



**ESCUELA POLITECNICA DEL EJÉRCITO
SEDE LATACUNGA**

**DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y
ELECTRÓNICA**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRONICA E
INSTRUMENTACION**

**PROYECTO DE GRADO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO ELECTRONICO EN INSTRUMENTACION**

*Actualización del sistema de mando y control para la máquina
herramienta M3 μ P de procedencia rusa*

Pazmiño Martínez Franklin Patricio

LATACUNGA – ECUADOR

2008

DEDICATORIA

A mis padres, por quienes he podido ver la luz de tantas formas, su dedicación, responsabilidad, valor, fueron mi guía, el ejemplo que me convirtió en lo que soy.

A todos los maestros que formaron parte de mi aprendizaje profesional y moral, por creer en mí y compartir sus conocimientos.

A Dios por brindarme todos días de mi vida y permitirme convivir momentos de felicidad junto a las personas más queridas que son el complemento de mi existencia.

AGRADECIMIENTO

Expreso mi agradecimiento a la Escuela Politécnica Del Ejército donde me desarrolle como profesional.

A los maestros quienes con paciencia y honestidad han podido acogerme y regalarme de su sabiduría que me ayudaron a dirigirme hacia el progreso.

La educación y la preparación son el camino a el progreso en todos los campos de la vida por ello a Dios y a todas las personas que han formado parte de mi vida, los buenos y malos momentos gracias porque a ellos les debó ser quien soy.

Gracias....

ÍNDICE DE CONTENIDO

Actualización del sistema de mando y control para la máquina herramienta $M3\mu P$ de procedencia rusa

Certificación-----	i
Dedicatoria-----	ii
Agradecimiento-----	iii
Introducción-----	1

CAPITULO 1

GENERALIDADES SOBRE EL SISTEMA

1.1	Máquinas herramientas-----	3
1.1.1	Principio del mecanizado-----	4
1.1.2	Clasificación de las máquinas herramientas-----	5
1.1.3	Formación de la viruta-----	6
1.2	Máquinas herramientas-----	7
1.2.1	Clases de máquinas herramientas-----	8
1.2.2	Forma de las herramientas-----	9
1.2.3	Material de las herramientas-----	10
	Herramientas de acero al carbono-----	10
	Herramientas de acero rápido (HS) y(HSS)-----	10
	Herramientas de acero al cobalto-----	11
	Herramientas de carburos metálicos-----	11
1.2.4	Ángulos característicos-----	13
	Angulo de incidencia-----	14
	Angulo de filo-----	14
	Angulo de ataque o salida-----	15
	Angulote corte-----	15
1.3	Movimientos relativos entre la herramienta y la pieza-----	17
	Movimiento de corte-----	17
	Movimiento de avance-----	17
	Movimiento de penetración o alimentación-----	18
1.4	Condiciones de trabajo de las máquinas herramientas-----	18
1.4.1	Velocidad de corte (V_c)-----	18
1.4.2	Velocidad de avance (V_a)-----	20
1.4.3	Profundidad de pasada(p)-----	21
1.4.4	Influencia de la lubricación y refrigeración-----	22
1.4.4.1	Líquidos refrigerantes y lubricantes-----	23
1.5	Elección de las condiciones de corte-----	23
1.6	Sistemas SCADA-----	25
1.6.1	Soluciones de hardware-----	27
1.6.2	Componentes del sistema-----	27
1.6.2.1	Unidad terminal remota (RTU)-----	28
1.6.2.2	Estación maestra-----	28
1.6.2.3	Infraestructura y métodos de comunicación-----	30

1.7	Interfase hombre máquina-----	30
1.7.1	Pantallas de visualización-----	31
1.8	Controlador lógico programable (PLC)-----	33
1.8.1	Estructura de un PLC-----	33
	Fuente de alimentación-----	34
	Unidad central de procesos o CPU -----	34
	Modulo de entradas-----	35
	Modulo de salidas-----	35
	Terminal de programación-----	36
	Periféricos-----	36

CAPITULO 2

ESTUDIO PRELIMINAR

2.1	Descripción del problema-----	38
2.2	Análisis de las necesidades de la empresa para el funcionamiento optimo de la maquina-----	40
2.2.1	Funcionamiento primario de la maquina-----	40
2.2.2	Necesidades de la empresa-----	43
2.3	Análisis de las variables de control y trabajo existentes-----	46
2.3.1	Requerimiento de entradas digitales-----	46
2.3.2	Requerimiento de entradas analógicas-----	48
2.3.3	Requerimiento de salidas digitales-----	48

CAPITULO 3

SOLUCION DEL PROBLEMA Y ESPECIFICACIONES DEL SISTEMA

3.1	Alternativas técnicas de solución-----	50
3.2	Análisis de alternativas-----	51
3.3	Implementación del sistema de control mediante un PLC TWIDO, con una interfase XBT-N200(2) que servirá como HMI-----	53

CAPITULO 4

DISEÑO E IMPLEMENTACION DEL SISTEMA

4.1	Diseño del sistema de control-----	55
4.1.1	Circuito de potencia-----	55
4.1.2	Circuito de control-----	58
4.1.3	Implementación del tablero de control-----	58
4.1.4	Programación del PLC-----	60
4.1.4.1	Análisis de hardware y software-----	60
	Contactos-----	63
	Bobinas-----	64
	Bits de memoria interna-----	65
	Bloque de función del temporizador(% Tmi)-----	65
	Parámetros-----	65
	Bloque de función contador progresivo regresivo (% Ci)-----	67
	Parámetros-----	67
	Objetos de palabra-----	68
	Instrucciones de comparación-----	69

	Instrucciones de asignación-----	70
4.1.4.2	Lista de programa-----	71
4.1.5	Programación de la interfase XBT-N200(2)-----	74

CAPITULO 5

ANALISIS DE RESPUESTA DEL SISTEMA

5.1	Ajustes finales del sistema bajo condiciones de funcionamiento-----	84
5.1.1	Arranque del motor trifásico-----	84
5.1.2	Frenado e inversión de giro del motor DC-----	85
5.1.3	Capacitación a los operarios de la maquina-----	85
5.2	Análisis de resultados-----	86
5.3	Costo – beneficio del sistema-----	87

CAPITULO 6

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1	Conclusiones-----	88
6.2	Recomendaciones-----	90

ANEXOS

1	Manual de operación
2	Diagrama LEADER
3	Diagramas IN OUT del sistema

ÍNDICE DE TABLAS

1.1	Clases de Lidia -----	12
2.1	Entradas digitales -----	47
2.2	Entradas analógicas -----	48
2.3	Salidas digitales -----	49
4.1	Contactos NA y NC -----	63
4.2	Identificación del formato de E/S -----	64
4.3	Bobinas (Salidas) -----	64
4.4	Parámetros de Temporizador -----	66
4.5	Parámetros de Contador -----	67
4.6.	Tipos de instrucciones de comparación -----	70
4.7	Asignación de I/O del sistema -----	72

ÍNDICE DE FIGURAS

1.1	Separación de material con cincel -----	4
1.2	Clasificación de las máquinas - herramientas -----	5
1.3	Separación de material -----	6
1.4	Formación de viruta en diversos materiales -----	7
1.5	Clasificación de las herramientas de corte -----	9
1.6	Clasificación por números Lidia -----	13
1.7	Ángulos característicos -----	14
1.8.	Ángulos de salida -----	16
1.9	Movimientos de corte -----	17
1.10	Velocidad de corte -----	18
1.11	Velocidad de corte en las máquinas de movimiento rectilíneo alternativo --	20
1.12	Velocidad de avance -----	21
1.13	Profundidad de pasada -----	21
1.14	Pantallas de visualización -----	32
1.15	Estructura del PLC -----	33
1.16	Periféricos del PLC -----	37
2.1	Cepillo Mecánico $M3\mu P$ -----	41
2.2	Circuito de control de velocidad de la mesa -----	43
4.1	Circuito de potencia para control de velocidad de la mesa -----	57
4.4	Panel frontal del tablero de control -----	61
4.5	PLC Twido y módulos de ampliación TWDAMM3HT, TWDDDI32DK, TWDDRA16RT, TWDDRA8RT -----	62
4.6	Formato para identificación de contactos -----	63
4.7	Bloque de función Temporizador -----	66
4.8	Bloque función Contador -----	68
4.9	Uso de palabras de 16 bits -----	69
4.10	Ejemplo de la función Comparador -----	70
4.11	Ejemplos de instrucción de asignación -----	71
4.12	Programación de vínculos -----	77
4.13	Programación de campos alfanuméricos -----	77
4.14	Pantallas de programación de caracteres alfanuméricos -----	78
4.15	Tipos de páginas de arborescencia -----	80
4.16	Arborescencia del programa de pantalla para el control del cepillo mecánico	80
4.17	Pantallas de programación de la interfase HMI. -----	83

INTRODUCCION

Si quisiéramos señalar con una fecha determinada el inicio del desarrollo del progreso en los tiempos modernos, aceptaríamos sin lugar a dudas la de 1690, año en el que Denis Papin expuso sus consideraciones acerca del estudio del vapor acuoso en las actas de Leipzig. Su olla, también llamada digestor, es el origen de todas las máquinas de vapor que se han utilizado a partir de entonces para transformar en movimiento la fuerza del vapor acuoso.

La fuerza hidrotérmica tuvo unos comienzos rápidos y afortunados. Las máquinas de vapor constituyeron uno de los principales elementos de la revolución industrial del siglo XVIII. Los telares accionados por máquinas de vapor fueron la causa del primer “BOOM” industrial.

La revolución industrial marcó el inicio del desarrollo mundial de la producción fabril basada en la invención y utilización de máquinas – herramientas.

Inicialmente funcionaban con vapor producido por combustibles sólidos (como carbón) asociados con calderos de producción de vapor; posteriormente, con el desarrollo de combustibles líquidos, nacieron en los últimos decenios del siglo XIX las máquinas de explosión o de combustión interna, las cuales eran mucho más ligeras.

La electricidad, que vio sus orígenes con el descubrimiento de Alejandro Volta con su pila en 1801, se ha consolidado apenas dos siglos después como el generador insustituible de energía, pues ha desplazado a la mayoría de sistemas, principalmente a los de vapor, ya que permite ahorrar tiempo, siendo además mucho más práctico y económico.

Hoy en día, estos tres sistemas de energía siguen evolucionado y se aplican en una gran variedad de máquinas de uso industrial, asociados a sofisticados automatismos de control de tipo eléctrico, neumático, hidráulico y electrónico.

Sin embargo el desarrollo de esta tecnología es costoso y el valor de los equipos con tecnología de punta es muy elevado.

Actualmente la situación económica de las empresas ecuatorianas limita la adquisición de maquinaria moderna para mejorar los niveles de producción, sin embargo, en el Ecuador se realizan grandes esfuerzos del sector privado para renovar sus sistemas, aunque muchas veces se adquieren equipos de segunda mano procedentes de países cuyo desarrollo les permite actualizar permanentemente sus industrias. Las máquinas de esta procedencia se caracterizan por su bajo costo, limitada tecnología de control lo que redundo en un funcionamiento moderado o en muchos casos nulo.

La adquisición de maquinaria en las condiciones mencionadas, es decir usada, implica normalmente una inversión adicional en reparación y mantenimiento, lo cual, sin embargo, resulta más económico que comprar equipos nuevos.

El desarrollo tecnológico de nuestro país no permite el diseño y construcción de máquinas herramientas, sin embargo sí tenemos la capacidad de repotenciar y mejorar la operación de la maquina introduciendo sistemas de control industrial de última tecnología.

CAPITULO 1

GENERALIDADES SOBRE EL SISTEMA

1.1. MÁQUINAS-HERRAMIENTAS.

“La **máquina herramienta** es un tipo de **máquina** que se utiliza para dar forma a materiales sólidos, principalmente **metales**. Su característica principal es su falta de movilidad, ya que suelen ser máquinas estacionarias. El moldeado de la pieza se realiza por la eliminación de una parte del material, que se puede realizar por arranque de viruta, por estampado, corte o **electro erosión**.”

El término *máquina herramienta* se suele reservar para herramientas que utilizan una fuente de energía distinta del movimiento humano, pero también pueden ser movidas por personas si se instalan adecuadamente o cuando no hay otra fuente de energía. Muchos historiadores de la tecnología consideran que las auténticas máquinas herramienta nacieron cuando se eliminó la actuación directa del hombre en el proceso de dar forma o troquelar”.¹

Existen muchos tipos de máquinas herramientas, pero sólo se van a estudiar particularmente algunos tipos que sirven para el mecanizado de los metales.

¹ <http://es.wikipedia.org/wiki/M%C3%A1quina-herramienta>

1.1.1. Principio del mecanizado.

Observando el trabajo del clásico cincel observamos que su penetración en el material se logra por los golpes del martillo, que hacen que esta herramienta se “clave” en el metal abriéndolo, debido a la cuña que forma su filo, más duro que la pieza trabajada.

