino que también protege la maquinaria y la salud de los operarios.
- Además, protecciones eléctricas a los motores: principal, de avance y del extractor, tales como guardamotores.

Todos estos datos son manejados a través de un PLC y si se desea con un computador personal PC por medio de un Interfaz Hombre Máquina (HMI).

El microcontrolador maneja un LCD en el cual se visualiza el dato actual de la operación de la máquina, ya sea, moldurar o espigar y el conteo de las piezas de ese instante con la opción de extraer estos datos vía comunicación serial hacia la PC.

## **CAPITULO II**

### **DISEÑO DEL HARDWARE DEL SISTEMA**

#### **2.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA**

El diseño del hardware se lo ha desarrollado de modo que la máquina realice las dos operaciones básicas que son: moldurar y espigar, cada una de ellas con la utilización de sus protecciones correspondientes. El sistema será manejado por medio de un panel de control ubicado cerca de la máquina, el mismo que posee todos los pulsadores, selectores, indicadores para el correcto funcionamiento de la tupí en cualquier operación que esta vaya a realizar.

Las operaciones moldurar y espigar se las ejecutará por medio de un selector que el operador seleccionará antes de pulsar el botón de inicio.

En la operación moldurar se utilizará una secuencia de encendido de motores que será controlado por el PLC, el mismo que activará primero el motor principal, el variador de velocidad y el extractor.

La fresadora vertical está equipada de un alimentador semi-mecánico para la operación moldurar; cuando se da la orden de paro de la tupí, automáticamente se produce la parada del alimentador. Asimismo el alimentador dispone de un modo de parada independiente.

En la operación espigar se manejarán cilindros neumáticos, uno se lo utiliza para realizar la presión de la pieza de madera contra la mesa y el otro efectuará el movimiento de envío y retorno del carro que posee la máquina.

En cada operación se realiza un conteo de las piezas que se lo visualiza en un LCD, de tal forma que el operario sabe la operación y el número de piezas que realiza la máquina.

Además en el panel de control existe un pulsador de emergencia que desactivará toda la alimentación a la máquina, si en algún momento se lo requiere.

## 2.2 SISTEMA DE MOLDURADO

### 2.2.1 DESCRIPCIÓN DEL AVANCE

El sistema para moldurar está diseñado en base al avance semi-mecánico, éste consta de un motor, un juego de rodamientos de goma, un brazo soporte con regulamiento en los ejes y y z, con lo cual se logra la alimentación automática de la madera y se disminuye el peligro al operar la máquina. En la Figura 2.1 se observa el sistema de avance semi-mecánico.



*Figura 2.1 Sistema de moldurado*

#### 2.2.1.1 Especificaciones:

- ✓ Cuatro rodillos de goma de alto-apretón; con abrasión resistente y suspensión independiente del resorte, para el apretón constante en pedazos desiguales del trabajo.
- ✓ Soportes resistentes (brazo) completamente ajustables con los empalmes articulados, para permitir el funcionamiento de alimentación vertical, horizontal o a cualquier otro ángulo.

- ✓ Las velocidades de alimentación se encuentran preseleccionadas en un variador de velocidad colocado en el panel de control.

Motor eléctrico trifásico	Tres velocidades 1/2hp
Velocidad	3400 rpm.
Diámetro de los rodillos	100 mm.
Ancho de los rodillos	50 mm.
Ajuste vertical en soporte	245 mm.
Límite de suspensión de rodillo vertical	25 mm.
Frecuencia	60 Hz
Corriente	3.6 A
Voltaje	230V

Tabla 2.1 Datos técnicos

### 2.2.2 CALIDAD DEL LABRADO DE LA MADERA

Debido a los requerimientos de calidad de la superficie labrada, la cual depende de la correcta elección de la herramienta usada y de un buen estado de la máquina, se escoge el número de cuchillas o dientes, que participan en el labrado. Cada diente al atacar la madera, separa una viruta y cuando más fina sea ésta, más pulida parece la superficie. El número de dientes que ayuda a labrar una superficie depende de [3]:

- La longitud de la madera
- Número de revoluciones de la herramienta
- Cantidad de filos de la herramienta
- Velocidad de avance (m/min.)

$$e = \frac{s' * 1000}{n * z} \quad \Rightarrow \quad s' = \frac{e * n * z}{1000}$$

Donde: e = cantidad de cuchillas por mm.

s' = velocidad de avance en m/min.

z = número de dientes o cuchillas

n = número de revoluciones por minuto

En el caso de las fresas, para obtener una superficie aparentemente plana, “e” no debería pasar de 0.7 mm. Con estos datos se puede conocer los valores de la velocidad de avance necesario para obtener un buen resultado en calidad del labrado.

Cálculo de velocidades:

✓ *Para madera sólida dura:*

Sea  $e = 0.2$  cuchillas/mm., el radio de los rodillos  $r = 0.05m$ , número de revoluciones por minuto del eje de la máquina  $n=3360$  (2 polos); número de dientes o cuchillas  $z=3$ .

$$s' = \frac{e * n * z}{1000} = \frac{0.2 * 3360 * 3}{1000} = 2.016 m/min$$

$$\Rightarrow s' = \frac{2.016m}{min} \left| \frac{1rev}{2\pi(0.05m)} \right| \left| \frac{2\pi rad}{1rev} \right| \left| \frac{1min}{60s} \right| = \frac{0.672rad}{s} = 0.672Hz = f_r$$

La frecuencia rotórica  $f_r = 0.672Hz$

La velocidad sincrónica ( $N_s$ ) y el deslizamiento ( $s$ ) del motor de avance es:

$$\Rightarrow N_s = \frac{120f}{P} = \frac{120 * 60}{2} = 3600rpm$$

$$\Rightarrow s = \frac{N_s - N_r}{N_s} = \frac{3600 - 3360}{3600} = 0.066$$

Donde:

f: Frecuencia

P: Número de polos del motor

Nr: Velocidad rotórica

La frecuencia del estator ( $f_s$ ), parametrizada en el variador ATV31 es:

$$f_r = s * f_s \Rightarrow f_s = \frac{f_r}{s} = \frac{0.672}{0.066} = 10.18Hz \approx 10Hz$$

✓ Para madera sólida suave:

Sea  $e = 0.3$  cuchillas/mm.

$$s' = \frac{e * n * z}{1000} = \frac{0.3 * 3360 * 3}{1000} = 3.024 \text{ m/min}$$

$$\Rightarrow s' = \frac{3.024 \text{ m}}{\text{min}} \left| \frac{1 \text{ rev}}{2\pi(0.05 \text{ m})} \right| \left| \frac{2\pi \text{ rad}}{1 \text{ rev}} \right| \left| \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} \right| = \frac{1.008 \text{ rad}}{\text{s}} = 1.008Hz = f_r$$

La frecuencia rotórica  $f_r = 1.008Hz$

La velocidad sincrónica ( $N_s$ ) y el deslizamiento ( $s$ ) del motor de avance es:

$$\Rightarrow N_s = \frac{120f}{P} = \frac{120 * 60}{2} = 3600 \text{ rpm}$$

$$\Rightarrow s = \frac{N_s - N_r}{N_s} = \frac{3600 - 3360}{3600} = 0.066$$

Donde:

$f$ : Frecuencia

$P$ : Número de polos del motor

$N_r$ : Velocidad rotórica

La frecuencia del estator ( $f_s$ ), parametrizada en el variador ATV31 es:

$$f_r = s * f_s \Rightarrow f_s = \frac{f_r}{s} = \frac{1.008}{0.066} = 15.27Hz \approx 15Hz$$

✓ Para material prefabricado:

Sea  $e = 0.4$  cuchillas/mm.

$$s' = \frac{e * n * z}{1000} = \frac{0.4 * 3360 * 3}{1000} = 4.032 \text{ m/min}$$

$$\Rightarrow s' = \frac{4.032 \text{ m}}{\text{min}} \left| \frac{1 \text{ rev}}{2\pi(0.05 \text{ m})} \right| \left| \frac{2\pi \text{ rad}}{1 \text{ rev}} \right| \left| \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} \right| = \frac{1.344 \text{ rad}}{\text{s}} = 1.344 \text{ Hz} = f_r$$

La frecuencia rotórica  $f_r = 1.344 \text{ Hz}$

La velocidad sincrónica ( $N_s$ ) y el deslizamiento ( $s$ ) del motor de avance es:

$$\Rightarrow N_s = \frac{120f}{P} = \frac{120 * 60}{2} = 3600 \text{ rpm}$$

$$\Rightarrow s = \frac{N_s - N_r}{N_s} = \frac{3600 - 3360}{3600} = 0.066$$

Donde:

$f$ : Frecuencia

$P$ : Número de polos del motor

$N_r$ : Velocidad rotórica

La frecuencia del estator ( $f_s$ ), parametrizada en el variador ATV31 es:

$$f_r = s * f_s \Rightarrow f_s = \frac{f_r}{s} = \frac{1.344}{0.066} = 20.36 \text{ Hz} \approx 20 \text{ Hz}$$

Debido a lo anteriormente descrito este sistema de avance para moldurar consta de un variador de velocidad, de tal forma que este dispositivo electrónico permita dar al motor la velocidad de avance requerida para obtener una mejor calidad del labrado en las piezas de madera, esta velocidad va desde 10Hz a 20Hz.



### 2.2.3 VARIADOR DE VELOCIDAD ALTIVAR ATV31

Los variadores de velocidad son convertidores de frecuencia para regular la velocidad en motores trifásicos; estos convertidores están controlados por microprocesadores y utilizan la tecnología IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) de última generación. Esto los hace fiables y versátiles, además de ofrecer una excelente protección tanto al convertidor como al motor.

El variador ATV31 (Figura 2.2) se encargará de entregar al motor de avance las velocidades preseleccionadas; la selección de las mismas dependerá del tipo de madera que se vaya ingresar a la fresa: madera sólida dura, madera sólida suave o prefabricada.



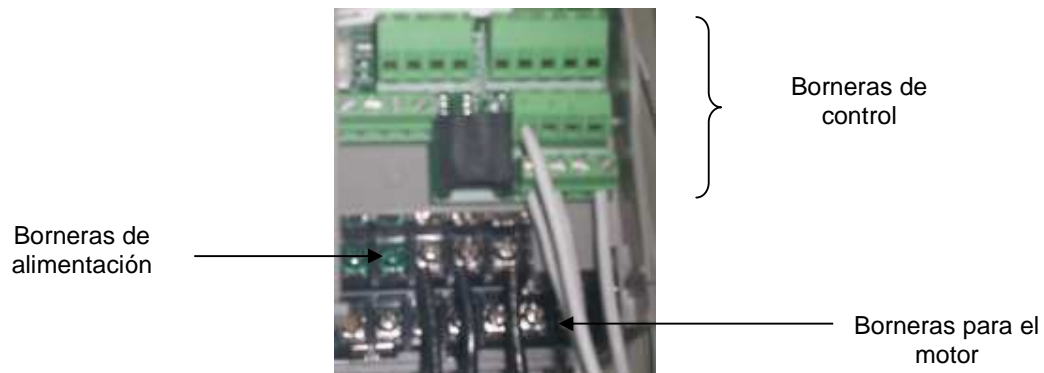
Figura 2.2 Variador ATV 31

El control del variador se lo realiza mediante señales provenientes del PLC a través de relés de interfase. En la Figura 2.3 se aprecia la disposición de las borneras tanto para control, alimentación y para el motor.

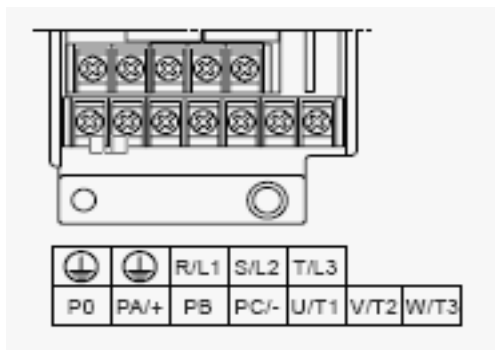
Motor	Red (Entrada)					Variador (salida)		
Potencia indicada en la placa (1)	Corriente de línea máx. (2)		Icc de línea estimada máx.	Potencia aparente	Corriente de conexión máx., (3)	Corriente nominal In (1)	Corriente transitoria máx. (1) (4)	Potencia disipada en carga nominal
	en 200V	en 240V						
KW/HP	A	A	KA	KVA	A	A	A	W
0,75/1	6,4	5,6	5	2,2	10	4,8	7,2	55

Tabla 2.2 Datos técnicos del variador ATV 31

### 2.2.3.2 Disposición de las borneras



#### Borneras de Potencia



#### Borneras de control

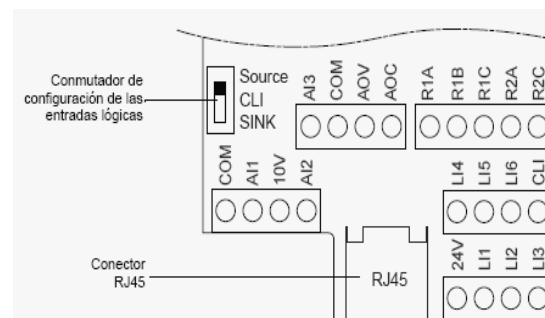


Figura 2.3 Disposición de las borneras de control y potencia del Variador ATV 31

## 2.3 SISTEMA DE ESPIGADO

Este sistema está diseñado en base a un circuito electro-neumático, el cual se utiliza para la sujeción de las piezas de madera y el movimiento del carro propio de la máquina y el control se lo realiza con un PLC Simatic S7-200.

### 2.3.1 ESQUEMA NEUMÁTICO

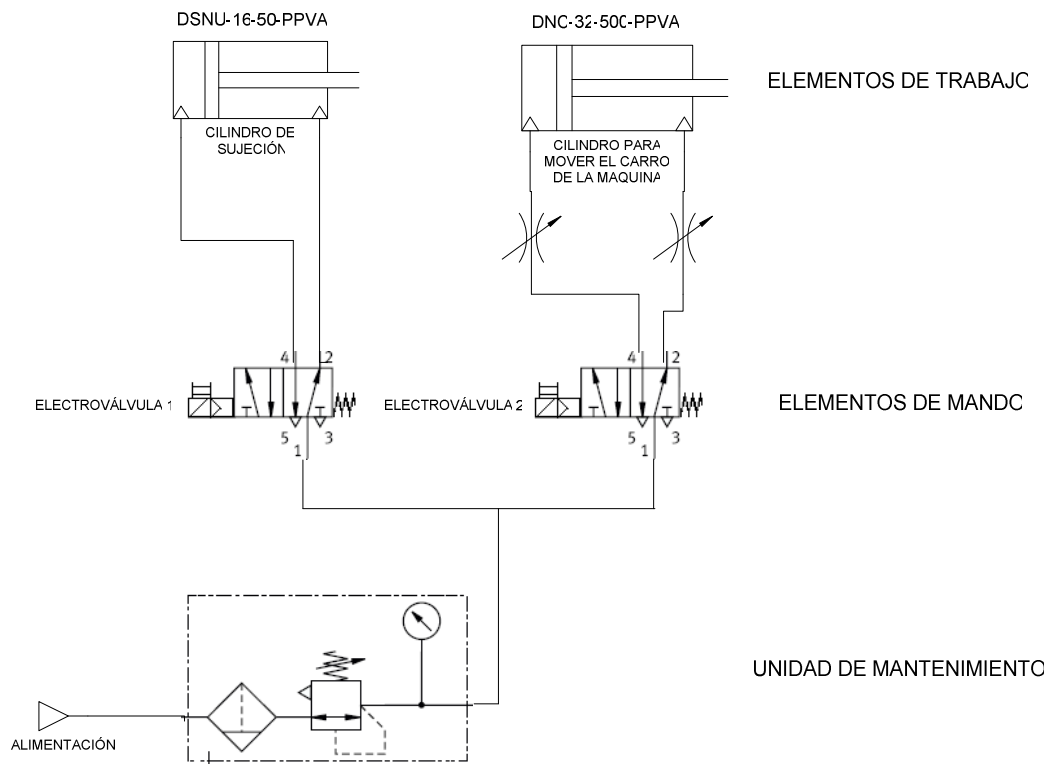


Figura 2.4 Esquema neumático

En la Figura 2.4 se muestra el esquema neumático implementado para la operación de espigado, sus respectivos elementos de alimentación, mantenimiento, mando y trabajo.

### 2.3.2 ALIMENTACIÓN

La presión de servicio es la suministrada por el compresor o acumulador y depende de la presión de trabajo, que es la necesaria para el accionamiento de los elementos de mando.

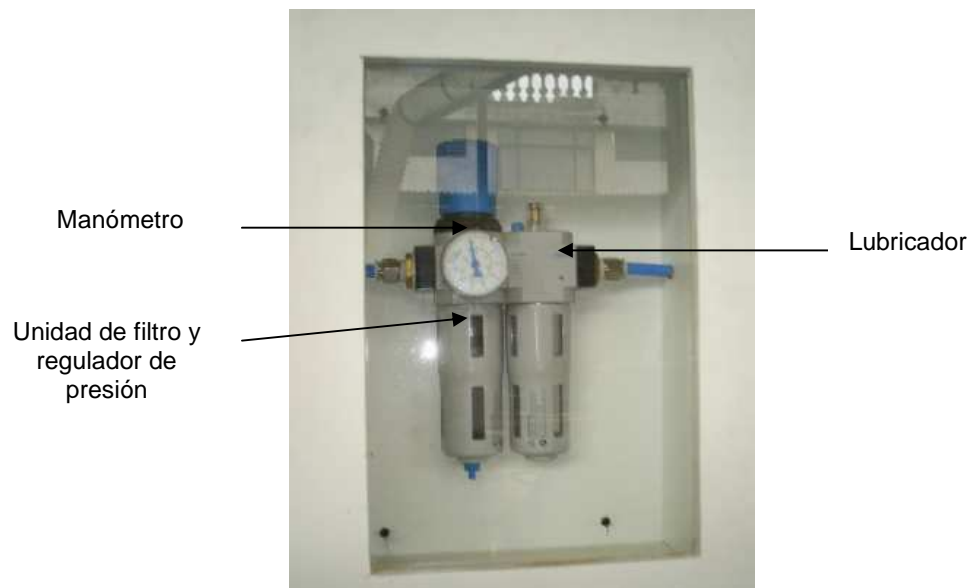
En este proyecto se requiere de 600 kPa (6 bar) como presión de trabajo, por lo que se utiliza un compresor existente en la fábrica que satisface estas características.



*Figura 2.5 Compresor*

### **2.3.3 UNIDAD DE MANTENIMIENTO**

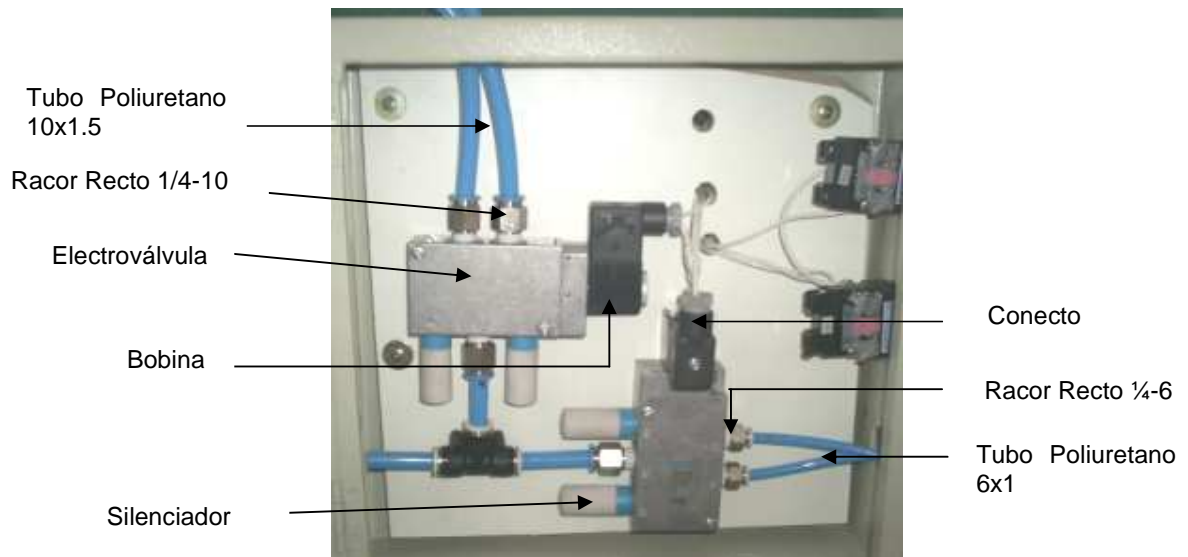
Es un elemento de tratamiento de aire. El aire comprimido debe estar exento de humedad, partículas de polvo y además conviene que tenga un cierto contenido de aceite lubricante para de este modo proteger a las válvulas y actuadores por los que circula.