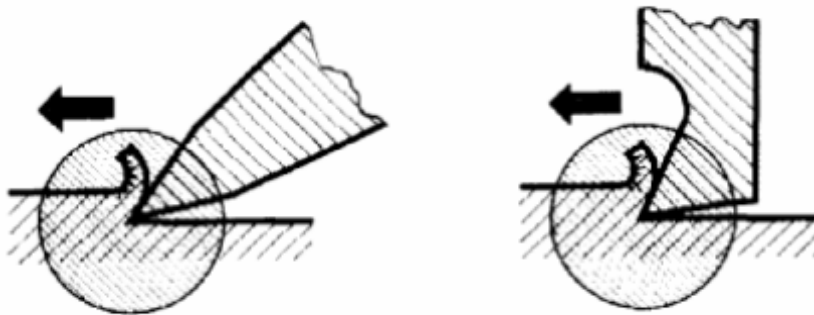


Fig.1.1. Separación de material con cincel

De esta observación y de otras, también conocidas, como el aserrado, se puede llegar a la conclusión de que para conseguir la separación del material sobrante en el mecanizado de las piezas, son necesarios:

- Una herramienta en forma de cuña más o menos aguda de material más duro que el de la pieza.
- El movimiento relativo entre la herramienta y la pieza que se trabaja, es decir, que la herramienta se mueva respecto a la pieza inmóvil, que ésta se mueva con respecto a la herramienta o que se muevan ambas a velocidades diferentes.

Se comprende fácilmente que estos movimientos actúan con una fuerza capaz de vencer la resistencia que opone el material a ser cortado.

De modo semejante a como trabaja un cincel, lo hacen las máquinas herramientas de mecanizado, con la diferencia de que, en vez de penetrar la

cuña de la herramienta de manera intermitente e irregular por los golpes del martillo, en las máquinas, la penetración se consigue de modo continuo y regular.

1.1.2. Clasificación de las máquinas herramientas

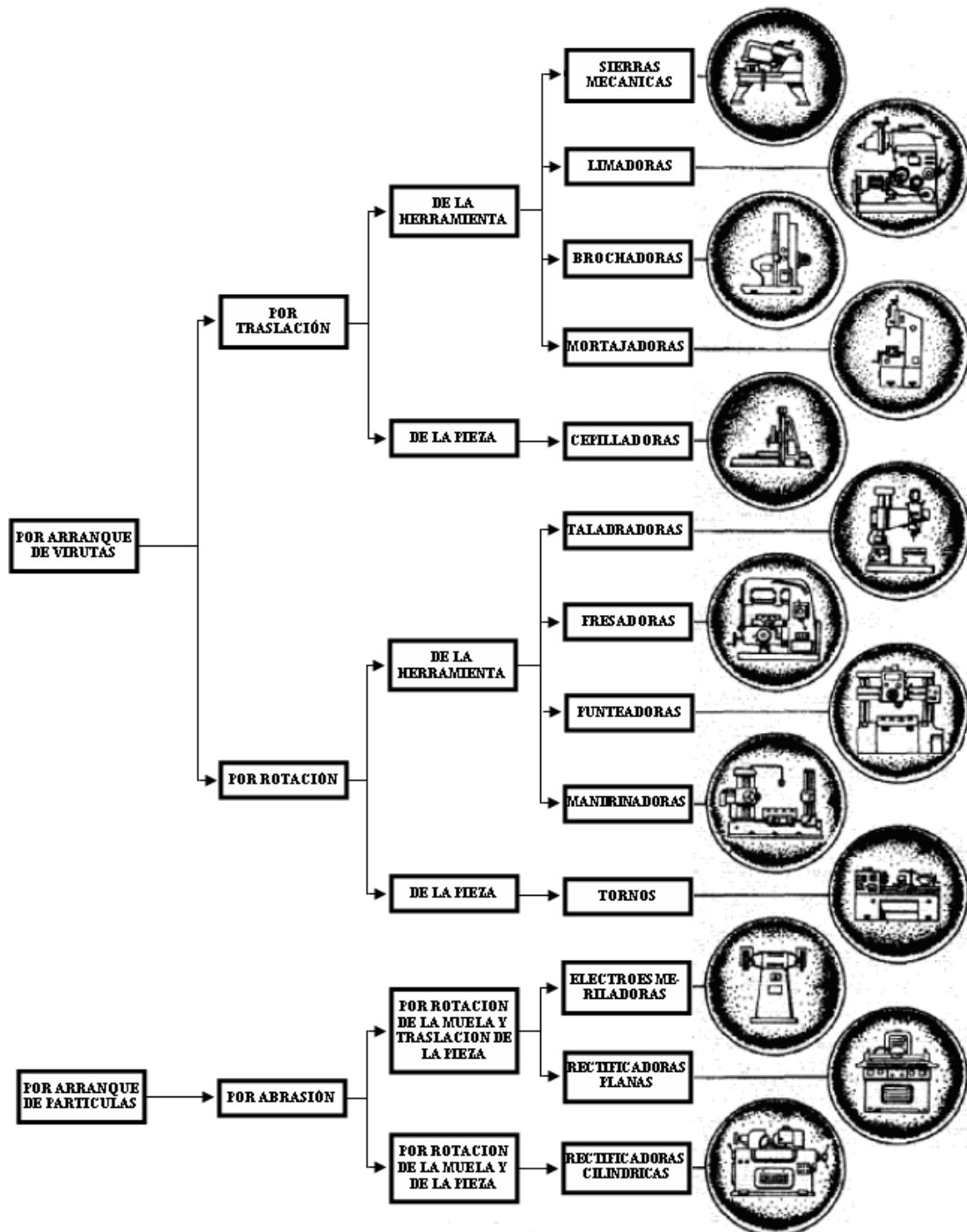


Fig.1.2. Clasificación de las máquinas - herramientas

Atendiendo al movimiento relativo entre la herramienta y la pieza, las máquinas se pueden clasificar como se indica en la figura 1.2. En la cual se ofrece una panorámica general de las máquinas más empleadas para el mecanizado de los metales. Existen otras máquinas, como las talladoras, las de electro erosión y ultrasonidos.

1.1.3. Formación de la viruta.

La herramienta, al penetrar con su filo en el material, provoca la separación de una capa del mismo, que constituye la viruta. Esto se realiza de la siguiente manera:

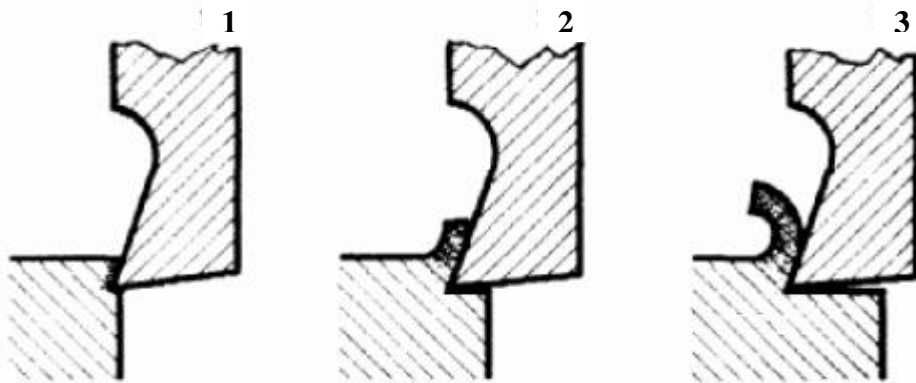


Fig.1.3. Separación de material

- El filo en forma de cuña abre el material.
- El material separado se recalca (aumenta su grueso) por efecto de la fuerza aplicada con la cara anterior de la herramienta.
- La partícula de metal se curva y se desvía de la superficie de trabajo.

- Cada partícula siguiente hace el mismo proceso, para continuar unida a la anterior, formando una viruta más o menos continua o separarse y dar origen a una viruta fragmentada.

Dependiendo de la naturaleza del material y de la forma de la herramienta, la viruta será diferente, es decir, una misma herramienta produce virutas diferentes en distintos materiales.

Los materiales dúctiles, como el cobre, el plomo, los aceros suaves, dan unas virutas largas más o menos rizadas; por el contrario en la fundición, el bronce, el latón con mucho cinc y en general, los materiales quebradizos, originan virutas cortas.






<i>MATERIALES</i>	<i>VIRUTAS</i>
<i>ACEROS SUAVES</i>	
<i>ACEROS SEMIDUROS</i>	
<i>ACEROS EXTRADUROS</i>	
<i>FUNDICION BRONCE</i>	
<i>ALEACIONES DE ALUMINIO</i>	

Fig.1.4. Formación de viruta en diversos materiales

1.2. MÁQUINAS HERRAMIENTAS.

Una máquina debe trabajar de manera óptima, para que las piezas se fabriquen con el mínimo costo esto se consigue con la máxima precisión de trabajo, consumo de energía mínimo y reducidos tiempos.

Por lo que la potencia de trabajo debe aplicarse técnicamente, así como el tiempo de mecanizado. Ambos factores dependen de la herramienta y de la máquina. Esta última NO se puede variar fácilmente las características de trabajo; mientras que la herramienta, Sí, por lo que se deduce en conclusión que el operario debe cuidar con meticulosidad la elección, preparación y condiciones de trabajo de las herramientas.

Para llevar a cabo un trabajo óptimo, es necesario conocer varias características, de las herramientas como son:

- La clase de herramienta;
- La forma de la misma;
- El material de que está constituida;
- Los ángulos característicos de afilado.

1.2.1. Clases de máquinas herramientas.

La primera división que se puede hacer de las herramientas de máquina, es:

- Herramientas de corte de viruta.
- Herramientas de arranque de partículas por abrasión (muelas).

Las herramientas de corte se clasifican, a su vez, en tantos tipos como clases de máquinas-herramientas hay. Así, se dice una fresa, una cuchilla de torno, una cuchilla de limadora, una broca, etc. Con ellas se pueden formar dos grupos:

- Herramientas de un solo filo, como las cuchillas del torno y de las limadoras.
- Herramientas de varios filos, como las fresas y las brocas.

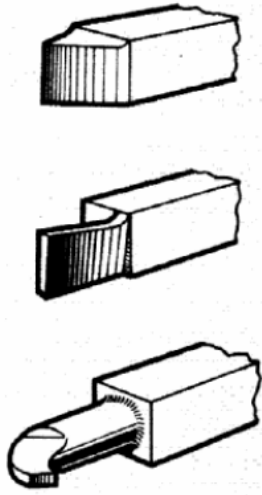
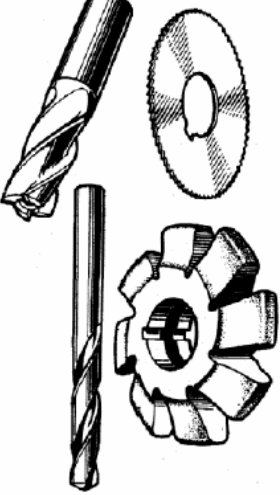
Herramientas de un solo filo (Torno, limadora...)	Herramientas de varios fillos (Brocas, herramientas de fresadora...)
	

Fig.1.5. Clasificación de las herramientas de corte

1.2.2. Forma de las herramientas.

Las formas de las herramientas son muy variadas, dependiendo de la operación que se haya de realizar en las máquinas. Así, por ejemplo, entre otras, existen:

- **Para el torneado:** cuchillas de cilindrar exteriores, de tronzar, de roscar interiores...
- **Para el fresado:** fresa frontal, de ranurar, de tallar engranajes...
- **Para el taladrado:** brocas helicoidales, avellanadores.

En algunos casos una sola herramienta pueden realizar operaciones distintas, lo cual se justifica si acaso el trabajo es de carácter unitario, con el objeto de no invertir tiempo en el cambio. Sin embargo, se debe considerar que con la herramienta apropiada para cada operación se consigue mejor calidad y mayor rendimiento en el trabajo.

1.2.3. Material de las herramientas.

Los materiales empleados para fabricar herramientas deben tener cualidades para el corte, que permitan el máximo rendimiento con el mínimo desgaste.

Al elegir una herramienta, siempre habrá que seleccionar en función de la dureza del material sobre el cual se va a trabajar, con el objeto pueda cortarlo en las mejores condiciones.

En orden de menor a mayor dureza, los materiales más frecuentemente empleados para fabricar herramientas son:

- Aceros al carbono.
- Aceros rápidos y extrarrápidos.
- Aceros aleados al cobalto.
- Carburos metálicos.

a) Herramientas de acero al carbono

Poseen de un 0,6 al 2% de carbono, con pequeñas cantidades de otros elementos, como manganeso, silicio, cromo, vanadio, etc., que mejoran sus cualidades de dureza y resistencia al desgaste.

Conservan el filo en condiciones de temperatura bajo de 250 °C. Cuando sobrepasan esta temperatura, pierden dureza y se desgastan rápidamente.