*Figura 2.6 Unidad de Mantenimiento*

### **2.3.4 ELEMENTOS DE MANDO**

En la Figura 2.7 se puede observar las electroválvulas utilizadas y las conexiones respectivas a las bobinas de accionamiento.

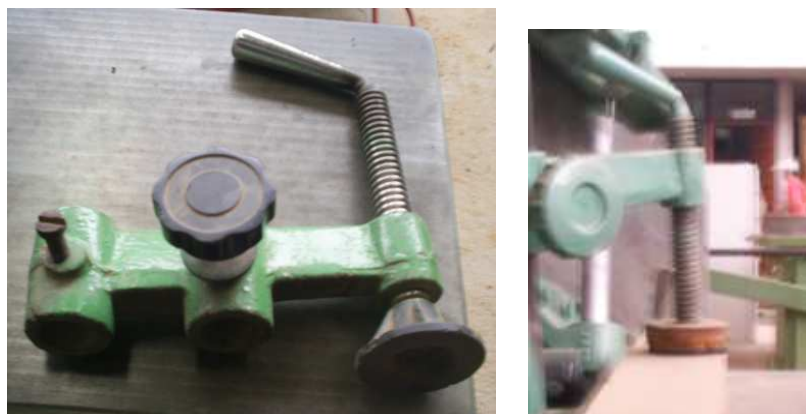


*Figura 2.7 Conexión de las electroválvulas*

### 2.3.5 ELEMENTOS DE TRABAJO

Para la operación de espigado se utilizan dos cilindros de doble efecto que se detallan a continuación:

El cilindro DSNU-16-50-PPV-A se encarga de la sujeción de la pieza de madera reemplazando a los dediles que anteriormente se utilizaban para esta operación (Figura 2.8 y 2.9)



*Figura 2.8 Dediles utilizados para sujetar la madera*



*Figura 2.9 Cilindro de sujeción de la madera*

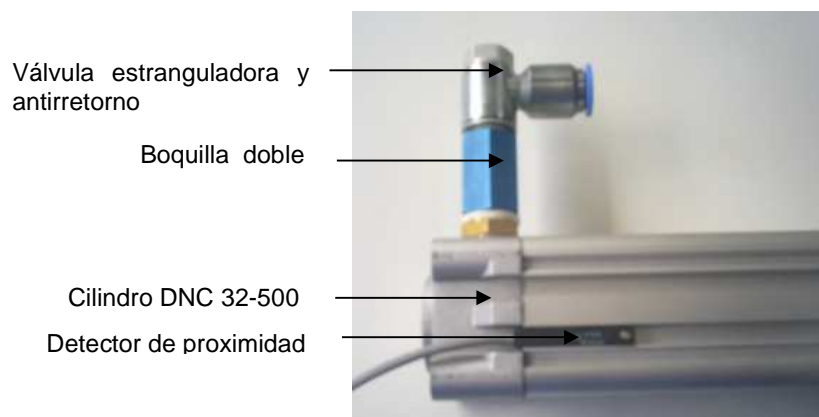
El cilindro DNC-32-500-PPVA es utilizado para dar movimiento vaivén al carro propio de la máquina fresadora vertical con un recorrido de 50 cm. Adicionalmente se colocan dos detectores de proximidad que actúan como finales de carrera y contador de piezas, y válvulas estranguladoras y antirretorno en cada racor para regular la velocidad de entrada y salida del vástago.

Cilindro de sujeción



Cilindro para  
movimiento del carro

*Figura 2.10 Movimiento del carro de máquina*



*Figura 2.11 Cilindros, válvulas y detectores*

## 2.4 SISTEMA DE EXTRACCIÓN DE POLVO

Uno de los problemas principales en la operación de la máquina tupí y de todas las máquinas para el trabajo de la madera es el polvo que se genera que puede ser perjudicial para la salud de quienes las operan y es un obstáculo en el área de trabajo. Por lo cual se añade un extractor de polvo a la máquina.



*Figura 2.12 Sistema de Extracción de Polvo*



*Figura 2.13 Extractor de Polvo*

Potencia	3/4 W
Voltaje	208-230/ 450 V
Frecuencia	60 Hz
Velocidad	3450 RPM
Corriente	2.7-2.6 / 1.3 A

*Tabla 2.3 Datos Técnicos del Motor de Extractor de Polvo*

## **2.5 PANEL DE CONTROL**

Está colocado cerca de la máquina y en éste se encuentran todos los elementos de control y maniobra; de tal forma que la máquina opere de acuerdo a los requerimientos de producción de la fábrica. En la Figura 2.14 se observa todos los elementos internos y externos del panel de control.





Figura 2.14 Panel de control externa e internamente

2.5.1 ESQUEMA

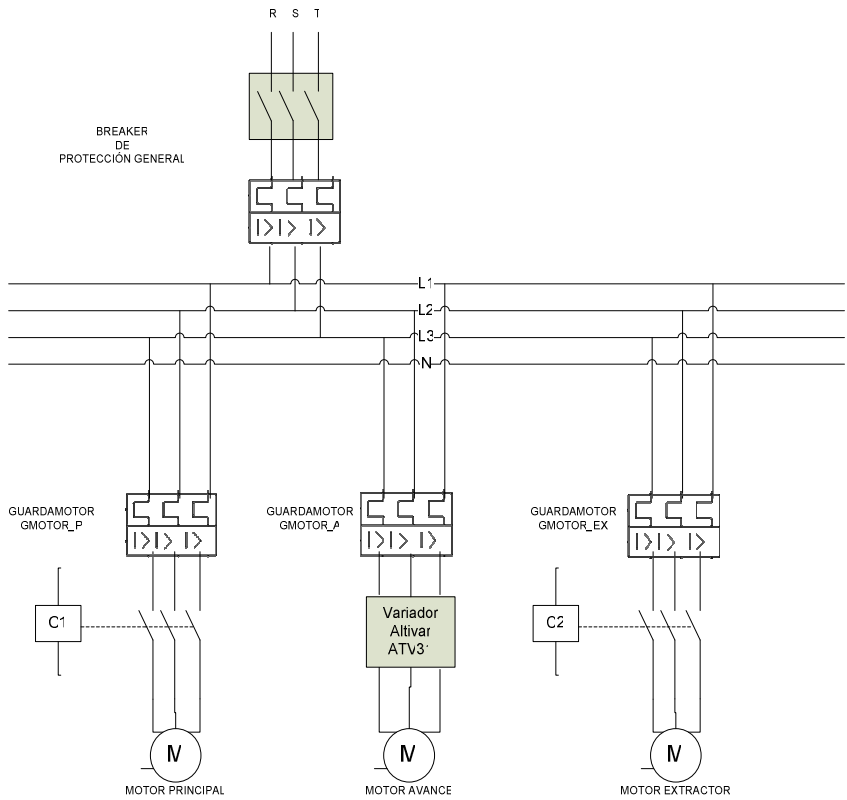


Figura 2.15 Esquema de Potencia

El panel de control está conformado internamente por los siguientes elementos electrónicos:

### 2.5.2 AUTÓMATA PROGRAMABLE (PLC) SIMATIC S7 – 200

El microPLC S7-200 (Figura 2.16) se encarga de realizar toda la parte de control, tanto para la operación moldurar como para espigar.

#### 2.5.2.1 Características

- CPU 224,
- 110/220vac,
- Entradas 24 Vdc,
- Salidas a rele,
- Memoria 12 Kbite
- 14di/10do (14 Entradas Digitales/ 10 Salidas Digitales)
- Puerto RS – 485
- Capacidad de ampliación hasta 7 módulos

#### 2.4.2.2 Partes del PLC S7 – 200 (CPU224)

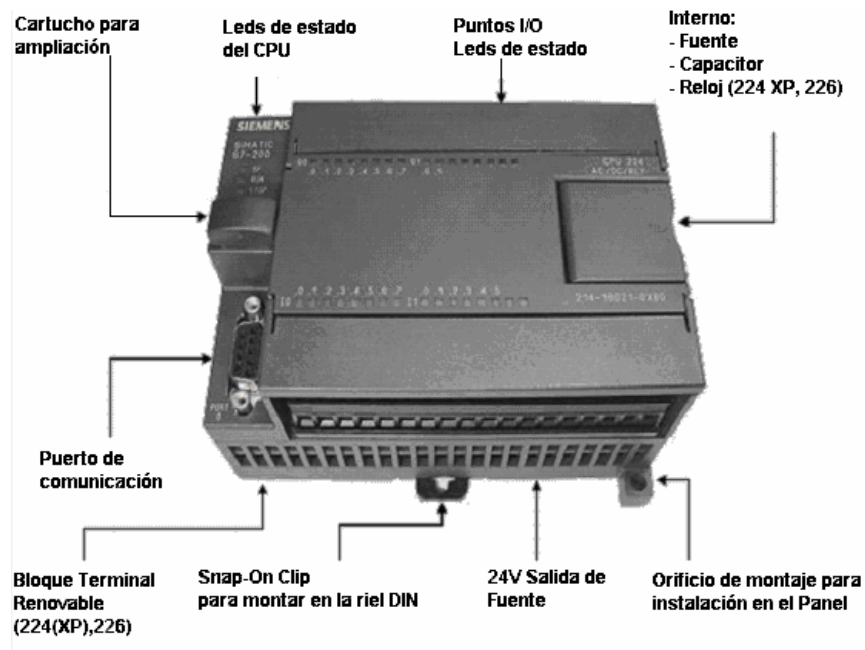


Figura 2.16 Partes del PLC S7 – 200

2.5.2.3 Diagrama de conexiones

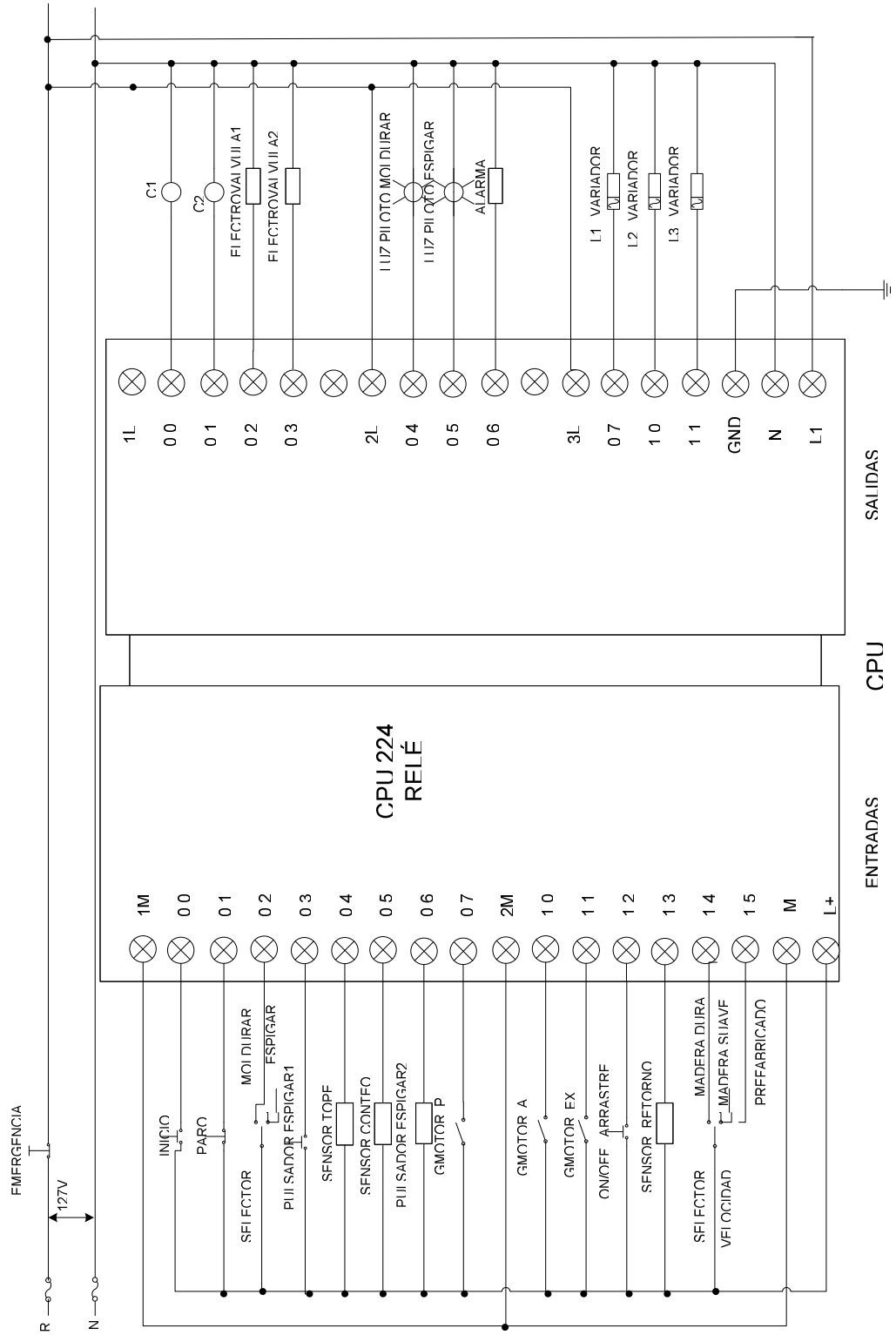


Figura 2.17 Diagrama de conexiones del PLC

### 2.5.3 ENTRADAS

#### 2.5.3.1 Pulsadores

Son aparatos de maniobra accionados manualmente que tienen retroceso, están constituidos básicamente por el botón actuador y la cámara de contactos la misma que posee un contacto de cierre (NA) y otro de apertura (NC) y éstos conectan o desconectan dos puntos de un circuito cuando son presionados.

El panel de control tiene seis pulsadores; cada uno asignado para una maniobra diferente.

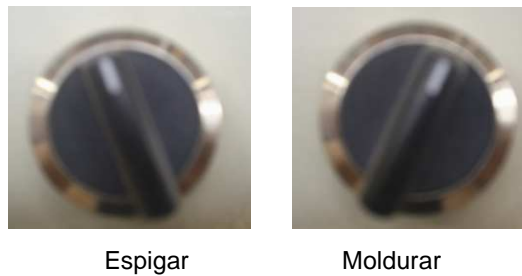
<b><i>Pulsador</i></b>	<b>Función</b>	<b>Descripción</b>
	Inicio	Activará la operación seleccionada de la máquina.
	<i>Paro</i>	Desactivará la operación seleccionada de la máquina
	On/Off Avance	Enciende o Apaga el motor de avance.
	Emergencia:	Quita la alimentación del sistema.
	Espigar 1	Acciona la electroválvula para la sujeción de las piezas de madera.
	Espigar 2	Acciona la electroválvula para el movimiento del carro de la máquina.

*Tabla 2.4 Pulsadores del panel de control*

### 2.5.3.2 Selectores

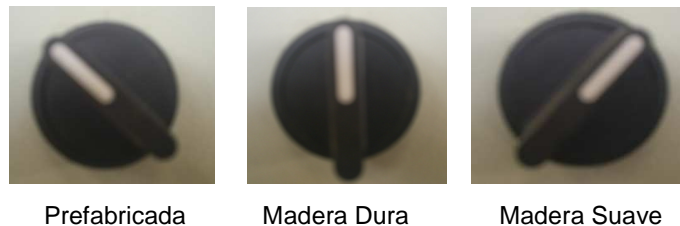
Son elementos de mando similares a los pulsadores, pero no tiene retroceso, de acción instantánea tanto en cierre como en la apertura. Puede ser accionados por palanca, botón, llave, etc.

Mediante un selector de dos posiciones se escoge la operación a realizar (moldurar/espigar) como se indica en la Figura 2.18.



*Figura 2.18 Selector de dos posiciones*

La selección de las velocidades para el motor de avance en la operación moldurar, se lo hará por medio de un selector de tres posiciones; cada una de ellas corresponderá a una velocidad diferente de acuerdo al tipo de madera como se muestra en la Figura 2.19.



*Figura 2.19 Selector de tres posiciones*

### 2.5.3.3 Finales De Carrera

Convierten un movimiento mecánico en una señal de control eléctrica, poseen generalmente dos contactos de salida, uno de cierre (NA) y otro de apertura (NC) y que pueden ser de acción instantánea o de acción lenta. Estos interruptores poseen accionamiento mecánico. Solamente pueden reaccionar si tienen contacto directo con el objeto que está siendo sensado.

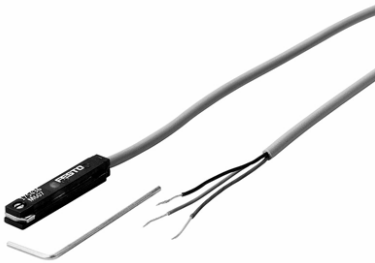


*Figura 2.20 Final de carrera*

El final de carrera envía pulsos eléctricos al PLC al momento que ingresan piezas de madera a la fresadora por medio del sistema de avance, con lo cual se realiza un conteo de las piezas en la operación moldurar.

#### **2.5.3.4 Detectores de Proximidad**

Estos detectores se montan directamente en el cilindro. Para funcionar, los detectores utilizan un imán permanente montado en el actuador del cilindro y se fija en la posición deseada. Una vez que el émbolo del actuador alcanza nuevamente esa posición, cambia el estado de la señal de conmutación. Estos detectores están ubicados en los dos extremos del cilindro, y en el programa del PLC están definidos con el nombre de: sensor\_tope, que además de dar la orden de retorno al carro de la máquina realiza el conteo de las piezas de madera en la operación de espigar y sensor\_retorno que activa el retorno del cilindro que sujeta las piezas de madera.



*Figura 2.21 Detector de Proximidad*

## 2.5.4 SALIDAS

### 2.5.4.1 Indicadores

Son señales, ya sean, visuales o auditivas que permiten identificar el estado, funcionamiento, activación, etc. de elementos eléctricos o electrónicos y pueden ser luces piloto, alarmas, etc. Sirve para reconocer mediante el cambio de estado (off/on) una alteración en el proceso. En la Figura 2.22 se muestran los indicadores utilizados en el proyecto (izquierda moldurar, derecha espigar).



*Figura 2.22 Indicadores de la operación de la máquina*

### 2.5.4.2 Relés de Interfaz

Los relés de interfaz se utilizan principalmente después de una salida digital y permiten aislar las señales de entrada y salida, con estos dispositivos se controla al variador por medio de tres señales digitales (Figura 2.23): una para la activación de marcha del motor (L1) y las otras dos (L3 y L4) para las salidas de las velocidades para el sistema de avance semi-mecánico en la operación de moldurar mediante un combinación lógica entre las dos.



*Figura 2.23 Relé de Interfaz*

Contacto	1 conmutado
Voltaje de la bobina	110 VAC / VDC
Potencia	0.65 W

*Tabla 2.5. Datos técnicos del relé de interfaz*

### 2.5.4.3 Contactores

Dispositivos designados a cerrar o interrumpir la corriente en uno o más circuitos eléctricos, diseñado para maniobras frecuentes bajo carga y sobrecargas normales. Realizan el accionamiento del motor principal y del extractor por medio de las salidas del PLC.



*Figura 2.24 Contactores*

Potencia	1.5 KW
Voltaje Y/ $\Delta$	380 / 220 V
Factor de Potencia (Cos $\Phi$ )	0.86
Velocidad	3360 RPM
Corriente	3.4 / 5.8 A

*Tabla 2.6 Datos Técnicos del Motor Principal*

Bobina	120VAC
Tamaño	S00
Intensidad en (A)	AC1: 18 AC3: 7
Potencia del Motor	2 HP
Contactos Auxiliares Integrados	1NA

*Tabla 2.7 Datos Técnicos del Contactor 3RT1015-1AK61*



## 2.5.5 ELEMENTOS DE PROTECCIÓN

### 2.5.5.1 Fusibles

Aparato de maniobra destinado a desconectar automáticamente la alimentación al PLC, al rebasarse el valor de corriente seleccionada. En este caso la corriente es 0.75 A y los fusibles se observan en la Figura 2.25 a la izquierda del PLC.



*Figura 2.25 Fusibles de protección para del PLC*

### 2.5.5.2 Breaker

Su función principal es la de proteger al sistema de potencia de cortocircuitos y sobrecargas de tal forma de evitar que el sistema sufra daños debido a fallas externas.



*Figura 2.26 Breaker*

Tensión asignada de aislamiento	500 VAC 50/60 Hz
Corriente nominal	20 A
Rango de corriente ( $I_r$ ) , protección retardada 40°C	$1.0 \times I_n(+40^\circ\text{C})$
Tensión máxima de servicio	440V

*Tabla 2.8 Datos técnicos del breaker\*\**

### 2.5.5.3 Guardamotor

Son aparatos diseñados para ejercer hasta 4 funciones:

1. Protección contra sobrecargas.
2. Protección contra cortocircuitos.
3. Maniobras normales manuales de cierre y apertura.
4. Señalización.

Este tipo de interruptores, en combinación con un contactor, constituye una solución excelente para la maniobra de motores, sin necesidad de fusibles de protección. Cada uno de los tres polos del interruptor automático dispone de un disparador térmico de sobrecarga que consiste en unos bimetales por los cuales circula la corriente del motor. Los guardamotores de Tipo 3RV1011-1GA10 protegen y maniobran al motor principal y al del extractor; de la misma forma el guardamotor de Tipo 3RV1011-1BA10 protege y maniobra al motor de avance. Cada uno posee un contacto auxiliar que da la señal al PLC en caso de falla. En la Figura 2.27 se pueden observar los guardamotores utilizados (izquierda motor principal, centro motor del extractor, derecha motor de avance)



*Figura 2.27 Guardamotores*

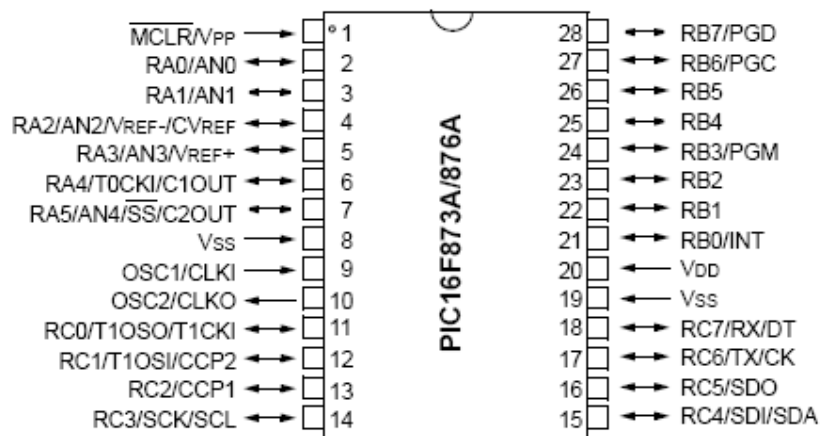
Regulación	4.5 - 6.3 A
Corto circuito permitido	82 A
Fijación	Sobre riel DIN de 35mm
Tamaño	S00
Potencia	Hasta 5.5 KW

*Tabla 2.9 Datos técnicos del Guardamotor 3RV1011-1GA10*

Regulación	1.4 - 2 A
Corto circuito permitido	26 A
Fijación	Sobre riel DIN de 35mm
Tamaño	S00
Potencia	Hasta 5.5 KW

*Tabla 2.10 Datos técnicos del Guardamotor 3RV1011-1BA10*

### 2.5.6 MICROCONTROLADOR 16F876A



*Figura 2.28 Distribución de pines del PIC 16F876A*

El PIC 16F876A maneja un LCD como visualizador de la operación y número de piezas realizadas, además de pulsadores y sensores con lo que permite el accionamiento correspondiente y el conteo de las piezas respectivamente. Tiene comunicación serial en base a un MAX 232 lo que posibilita ver en la PC el estado actual de la máquina de tal forma de constatar que los elementos estén funcionando adecuadamente.



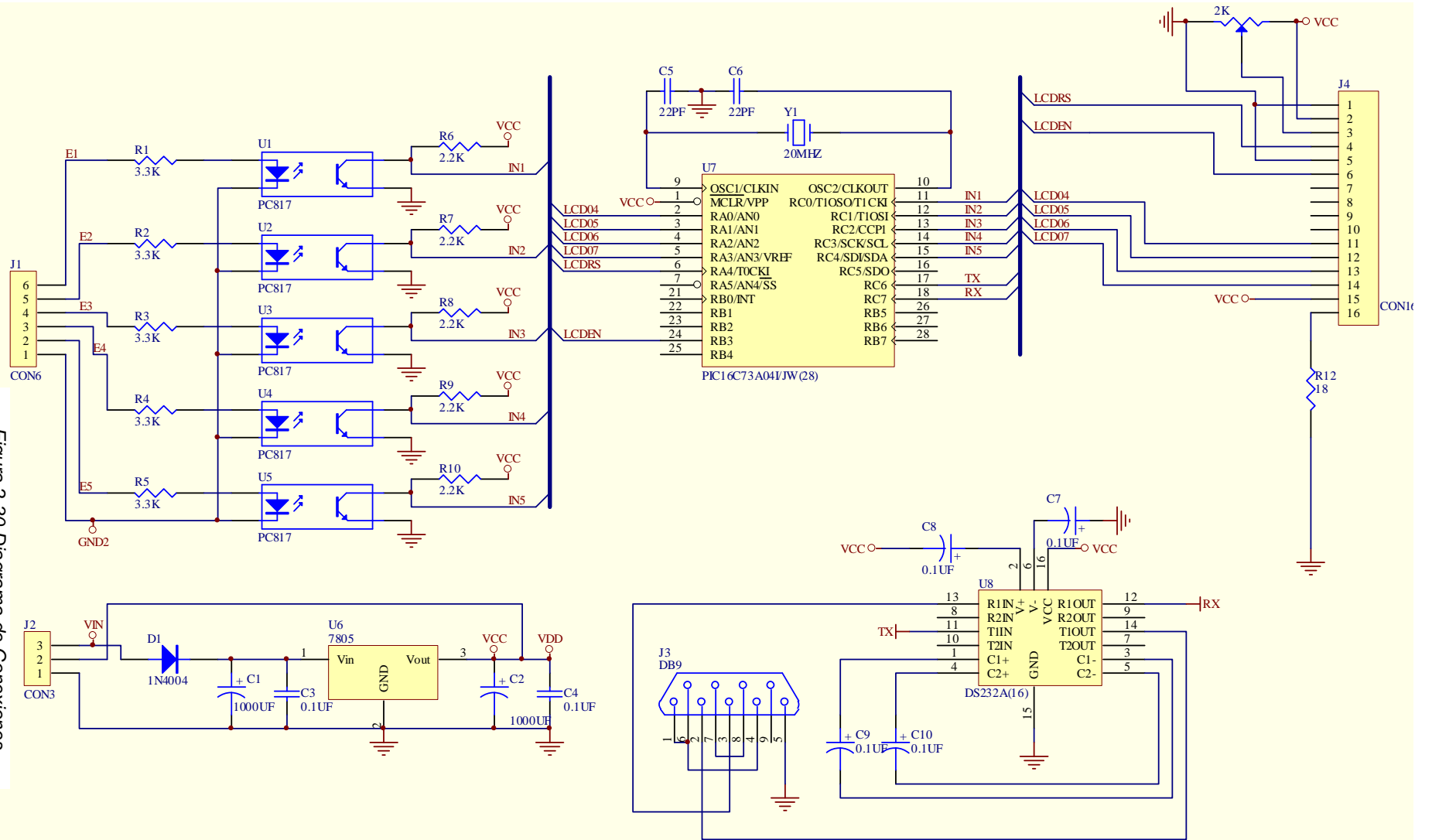
Figura 2.29 Placa de Circuito de Control con el PIC 16F876A

### 2.5.6.1 Diagrama de Conexiones

# DE PIN	DESCRIPCIÓN	CONEXIÓN
1	MCLR/VPP/THV	VCC
2	RA0/AN0	LCD D4
3	RA1/AN1	LCD D5
4	RA2/AN2/VREF-/CVREF	LCD D6
5	RA3/AN3/VREF+	LCD D7
6	RA4/T0CKI/C1OUT	LCD RS
7	RA5/AN4/SS/C2OUT	Libre
8	VSS	GND
9	OSC1/CLKI	Cristal 20 MHz
10	OSC2/CLKO	Cristal 20 MHz
11	RC0/T1OSO/T1CKI	Optoaislador 1 (INICIO)
12	RC1/T1OSI/CCP2	Optoaislador 2 (CONTEO_ESP)
13	RC2/CCP1	Optoaislador 3 (CONTEO_MOL)
14	RC3/SCK/SCL	Optoaislador 4 (SELECTOR)
15	RC4/SDI/SDA	Optoaislador 5 (PARO)
16	RC5/SDO	Libre
17	RC6/TX/CK	M,AX 232 - RX (PIN 11)
18	RC7/RX/DT	M,AX 232 - TX (PIN 12)
19	VSS	GND
20	VDD	VCC
21	RB0/INT	Libre
22	RB1	Libre
23	RB2	Libre
24	RB3/PGM	LCD ENABLE
25	RB4	Libre
26	RB5	Libre
27	RB6/PGC	Libre
28	RB7/PGD	Libre

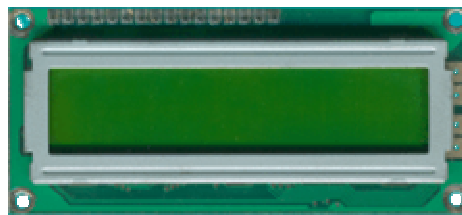
Tabla 2.11 Conexiones del PIC

Figura 2.30 Diagrama de Conexiones



### 2.5.7 LCD

La pantalla de cristal liquido o LCD es un dispositivo Controlado de visualización gráfica para la presentación de caracteres, símbolos o incluso dibujos (en algunos modelos), dispone de 2 filas de 16 caracteres cada una y cada carácter dispone de una matriz de 5x7 puntos (pixels). Este dispositivo está gobernado internamente por un microcontrolador el cual regula todos los parámetros de presentación.



*Figura 2.31 Pantalla de Cristal Líquido (LCD)*

#### 2.5.7.1 Características principales:

- ✓ Pantalla de caracteres ASCII, además de los caracteres Kanji y Griegos.
- ✓ Desplazamiento de los caracteres hacia la izquierda o la derecha.
- ✓ Proporciona la dirección de la posición absoluta o relativa del carácter.
- ✓ Memoria de 40 caracteres por línea de pantalla.
- ✓ Movimiento del cursor y cambio de su aspecto.
- ✓ Permite que el usuario pueda programar 8 caracteres.
- ✓ Conexión a un procesador usando un interfaz de 4 u 8 bits
- ✓ Como puede apreciarse el control de contraste se realiza al dividir la alimentación de 5V con una resistencia variable.
- ✓ Las líneas de datos son triestado, esto indica que cuando el LCD no esta habilitado sus entradas y salidas pasan a alta impedancia.

PIN N°	SIMBOLO	DESCRIPCION
1	Vss	Tierra de alimentación GND
2	Vdd	Alimentación de +5V CC
3	Vo	Contraste del cristal liquido. ( 0 a +5V )
4	RS	Selección del registro de control/registro de datos: RS=0 Selección registro de control RS=1 Selección registro de datos
5	R/W	Señal de lectura/escritura: R/W=0 Escritura (Write) R/W=1 Lectura (Read)
6	E	Habilitación del modulo: E=0 Módulo desconectado E=1 Módulo conectado
7-14	D0-D7	Bus de datos bidireccional
15	A	Anodo del LED
16	K	Cátodo del LED

Tabla 2.12 Descripción de pines del LCD

### 2.5.8 MAX 232

El circuito integrado MAX232 que cambia los niveles TTL a los del estándar RS-232 cuando se hace una transmisión, y cambia los niveles RS-232 a TTL cuando se tiene una recepción. Para que el MAX 232 funcione correctamente el fabricante sugiere colocar capacitores como se muestran en la Figura 2.32.

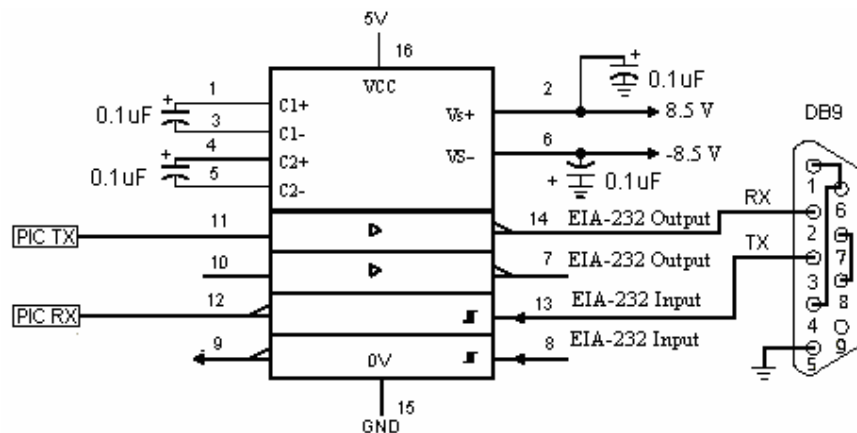


Figura 2.32 Circuito Típico del MAX 232

Cuando no esté en operación la máquina, se podrá observar en la pantalla del LCD el nombre de máquina “FRESADORA VERTICAL O TUPI” (Figura 2.33) y cuando se realiza una operación se visualiza el tipo y cantidad de piezas realizadas (Figuras 2.34 y 2.35).



*Figura 2.33 Presentación del LCD cuando la máquina no está operando*



*Figura 2.34 Presentación del LCD cuando la máquina está espigando*



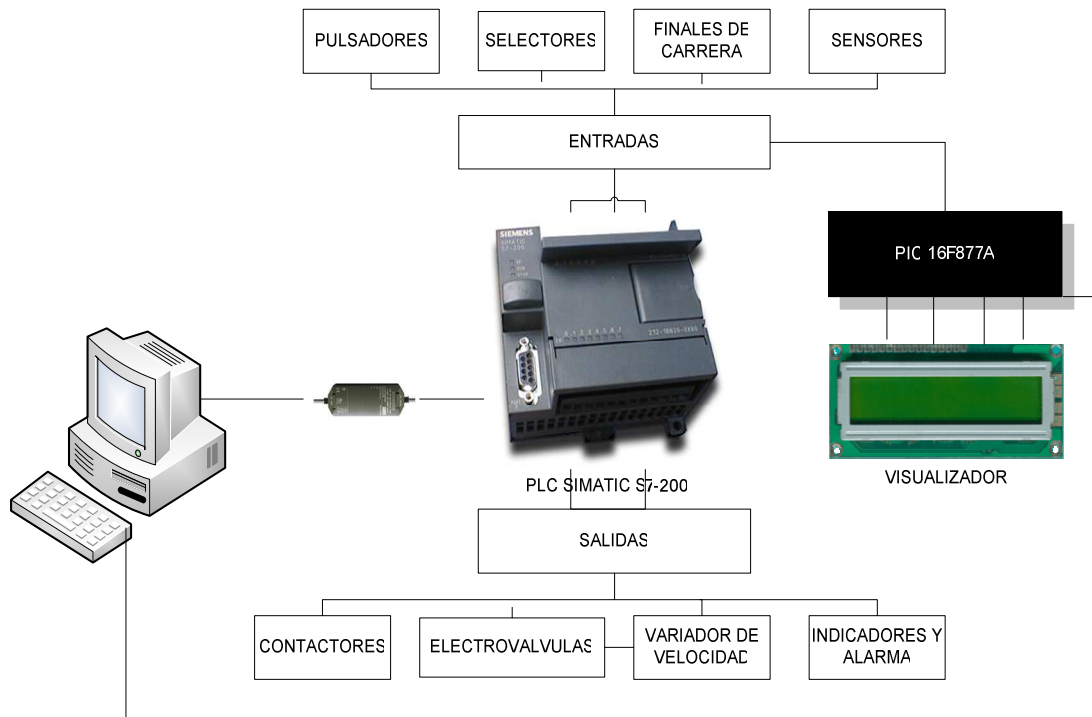
*Figura 2.35 Presentación del LCD cuando la máquina está moldurando*



## CAPITULO III

### DESARROLLO DEL SOFTWARE

#### 3.1 DIAGRAMA DE BLOQUES DEL SISTEMA



*Figura 3.1 Diagrama de bloques del sistema*

En la Figura 3.1 se aprecia que el software está desarrollado en base a:

- Un PLC SIMATIC S7-200 que se encarga de control de la máquina, su programación se realiza a través del programa STEP7- MICRO/WIN.
- Un PIC 16F876A que visualiza la operación actual de la máquina y se programa a través del Microcode PIC Basic.
- Una PC para la adquisición de datos actuales en LabVIEW y para el interfaz hombre máquina (HMI) a través del LOOKOUT.

## **3.2 PROGRAMACIÓN DEL PLC**

El PLC SIMATIC S7-200 contiene un programa interno desarrollado en Step 7 – MICRO/WIN, editor de programa KOP y está dividido en un programa principal y una subrutina.

### **3.2.1 PAQUETE DE PROGRAMACIÓN STEP 7-MICRO/WIN**

Es un entorno fácil de manejar para desarrollar, editar y observar el programa del PLC, comprende tres editores que permiten desarrollar de forma cómoda y eficiente el programa de control.

#### **3.2.1.1 Requisitos del Sistema**

STEP 7-Micro/WIN se puede ejecutar en un ordenador (PC), o bien en una unidad de programación de Siemens (PG) y deberá cumplir los siguientes requisitos mínimos:

- Sistema operativo: Windows 2000, Windows XP (Professional o Home)
- 100 MB libres en el disco duro (como mínimo)
- Ratón (recomendado)

#### **3.2.1.2 Editores de Programa del STEP 7- Micro/WIN**

Existen tres tipos de editores: Lista de instrucciones (AWL), Esquema de contactos (KOP) o Diagrama de funciones (FUP).

##### *3.2.1.2.1 Editor KOP (Esquema de contactos)*

Permite crear programas con componentes similares a los elementos de un esquema de circuitos, hacen que la CPU emule la circulación de corriente eléctrica desde una fuente de alimentación, a través de una serie de condiciones lógicas de entrada que habilitan condiciones lógicas de salida. La lógica se divide en segmentos ("networks").

### 3.2.1.2.1 Editor FUP (Diagrama de funciones)

Permite visualizar las operaciones en forma de cuadros lógicos similares a los circuitos de compuertas lógicas. En FUP no existen contactos ni bobina, pero hay operaciones equivalentes que se representan en forma de cuadros.

### 3.2.1.2.1 Editor AWL (Lista de instrucciones)

Permite crear programas de control introduciendo la nemotécnica de las operaciones. Es utilizado especialmente por programadores expertos ya familiarizados con los sistemas de automatización (PLCs) y con la programación lógica. El editor AWL también permite crear ciertos programas que, de otra forma, no se podrían programar con los editores KOP ni FUP. Ello se debe a que AWL es el lenguaje nativo de la CPU, a diferencia de los editores gráficos en los que son aplicables ciertas restricciones para poder dibujar los diagramas correctamente. Esta forma textual de programación es muy similar a la de lenguaje ensamblador.