El acero al carbono de clásica aplicación para la fabricación de todo tipo de herramientas, muestra una tendencia cada vez mayor para ser sustituido por otros aceros de mayor rendimiento.

b) Herramientas de acero rápido (HS). Y (HSS)

Su verdadero nombre es el de herramientas de corte rápido, porque su composición eleva su capacidad de corte, sin perder su dureza, hasta una temperatura aproximada de unos 600 °C, permitiendo una velocidad de corte más elevada que las de acero al carbono.

La principal diferencia con éstas, en cuanto a su composición, es que el contenido de carbono es menor (de 0,65 a 1,30%), pero, sobre todo, por contener al tungsteno como componente en una proporción que oscila entre el 13 y el 23%.

c) Herramientas de acero al cobalto.

Su composición es semejante a la de los aceros rápidos, pero con la adición de cobalto en la proporción del 4 al 16%. Este elemento aún eleva más la temperatura de trabajo, sin perder su capacidad de corte.

Esta herramientas presentan grandes dificultades para forjarlas, por lo que, al tratarse de cuchillas de torno, de limadora, etc., la forma y el afilado deberán obtenerse por amolado en la electro esmeriladoras, a partir de las barritas que se expenden en el comercio.

Si se necesitan cuchillas de forma complicada, es recomendable acudir a las de acero rápido, que es forjable, a portaherramientas apropiados o a cuchillas de formas normalizadas.

d) Herramientas de carburos metálicos

Son aglomerados de varios metales refractarios, cuyo punto de fusión es muy elevado, como el tungsteno, 3400 °C; el tántalo, 2850 °C; el molibdeno, 2600 °C; etc. Como aglomerante se emplea el cobalto. Su fabricación se realiza por fritado, que consiste en triturar los metales en polvo finísimo, someterlos a una temperatura de 1500 °C aproximadamente, para pulverizarlos de nuevo y someterlos seguidamente a una presión de 4000 a

5000 Kg. por cm². Luego se trocea el producto en pastillas y se cuecen otra vez a unos 1500 °C.

Es tal la dureza de este material que se conoce con el nombre de **Widia**, abreviatura de dos palabras alemanas que significan “como diamante”, aunque esto sea exagerado.

Las pastillas de metal duro, que también así se llaman, se sueldan a un mango de acero al carbono, pero por medio de latón.

La proporción de los elementos que entran en su composición varía de unos a otros, para obtener distintas clases de carburos metálicos, aplicables a los diversos trabajos y materiales de las piezas que se van a mecanizar.

Esto es debido a que su gran dureza va acompañada de considerable fragilidad y debe ser reducida la primera para disminuir la segunda, según las aplicaciones.

Las clases de Widia están normalizadas por letras, para los diferentes materiales y trabajos.

LETRA	GRUPO DE MATERIALES (SEGÚN LA VIRUTA)	MATERIALES	COLOR
P	MATERIALES FÉRREOS DE VIRUTA LARGA	ACERO ACERO MOLDEADO FUNDICION MALEABLE	AZUL
M	MATERIALES FÉRREOS DE VIRUTA LARGA VIRUTA CORTA	ACERO ACERO MOLDEADO ACERO AL MANGANESO FUNDICION GRIS	AMARILLO
K	MATERIALES FÉRREOS DE VIRUTA CORTA MATERIALES NO FÉRREOS MATERIALES NO METALICOS	ACERO TEMPLADO FUNDICION GRIS DURA COBRE Y ALEACIONES MATERIALES SINTETICOS VIDRIO, PORCELANA, ROCA	ROJO

Tabla 1.1. Clases de Widia

Dentro de cada letra, se clasifican por números de modo que:

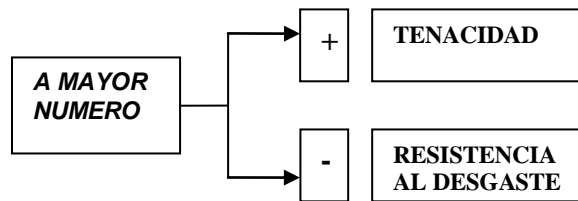


Fig.1.6. Clasificación por números Widia

Las plaquitas de carburos metálicos, de formas normalizadas también se pueden fijar al mango por medios mecánicos. Este tipo de plaquitas pueden estar recubiertas de elementos que refuerzan su resistencia al desgaste y a las altas temperaturas como son el Oxido de Aluminio y Carburo de Titanio.

Existen otros materiales para herramientas que se emplean para trabajos especiales y en obras muy concretas, entre los que cabe destacar:

- Cerámicas de corte.
- Diamante.

1.2.4 Ángulos característicos.

Ya es sabido que toda herramienta, para poder penetrar en el material, necesita una forma de cuña más o menos aguda en función de la naturaleza del material que se trabaja, principalmente.

Los ángulos característicos, que determinan la llamada “forma geométrica” de la herramienta, son los mismos que para las herramientas de mano, sierra, lima, cincel, etc. Tales ángulos son:

- Ángulo de incidencia;
- Ángulo de filo;

- Ángulo de ataque, de desprendimiento o de salida de viruta;
- Ángulo de corte.

El valor de estos ángulos tiene la máxima importancia para la correcta y económica ejecución del mecanizado. Un cincel, por ejemplo, si es muy agudo, penetra mejor en el material, pero su filo se rompe o se deteriora antes; si se inclina mucho respecto de la perpendicular a la superficie de trabajo, tiende a salirse de la pieza y, si la inclinación es pequeña, tiende a clavarse.

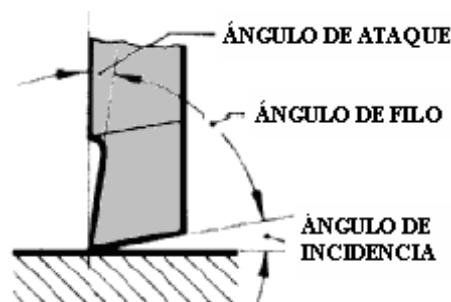


Fig.1.7. Ángulos característicos

a) Ángulo de incidencia

Este ángulo evita el rozamiento del dorso del filo contra la superficie de trabajo y, como consecuencia, disminuye la resistencia al movimiento y el calor producido por el roce.

Su valor oscila:

- De 80° a 100° para materiales blandos en los que el rozamiento es mayor, como aluminio, cobre, latón y acero suave;
- De 3° a 6° para materiales duros, fundición y aceros duros.

b) Ángulo de filo.

Está formado por las dos caras de la cuña de la herramienta, determinando la facilidad de penetración en el material, al mismo tiempo que la duración del filo. En dependencia del material de trabajo, el ángulo de filo suele oscilar entre los siguientes:

40° para aleaciones ligeras, como el duraluminio; de 85° para materiales duros, como los aceros de gran dureza.

c) Ángulo de ataque o de salida.

Es el comprendido entre la cara de ataque y un plano perpendicular a la superficie de trabajo.

El roce que produce la viruta sobre la cara de ataque influye mucho en el rendimiento de la cuchilla, por el rozamiento y el calor que produce, dificultando al mismo tiempo la evacuación de las mismas. Su valor suele ser:

- 0° A 20°, Para Materiales Duros, Como La Fundición Y Los Aceros, dependiendo de la clase de la herramienta;
- De unos 50°, para materiales blandos.

d) Ángulo de corte.

Es el ángulo suma de los de filo y de incidencia y determina la inclinación de la cuña de la herramienta respecto a la pieza.

La capacidad de penetración de la cuchilla en el material será tanto mayor, cuanto menor sea el ángulo de corte, ya que disminuye la fuerza necesaria para deformar la viruta.

Como quiera que el valor de estos ángulos varía en función de la clase de la

herramienta: fresa, cuchilla de torno, etc.; de la naturaleza de la herramienta y del material que se va a trabajar, al estudiar cada una de las máquinas, se indican los valores más adecuados a cada circunstancia.

En general, se puede aplicar la siguiente regla:

El ángulo de salida debe ser tanto mayor cuanto más “pastoso” sea el material que se trabaja. Es decir, cuanto más se adhiera a la cara de ataque de la herramienta. Esto sucede con los metales más maleables y dúctiles, como el cobre, el plomo, etc.

Por el contrario, el ángulo deberá ser menor para los materiales quebradizos, como la fundición, el bronce, los aceros duros.

Angulo de salida negativo. Es una nueva forma del filo de la herramienta, que en vez de arrancar la viruta por corte, más bien lo hace por cizallamiento. Se aplica, sobre todo, a las herramientas de carburo metálico, contrarrestando así su gran fragilidad, al hacer más resistente el filo.

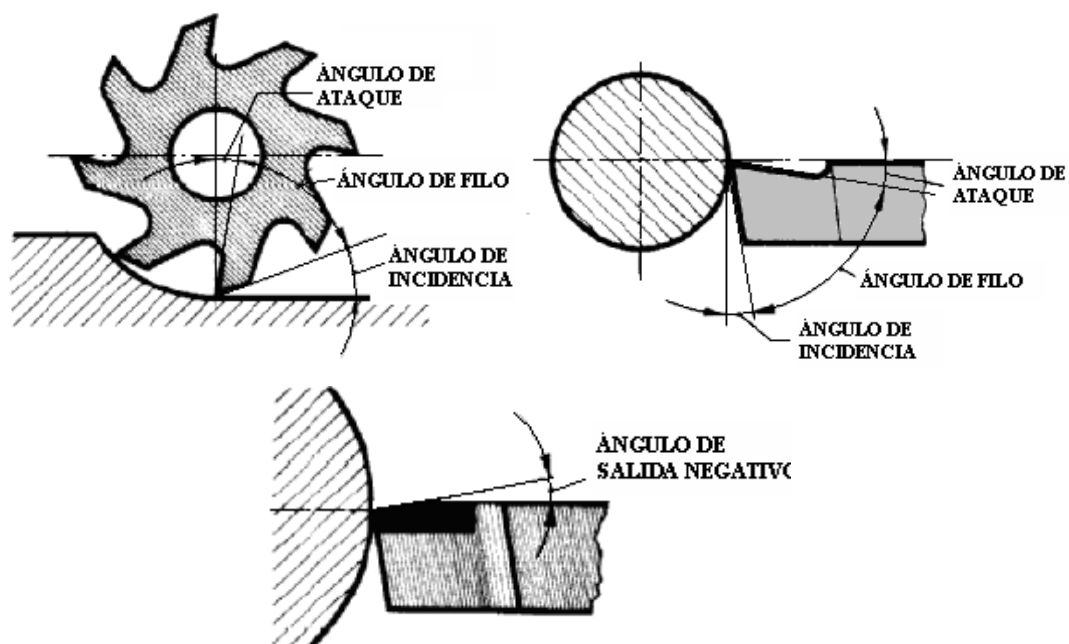


Fig.1.8. Ángulos de salida

1.3. MOVIMIENTOS RELATIVOS ENTRE LA HERRAMIENTA Y LA PIEZA

Los tres más importantes son:

- **Movimiento de corte.**

Es el movimiento principal por el cual la herramienta penetra en el material separando las virutas.

Se puede obtener dando movimiento a la herramienta, a la pieza o las dos a la vez. Este movimiento puede ser rectilíneo o de traslación, o circular o de rotación.

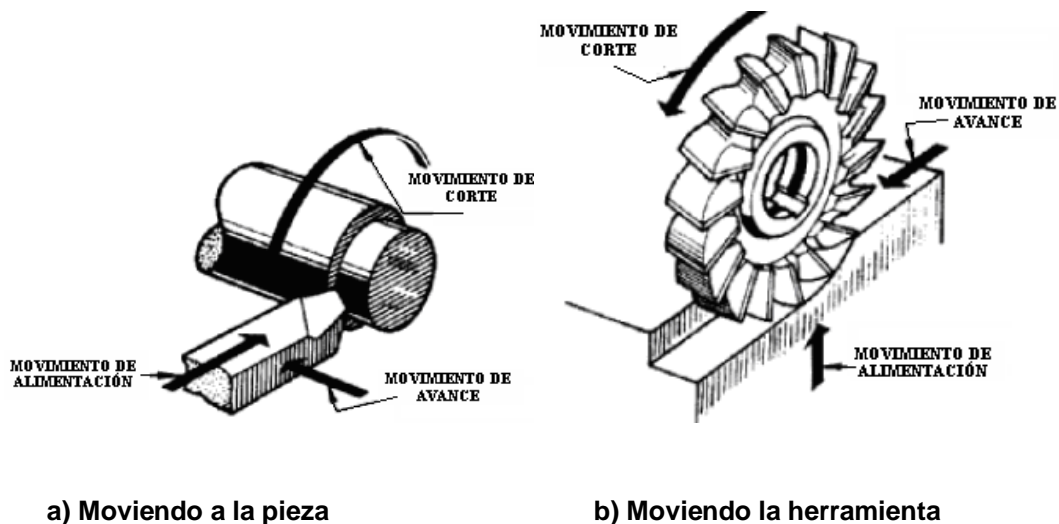


Fig.1.9. Movimientos de corte

- **Movimiento de avance.**

Es el que hace que se desplace el punto de aplicación de la herramienta sobre la superficie de trabajo de la pieza. Puede ser también aplicado a la herramienta o a la pieza.