## 3.2.2 DIAGRAMA DE BLOQUE DEL PROGRAMA PRINCIPAL DEL PLC



*Figura 3.2 Diagrama de bloques del programa principal*

La programación principal del PLC está basada en las dos operaciones de la máquina, que se eligen a través de un selector:

- Moldurar ó
- Espigar

### 3.2.2.1 Diagrama de bloque de la operación moldurar

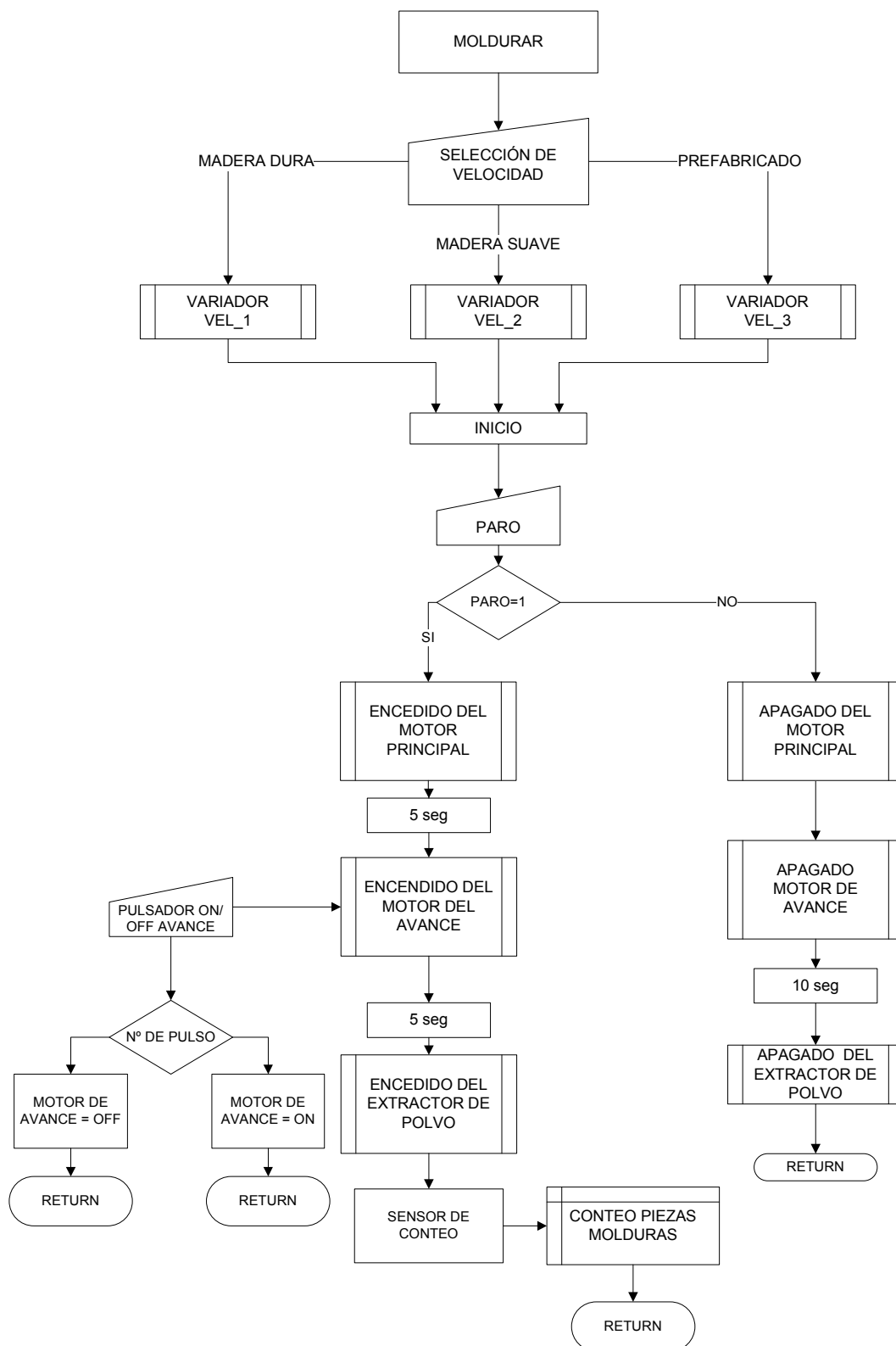


Figura 3.3 Diagrama de bloques del programa principal al moldurar

En la operación de moldurado se puede seleccionar, de acuerdo al tipo de madera, la velocidad del avance. Una vez dada la señal de inicio se enciende los motores secuencialmente, primero el motor de la máquina, 5 segundos después el motor del avance y 5 segundos después el motor del extractor. Al pasar las piezas de madera éstas son contadas por el SENSOR DE CONTEO (fin de carrera) y se almacena este dato.

El pulsador ON/OFF del avance permite apagar y encender el motor del avance cuando sea necesario. A la señal de paro los motores se apagan a excepción del motor del extractor de polvo que retarda 10 segundos su apagado para recoger la viruta que pudiese quedar.

#### **3.2.2.2 Diagrama de bloque de la operación espigar**

En la operación de Espigado, a la señal de inicio se encienden secuencialmente el motor principal y el motor del extractor de polvo 5 segundos después, con la señal del PULSADOR ESPIGAR1 se excita la ELECTROVÁLVULA1 activando la salida del vástago del CILINDRO1 para que sujete la pieza, con la del PULSADOR ESPIGAR2 se excita la ELECTROVÁLVULA2 accionando la salida del vástago del CILINDRO2, que saca el carro de la máquina. El SENSOR TOPE detecta que el vástago ha salido totalmente y desactiva la ELECTROVÁLVULA2 haciendo que el carro retorne, además realiza el conteo de las piezas espigadas (dato que se almacena); el SENSOR RETORNO notifica que el vástago ha entrado totalmente, señal con la cual luego de 3 segundos se suelta la pieza.

Esta operación se puede repetir las veces necesarias. A la señal de paro se apaga el motor principal, se desactivan las electroválvulas y luego de un tiempo se apaga el extractor.

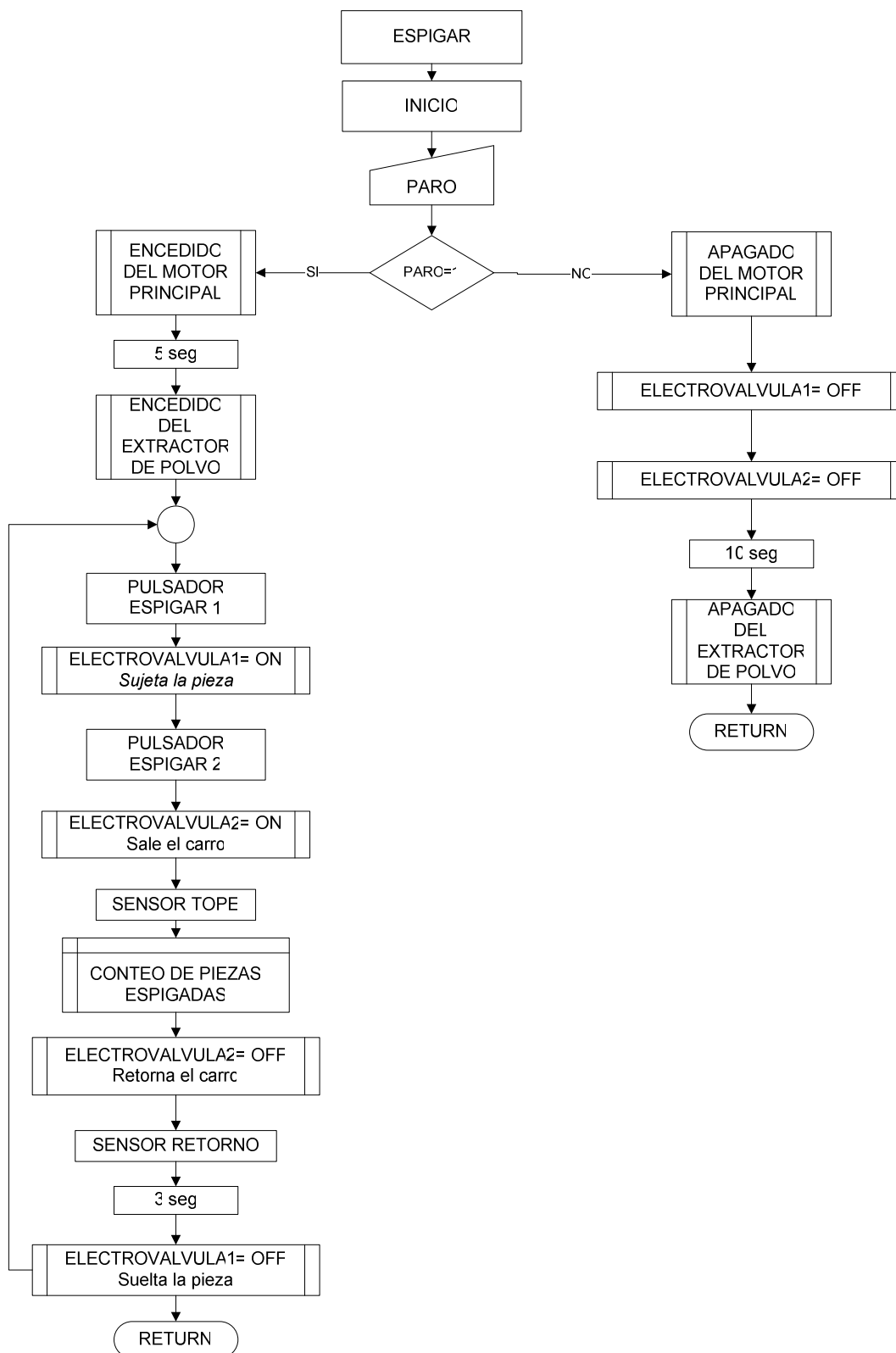
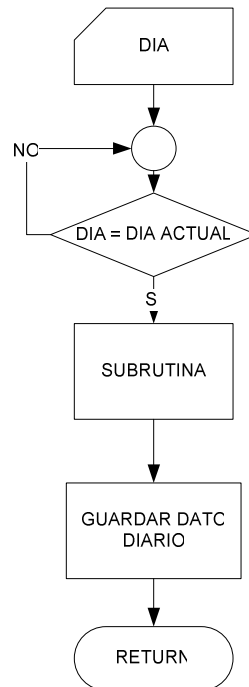


Figura 3.4 Diagrama de bloques del programa principal al espigar

### 3.2.3 DIAGRAMA DE BLOQUE DEL PROGRAMA DE SUBROUTINA DEL PLC



*Figura 3.5 Diagrama de bloques del programa subrutina del PLC*

Esta subrutina se ejecuta cada vez que el DIA leído por la instrucción sea igual al DÍA ACTUAL del PLC, cuando que esto ocurre se guardan los datos de conteo de las piezas molduradas y espigadas. Se puede almacenar los datos por 31 días.

## 3.3 PROGRAMACIÓN DEL MICROCONTROLADOR PIC16F876A

El microcontrolador PIC 16F876A contiene un programa desarrollado en PICBASIC PRO.

### 3.3.1 COMPILADOR PICBASIC PRO

Es un compilador que pone al alcance del usuario instrucciones para comunicación serie, matemática de 16 bits, mediciones de sensores analógicos, PWM, sonido, y muchas más. El lenguaje Basic es mucho más fácil de leer y escribir que el lenguaje ensamblador Microchip.

Además de generar los archivos “hex”, también es capaz de generar los archivos “asm”, de tal manera que sí se pueden hacer modificaciones de bajo nivel.

Otra característica de este compilador es que además de soportar al PIC16F84 también soporta a muchos otros de la familia de MICROCHIP. Por ejemplo los micros Flash PIC16F628, 16F876 y el 16F877.

### 3.3.2 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROGRAMA PRINCIPAL DEL PIC 16F876A

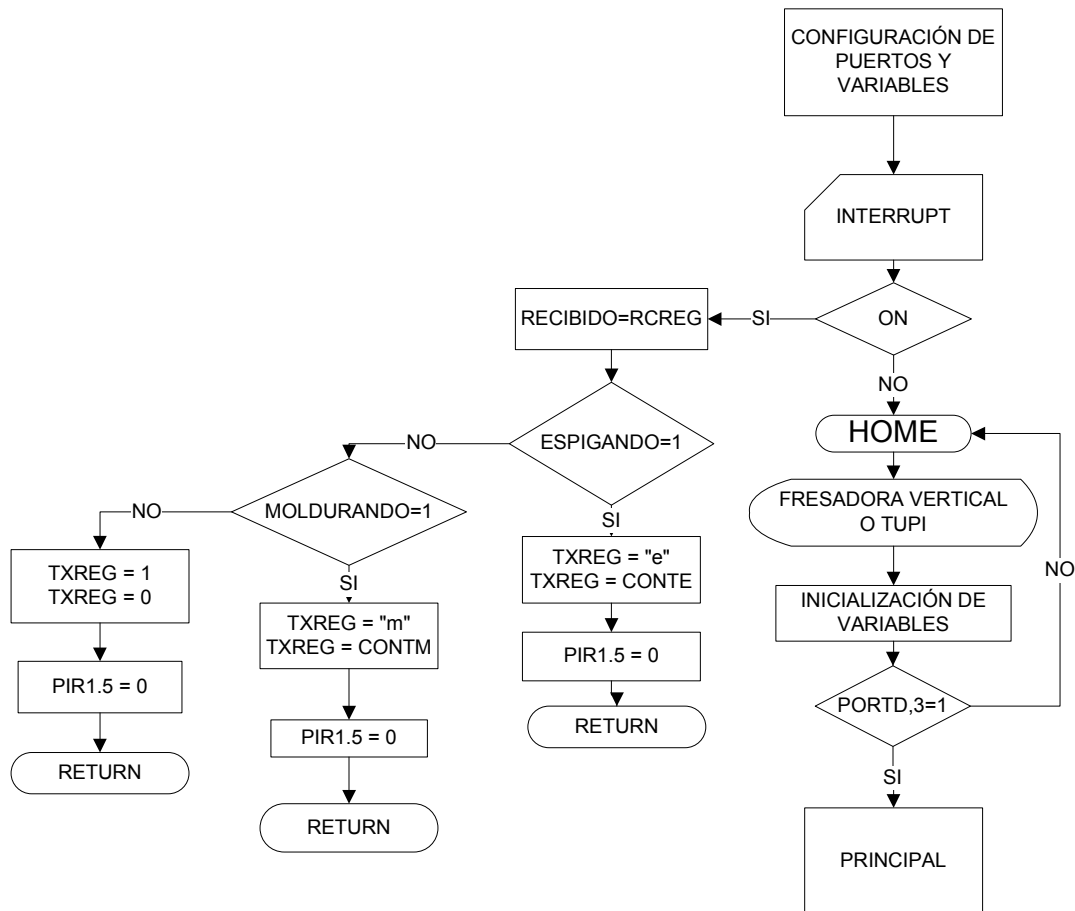


Figura 3.6 Diagrama de flujo del programa principal del PIC

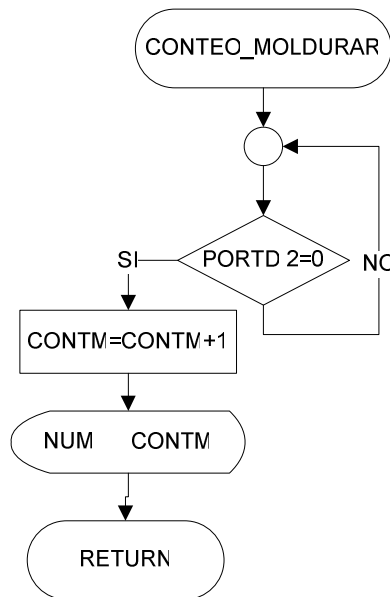
En el programa principal del PIC se configuran los puertos y las variables; tiene prioridad la interrupción de la comunicación serial. Si la interrupción no está activada ingresa al HOME y escribe en el LCD: FRESADORA VERTICAL O TUPI, inicializa las variables, verifica el PORTD,3 (PULSADOR DE INICIO) si está en 1 va a ejecutar la subrutina PRINCIPAL, si está en 0 regresa a HOME.





Si la variable BANDERA está en 1 pasa a verificar el PORTD,0 (SELECTOR MOL/ESP) si se encuentra en 0 va a verificar el PORTD,1 (SENSOR\_TOPE), si está desactivado va a la subrutina CONTEO\_ESPIGAR, si no es así va a revisar el PORTD,4 (PULSADOR DE PARO); si esta en cero retorna a HOME; de lo contrario regresa a la subrutina PRINCIPAL. Si el PORTD,0 esta en 1 (SELECTOR MOL/ESP) pasa a revisar el PORTD,2 (SENSOR\_CONTEO) si éste está desactivado va a la subrutina CONTEO\_MOLDURAR, caso contrario va a revisar el PORTD,4 (PULSADOR DE PARO), si está en cero retorna a HOME, si esta en 1 regresa a la subrutina PRINCIPAL.

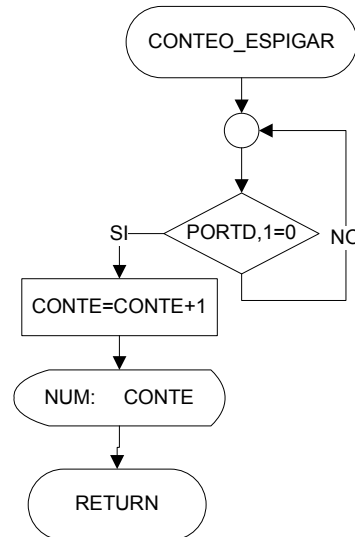
### 3.3.4 DIAGRAMA DE FLUJO DEL SUBROUTINA CONTEO\_MOLDURAR DEL PIC 16F876A



*Figura 3.8 Diagrama de flujo del subrutina CONTEO\_MOLDURAR del PIC*

En esta subrutina se verifica el PORTD,2 cada vez que se active incrementa en 1 la variable CONTM, se visualiza en el LCD y retorna a la subrutina PRINCIPAL. En 0 espera el cambio de estado.

### 3.3.5 DIAGRAMA DE FLUJO DEL SUBROUTINA CONTEO\_ESPIGAR DEL PIC 16F876A



*Figura 3.9 Diagrama de flujo del subrutina CONTEO\_ESPIGAR del PIC*

En esta subrutina se verifica el PORTD,1 cada vez que se active incrementa en 1 la variable CONTE, se visualiza en el LCD y retorna a la subrutina PRINCIPAL. En 0 espera el cambio de estado.

### 3.4 PROGRAMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS ACTUALES

El programa desarrollado en LABVIEW permite únicamente conocer el dato de operación instantáneo de la máquina mediante comunicación serial con el PIC 16F876A.

### 3.4.1 DIAGRAMA DE BLOQUE DEL PROGRAMA DE LABVIEW

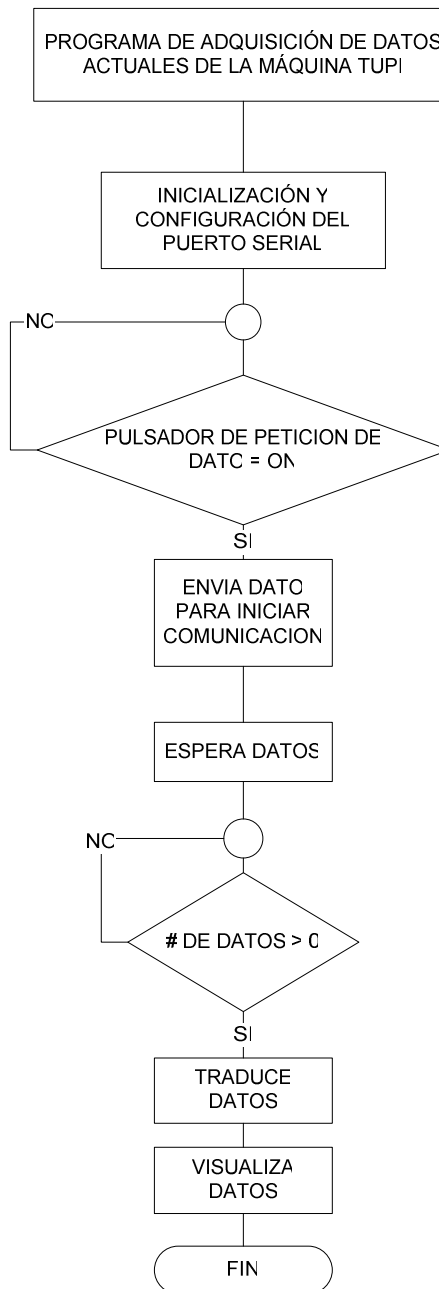


Figura 3.10 Diagrama de bloque del Programa en LabVIEW

En la Figura 3.11 se observa el panel frontal del programa de adquisición de datos actuales de LabVIEW

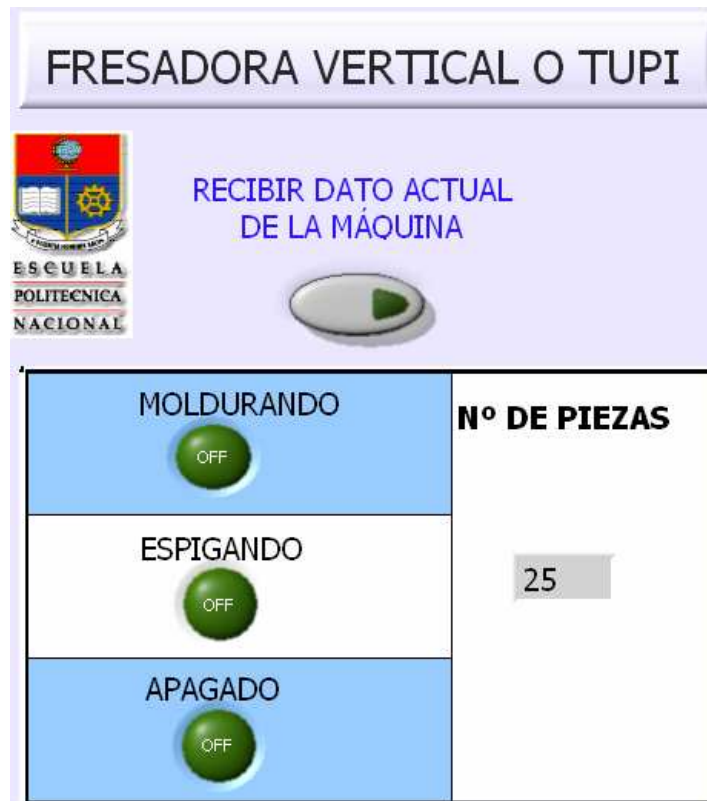


Figura 3.11 Panel Frontal del Programa en LabVIEW

1. Se configura e inicializa el Puerto Serial.

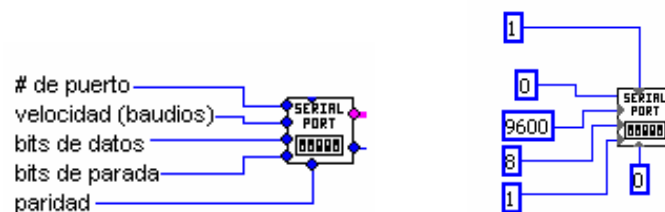


Figura 3.12 Configuración e inicialización del Puerto Serial

2. Espera la petición de datos, a través de pulsador.



Figura 3.13 Pulsador en OFF

3. Cuando el pulsador es activado, envía un dato para iniciar la comunicación con el PIC.



Figura 3.14 Pulsador en ON

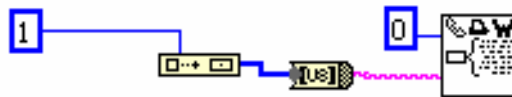


Figura 3.15 Envío del dato de inicio

4. La PC espera recibir los datos enviados por el PIC.
5. Cuando el número de datos recibidos por la PC es mayor que 0, entonces visualiza los datos.

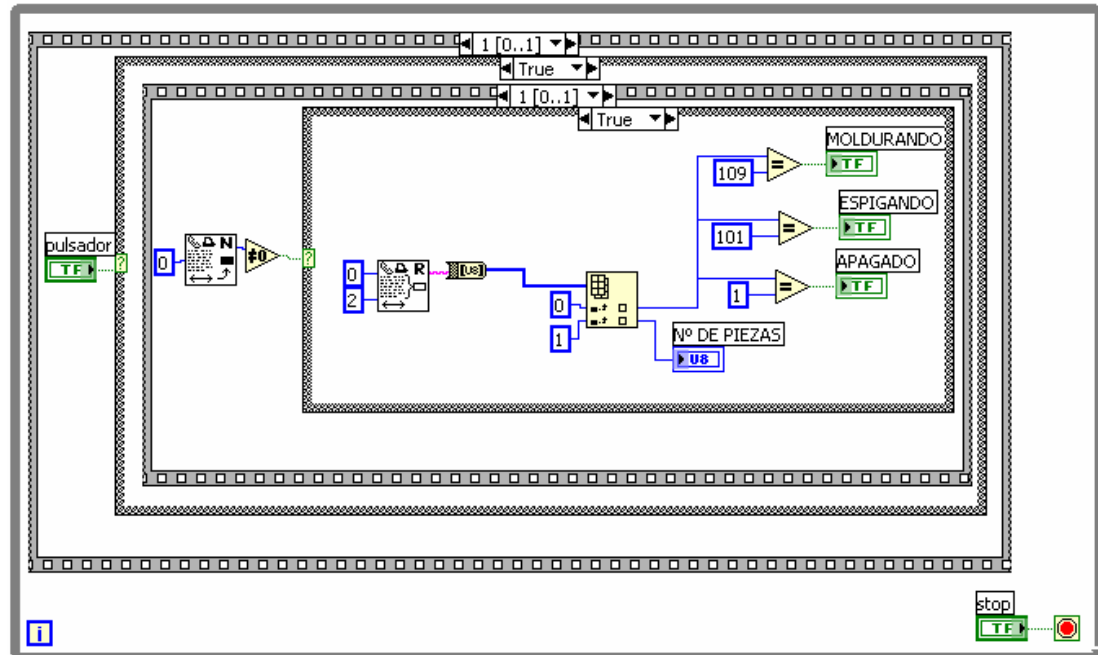


Figura 3.16 Panel de diagrama recibiendo datos

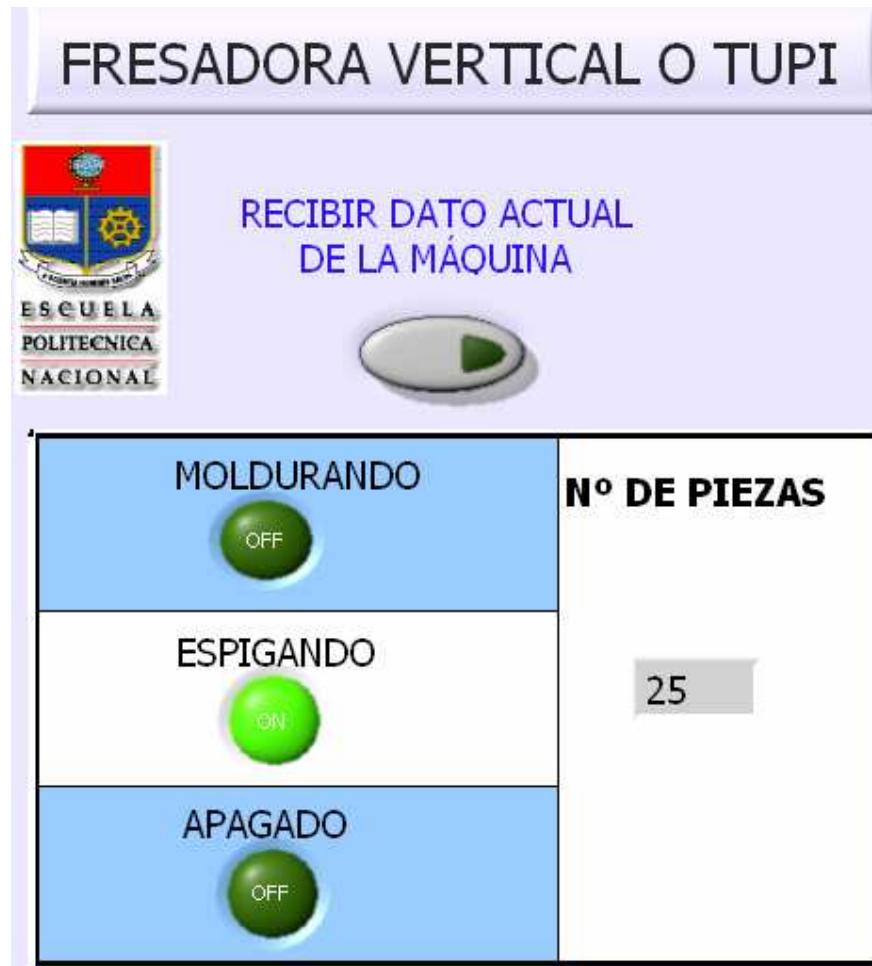


Figura 3.17 Panel frontal visualizando estado de máquina

### 3.5 INTERFAZ HOMBRE MÁQUINA (HMI)

El interfaz Hombre Máquina se realiza en el programa LOOKOUT 5.0, teniendo éste una conexión como OPC Client con el S7-200 PC Access.

#### 3.5.1 ENTORNO DEL S7-200 PC ACCESS

PC Access es un servidor para CPUs S7-200, es una herramienta de bajo costo que interactúa con cualquier cliente OPC estándar y soporta OPC Data Access (DA) hasta la versión 2.05. Permite optimizar el rendimiento, mejorar el funcionamiento, mantener aplicaciones, máquinas e instalaciones de autómatas pequeños gracias al acceso, control y observación de datos.

### 3.5.1.1 Características del S7-200 PC Access

- ✓ Cliente OPC (*Aplicación que accede a los datos de proceso, avisos y ficheros de un servidor OPC*) integrado.
- ✓ Complemento de Excel para visualizar en hojas de cálculo.
- ✓ Interfaz estándar con un cliente OPC cualquiera.
- ✓ Marca la hora cada vez que se actualizan las variable (si se utiliza cliente de prueba)
- ✓ Permite importar símbolos de proyectos de STEP 7-Micro/WIN (de las versiones 3.x a V4.x).
- ✓ Soporta todos los tipos de datos del PLC S7-200, incluyendo temporizadores, contadores y cadenas.
- ✓ Soporta toda la gama de protocolos de comunicación S7-200:
  - PPI (Interface punto a punto).- Es un protocolo maestro-esclavo. Vía cables "smart" RS-232 PPI y USB PPI.
  - MPI y PROFIBUS (vía procesadores de comunicación de Siemens)
  - Soporta módems externos e internos (el software soporta todos los drivers estándar TAPI de Windows) y el módulo Módem EM241.
  - Ethernet.- Tecnología para redes de área local (LANs) y redes de área extensa (WANs). Vía los módulos CP243-1 o CP243-1 IT.
  - Permite conectar varios PLCs a un solo PC.

### 3.5.1.2 Estructura de los proyectos de S7-200 PC Access

S7-200 PC Access comprende elementos tanto de servidor como de cliente OPC. En la Figura 3.32 se observa la estructura del interfaz de usuario del PC Access.



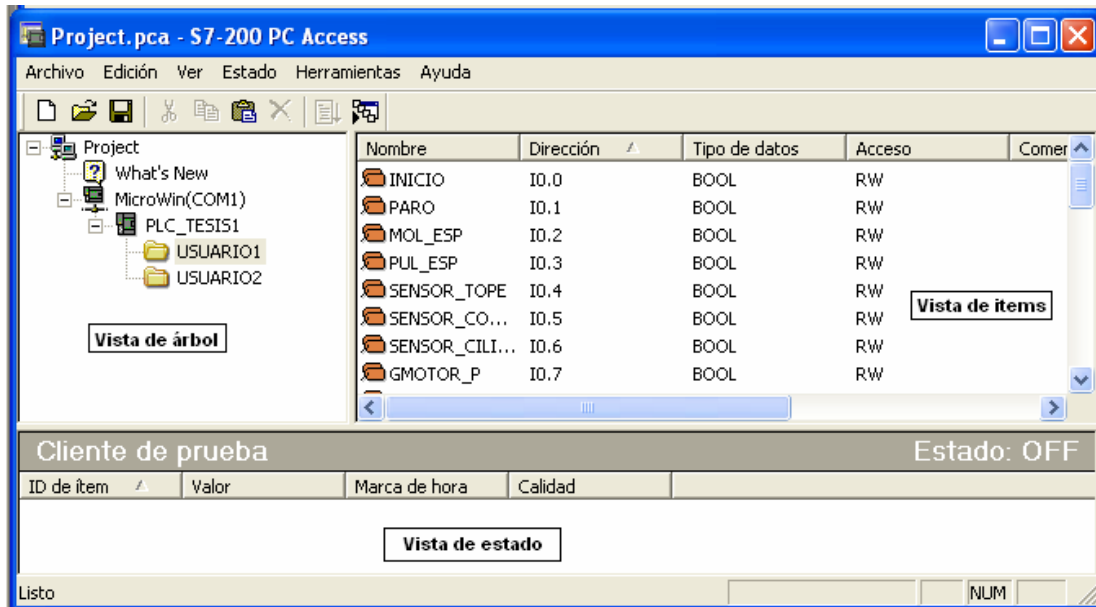


Figura 3.18 interfaz de usuario de S7-200 PC Access

Los objetos contenidos en el área del servidor OPC del proyecto aparecen organizados en forma de árbol jerárquico (jerarquía del proyecto). Este árbol es similar al Explorador de Windows, siendo diferentes sólo los iconos de los objetos. Los objetos contenidos en el área del cliente OPC (cliente de prueba) se visualizan en forma de lista. La extensión de los archivos de proyecto de S7-200 PC Access es .pca (p = P, c = C, a = Access).

#### 3.5.1.2.1 Vista de árbol

En el área izquierda superior de la ventana se visualiza un árbol jerárquico que contiene el punto de acceso del servidor, así como todos los PLCs y carpetas disponibles en el proyecto actual. Aquí se configuran el/los PLC(s) y las carpetas de los ítems. En este proyecto se maneja un PLC (PLCTESIS1) y 2 carpetas (USUARIO1 y USUARIO2).

#### 3.5.1.2.2 Vista de ítems

Los ítems se introducen y se listan en esta área superior derecha de la ventana. Los ítems configurados para un PLC o una carpeta en particular se visualizan aquí. En esta área se pueden visualizar el nombre y el ID del ítem, el nombre en runtime, la dirección, el tipo de datos, las unidades de ingeniería (UI) máxima y

mínima, el tipo de acceso (lectura, escritura o lectura/escritura) y los comentarios. La carpeta USUARIO1 contiene los ítems correspondientes al programa principal del PLC y la carpeta USUARIO2 incluye los ítems de la subrutina del PLC.

#### *3.5.2.1.5 Vista de estado (cliente de prueba)*

El área inferior de la ventana es el cliente de prueba. Al utilizar los ítems que se configuran automáticamente mediante el método de arrastrar y soltar desde la vista del servidor, el cliente de prueba constituye una herramienta de rápido y fácil manejo para las conexiones de ítems del servidor. En esta área se pueden visualizar el ID del ítem (punto de acceso del servidor, el PLC, la carpeta y la ruta o jerarquía del nombre del ítem), el tipo de datos, el formato, el valor, la marca de hora y la calidad

#### **3.5.1.3 Crear un enlace con el PLC**

El servidor OPC de S7-200 PC Access comprende los tres tipos de objetos siguientes:

- PLC
- Carpeta (opcional)
- Ítem

Al crear un nuevo proyecto es preciso establecer un enlace con el PLC. El enlace con el PLC se crea en dos pasos, a saber:

1. Configurar el protocolo de comunicación
2. Configurar un nuevo PLC

##### *3.5.1.3.1 Configurar el protocolo de comunicación*

- Con el botón derecho del ratón en el icono del punto de acceso (Objeto que establece la comunicación entre dos interlocutores utilizando el protocolo indicado) "MicroWin" se elije el comando del menú contextual Interface PG/PC como se indica en la Figura 3.19.

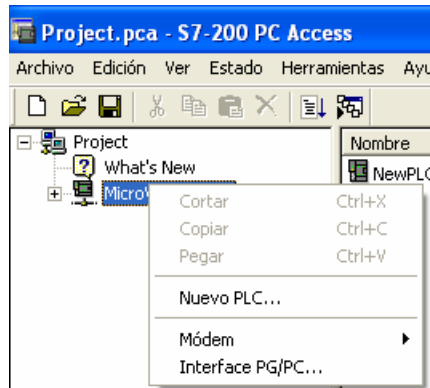


Figura 3.19 Paso 1 para configurar el protocolo de comunicación

- Para configurar PPI el protocolo de comunicación, seleccione PC/PPI cable (PPI) y haga clic en el botón "Propiedades" del cuadro de diálogo "Ajustar interface PG/PC".

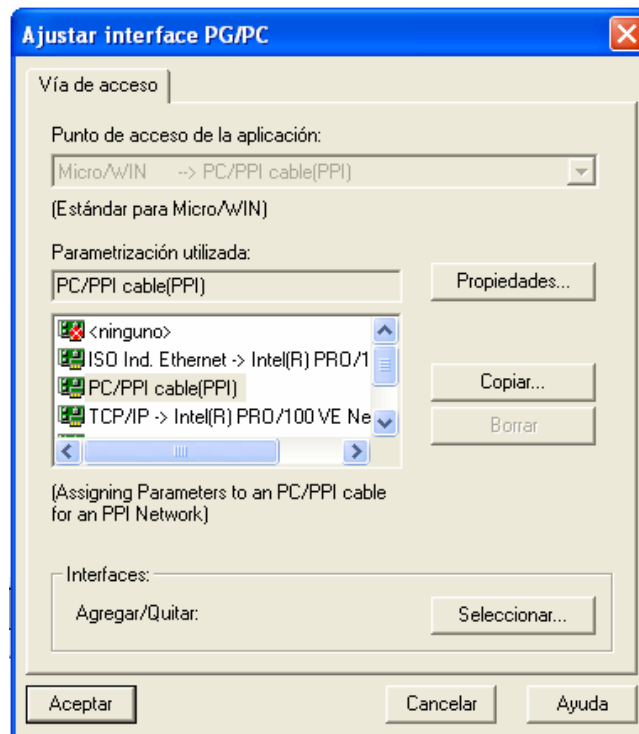


Figura 3.20 Cuadro de diálogo Ajustar interfase PC/PG

- En la ventana de propiedades se elige la dirección del equipo y la velocidad de comunicación.

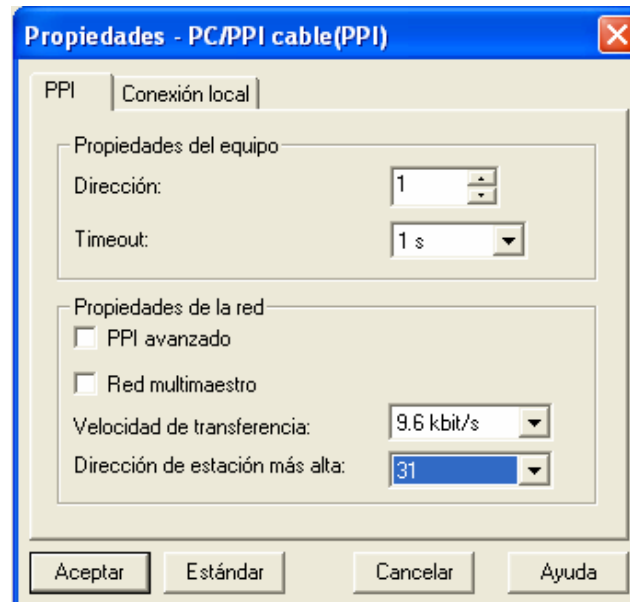


Figura 3.21 Cuadro de diálogo Propiedades PC/PPI cable (PPI)

- Seleccione Archivo, Importar símbolos y elija el archivo que contiene el programa que ejecuta el PLC.

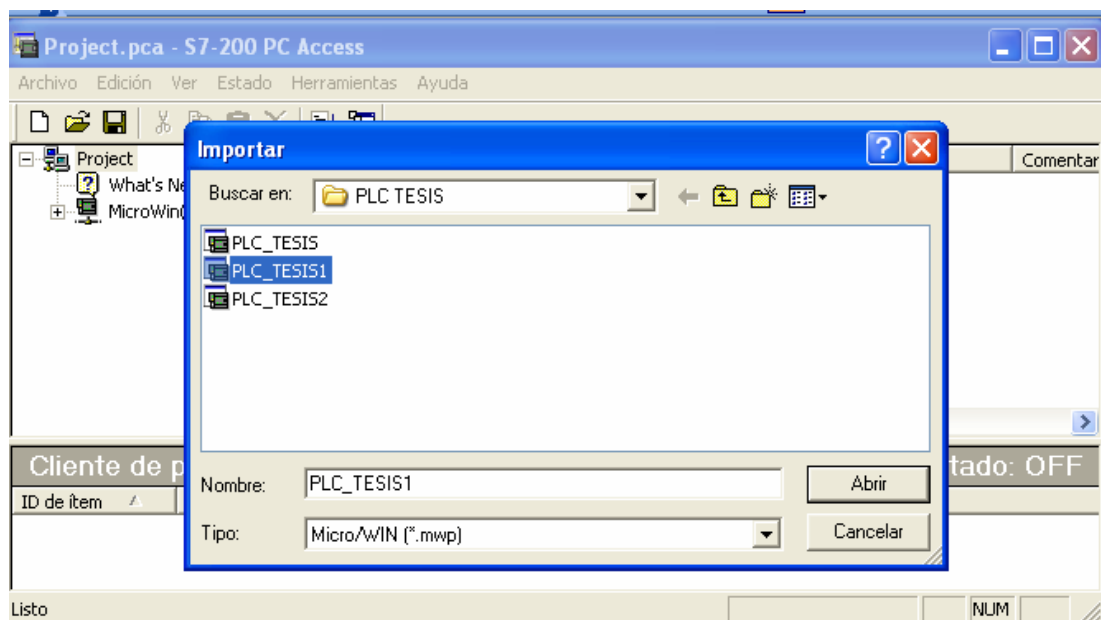


Figura 3.22 Cuadro de diálogo Importar

### 3.5.2 ENTORNO DEL LOOKOUT 5.0

La arquitectura de LOOKOUT está basada en objetos y conexiones entre objetos, a través de este programa se crea representaciones graficas en la PC con instrumentos reales tales como indicadores, potenciómetros, switches, pulsadores, registradores, etc. Permite le manejo de paneles de control, PLCs, RTUs, I/O y más dispositivos de campo. Puede ejecutar varios procesos a la vez.

#### 3.5.2.1 Configuración del OPC CLIENT para el manejo del PLC

- En la barra de menú se escoge Object >> Object Explorer y se despliega la siguiente ventana

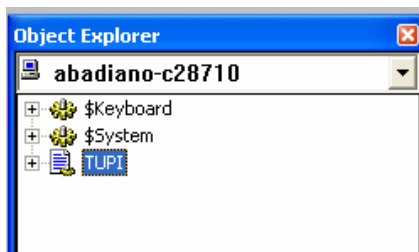


Figura 3.23 Cuadro de diálogo Object Explorer

- Se hace click derecho en el proyecto (TUPI) y se elige New Object y aparece la ventana Select Object.