- **Movimiento de penetración o alimentación.**

Con él se consigue la profundidad de pasada. Este movimiento se obtiene por desplazamiento a mano de la pieza o de la herramienta. En el caso de las brocas, el movimiento de penetración viene determinado por el diámetro de aquéllas.

1.4. CONDICIONES DE TRABAJO DE LAS MÁQUINAS HERRAMIENTAS.

El rendimiento de una herramienta de corte depende de varios factores. De ellos, hay algunos que el operario no puede modificar a su capricho, como la potencia de la máquina, el material de la herramienta, el material de la pieza, etc. Sin embargo, hay otros que pueden ser variados, como:

- La velocidad de corte;
- La velocidad de avance;
- La profundidad de pasada;
- La lubricación y refrigeración.

1.4.1. Velocidad de corte (V_c)

Es la velocidad del movimiento de corte o, dicho de otro modo, la velocidad relativa entre la herramienta y la pieza en el punto de máximo recorrido en que se separa la viruta.

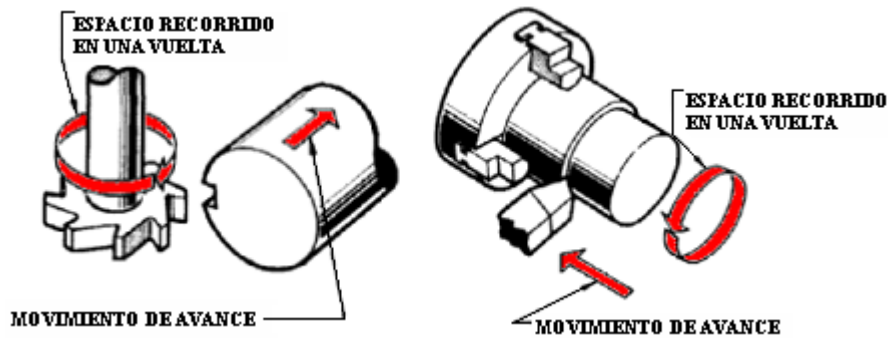


Fig.1.10. Velocidad de corte

Se expresa en metros por minuto (m/min.), excepto para las muelas abrasivas que se hace en metros por segundo.

$$V_c = \frac{\text{Espacio recorrido (en metros)}}{\text{Tiempo empleado (en minutos)}}$$

Al estudiar la velocidad de corte, ha de tenerse en cuenta si el movimiento de corte es circular o rectilíneo.

En las máquinas de movimiento circular, la velocidad de corte es igual a la longitud de la circunferencia mayor de la herramienta o de la pieza, por el número de vueltas que giran en la unidad de tiempo. Por tanto, en las máquinas-herramientas como el torno, la taladradora, la fresadora y otras, la velocidad de corte viene dada por la siguiente fórmula:

$$V_c = \frac{\pi \cdot D \cdot N}{1000}$$

Donde:

V_c = Velocidad de corte (m/min)

D = Diámetro de las piezas o herramienta (mm)

N = velocidad del giro (r.p.m.)

En las máquinas de movimiento rectilíneo alternativo, la velocidad de corte de las máquinas que trabajan con movimiento alternativo, como las limadoras y las

cepilladoras resulta algo más difícil de calcular, ya que el movimiento no es uniforme en todas las máquinas, ni entre las dos carreras, ni en toda la longitud de cada una de ellas independientemente consideradas.

Sin embargo, aunque la velocidad de la carrera de trabajo sea más lenta que la de retroceso, para la práctica del taller es perfectamente válido el considerar la velocidad de corte, como la velocidad media de las dos carreras, con lo cual la fórmula se simplifica notablemente.

Por tanto, aceptando esto, se puede decir que la velocidad de corte es igual al doble de la longitud de una carrera, multiplicado por el número de carreras útiles de las herramientas o de la pieza en la unidad de tiempo.

$$V_c = \frac{2.L.N}{1000}$$

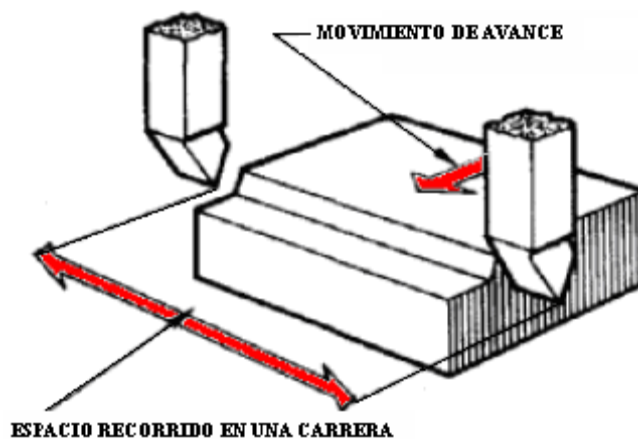


Fig.1.11. Velocidad de corte en las máquinas de movimiento rectilíneo alternativo

1.4.2. Velocidad de avance (a).

Más conocida simplemente como avance, es la velocidad del movimiento de avance o, también, la velocidad con que se desplaza el punto de aplicación de la herramienta respecto a la pieza.

Se expresa en milímetros por vuelta para unas máquinas, en milímetros por minuto para otras y, en las de movimiento rectilíneo alternativo, suele hacerse en milímetros por minuto o en milímetros por carrera útil.

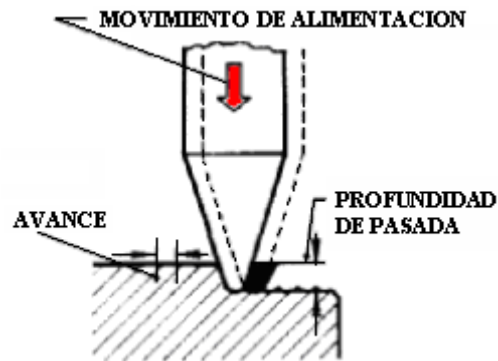


Fig.1.12. Velocidad de avance

1.4.3. Profundidad de pasada (p).

Es el desplazamiento dado a la herramienta o a la pieza, en el movimiento de penetración.

Se le llama también profundidad de corte, pasada simplemente y carga; se expresa en milímetros de desplazamiento de la herramienta o de la pieza, el cual se obtiene siempre a mano.

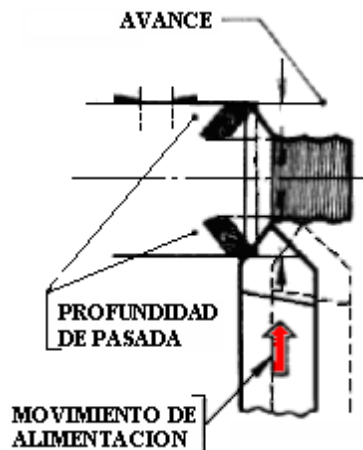


Fig.1.13. Profundidad de pasada

1.4.4. Influencia de la lubricación y refrigeración.

Cuando se trabaja en seco, es decir, sin líquido refrigerante o lubricante, el operario puede observar perfectamente el trabajo, la máquina no se ensucia ni se moja y no se producen salpicaduras. Pero, por el contrario, los inconvenientes son considerables, derivados principalmente del calor producido por el corte:

- La herramienta, si la temperatura es alta, pierde dureza y corta en malas condiciones, con mayor rozamiento y aumento consiguiente del calor.
- Al filo de la herramienta, por la cara de ataque, se le adhieren pequeñas partículas de metal caliente, dificultando el corte y dejando unas superficies defectuosas en las piezas.
- La pieza se dilata pudiendo originar falsas mediciones y por tanto, errores en las cotas.

- En el montaje de las piezas entre puntos, por ejemplo en el torneado, el calor puede producir un agarrotamiento y deterioro de la pieza y del contrapunto.
- Las virutas muy calientes pueden ser peligrosas para el operario. Todos estos inconvenientes se reducen en gran manera por medio de la lubricación o de la refrigeración.

La refrigeración es imprescindible en a fase de desbaste con gran profundidad de pasada, avance importante y alta velocidad de corte, por el enorme calor producido. La refrigeración permite un considerable aumento de la velocidad de corte, del orden de hasta el 50% de a velocidad de menor desgaste, según los casos.

La lubricación tiene por objeto suavizar el rozamiento más que enfriar, aunque esto se consigue también, ya que al disminuir el roce, el calentamiento es menor.

1.4.4.1. Líquidos refrigerantes y lubricantes.

Estos líquidos deben tener las siguientes propiedades:

- Que sean lubricantes, es decir, viscosos y untuosos.
- Que sean refrigerantes, o sea, que conduzcan bien el calor.
- Que mojen bien la pieza y la herramienta.
- Que sean anticorrosivos y antioxidantes.

Los aceites de corte, que también así se llaman, considerados como más importantes, constituyen dos grupos:

- Aceites solubles o emulsionables;
- Aceites puros o preparados con aditivos.

- Los aceites solubles se emplean para trabajos de desbaste, que producen gran temperatura, emulsionándolos con agua, lo que da un líquido de color blanco lechoso generalmente, conocido con el nombre de **taladrina**.

La proporción de estos componentes depende de la temperatura del mecanizado, que, a su vez, está en función del material que se trabaja.

Los aceites puros son apropiados para los trabajos de acabado, en los que se pretende buena calidad superficial. En estos casos interesa más la lubricación que la refrigeración, como ya se ha dicho antes. Son, generalmente, aceites minerales, aunque también se pueden usar vegetales y grasas de animales.

Algunos de estos pueden producir afecciones de la piel, por lo que hay que evitar tocarlos.

1.5. ELECCIÓN DE LAS CONDICIONES DE CORTE.

De lo dicho hasta aquí se deduce que, en cada trabajo que se realiza en una máquina del taller, se presenta un problema: determinar la velocidad de corte, el avance y la profundidad de pasada, para obtener el máximo rendimiento.

Esto es debido a muchos factores que influyen a la hora de tomar una decisión, y resumidos se indican a continuación:

a) Relativos a la herramienta

- El material.
- La forma y robustez.

b) Relativos a la pieza

- El material.

- La forma y sujeción.

c) Relativos a la máquina

- La potencia.
- La robustez.
- El estado de conservación (desajustes).

d) Relativos al trabajo de la herramienta

- La fase de mecanizado: desbaste o acabado.
- La continuidad del corte. Cuando la herramienta corta el material con interrupciones que provocan choques la velocidad de corte, avance y profundidad de pasada deben ser menores.
- La refrigeración o lubricación.

Por todo esto, las velocidades que los fabricantes establecen para sus herramientas en unas condiciones de trabajo bien determinadas, no pueden considerarse más que como velocidades medias, que sirven de orientación aproximada.

1.6. SISTEMAS SCADA.

SCADA, [acrónimo](#) de Supervisory Control and Data Acquisition (en español, Control supervisión y adquisición de datos), comprende todas aquellas soluciones de aplicación para referirse a la captura de información de un

proceso o planta industrial (aunque no es absolutamente necesario que pertenezca a este ámbito), con esta información es posible realizar una serie de análisis o estudios con los que se pueden obtener valiosos indicadores que permitan una [retroalimentación](#) sobre un operador o sobre el propio proceso, tales como:

- Indicadores sin retroalimentación inherente (no afectan al proceso, sólo al operador):
 - Estado actual del proceso. Valores instantáneos;
 - Desviación o deriva del proceso. Evolución histórica y acumulada;
- Indicadores con retroalimentación inherente (afectan al proceso, después al operador):
 - Generación de alarmas;
 - [HMI](#) Human Machine Interface (Interfaces hombre-máquina);
 - Toma de decisiones:
 - Mediante operatoria humana;
 - Automática (mediante la utilización de sistemas basados en el conocimiento o [sistemas expertos](#)).
 - etc.

Un sistema SCADA incluye una señal de entrada y salida, un hardware, controladores, interfase hombre-maquina, redes, comunicaciones y software.

El termino SCADA usualmente se refiere al sistema central que monitorea y controla un sitio completo o un sistema de despliegue de larga distancia (kilómetros / millas). El sitio de control es actualmente diseñado automáticamente por una unidad-terminal remota (RTU) o por un Controlador Lógico Programable (PLC). Las funciones contenidas están restringidas casi siempre al sitio base o un nivel de capacidad supervisada. Por ejemplo un PLC puede controlar el flujo de agua fría a través de un proceso, pero un sistema

SCADA puede permitirle a un operador el cambio del punto de control para el flujo y podrá permitir grabar y mostrar cualquier condición de alarma como la pérdida de un flujo o una alta temperatura. El control cíclico de retroalimentación es cerrado a través del RTU o el PLC; el sistema SCADA monitorea el desempeño en conjunto y su retorno.