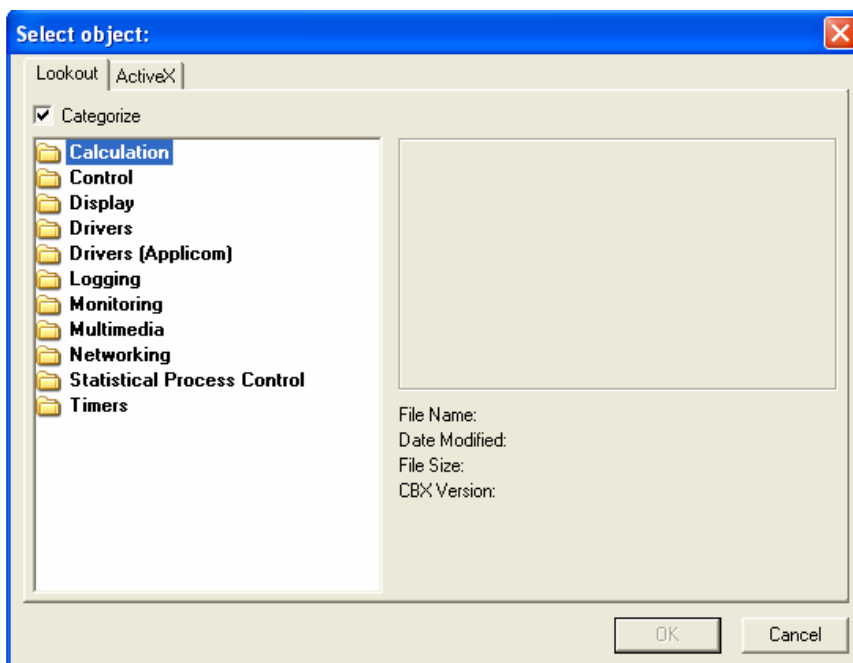


Figura 3.24 Cuadro de diálogo Select Object

- Se abre la carpeta Drivers y se selecciona el ítem OPCClient y en el Server Name se escoge el S7200.OPCServer.

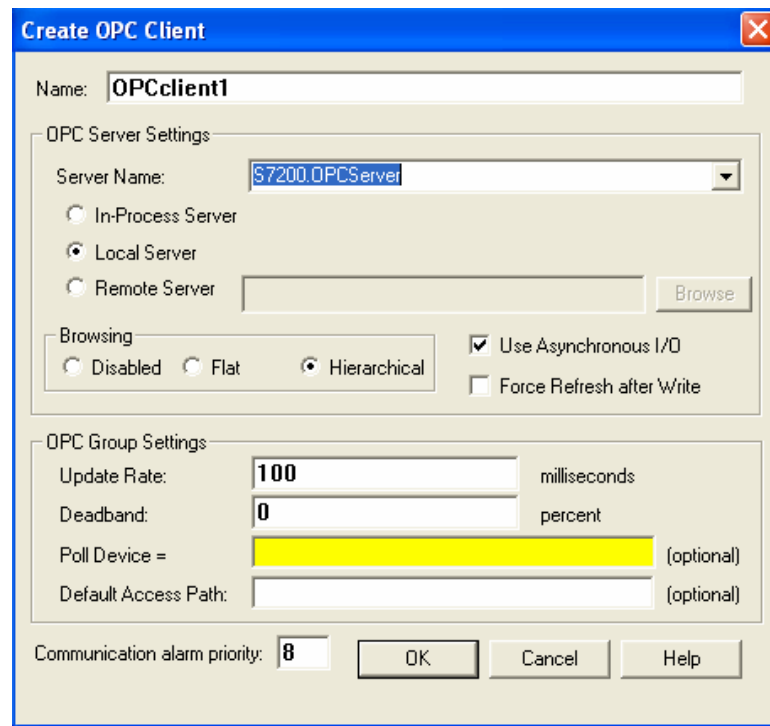


Figura 3.25 Cuadro de diálogo Create OPC Client

- Entonces se puede observar las carpetas e ítems del programa del PLC.

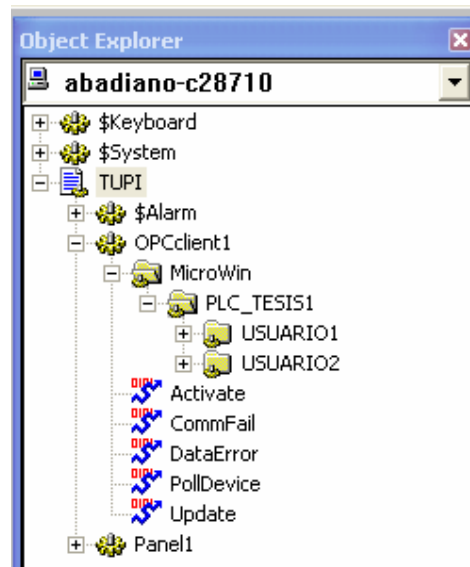
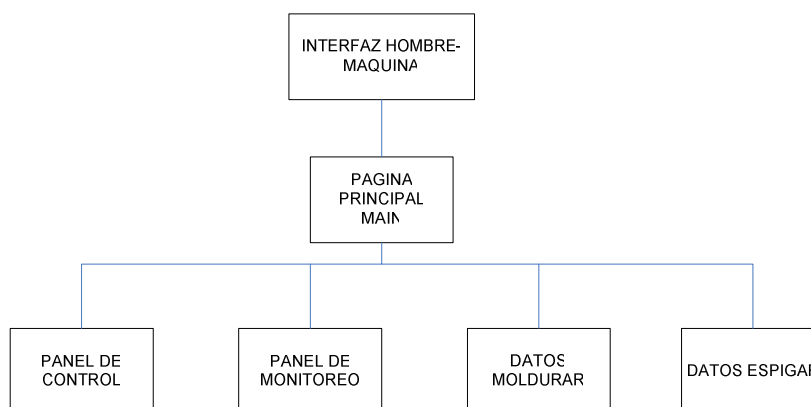


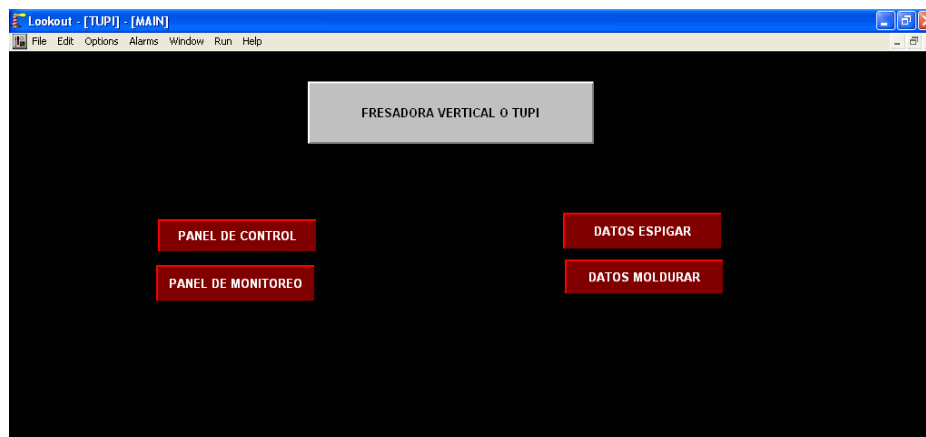
Figura 3.26 Cuadro de diálogo Object Explorer con el OPC Client

### 3.5.3 DIAGRAMA DE BLOQUES DEL INTERFAZ HOMBRE MÁQUINA DE LOOKOUT



*Figura 3.27 Diagrama de bloque del Interfaz Hombre Máquina*

El interfaz Hombre Máquina está desarrollado en cinco paneles de control; empieza por el Panel Principal denominado MAIN, en el cual a través de botones se puede alternar al resto de paneles.



*Figura 3.28 Pantalla del MAIN*

En el PANEL DE CONTROL (Figura 3.45) se encuentran los pulsadores y selectores para accionar la máquina desde la PC. Para la lo cual hay que seleccionar la operación, si se desea moldurar se debe seleccionar el tipo de madera, luego se pulsa inicio y para detener la máquina se presiona paro. Este panel igual que el MAIN puede alternar con los otros paneles.

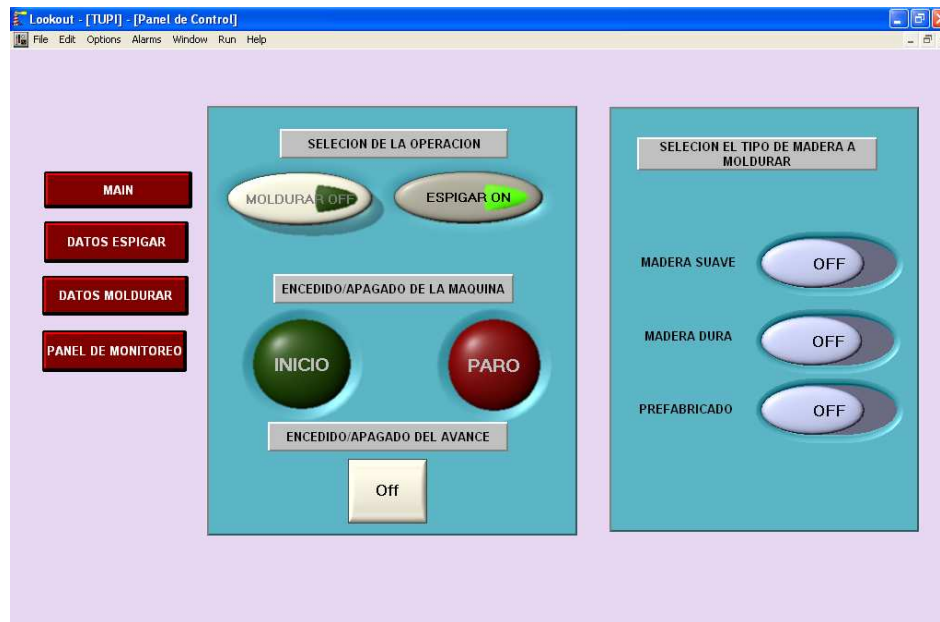


Figura 3.29 Pantalla del PANEL DE CONTROL

En el PANEL DE MONITOREO (Figura 3.46) se encuentran los indicadores y alarmas para conocer el funcionamiento en tiempo real de la máquina. Se puede observar la operación que se está realizando, los motores que se encuentran activados, las electroválvulas que están funcionando y las alarmas que generan los guardamotores en caso de fallo del motor.

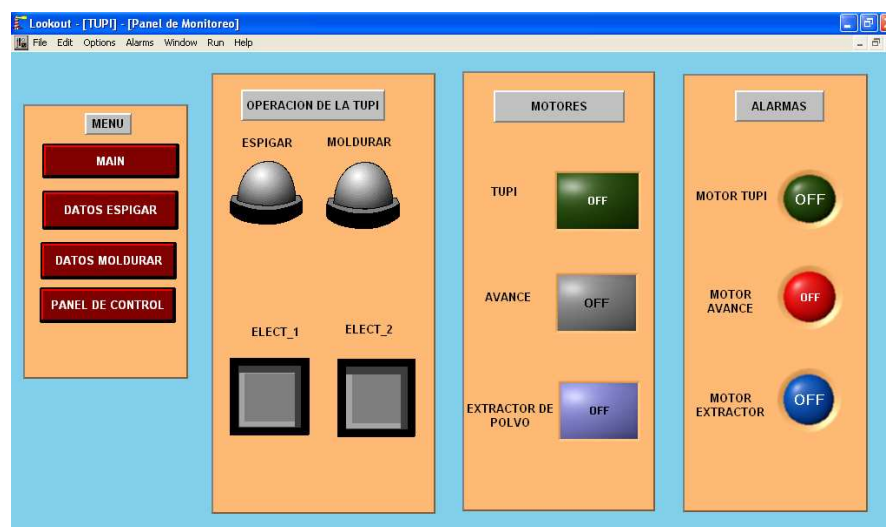


Figura 3.30 Pantalla del PANEL DE MONITOREO



El Panel DATOS MOLDURAR (Figura 3.47) contiene la información del número de molduras realizadas diariamente en forma de tabla, además de gráficos de tendencia y con la posibilidad de guardar estos datos en Microsoft Excel.

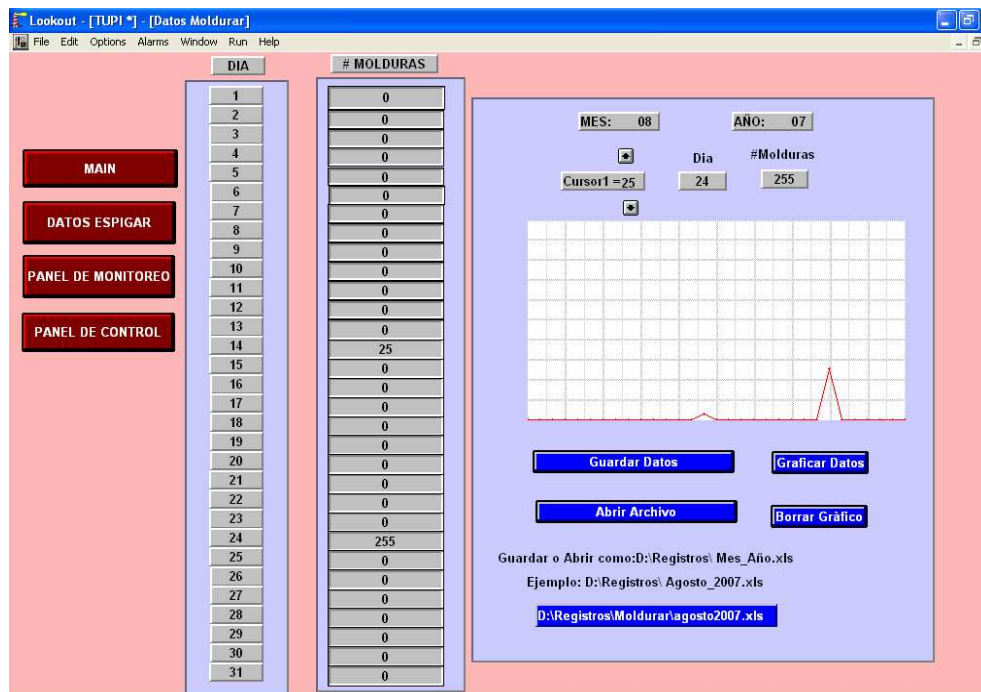


Figura 3.31 Pantalla del Panel DATOS MOLDURAR

El Panel DATOS ESPIGAR (Figura 3.48) contiene la información del número de espigas realizadas diariamente en forma de tabla, además con gráficos de tendencia y con la posibilidad de guardar estos datos en Microsoft Excel.

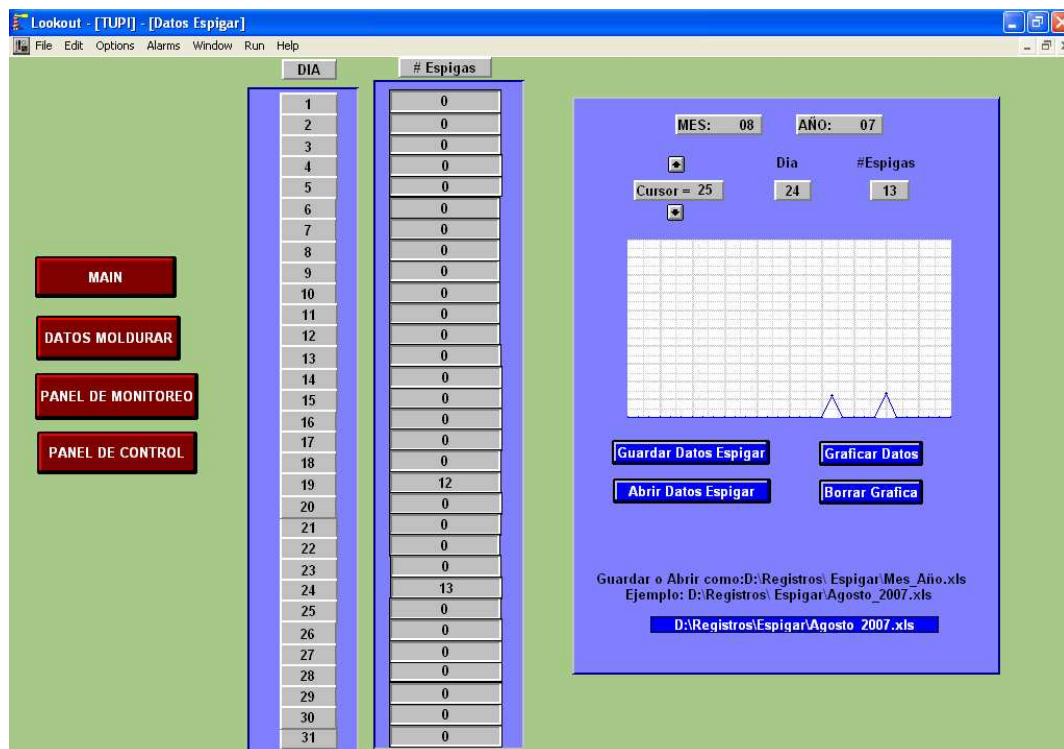


Figura 3.32 Pantalla del Panel DATOS ESPIGAR

## CAPITULO IV

### PRUEBAS Y RESULTADOS

#### 4.1 OPERACIONES DE LA MÁQUINA ANTES DEL DESARROLLO DEL PROYECTO

Todas las operaciones realizadas anteriormente con la Fresadora Vertical o Tupí se lo hacía artesanalmente, es decir, el operario pasaba las piezas de madera manualmente por las cuchillas, con lo cual existía riesgos como: el contacto manual con la herramienta de corte, el efecto de retroceso. La producción era limitada y la calidad de labrado no era lo suficientemente buena para dar un acabado fino a las piezas, lo que obligaba a que después de realizar alguna moldura la pieza pasara por un proceso de lijado para eliminar las irregularidades que se hayan realizado en la moldura; esto aumentaba el tiempo del proceso antes de que las piezas sean finalmente lacadas. Las cuchillas utilizadas para labrar la madera eran realizadas en la propia fábrica usando hierro templado lo cual reducía costos pero limitaba la calidad y la seguridad al utilizarlas.



*Figura 4.1. Operación de Espigado*



*Figura 4.2. Operación de Moldurado*

Además la Fresadora vertical sólo realizaba molduras; pero existen varias operaciones que se pueden realizar adicionalmente, por lo que no era utilizada en toda su capacidad. El desperdicio de material que salía al operar esta máquina se convertía en un obstáculo para el correcto desempeño de la misma lo cual impedía un trabajo continuo ya que después de determinado tiempo se tenía que limpiar el área de trabajo.

La tupí antes de ser automatizada se muestra en la Figura 4.3



*Figura 4.3. Máquina tupí antes de ser automatizada*

Luego de realizar el proyecto la tupí se indica en la Figura 4.4



*Figura 4.4 Máquina Tupí Automatizada*

## 4.2 OPERACIONES DE LA MÁQUINA DESPUÉS DEL DESARROLLO DEL PROYECTO

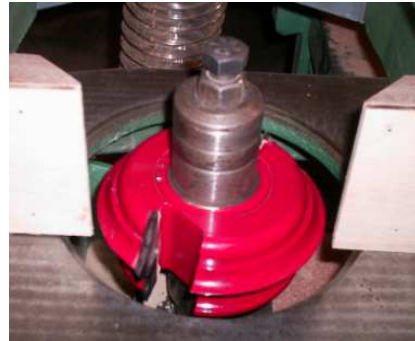
### 4.2.1 PRUEBAS Y RESULTADOS DE LA OPERACIÓN MOLDURAR

#### 4.2.1.1 Pruebas Realizadas

En la operación de moldurar las pruebas fueron realizadas con diferentes piezas de madera de distintas dimensiones y diferentes materiales. Se utilizaron dos fresas para esta operación: una fresa compuesta con cuchillas para realizar panelado o plafoneado (Figura 4.5) y otra fresa de una sola pieza de multimolduras (Figura 4.6).



*Figura 4.5 Fresa Compuesta*



*Figura 4.6 Fresa de una sola pieza*

Las pruebas realizadas fueron hechas en las siguientes piezas de madera:

#### 4.2.1.1.1 Madera suave larga



*Figura 4.7 Moldurando piezas largas*



#### 4.2.1.1.2 Piezas cortas prefabricadas, madera sólida suave y dura

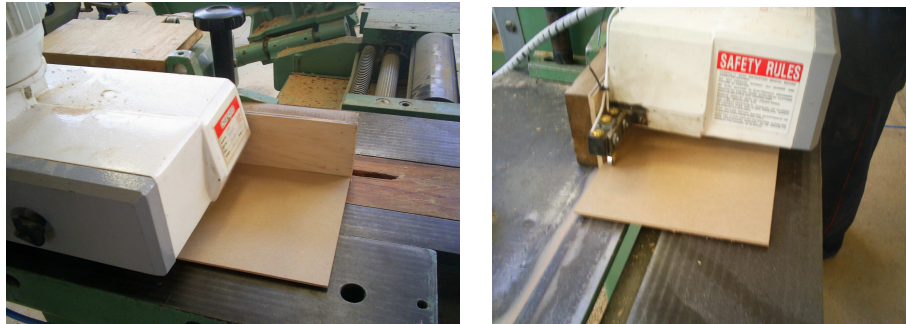


Figura 4.8 Moldurando piezas cortas prefabricadas



Figura 4.9 Madera Suave



Figura 4.10 Madera Dura

#### 4.2.1.2 Resultados Obtenidos

##### 4.2.1.2.1 Resultados obtenidos en trabajo con piezas largas

Con las piezas largas no existe problema, el sistema no limita el largo de la pieza, ya que es un sistema de arrastre continuo. En la Figura 4.11 se muestra una pieza larga moldurada



Figura 4.11 Moldurado de una de pieza larga de madera suave

#### *4.2.1.2.2 Resultados obtenidos en trabajo con piezas cortas*

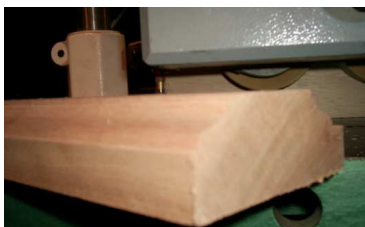
El arrastre limita el largo mínimo de las piezas a la distancia que existe entre los ejes de sus rodillos, esto quiere decir que el largo mínimo es de 15 cm., aunque por seguridad es recomendable hacerlo a partir de 17cm, de tal forma que la pieza no vaya a retenerse entre las guías. Un ejemplo de pieza corta moldurada es la que se indica en la Figura 4.12.



*Figura 4.12 Prefabricado (MDF)*

#### *4.2.1.2.3 Resultados obtenidos en trabajo madera suave, madera dura y prefabricado*

En la pruebas con madera suave, madera dura y prefabricado (Figuras 4.13, 4.14, 4.15), se obtuvo buenos resultados tanto en seguridad como en calidad, debido a que el avance no permite efecto de retroceso de la pieza y la velocidad de avance es la adecuada para cada tipo de madera, la cual es conseguida por medio del variador de velocidad.



*Figura 4.13 Madera suave*



*Figura 4.14 Madera dura*



*Figura 4.15 Prefabricado (Melamínico)*

Esta operación se la comanda desde el panel de control que se encuentra cerca de la máquina o desde el HMI realizado desde el programa Lookout o Labview, en cada uno de ellos se presentan las pantallas de visualización dando una presentación gráfica del funcionamiento de la máquina y de los registros de operación de la misma.

#### 4.2.1.2.3 Pruebas con el Programa Lookout

En la pantalla principal (Figura 4.16) se tiene acceso a los diferentes menús que en ella se encuentra.



Figura 4.16 Pantalla Principal

Desde el panel de control (Figura 4.17) o desde el HMI se opera la máquina, en cada uno de ellos existen pulsadores, selectores que permiten accionar todos los elementos para que funcione correctamente y de acuerdo a las necesidades de trabajo que se tenga. Se escoge la opción moldurar y la velocidad de avance requerida antes de activar el pulsador de marcha de la máquina.

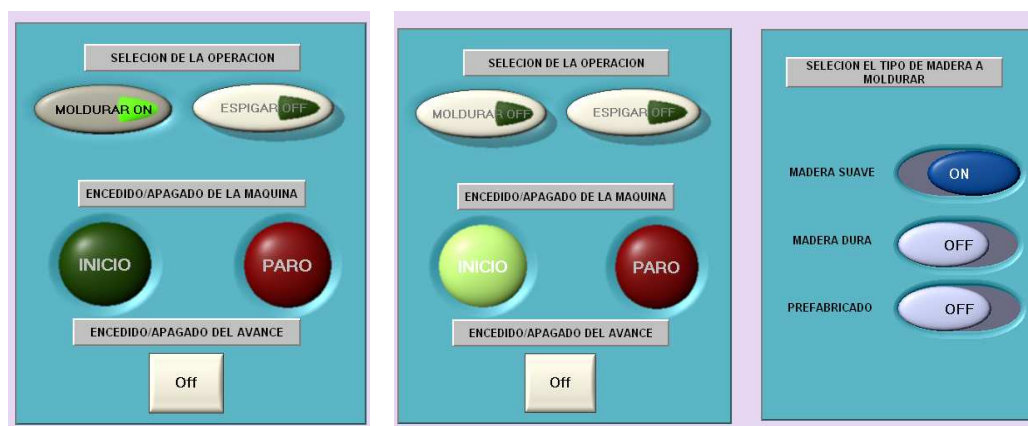


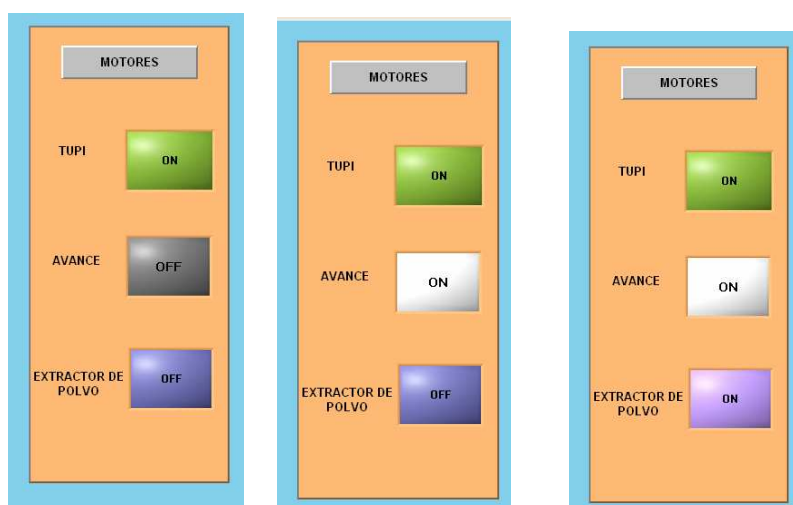
Figura 4.17 Panel de Control



En el panel de monitoreo (Figuras 4.18 y 4.19) se visualiza el encendido secuencial de los motores para esta operación y las alarmas si en algún momento se produjera alguna anomalía dentro del sistema.



*Figura 4.18 Indicador de Moldurar*



*Figura 4.19 Secuencia de encendido de motores*

Dentro del panel de Datos Moldurar (Figura 4.20) se guardan la cantidad de piezas realizadas diariamente y se almacenan los datos hasta de un mes pudiendo así realizar un control de la cantidad de producción mensual. Además este panel consta de una visualización gráfica de todos los datos que se han producido durante todo el mes dando así un análisis estadístico de producción donde se puede observar las producciones más altas, las más bajas o los días que la máquina no ha sido operada; al mismo tiempo todos estos datos son guardados en una carpeta dentro del disco duro de la PC con la ayuda del programa Excel para llevar un registro continuo de la operación de la máquina como se ve en la Figura 4.21.

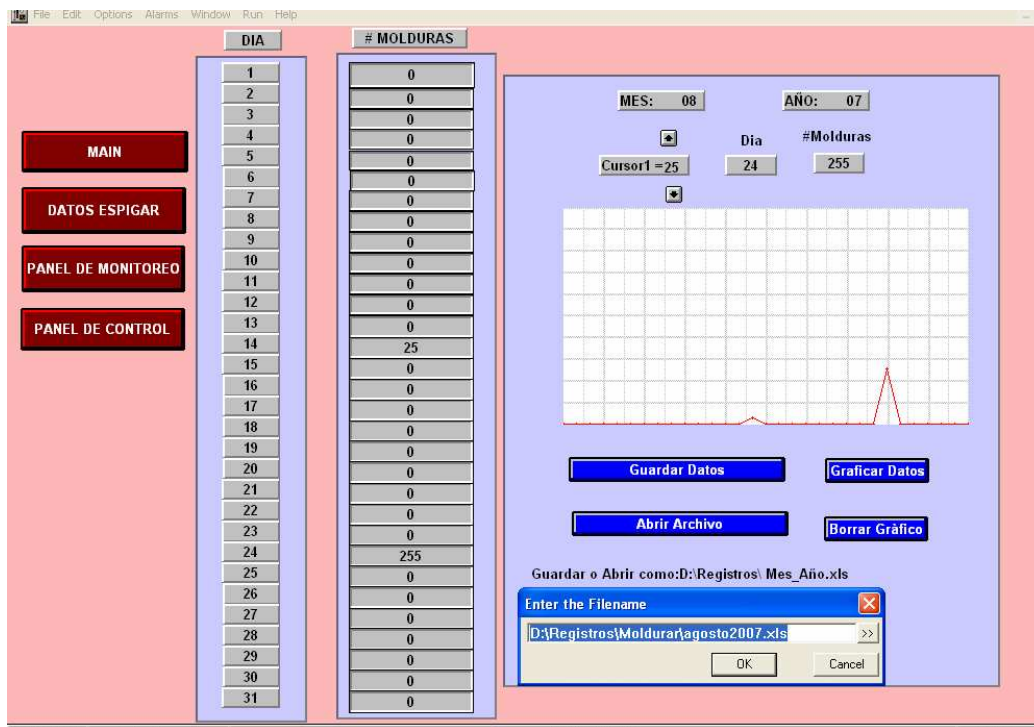


Figura 4.20 Panel de Datos Moldurar

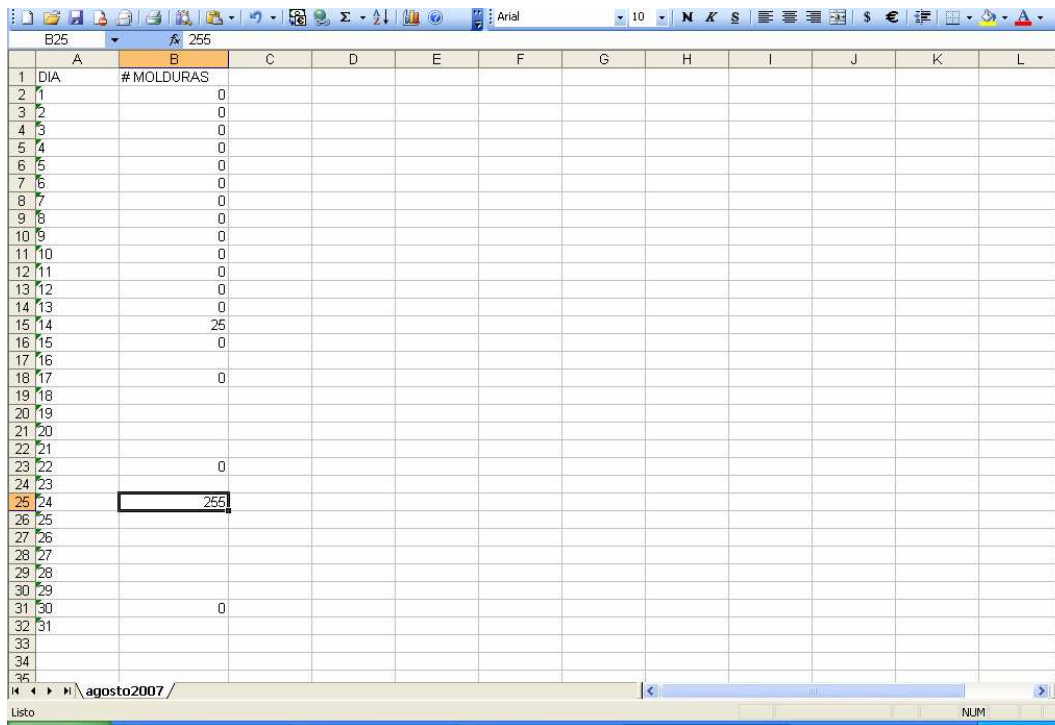


Figura 4.21 Datos guardados en el Programa Excel

#### 4.2.1.2.4 Pruebas con el Programa Labview

Por medio de este programa se tiene una presentación en tiempo real de la operación moldurar y del número de piezas realizadas en ese instante, es decir, lo que se observa en el LCD que se encuentra en el panel de control se visualiza también en Labview como se observa en las Figuras 4.22 y 4.23.

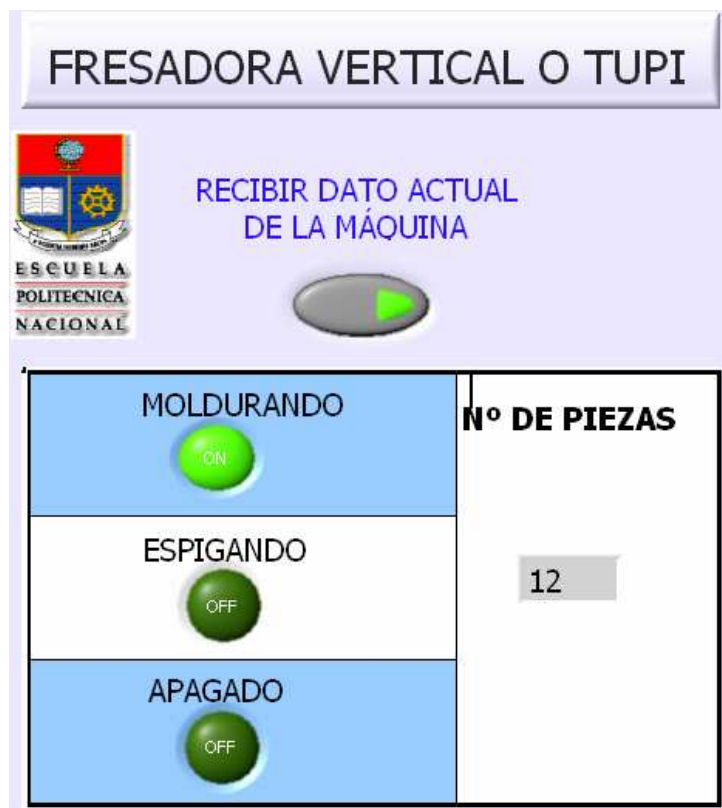


Figura 4.22 Pantalla de Labview



Figura 4.23 Presentación del LCD

### 4.3.1 PRUEBAS Y RESULTADOS DE LA OPERACIÓN DE ESPIGAR

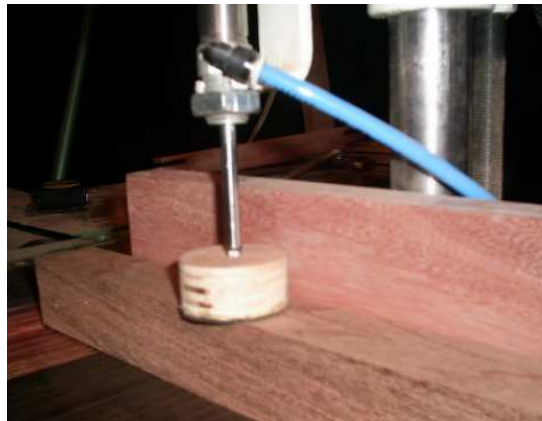
#### 4.3.1.1 Pruebas Realizadas

Esta operación se la realiza por testa, es decir, por un lado extremo de la pieza de madera, las pruebas fueron realizadas en madera sólida y para ello se utilizó sierras circulares (Figura 4.24) de 15cm de diámetro para realizar la espiga y la ranura.

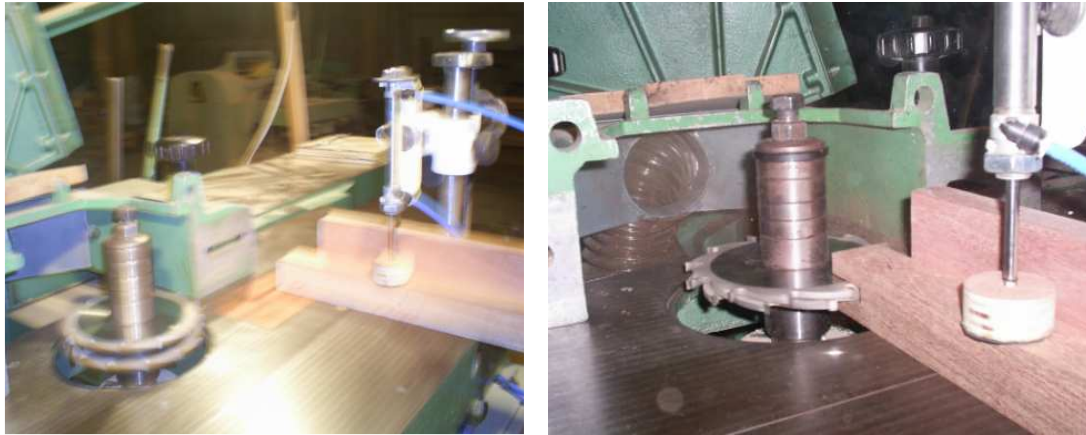


*Figura 4.24 Sierras circulares y madera sólida*

Una vez seleccionado la operación de espigar y presionado el botón de inicio, se activa el motor principal y el operario acciona los pulsadores para activar las electroválvulas y éstas los cilindros, para realizar primeramente la sujeción de la madera sobre la mesa de trabajo y luego el movimiento del carro.



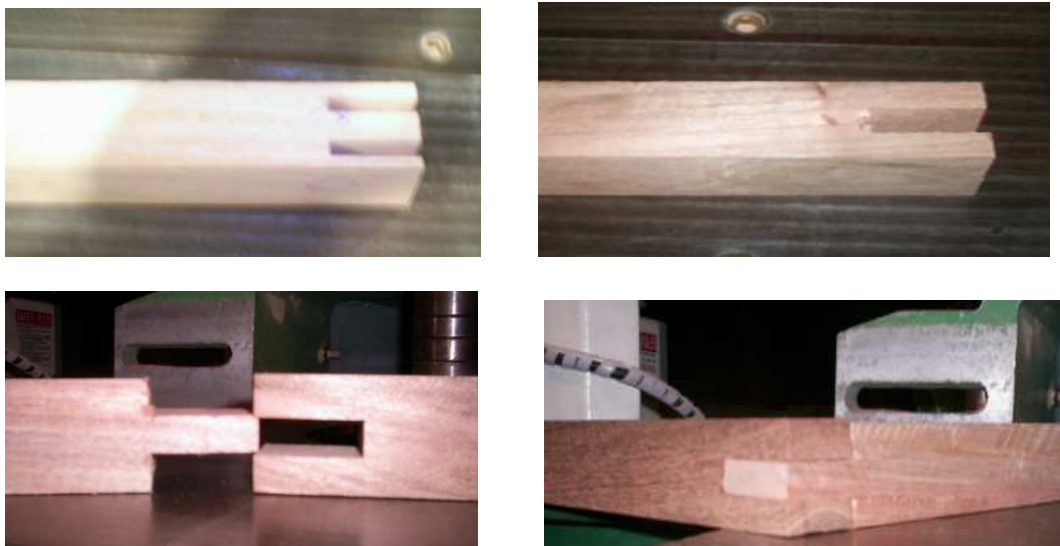
*Figura 4.25 Sujeción de la madera*



*Figura 4.26 Movimiento del carro*

#### **4.3.1.2 Resultados Obtenidos**

El cilindro de sujeción presionó la madera adecuadamente y existió problemas al pasar por las cuchillas. Se realizó ajustes a la salida y retorno del carro hasta obtener una velocidad adecuada de ingreso a las cuchillas y de retorno por las mismas.



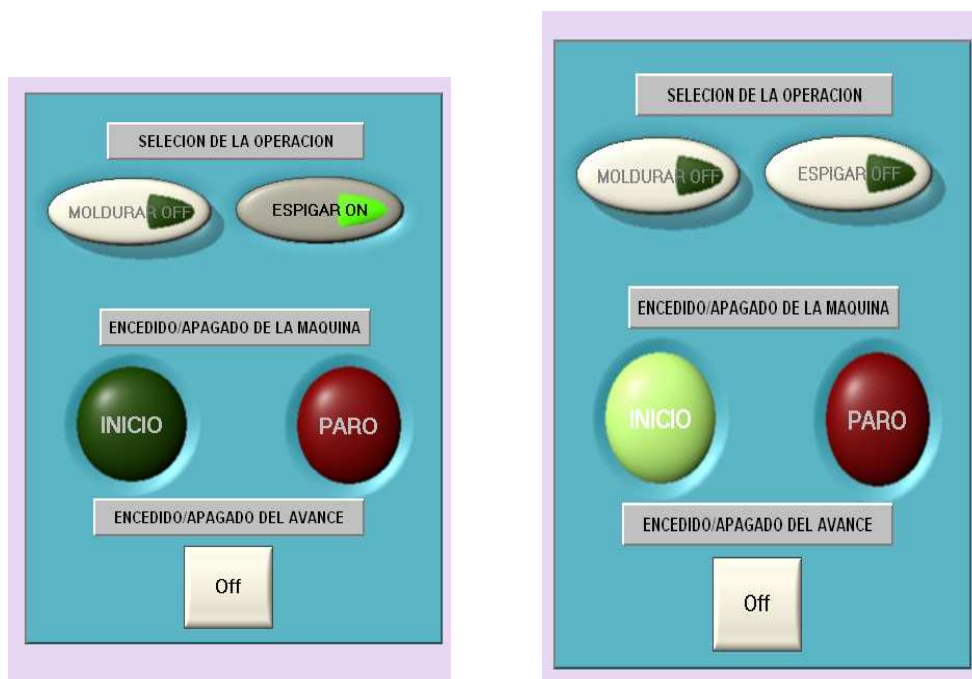
*Figura 4.27 Espiga y Ranura*

#### **4.3.1.3 Pruebas con el Programa Lookout**

En la pantalla principal de la Figura 4.26 se escoge la opción espigar y posteriormente se activa el pulsador de marcha de la máquina.