La adquisición de datos inicia al nivel del RTU o del PLC e incluye lectores de medidores y equipo de estado que están comunicados con SCADA según su requerimiento. Los datos son recopilados y formateados de tal manera que un operador en el centro de control usando la interfase hombre-maquina HMI puede supervisar apropiadamente decisiones que pueden ser requeridas para ajustar o normalizar el sobre flujo en los controles RTU (o PLC).

Los sistemas SCADA son típicamente implementados en bases de datos distribuidas que contienen elementos de datos llamados puntos. Un punto representa un valor de salida o entrada, monitoreado o controlado por el sistema. Los puntos pueden ser "duros" o "blandos". Un punto duro es representativo de una entrada o salida actual conectada al sistema, mientras que un punto blando representa el resultado de operaciones lógicas o matemáticas aplicadas a puntos duros y blandos.

Los valores de los puntos normalmente son guardados como combinaciones de valores y tiempos; el tiempo (fecha y hora) cuando él fue guardado o calculado el valor. Una serie de combinaciones valores-tiempos es la historia de un punto.

Esto es posible al comprar un sistema SCADA o sistema de control distribuido (DSC) por un proveedor simple, Esto es posible también al ensamblar un sistema SCADA por componentes como Wonderware HMI, Allen-Bradley & GE PLC's, aparatos de comunicación Ethernet etc.

1.6.1. Soluciones de Hardware

La solución de SCADA a menudo tiene componentes de sistemas de control distribuido (DCS por sus siglas en inglés). El uso de RTU's o PLC's "inteligentes" los cuales son autónomos ejecutando procesos de lógica simple, sin involucrar computadoras maestras está aumentando. Un lenguaje de programación funcional de bloque, el IEC 61131-3, es frecuentemente usado para crear programas que corran en estos RTU's y PLC's. El IEC 61131-3 necesita un entrenamiento mínimo por la virtud histórica de los arreglos de controles físicos de reensamble. Esto le permite a los ingenieros de los sistemas SCADA desarrollar tanto el diseño como la implementación de un programa a ser ejecutado por una RTU o un PLC.

1.6.2. Componentes del sistema

Los tres componentes de un sistema SCADA son:

1. Múltiples Unidades de Terminal Remota (también conocida como RTU o Estaciones Externas).
2. Estación Maestra y Computador con HMI.
3. Infraestructura de Comunicación

1.6.2.1. Unidad de Terminal Remota (RTU).

La RTU se conecta al equipo físicamente y lee los datos de estado como los estados abierto/cerrado desde una válvula o un intercambiador, lee las medidas como presión, flujo, voltaje o corriente. Por el equipo el RTU puede enviar señales que pueden controlarlo: abrirlo, cerrarlo intercambiar la válvula o configurar la velocidad de la bomba.

La RTU puede leer el estado de los datos digital o medidas de datos análogos y envía comandos digitales de salida o puntos de ajuste análogos.

Una de las partes más importantes de la implementación de SCADA son las alarmas. Una alarma es un punto de estado digital que tiene cada valor NORMAL o ALARMA. La alarma se puede crear en cada paso que los requerimientos lo necesiten. El operador de SCADA pone atención a la parte del sistema que lo requiera, por la alarma. Pueden enviarse por correo electrónico o mensajes de texto con la activación de una alarma, alertando al administrador o incluso al operador de SCADA.

1.6.2.2. Estación Maestra.

El termino "Estación Maestra" se refiere a los servidores y el software responsable para comunicarse con el equipo del campo (RTU's, PLC's, etc.) en estos se encuentra el software HMI corriendo para las estaciones de trabajo en el cuarto de control, o en cualquier otro lado. En un sistema SCADA pequeño, la estación maestra puede estar en un solo computador. A gran escala, en los sistemas SCADA la estación maestra puede incluir muchos servidores, aplicaciones de software distribuido, y sitios de recuperación de desastres.

El sistema SCADA usualmente presenta la información al personal operativo de manera gráfica, en la forma de un diagrama de representación. Esto significa que el operador puede ver un esquema que representa la planta que está siendo controlada. Por ejemplo un dibujo de una bomba conectada a la tubería puede mostrar al operador cuanto fluido esta siendo bombeado desde la bomba a través de la tubería en un momento dado. El operador puede cambiar el estado de la bomba a apagado. El software HMI mostrara el promedio de fluido en la tubería decrementándose en tiempo real. Los diagramas de representación pueden consistir en gráficos de líneas y símbolos esquemáticos para representar los elementos del proceso, o pueden consistir en fotografías digitales de los equipos sobre los cuales se animan las secuencias.

Inicialmente más plataformas abiertas como Linux que no eran ampliamente usados, se usan debido al altamente dinámico ambiente de desarrollo y porque un cliente que tiene la capacidad de acomodarse en el campo del hardware y mecanismos a ser controlados que usualmente se venden UNIX o con licencias

Open VMS. Hoy todos los mayores sistemas son usados en los servidores de la estación maestra así como en las estaciones de trabajo HMI.

En cambio de confiar en la intervención del operador o en la automatización de la estación maestra, los RTU pueden ahora ser requeridos para operar ellos mismos su propio control por asuntos relativos a la seguridad. El software de la estación maestra requiere hacer más análisis de datos antes de ser presentados a los operadores, incluyendo análisis históricos y análisis asociados con los requerimientos de la industria particular. Los requerimientos de seguridad están ahora siendo aplicados en los sistemas como un todo e incluso el software de la estación maestra debe conocer los estándares más fuertes de seguridad para algunos mercados.

Para algunas instalaciones, los costos que pueden resultar las fallas de un sistema de control es extremadamente alto. Posiblemente alguna vida podría ser perdida. El Hardware del sistema SCADA es generalmente áspero para resistir temperatura, vibración y voltajes extremos pero en estas instalaciones la fiabilidad es aumentada teniendo hardware redundante y varios canales de comunicación. Una parte que falla puede ser fácilmente identificada y su funcionalidad puede ser automáticamente tomada por un hardware de backup. Una parte que falle puede ser reemplazada sin interrumpir el proceso. La confianza en cada sistema puede ser calculado estadísticamente y este estado es el significado de tiempo de falla, el cual es una variable que acumula tiempos entre fallas. El resultado calculado significa que el tiempo de fallas de sistemas de alta fiabilidad puede ser de siglos.

1.6.2.3. Infraestructura y Métodos de Comunicación.

Los sistemas SCADA tienen tradicionalmente una combinación de radios y señales directas seriales o conexiones de modem para conocer los requerimientos de comunicaciones, incluso Ethernet e IP sobre SONET es también frecuentemente usada en sitios muy grandes como ferrocarriles y estaciones de poder.

1.7. INTERFASE HOMBRE – MAQUINA (HMI).

Saber qué ocurre y dónde, y reaccionar correctamente: en los entornos de producción automatizados, de ello ha resultado una tecnología propia cuya importancia crece de forma permanente. Esta tecnología se denomina manejo y visualización o interfaz hombre - máquina.

Manejo y visualización significa dominar el proceso, mantener en perfecto funcionamiento máquinas e instalaciones; significa más disponibilidad y productividad, simplificar cada vez más lo cada vez más complejo. Los procesos se hacen cada vez más complejos y crecen las exigencias impuestas a la funcionalidad de máquinas e instalaciones. Y en medio de estas realidades se encuentra el operador, que debe tener muchas cosas a la vista, en su cabeza y en sus manos. Lo que él necesita es un máximo de transparencia. Y esto es lo que le ofrece The Human Machine Interface (HMI).

Una interfase HMI está formada por paneles de operador y software de supervisión para manejo y visualización a nivel de máquina hasta el sistema SCADA escalable para los más diferentes requisitos impuestos en la supervisión de procesos. Una interfase Hombre - Maquina o HMI (por su sigla en inglés) es el aparato que presenta los datos a un operador (humano) y a través del cual este controla el proceso.

La industria de HMI nació esencialmente de la necesidad de estandarizar la manera de monitorear y de controlar múltiples controles remotos, PLCs y otros mecanismos de control. Mientras que un PLC provee automáticamente un control pre-programado sobre un proceso, ellos usualmente se distribuyen a lo largo de toda la planta, haciendo difícil recoger los datos de manera manual. Históricamente los PLC no tiene una manera estándar de presentar la información al operador. La obtención de los datos por el sistema SCADA parte desde el PLC y otros controladores por medio de algún tipo de red y luego esta información es combinada y formateada. Un HMI puede tener también vínculos con una base de datos para proveer las tendencias, los datos de diagnóstico y

manejo de la información así como un cronograma de procedimientos de mantenimiento, información logística, esquemas detallados para un sensor o maquina en particular, incluso sistemas expertos con guía de resolución de problemas. Desde cerca de 1998, virtualmente todos los productores principales de PLC ofrecen integración con sistemas HMI/SCADA, muchos de ellos usan protocolos de comunicaciones abiertos y no propietarios. Numerosos paquetes de HMI/SCADA de terceros ofrecen compatibilidad incorporada con la mayoría de PLCs, incluyendo la entrada al mercado de ingenieros mecánicos, eléctricos y técnicos para configurar estas interfases por sí mismos, sin la necesidad de un programa hecho a medida escrito por un desarrollador de software.

1.7.1. Pantallas de visualización.

La visualización está basada en una pantalla principal desde donde se puede acceder a funciones y parámetros del controlador, a través de subpaneles que se irán cargando desde esta pantalla principal. El acceso a dichas pantallas se hace a través de una estructura de árbol, donde aparecerá una división por subsistemas.

Desplegando cualquiera de ellos, se puede visualizar y acceder a cada una de las pantallas definidas para ese subsistema, con un nombre identificativo que permita un acceso rápido a la información que deseamos visualizar. Esta estructura de árbol permite acceder a pantallas de forma intuitiva, rápida y sencilla.

Los usuarios de sistemas abiertos tienen la libertad de personalizar, así como ampliar opciones de aplicación.

La amplia disponibilidad de dispositivos de visualización en el mercado permite la selección desde pantallas LCD básicas para visualización y cambio de parámetros básicos de los procesos, hasta sistemas que permiten controlar, monitorear y analizar la información enviada por el proceso. Estas pantallas permiten la conexión a sistemas altamente distribuidos y conectados en red

que les permite controlar plantas y empresas en diversas ubicaciones. Las aplicaciones distribuidas son cada vez más comunes en sistemas de cliente/servidor abiertos y en ambientes híbridos abiertos/incorporados.



a) Consola

b) Pantallas LCD

Fig.1.14. Pantallas de visualización

El paquete HMI para el sistema SCADA típicamente incluye un programa de dibujo con el cual los operadores o el personal de mantenimiento del sistema usan para cambiar la manera que estos puntos son representados en la interfase.

Esta representaciones puede ser tan simple como una luces de tráfico en pantalla, los cuales representan el estado actual de un campo en el tráfico actual, o tan complejo como una pantalla de multiproyector representado

posiciones de todos los elevadores en un rascacielos o todos los trenes de una vía férrea.

1.8. CONTROLADOR LOGICO PROGRAMABLE (PLC).

Un PLC (Controlador Lógico Programable), es una máquina electrónica, diseñada para controlar en tiempo real y en medio industrial procesos secuenciales.

Realiza funciones lógicas: series, paralelos, temporizaciones, conteos y otras más potentes como cálculos, regulaciones, etc.

La función básica de los PLC's es la de reducir el trabajo del usuario al realizar el programa, es decir, la relación entre las señales de entrada que se tienen que cumplir para activar cada salida, puesto que los elementos tradicionales (como réles auxiliares, de enclavamiento, temporizadores, contadores...) son internos y virtuales.

1.8.1. Estructura de un PLC.

Para poder interpretar la estructura de un PLC utilizaremos un sencillo diagrama en bloques. En la figura siguiente se muestran las tres partes fundamentales: la CPU, las entradas y las salidas.

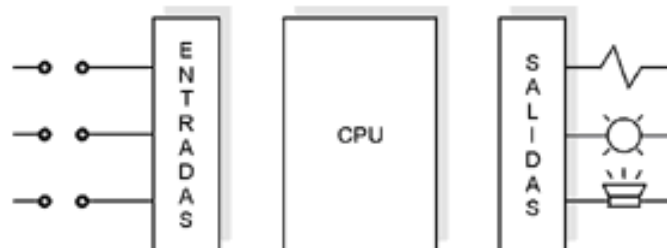


Fig.1.15. Estructura del PLC

- **Fuente de alimentación:**

Es la encargada de convertir la tensión de la red, 220v corriente alterna, a baja tensión de corriente continua, normalmente a 24v. Siendo esta la tensión de trabajo en los circuitos electrónicos que forma el PLC.

- **Unidad Central de Procesos o CPU:**

Se encarga de recibir las órdenes del operario por medio de la consola de programación y el módulo de entradas. Posteriormente las procesa para enviar respuestas al módulo de salidas. En su memoria se encuentra residente el programa destinado a controlar el proceso.

Contiene las siguientes partes:

- Unidad central o de proceso
- Temporizadores y contadores
- Memoria de programa
- Memoria de datos
- Memoria imagen de entrada
- Memoria de salida

- **Módulo de entrada:**

A este se unen los captadores (interruptores, finales de carrera, pulsadores,...).

Cada cierto tiempo el estado de las entradas se transfiere a la memoria imagen de entrada. La información recibida en ella, es enviada a la CPU para ser procesada de acuerdo a la programación.

- **Módulo de salidas:**

Es el encargado de activar y desactivar los actuadores (bobinas de contactores, lámparas, motores pequeños,...).

La información enviada por las entradas a la CPU, una vez procesada, se envía a la memoria la imagen de salidas, de donde se envía a la interfase de salidas para que estas sean activadas y a la vez los actuadores que en ellas están conectados.

Según el tipo de proceso a controlar por el autómata, podemos utilizar diferentes módulos de salidas. Existen tres tipos bien diferenciados:

- **A réles:** son usados en circuitos de corriente continua y corriente alterna. Están basados en la conmutación mecánica, por la bobina del relé, de un contacto eléctrico normalmente abierto.
- **A triac:** se utilizan en circuitos de corriente continua y corriente alterna que necesitan maniobras de conmutación muy rápidas.
- **A transistores a colector abierto:** son utilizados en circuitos que necesiten maniobras de conexión / desconexión muy rápidas. El uso de este tipo de módulos es exclusivo de los circuitos de corriente continua.

- **Terminal de programación:**

El terminal o consola de programación es el que permite comunicar al operario con el sistema.

Las funciones básicas de éste son las siguientes:

- Transferencia y modificación de programas.

- Verificación de la programación.
- Información del funcionamiento de los procesos.

Como consolas de programación pueden ser utilizadas las construidas específicamente para el autómata, tipo calculadora (desmontables o no), o bien un ordenador personal, PC, que soporte un software específicamente diseñado para resolver los problemas de programación y control.

- **Periféricos:**

Los periféricos no intervienen directamente en el funcionamiento del autómata, pero sin embargo facilitan la labor del operario.

Los más utilizados son:

- Grabadoras a cassettes.
- Impresoras.
- Cartuchos de memoria EPROM.
- Pantallas de visualización y paneles de operación OP.
- Memorias EEPROM.

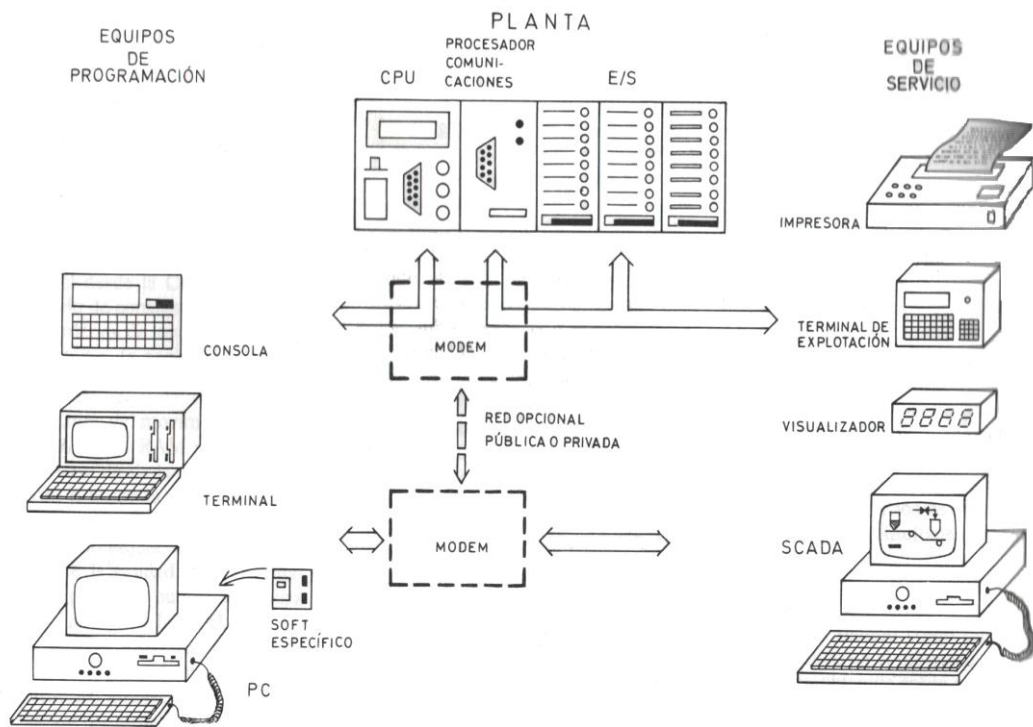


Fig. 1.16. Periféricos del PLC.

CAPITULO 2

ESTUDIO PRELIMINAR

2.1. DESCRIPCION DEL PROBLEMA.

El cepillo mecánico de la empresa Montajes Industriales Vásquez fue adquirido no operativo y poco tiempo después fue habilitado temporalmente de forma que trabaje, limitando su operación a trabajos sencillos en operaciones de desbastado, para lo cual solamente se había habilitado el trabajo de la mesa (movimiento de un motor de CD con inversión de giro), controlando la velocidad del mismo a través de un variac conseguido en el mercado nacional y un puente rectificador, con los cuales se controla el voltaje de campo del motor.

La utilización del variac limita el funcionamiento de la máquina a una sola velocidad en el avance y el retroceso lo cual no es una función deseable, ya que el retroceso debería ser lo más rápido posible pues en este momento la máquina no realiza ningún trabajo.

Tanto el puente como los levanta cuchillas se están operando manualmente así como otras funciones, como el motor de la bomba de aceite y un generador que alimenta al motor de CD, los cuales se mantienen permanentemente excitados, incluso mientras la máquina se está parada, y durante periodos de cambios de cuchillas, las cuales continuamente deben ser cambiadas porque el ajuste inapropiado de la máquina hacen que las cuchillas se destruyan.

Para detener al motor de CD se quita la alimentación de la armadura, pero el voltaje de campo se mantiene alimentado por lo que se presenta un

calentamiento considerable en el motor y el cableado, lo que a la larga resultaría en que el motor de CD se quemara.

El inapropiado control para el arranque de un motor trifásico de 60KW que mueve al generador de la máquina provoca considerables caídas de tensión en la fábrica y a la vez movimientos bruscos de las cuchillas, las cuales se dañan solamente realizado el arranque. Ya que no existe control en el puente y porta cuchillas, los operadores deben colocar manualmente las cuchillas y la mesa en la posición apropiada para iniciar el trabajo, lo cual produce muchas pérdidas de tiempo en los procesos y daños en las cuchillas.

El sistema para la inversión de giro del motor de CD no está trabajando adecuadamente ya que el automatismo original no funciona y ha sido puenteado, por lo que muchas veces la mesa, que es muy pesada, se sale de los rieles de bancada a través de los cuales se mueve, provocando largas paradas en la operación de la máquina.

El tablero de trabajo del cepillo mecánico es muy antiguo y posee elementos eléctricos de control tales como resistencias que ya no se encuentran en el mercado y el general el sistema automático original se encuentra deteriorado y sería poco recomendable la reparación del mismo, ya que actualmente disponemos de sistemas de control mucho más sofisticados, de pequeño tamaño y de muy bajo consumo de energía.

Por estas razones, la empresa se ha visto en la necesidad de instalar un nuevo sistema automático en la máquina, lo cual les permitirá elevar considerablemente su producción, además de ahorrar tiempo y dinero en procesos de reparación y calibración en la operación de la misma.

2.2. ANALISIS DE LAS NECESIDADES DE LA EMPRESA PARA EL FUNCIONAMIENTO OPTIMO DE LA MAQUINA.

2.2.1. Funcionamiento primario de la máquina.

Montajes Industriales Vásquez es una empresa dedicada a la reparación, construcción y montaje de piezas y sistemas mecánicos, están enfocados sobre todo a la rectificación y construcción de partes.

Para estos trabajos muchos componentes requieren ser cepillados con el objeto de rectificarlos y darles acabado, algunas de estas piezas alcanzan a medir 2,8 metros de longitud y superan los 500 kilogramos de peso, entre otros que incluso pueden alcanzar las 5 toneladas de peso, para realizar este trabajo la empresa cuenta con la máquina herramienta Cepillo mecánico *M3MP* de procedencia rusa que se observa en la figura 2.1., con sus partes principales.

El funcionamiento primario del cepillo mecánico es el característico de este tipo de máquina herramienta, realiza un corte lineal cuando la mesa de bancada que es donde se sujeta el material a trabajar, se desliza bajo una cuchilla, este movimiento se realiza varias veces, no con el fin de separar el material en dos partes, sino más bien para rectificarlo y dejar la superficie plana, para esto, no es necesario que la cuchilla se clave en el material con cada pasada, en cambio se desplaza a un costado de la misma en avances definidos por el operador de la máquina, los cuales como ya se explicó dependen del material que se está trabajando, el tipo de cuchilla y el afilado de la misma.

La bancada que no es otra cosa que la base de la mesa sobre la cual se sujeta el material a trabajar, es la encargada de desplazar el material trabajado bajo la cuchilla y tiene solo dos movimientos, de avance y retroceso, cumpliendo con su trabajo, una función de vaivén. La velocidad de avance o de trabajo es la más importante, dependiendo esta principalmente del tipo de material y de la cuchilla a utilizarse. La velocidad de retorno es normalmente una constante en condiciones

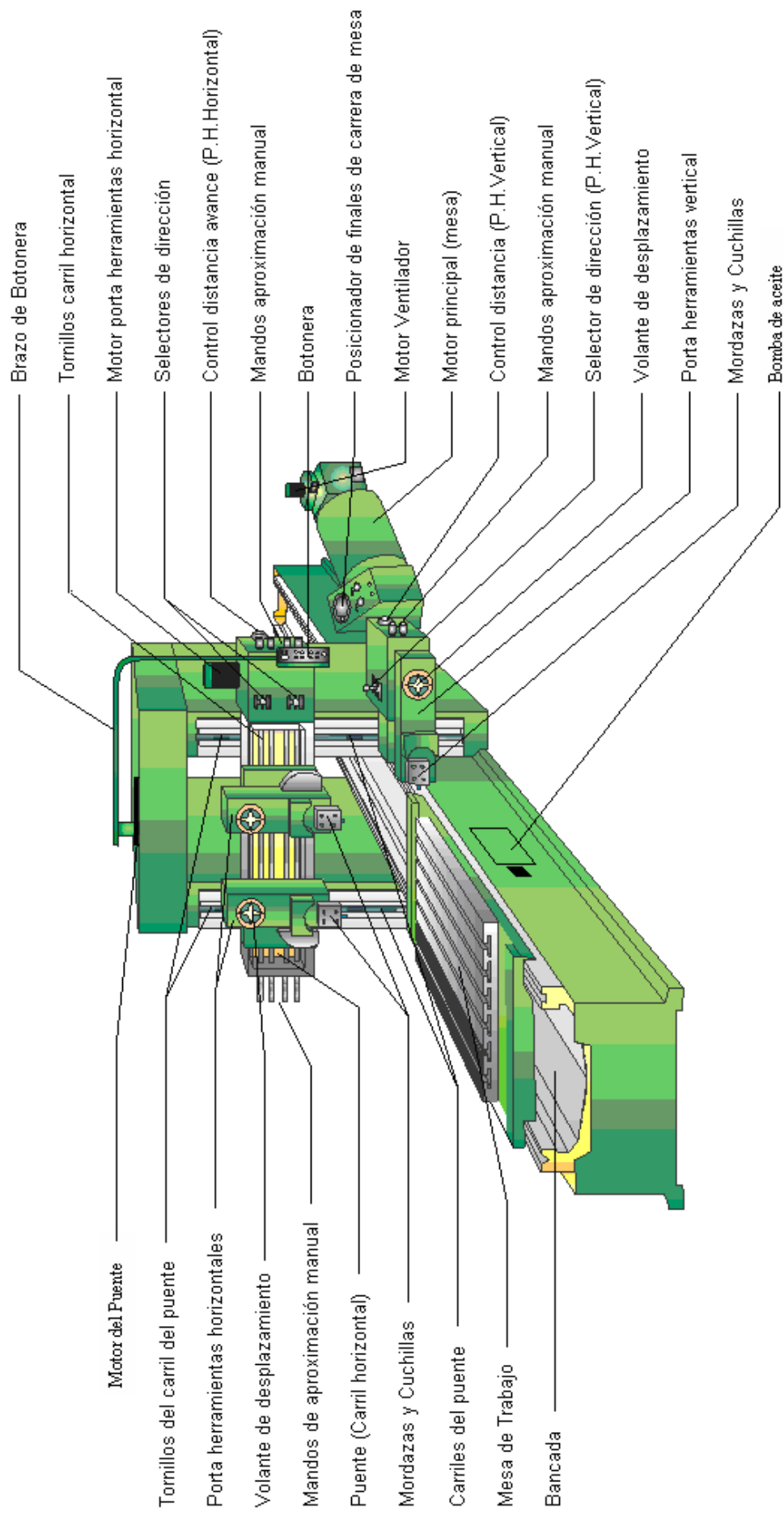


Fig. 2.1. Cepillo Mecánico #34P

normales, siempre es más veloz que la velocidad de corte o de trabajo ya que este movimiento se utiliza únicamente para volver a colocar el material en la posición de inicio de corte y durante este movimiento no se realiza ningún trabajo sobre el material, por lo que se requiere que este tiempo sea lo más corto posible.