*Figura 4.28 Pantalla Principal*



*Figura 4.29 Panel de Control*

En el panel de monitoreo se visualiza el encendido de las electroválvulas y de los motores tanto principal como del extractor como se muestra en la Figura 4.30.

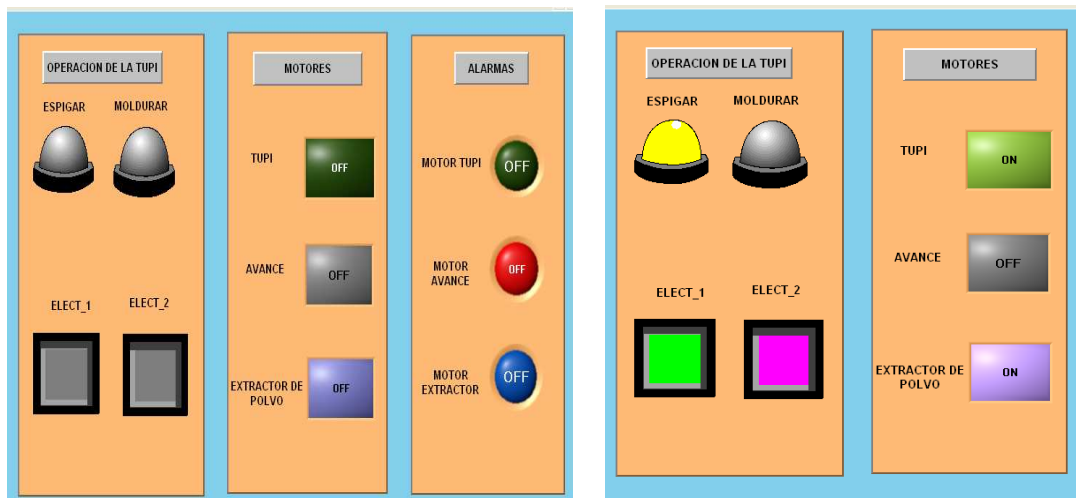


Figura 4.30 Indicador de Espigar y accionamiento de las electroválvulas y motores

Dentro del panel de Datos Espigar igual que el registro de datos moldurar se guardan la cantidad de piezas realizadas diariamente y se almacenan los datos hasta de un mes pudiendo llevar un registro de la operación de la máquina.

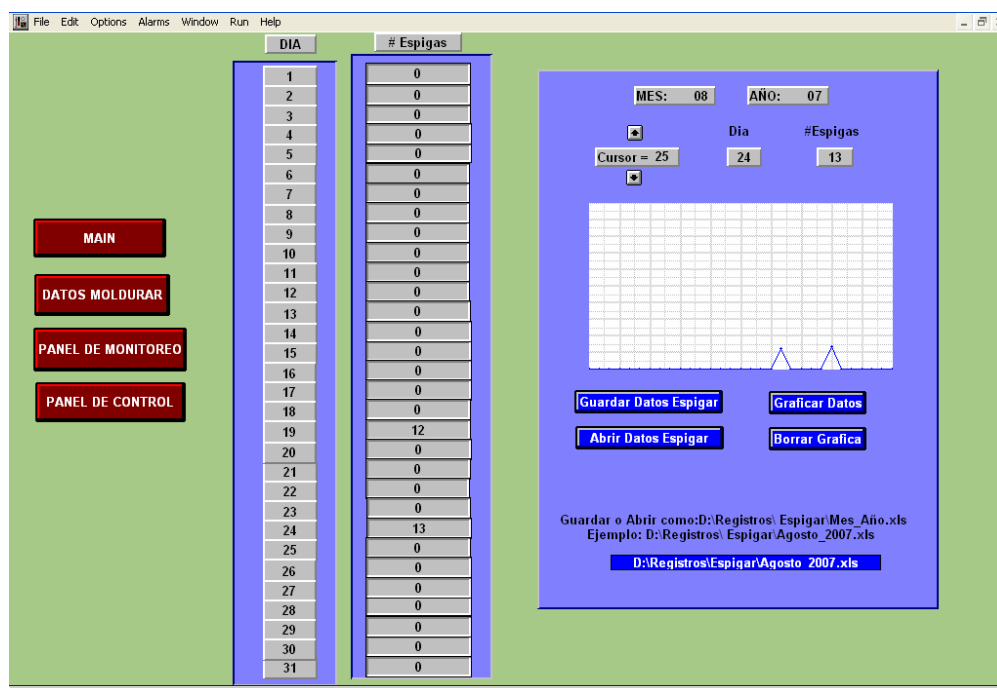
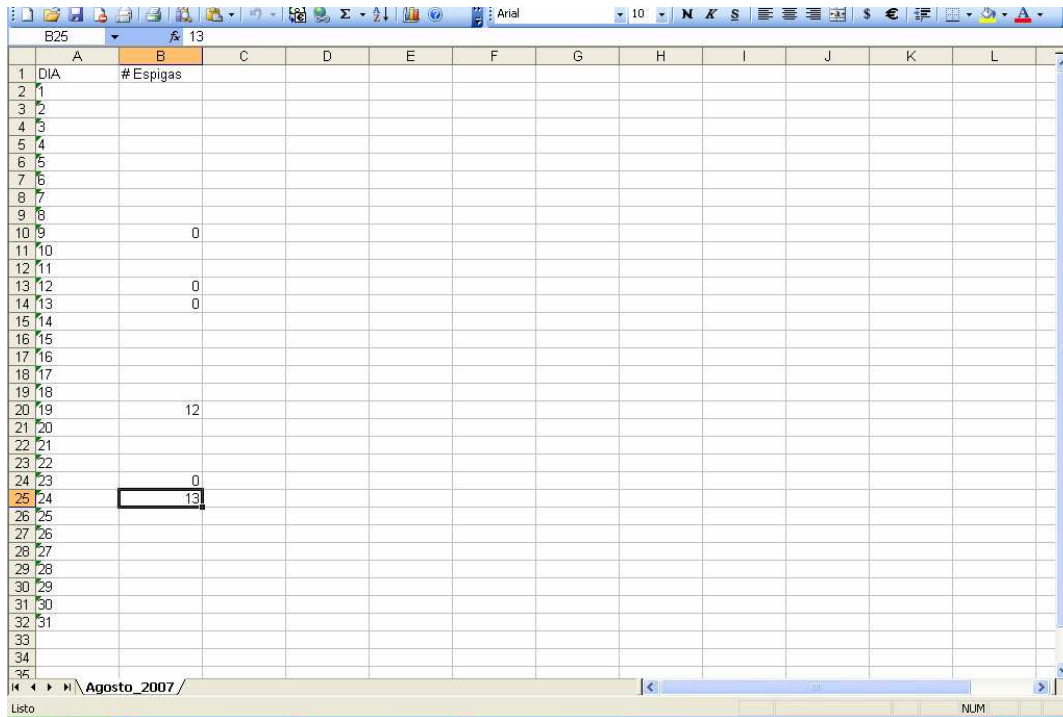


Figura 4.31 Panel de Datos Espigar





	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	DIA	# Espigas										
2	1											
3	2											
4	3											
5	4											
6	5											
7	6											
8	7											
9	8											
10	9	0										
11	10											
12	11											
13	12	0										
14	13	0										
15	14											
16	15											
17	16											
18	17											
19	18											
20	19	12										
21	20											
22	21											
23	22											
24	23	0										
25	24	13										
26	25											
27	26											
28	27											
29	28											
30	29											
31	30											
32	31											
33												
34												
35												

Figura 4.32 Datos guardados en el Programa Excel

#### 4.3.1.4 Pruebas con el Programa Labview

Por medio de este programa se tiene una presentación en tiempo real de la operación espigar y del número de piezas realizadas en ese instante, es decir, lo que se observa en el LCD que se encuentra en el panel de control se visualiza también en Labview.



Figura 4.34 Presentación del LCD



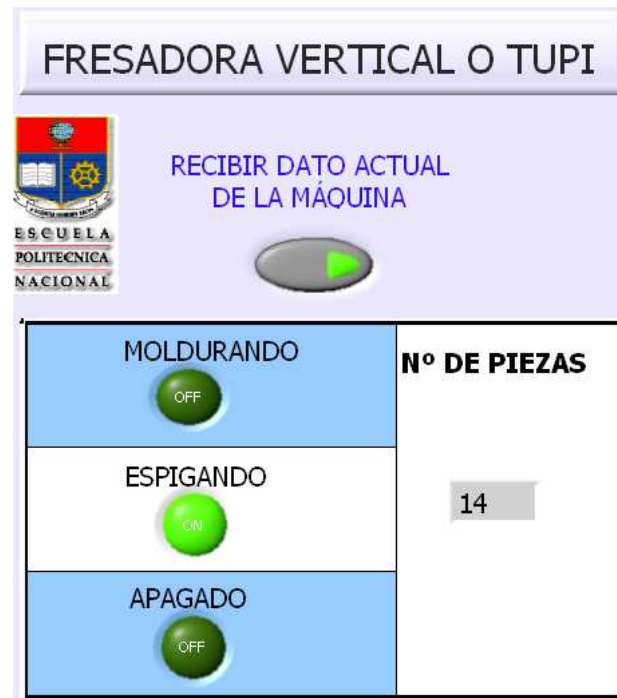


Figura 4.33 Pantalla de LabVIEW

#### 4.4 PRUEBAS Y RESULTADOS DEL EXTRACTOR DE POLVO

Con el extractor de polvo se consiguió tener un aire y un entorno libre de polvo en el puesto de trabajo, con lo que no sólo ayuda al funcionamiento apropiado de la máquina sino que brinda protección y salud a los operarios.



Figura 4.35 Extractor de polvo

## **CAPITULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1 CONCLUSIONES**

- El objetivo del proyecto de titulación que fue realizar la automatización de una máquina fresadora vertical o tupí se cumplió en su totalidad, de acuerdo con los alcances impuestos, obteniéndose una máquina más versátil, confiable y segura.
- Con la utilización de cilindros neumáticos para sujetar las piezas de madera y dar movimiento lineal al carro de máquina, se agregó a la tupí la operación de espigado, que antes no se realizaba debido al tiempo que llevaba el montaje, calibración y ajuste de los dediles.
- El uso de cilindros neumáticos para sujetar las piezas de madera reemplazando a los dediles o flejes es una buena solución para eliminar tiempos muertos en el ajuste de la pieza durante la operación de espigado.
- Con la implementación del extractor de polvo se logra obtener un ambiente de trabajo más limpio, lo cual es importante cuando se habla de la seguridad del operador de la máquina, pues el polvo de la madera podría generar muchos problemas respiratorios.,
- Con la automatización de la máquina tupí se mejoran los costos de producción en dos aspectos; el primero, antes debía ser operada por dos personas especialmente en piezas largas lo cual ahora no es necesario y segundo que debía ser utilizada por personal con experiencia debido a los riesgos, ahora puede ser utilizada por cualquier persona con los conocimientos y precauciones básicas.

- La automatización de la Máquina Fresadora Vertical o Tupí o de cualquier máquina requiere de una base de electrónica, eléctrica, neumática, mecánica y por supuesto el conocimiento del campo de aplicación en este caso la carpintería. En este proyecto para obtener mejores resultados se ha tomado en cuenta esto, logrando alcanzar una máquina más eficiente y segura, que proporcione calidad de trabajo y que sea un sistema seguro para el operario.
- Debido a que la máquina fresadora vertical es un elemento indispensable en la elaboración de muebles y afines, el mejorar el funcionamiento de ésta mejora la producción, la calidad de los productos que en ella se obtienen y por lo tanto el tiempo de producción, ya que, al tener una superficie mejor labrada se reduce el tiempo de lijado.
- Las máquinas fresadoras para madera existen en varios diseños y con diferentes funciones, la problemática en nuestro país es que a pesar de tener la maquinaria ésta no es utilizada aprovechando todo los beneficios que ofrece y menos aún con las medidas de seguridad para los que las operan.
- La transportación de las piezas por medio de un arrastre automático a través de las cuchillas de la fresa proporcionan un esfuerzo físico menor en el operario y mucha más seguridad, ya que no existe posibilidad de contacto con las cuchillas, ni que se produzca el efecto de retroceso.
- El uso del PLC en un panel de control facilita que las tareas para cada operación se vayan ejecutando de acuerdo a las necesidades tales como encender los motores secuencialmente luego de un intervalo de tiempo, tener un control y monitoreo de las acciones que se están realizando y poder llevar un registro de datos. Además la posibilidad de crear un interfaz gráfico con la PC u otro elemento de monitoreo y control.

- El uso de elementos neumáticos es una buena alternativa para la sujeción, prensado, para dar movimientos lineales con regulación de velocidad, etc, operaciones que son necesarios a nivel de la industria del mueble.

## **5.2 RECOMENDACIONES**

- La máquina fresadora vertical o tupí de banco al ser automatizada tiene una secuencia de encendido, por lo cual los operarios y personas que la utilicen deben estar debidamente capacitados.
- Las herramientas de corte, útiles o fresas con los que se trabaje en la máquina no deben ser cuchillas de hierro templado sino fresas adecuadas especialmente con las siguientes características: de forma prácticamente circular, espacio de virutamiento limitado y riesgo de retroceso limitado.
- Es importante tomar en cuenta en la operación de moldurar el ángulo de ingreso a los rodillos depende del tamaño de la pieza. Si es pequeña éste debe ser pequeño, por el contrario, si es grande debe aumentarse este ángulo para ayudar a que los rodillos acerquen la pieza a las guías.
- La PC se encuentra cerca de la máquina pero podría alejarse para evitar el polvo el cual es nocivo para ésta, o crear una caja hermética para su ubicación.
- Los rodillos del avance semi-mecánico requieren de un mantenimiento trimestral, de tal forma que los rodamientos no se atasquen u obstruyan.
- Para mejorar mucho más las funciones de esta máquina se debería a futuro crear un sistema de alimentación y recepción de las piezas y para no perder tiempo en la calibración de altura y profundidad de fresado se podría agregar un sistema para la elevación milimétrica de fresa (árbol de la máquina) y la graduación de la guía.

- Se recomienda a FAMUCLACH y demás empresas y talleres de fabricación de muebles y afines invertir en proyectos de automatización de máquinas y procesos ya que con esto se mejora la producción y la calidad de sus productos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] PIQUÉ, Tomás, "NTP 645: Tupí: accesorios para la mejora de la seguridad",  
Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales España,  
[http://www.mtas.es/insht/ntp/ntp\\_645.htm](http://www.mtas.es/insht/ntp/ntp_645.htm)
  
- [2] VARGAS, Jaime, MARTÍNEZ, Jorge, La Fresadora Universal: Operaciones,  
Cálculo, Aplicaciones, MAP Comisión de Publicaciones, EPN, 1987, 154p
  
- [3] HERNÁNDEZ, Pedro Julio, "Máquinas", ARQHYS,  
<http://www.arqhys.com/casas/fresadoras-maquinas.html>
  
- [4] SALVAT, Diccionario Enciclopédico SALVAT, Volumen 12, SALVAT Editores,  
Barcelona 1986, 143p.
  
- [5] EMAGISTER.COM, "Tema XIV Fresadora", EMAGISTER.COM  
<http://www.emagister.com/fresadora-cursos-1027342.htm>
  
- [6] GERLING, Heinrich, Alrededor de las Máquinas y Herramientas, 2ª. Edición,  
Editorial Reverté S.A. España 1972, 226pp
  
- [7] NUTSCH, W, Tecnología de la Madera y del Mueble, Editorial Reverté, España  
1992, 509pp.
  
- [8] VIRUTEX, "Fresadora Perfiladora", Virutex, S.A.  
<http://www.interempresas.net/Madera/FeriaVirtual/ResenyaProducto.asp?R=28920>
  
- [9] BOSCH, "Accesorios", Bosch,  
<http://www.bosch.com.mx/content/language1/html/6269.htm>
  
- [10] BRICOTODO, "Fresar", Bricotodo.com, <http://www.bricotodo.com/fresar.htm>
  
- [11] VIRUTEX, "Fresadora Enrasadora", Virutex, S.A.  
<http://www.interempresas.net/Madera/FeriaVirtual/ResenyaProducto.asp?R=19637>

- [12] SUMIN, Suministros Industriales, Catalogo de Máquinas, Cuenca-Ecuador
  - [13] OCÉANO, Biblioteca Atrium de La Ebanistería, Construcción, maquinaria y seguridad, Tomo 3, Editorial Océano, Barcelona – España, 117pp
  - [14] MALDONADO, Manuel, Ensambladuras, Escuela de Tecnología de la Madera de Ibarra, Quito 2003, 69pp
  - [15] MALDONADO, Manuel, Maquinado de la Madera II, Escuela de Tecnología de la Madera de Ibarra, Quito 2003, 66pp
  - [16] PIQUÉ, Tomás, “NTP 068: Tupí. Seguridad”, Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales España, [http://www.mtas.es/insht/ntp/ntp\\_068.htm](http://www.mtas.es/insht/ntp/ntp_068.htm)
  - [17] HOLZ-BERUFGENOSSENSCHAFT, Sichere Werkzeuge für die Tischfräsmaschine, Revista Nr. 49
- ÁNGULO, José Maria. Microcontroladores PIC. Diseño Práctico de Aplicaciones. Primera Parte. Editorial Mc. Graw Hill. Tercera Edición. España 2003.
- ÁNGULO, José Maria. Microcontroladores PIC. Diseño Práctico de Aplicaciones. Segunda Parte. Editorial Mc. Graw Hill. Tercera Edición. España 2000.
- RIVERA, Pablo, Control de Máquinas Eléctricas, EPN 2000, Quito, 104pp
- ROLDÁN, José. Neumática, Hidráulica y Electricidad Aplicada. Novena Edición. Editorial Paraninfo. España 2000.
- SERRANO, Antonio. Neumática, Quinta Edición, Editorial Paraninfo. España 2000.
- UCHUYA, Héctor, Carpintería en Madera, 1ª. Edición, Publicaciones HEUR. Lima, 176pp.
- AZ DISPLAYS, ACM1602A Series LCD Module, 1997

FESTO, Guía de productos 2005-2006, CD 1 Catálogo de Neumática, Edición 2004

FESTO, Guía de productos 2005-2006, CD 2 Documentación Adicional PDF, Edición 2004

MICROCHIP TECHNOLOGY INC. Data Sheet, PIC 16F87XA

Operation Manual Saw Mate Feeder, AF 24, 2000

SIEMENS, Maniobra. Protección. Arranque. Reseña de producto Sirius, 2003.

SIEMENS, Manual del Sistema de Automatización del S7-200, Edición 06/2004, 558pp

BARBER, Rodrigo, "Los PLC (Controladores Lógicos Programables), Ciencias Místicas, 2000,

<http://www.cienciasmisticas.com.ar/electronica/electricidad/plc/index.php>

EDUCARED,

<http://www.educared.net/concurso2003/335/CIRCUITOS/neumatic/introneu.htm>

JÍMENEZ, Manuel, "Introducción a LabVIEW, 2003,

[http://www.dte.upct.es/personal/manuel.jimenez/docencia/GD6\\_Comunic\\_Ind/pdfs/Curso%20de%20LabVIEW%20Seis%20Horas.pdf](http://www.dte.upct.es/personal/manuel.jimenez/docencia/GD6_Comunic_Ind/pdfs/Curso%20de%20LabVIEW%20Seis%20Horas.pdf)

PARKER, Hannifin, "Catálogos Online", Parker

<http://www.parker.com/br/catalogs/automation>

SOLOMANTENIMIENTO.COM, "Acondicionamiento del aire a presión",

Solomantenimiento.com,

<http://www.solomantenimiento.com/articulos/acondicionamiento-aire-presion.htm>

"Tutorial de LabVIEW",

<http://www.esi2.us.es/~jdedios/asignaturas/LCPCP1.pdf>