Hasta este punto, algunos pensarían que sería más fácil desplazar una cuchilla sobre un material fijo, que desplazar el material bajo una cuchilla, la reducción en costos, consumo de energía, tamaño y espacios requeridos parecen obvias, sin embargo se debe tener en cuenta que la cuchilla debe permanecer completamente fija y carente de vibración y el corte de la misma tiene que describir una línea totalmente recta; una cuchilla móvil tendría demasiada vibración y podría ser susceptible a deformaciones durante el recorrido, lo que no garantiza una superficie plana como resultado del trabajo.

Para el movimiento de la mesa, la máquina utiliza un motor de corriente continua cuyas características de avance, parada, inversión de giro y frenado rápido son muy apropiadas para este tipo de máquinas, el control de la velocidad de la mesa se lo realiza controlando el voltaje de alimentación a la armadura del motor, a mismo que depende del control de la corriente de campo del generador la cual es controlada a través de un transformador de múltiples taps, acoplados a un puente rectificador y dos selectores que permiten seleccionar la velocidad de avance y de retroceso de la mesa en forma manual y la toma fija que permite mantener una velocidad lenta para posicionar las cuchillas. Figura 2.2.

Los portaherramientas horizontales se mueven en forma horizontal, vertical y diagonal mediante un motor que a través de las palancas selectoras de posición determina dicho movimiento. De igual forma se dispone de otro motor para el posicionamiento del portaherramientas vertical. Posee un motor para subir y bajar el puente, un motor que controla una bomba de aceite que lubrica la bancada y un motor que opera como freno del puente, el mismo que asegura el puente para evitar vibraciones durante la operación. Todos estos son

motores cuya operación es directa, es decir, no requieren de ningún tipo de arranque ya que son de tamaño pequeño.

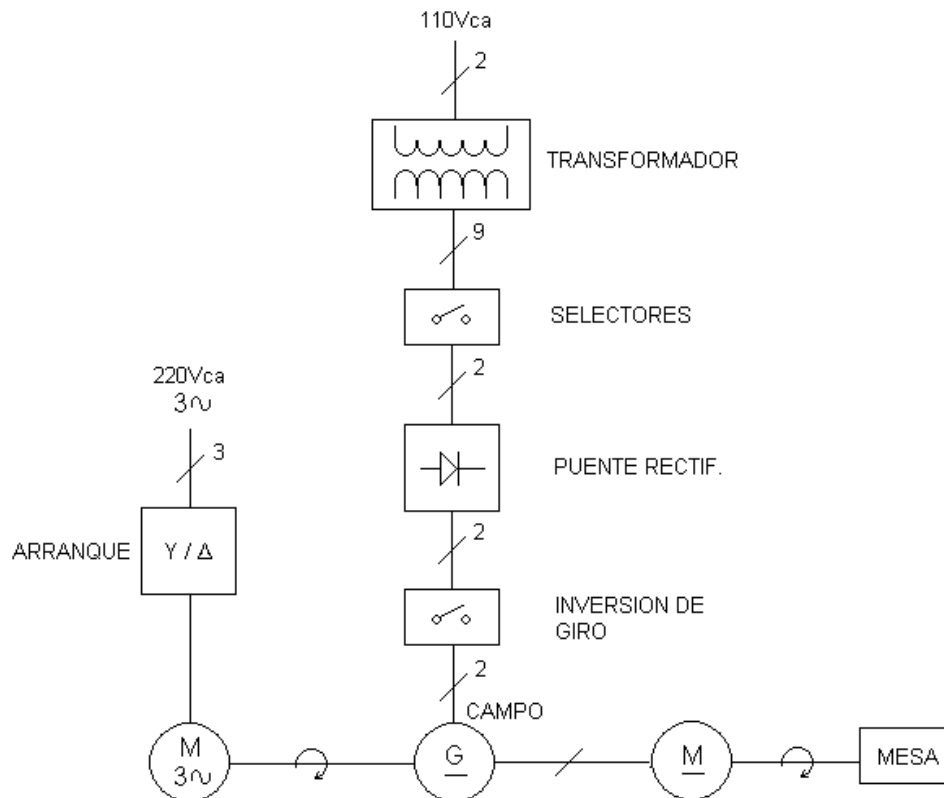


Fig.2.2. Circuito de control de velocidad de la mesa

La máquina posee embragues que son controlados a través de la botonera, que sirve para desconectar temporalmente a los portaherramientas cuando se requiere desplazarlos rápidamente para posicionarlos en forma manual.

2.2.2. Necesidades de la empresa.

Se han visto las características primordiales de trabajo de un cepillo mecánico, sin embargo, para este caso en particular, los propietarios de la máquina han especificado, las siguientes características de operación:

1. La máquina en su mesa de trabajo debe ser capaz de trabajar a carga máxima.
2. La velocidad de trabajo de la bancada debe ser regulable, su valor mínimo debe ser el menor que la máquina pueda producir, y el máximo de igual manera, la máxima velocidad posible, sin que represente un peligro para la integridad física de la misma.
3. La velocidad de retorno de la mesa de trabajo debe ser lo más rápida posible, pero para ciertas condiciones de trabajo deberá poder ser regulada a exactamente la misma velocidad de trabajo, sin importar cual fuere esta.
4. Una vez fijada la velocidad para trabajar, el desplazamiento de la mesa debe ser lo más uniforme posible, es decir, mantener esa velocidad constante.
5. Los sistemas porta cuchillas deben volver a ser operativos y deben tener la capacidad de poder seleccionar con cual de los sistemas se quiere trabajar y deben levantarse cuando la mesa se encuentre en retorno.
6. El puente debe ascender o descender después de liberar el freno del mismo, y una vez detenido el freno, debe asegurarse automáticamente.
7. La mesa debe arrancar en el sentido de dirección que el operario desee.
8. La mesa debe ser capaz de realizar movimientos de aproximación, es decir que tiene que desplazarse en cualquier sentido que se desee, a una velocidad que la inercia del desplazamiento no afecte su posición al detenerse, este movimiento se realizará al tener presionado un pulsante y se detendrá inmediatamente al levantarlo.
9. Antes de que la mesa se mueva debe existir una capa de aceite que lubrique los rieles de bancada, para ello el sistema de lubricación cuenta

con un sensor de presión de aceite que indica al sistema que ya hay aceite en la bancada.

10. Al estar definida la dirección de avance de los porta herramientas en forma mecánica por una caja de engranajes y la magnitud de desplazamiento por un sistema de bucle, debe ser automatizado el instante en que se ejecuta dicho avance durante la secuencia de operación de la maquina o controlarlo con un pulsador, en cualquiera de las dos condiciones el porta herramientas ejecutará un paso a la vez. Además deben poder desplazarse en forma continua cuando se ejecute el llamado a las mismas, aunque su trabajo debe ser automático, su activación debe ser independiente, su operación eléctrica deberá cumplir las siguientes condiciones:

- a) Los porta herramientas deben estar activados para su funcionamiento.
- b) El punto de funcionamiento del avance graduado, podrá ser configurable ya sea al final de carrera de corte o al final de carrera de retorno, ambos o ninguno.
- c) Un pulsante externo también podrá ejecutar un avance graduado con el fin de centrar la cuchilla antes del trabajo.
- d) Debe existir un pulsante de llamado para el porta herramientas, el cual tiene prioridad sobre cualquier otra acción y hace que el porta herramientas avance mientras se mantenga pulsado.
- e) En otra opción de trabajo el porta herramientas debe funcionar independientemente de la mesa y en movimiento continuo.
- f) Para evitar choques por descuido u olvido se deberá instalar finales de carrera que detengan el funcionamiento a los extremos y entre el porta herramientas.

- g) Debido a que en movimiento continuo se requiere cambiar de sentido y es necesario detener los avances graduados en ciertas ocasiones, existirá un interruptor de activado – desactivado de los portaherramientas en la botonera.
- h) Ya que el porta herramientas vertical es poco utilizado, este solo contará con las opciones a, d, e y f.
- i) El puente está sujeto con un sistema de freno, el cual evita que el conjunto puente – porta herramientas vibre o se mueva durante el trabajo, antes de poder desplazar el puente, el freno debe ser liberado y una vez que deja de moverse el freno debe volver a activarse.
- j) El puente debe desplazarse tanto hacia arriba como hacia abajo en cualquier instante, pero no debe sobrepasar los límites físicos de la máquina para lo cual es necesario rehabilitar los finales de carrera tanto superior como inferior el cual evita que choque con el porta herramientas vertical.

11. En caso de algún fallo con el equipo, el sistema debe dar un aviso de la falla, fácil de identificar y dependiendo de la misma suspender el trabajo del área afectada o de ser más grave aún, detener la máquina.

2.3. ANALISIS DE LAS VARIABLES DE CONTROL Y TRABAJO EXISTENTES.

2.3.1. Requerimiento de Entradas Digitales.

La siguiente es una lista de las entradas digitales necesarias para el control del cepillo mecánico:

ENTRADAS	ACCION
RUN_STOP	Pone al plc en modo run

ON_MESA	Activado la mesa trabaja
FIN_CARRERA_FRENO_PUENTE_ABIERTO	Indica que el freno del puente esta en posición abierto
FIN_CARRERA_FRENO_PUENTE_CERRADO	Indica que el freno del puente esta en posición cerrado (frenado)
APAGADO_MAQUINA	Apaga la maquina pone al PLC en modo stop
LLAMADO_PUENTE_ARRIBA	Indica que el puente debe subir
LLAMADO_PUENTE_ABAJO	Indica que el puente debe bajar
LLAMADO_MESA_AVANCE	Indica que la mesa debe ir en dirección avance
LLAMADO_MESA_RETORNO	Indica que la mesa debe ir en dirección retorno
LLAMA_PORTA_CUCHILLAS_H	Pide movimiento de avance a los porta cuchillas horizontales, la dirección real se determina mecánica mente por la posición de la palanca de dirección
FIN_CARR_PUENTE_PC_VERT	Indica que el fin de carrera del muelle hacia abajo ha sido alcanzado, el porta cuchillas vertical a subido demasiado
FIN_CARRERA_PUENTE_ARRIBA	Indica que el fin de carrera del muelle hacia arriba a sido alcanzado
FALLA_MESA	Indica que existe una falla en el sistema de la mesa
FALLA_GENERADOR	Indica que existe una falla en el equipo generador
STOP_TRABAJO	Detiene el trabajo de la maquina
SOBRECORR_MOT_FRENO_MUELLE	Evita que el motor del freno del muelle trabaje en caso de daño o sobreesfuerzo
SOBRECORR_PRTCUCHLL_V	Evita que el motor de el portacuchillas vertical trabaje en caso de daño o sobre esfuerzo
SOBRECORR_PRTCUCHLL_H	Evita que el motor de los porta cuchillas horizontales trabaje en caso de daño o sobre esfuerzo
FIN_CARR_EMERGEN_MESA	Si la mesa no se detiene al llegar a alguno de sus finales de carrera, este fin de carrera mecánico desactiva la mesa
GENERADOR_ON_K	Mantiene al generador encendido en forma constante siempre y cuando el PLC este en modo run
SOBRECORR_MUELLE	Evita que el motor de el muelle trabaje en caso de daño o sobreesfuerzo
ON_OFF_PORTA_HERRAMIENTAS	Cada vez que se cierre este contacto se ejecuta la acción de encender el porta herramientas o apagarlo si esta encendido
SOBRE_CORR_VENT	Determina el valor de un dato de entrada a una palabra de alarmas
SOBRE_CORR_CAMP_GEN	Determina el valor de un dato de entrada a una palabra de alarmas
FALLA_BOMBA_ACEITE	Indica que existe una falla en la bomba de lubricación de la mesa
SOBRE_CORR_CAMP_MOT	Determina el valor de un dato de entrada a una palabra de alarmas
INI_MESA_RET	Inicia la mesa en dirección de retroceso
LLAMA PORTCUCH_V	Da la señal para que avance el porta cuchillas vertical la dirección real se determina mecánica mente por la posición de la palanca de dirección
FIN_CAR_HEMBRG_H	Normalmente cerrado indica que el embrague horizontal esta apagado
FIN_CAR_HEMBRG_V	Normalmente cerrado indica que el embrague vertical esta apagado
CAUDAL_ACEITE	Indica si la precien del aceite es normal

FIN_CARR_PORTACUCHILLA_H_DERECHA	El porta cuchillas horizontal derecho a llegado al fin de carrera derecho
FIN_CARR_PORTRACUCHILLA_H_CENTRO	Los porta cuchillas horizontales han llegado al fin de carrera central
FIN_CARR_PORTACUCHILLA_H_IZQUIER	El porta cuchillas horizontal izquierdo a llegado al fin de carrera izquierdo
PASO_P_C_H	Ejecuta un paso en el porta cuchilla horizontal
FIN_CARR_PORTACUCHILLA_V_ABAJO	El porta cuchilla vertical a alcanzado el fin de carrera inferior
INI_MESA_AVANCE	Cuando se activa inicia la mesa en avance

Tabla 2.1. Entradas digitales

2.3.2. Requerimiento de Entradas Analógicas.

Las entradas analógicas son necesarias para conocer constantemente la posición de la mesa, ya que depende de la velocidad de su desplazamiento el tiempo necesario para frenar e invertir el sentido de movimiento de la mesa.

ENTRADAS	ACCION
POCICION_MESA	Indica la posición de la mesa
POCI_FIN_CARR_AVA	Indica la posición analógica del final de carrera de la mesa de avance.
POCI FIN CARR RET	Indica la posición analógica del final de carrera de la mesa en dirección de retorno.

Tabla 2.2. Entradas analógicas

2.3.3. Requerimiento de Salidas Digitales.

SALIDAS	ACCION
ON_EQUIP_GEN	Enciende el equipo generador
ON_BMBA_ACEITE	Conecta la bomba de aceite de lubricación de la mesa
ON_CAMP_GEN	Conecta el campo de el generador el valor de el mismo depende de Q1.0
ON_MOT_MUELLE_SUBIDA	Conecta el motor de el muelle en dirección de subida
ON_MOT_MUELL_BAJADA	Conecta el motor de el muelle en dirección de bajada

ON_MOT_FREN_MUELL_CERRADO	Conecta el motor de el freno de el muelle en dirección de cierre del freno
ON_MOT_FREN_MUELL_ABIERTO	Conecta el motor de el freno de el muelle en dirección de apertura de freno
ON_MOT_PRTCUCHELL_H_AVANCE	Conecta el motor de los porta cuchillas horizontales en dirección de avance
VEL_ABANCE	Conecta el transformador en velocidad de avance
VEL_RET	Comentario
ON_LUZ_ADVERTENCIA	Enciende la luz de advertencia de alarma
ON_PRTCUCHELL_H_RETROCESO	Conecta el motor de los portacuchillas horizontales en dirección de retorno
CAMP_MOT_MESA_AVANCE	Conecta el campo de el motor de la mesa en dirección de avance
CAMP_MOT_MESA_RETORNO	Conecta el campo de el motor de la mesa en dirección de retorno
ON_MOT_POTCUCHELL_V_AVANCE	Conecta el motor de el portacuchillas vertical en dirección de avance
ON_MOT_PRTCUCHELL_V_RETORNO	Conecta el motor de el portacuchillas vertical en dirección de retorno
VEL_LLAMADO	Conecta el transformador en velocidad de llamado
ON_HEMBRAGE_H	Enciende el embrague horizontal
ON_HEMBRAGE_V	Enciende el embrague del porta herramientas vertical
MOTOR GENERADOR ESTRELLA	Conecta el motor generador en estrella para su arranque
MOTOR GENERADOR TRIANGULO	Conecta el motor generador en triangulo para su funcionamiento
PLC A MODO STOP	Da el pulso que desconecta la entrada run del PLC

Tabla 2.3. Salidas digitales

CAPITULO 3

SOLUCION AL PROBLEMA Y ESPECIFICACIONES DEL SISTEMA

3.1. ALTERNATIVAS TECNICAS DE SOLUCION.

Al analizar las necesidades de la empresa y el proceso de la maquina se presentaron varias posibilidades de solución.

Puesto que se trataba de una repotenciación lo primero fue analizar que partes mecánicas y o eléctricas de la maquina eran útiles aun con este análisis se determino que toda la estructura mecánica en si se encontraba en buen estado de igual forma sus motores, sistemas de embrague, bomba de aceite, en definitiva todos los mecanismos y partes que conforman el máquina herramienta Cepillo mecánico *M3μP*, con la clara excepción del sistema de control el cual se encontraba conectado de forma que la maquina herramienta *M3μP* pueda realizar sus operaciones mas básicas.

Se plantearon entonces las siguientes alternativas:

Cambiar el motor principal el cual mueve la mesa de trabajo y que se trata de un motor DC de 75 Kw, el cual esta refrigerado por una turbina de aire, y cuyo

control se basa en la variación del voltaje de armadura, tanto en magnitud como en polaridad, para obtener variación de velocidad y sentido de giro, el mismo que además está súper dimensionado ya que pierde muchísimo torque al trabajar a bajas velocidades.

Por un motor trifásico controlado mediante un variador de frecuencia, acoplado al nuevo sistema de control.

En cuanto al sistema de control en sí, se prevé que el uso de un PLC como alternativa más adecuada, ya que me permite agrupar las señales tanto de entrada como de salida, y trabajarlas mediante software, además con la posibilidad de escoger la interfase humano máquina.

Para el interfase se pensó en dos posibles alternativas,

- La supervisión del proceso mediante un sistema SCADA usado como HMI que son las siglas en inglés de (HUMAN MACHINE INTERFEACE) O (INTERFACE HUMANO MAQUINA), para lo cual se requeriría un computador, con todos los beneficios que dicho sistema ofrece.
- Una interfase básica de comunicación con la cual única mente se pueda acceder a su configuración desde la máquina en sí, dicha interfase no requiere de un computador adicional o un software complejo.

3.2. ANALISIS DE ALTERNATIVAS.

- En las pruebas realizadas se demostró que si bien es cierto que el frenado del motor trifásico en vacío, con el variador es más rápido y el sistema en sí consume menos energía, no se puede forzar el sentido de giro hasta que el eje del motor se haya detenido y debido a la inercia que provoca el sistema este tiempo es considerable.

El frenado del motor de DC se realiza a contra corriente (invirtiendo directamente su sentido de giro), su reacción es rápida, que a pesar de ser solo un par de segundos en cada operación termina siendo un ahorro considerable de tiempo en el trabajo en global, y ya que la producción en sí de los elementos que trabaja esta máquina dependen de la velocidad de esta, y su trabajo no puede ser cargado a ningún otra máquina herramienta.

- La empresa no requiere controlar el proceso desde la oficina, porque los operadores de la máquina deben hacer cambios en el proceso de acuerdo a la pieza que se está rectificando. Ya que no es un proceso repetitivo, se debe cambiar a cada momento los controles manuales para realizar cada trabajo.
- El sistema PLC con interfase básica, permitirá a los operadores de la máquina, manejar ciertos parámetros de la misma mediante simples secuencias de comandos realizados mediante el teclado de la interfase, la misma que deberá estar en una ubicación de acceso rápido para los operadores.

- La diferencia de costos entre el sistema Scada y el sistema con interfase básica es bastante significativo (aproximadamente \$3100.00 USD de diferencia), debido a la necesidad de un computador y software, considerando que el proceso no requiere ser monitoreado y que ésta no es una máquina que proporcione suficiente información a la empresa, como para llevar una base de datos de sus procesos internos sino mas bien de su trabajo en si.

- Existen actualmente en el mercado de los PLC's una gran variedad de productos que presentan características acordes a esta necesidad y nos permite elegir entre marcas, calidad, costos, y el tipo de interfase, una de ellas es el PLC **Twido TWDLMDA20DRT** de la fabrica Schnender Electrical en su presentación Twido Pack en la cual esta incluido, el PLC que posee 8 entradas de 24vcc y 8 salidas (2 salidas de 0.3A tipo transistor común negativo y 6 salidas tipo relé de 2A), su fuente de alimentación, una interfase **Magelis XBT-N200(2)** también de la fabrica Schnender Electrical que se conecta directamente al PLC , expansión de memoria, cables de comunicación y cables de programación, además de los softwares correspondientes, este PLC es de tipo modular con una gran variedad de expansiones disponibles, esta presentación comercial tiene un valor de

\$370, este valor es significativamente menor a otros como el Siemens de características rivales marca en la cual solo el PLC como tal tiene un costo superior a los cuatrocientos dólares, y todos los accesorios extras como cables y software tienen un costo extra.

Del resultado de este análisis se concluye que:

- Se utilizará el mismo motor de DC para impulsar la máquina, pues la velocidad de respuesta en ella es muy importante.
- Luego de realizar una selección en cuanto a necesidad, calidad, costo, beneficio, se optó por el sistema PLC interfase básica, específicamente el Twido pack más las expansiones necesarias para cumplir los requerimientos de la máquina herramienta *M3μP*.

3.3. IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL MEDIANTE UN PLC TWIDO, CON UNA INTERFASE XBT- N200(2) QUE SERVIRÁ COMO HMI.

El PLC se encargará del control de la máquina herramienta *M3μP* pero el sistema HMI está limitado a la interfase XBT-N200(2). A través de ella se pueden manipular diversas constantes y variables de la operación del sistema, así como formas de funcionamiento, control de averías, y la lectura de algunas de las variables de control, en caso de activación de alarmas, permitirá visualizar el tipo de alarma para facilitar la reparación necesaria.

La interfase XBT- N200 (2) Magelis se conecta directamente al PLC Twido, no requiere de programación de protocolos de comunicación y es totalmente compatible con el PLC.

Además deberá adquirirse los siguientes módulos de expansión para cubrir todas las necesidades de las señales de entrada salida de la máquina herramienta *M3μP*:

- a) Módulo de ampliación TWDAMM3HT, con 2 entradas analógicas y 1 salida (0 - 10V, 4 - 20mA), 12 bits y terminal de tornillo extraíble. (50mA).
- b) Módulo de ampliación TWDDDI32DK, con 32 entradas de 24Vcc, conector MIL, 2 líneas comunes y transistores de común positivo/negativo. (65mA).
- c) Módulo de ampliación TWDDRA16RT, con 16 salidas de relé de 2A, 2 líneas comunes y terminal de tornillo extraíble. (45mA).
- d) Módulo de ampliación TWDDRA8RT con 8 salidas de relé de 2A, 2 líneas comunes y terminal de tornillo extraíble. (30mA).

El costo aproximado de la implementación de este sistema es de **\$1300.00 USD**, el cual representa el costo del paquete de automatización PLC Twido y sus módulos de ampliación.

A esto hay que agregar el costo de materiales complementarios como:

Cables, contactores, réles auxiliares, botoneras, tableros, térmicos, finales de carrera, componentes electrónicos, etc. que sumados dan un aproximado de **\$800.00 usd**.

En total dan un costo aproximado de **\$2100.00 usd** en materiales.

CAPITULO 4

DISEÑO E IMPLEMENTACION DEL SISTEMA

4.1. DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL.

4.1.1. Circuito de Potencia.

Como se mencionó anterior mente el circuito de potencia para el control de velocidad de la mesa está basado en el control de velocidad e inversión de giro de un motor de CD a través de la energía producida en el generador de CD,

Se optó por mantener el sistema original de la máquina, basado en motor, generador, motor.

Si embargo se elaboró un nuevo sistema para los selectores de velocidad de avance y retorno de la mesa que en el sistema original se encontraba fuera de servicio, y estaba basado en resistencias.

Durante las pruebas del sistema se determinó que, un sistema más convencional para el control de velocidad era más viable en este caso, pues reducía el impacto tecnológico, que se daba al agregar todos los controles a la interfase, así se desarrollo el sistema que puede apreciarse en la figura 4.1.

En este se puede apreciar como a la salida del transformador de múltiples taps de salida, están conectados dos selectores en paralelo y se mantiene una salida directa, con lo que obtenemos tres salidas de poder (dos variables por selector y una fija). Estas tres salidas pasan por un bloque de relés que funcionan como selector automático de tal manera que una de las tres alimenta a la etapa de rectificación.

El siguiente bloque compuesto de dos contactores define la polaridad eléctrica de la alimentación al campo del generador.

El generador esta sometido a fuertes impulsos de energía contra electromotriz generada en el momento de la inversión del campo, como protección a sus efectos se utiliza una resistencia de descarga conectada en paralelo.

EL generador mantiene el sentido de giro y la velocidad constantes y el campo variable tanto en magnitud como en polaridad, siendo la tensión generada proporcional a estas magnitudes, es decir también son variables en magnitud y polaridad.

La energía generada se alimenta al motor CD, produciendo en este variación en la velocidad y sentido de giro.

En el diagrama también muestra el circuito de arranque estrella triangulo para el motor trifásico que mueve el generador de DC.

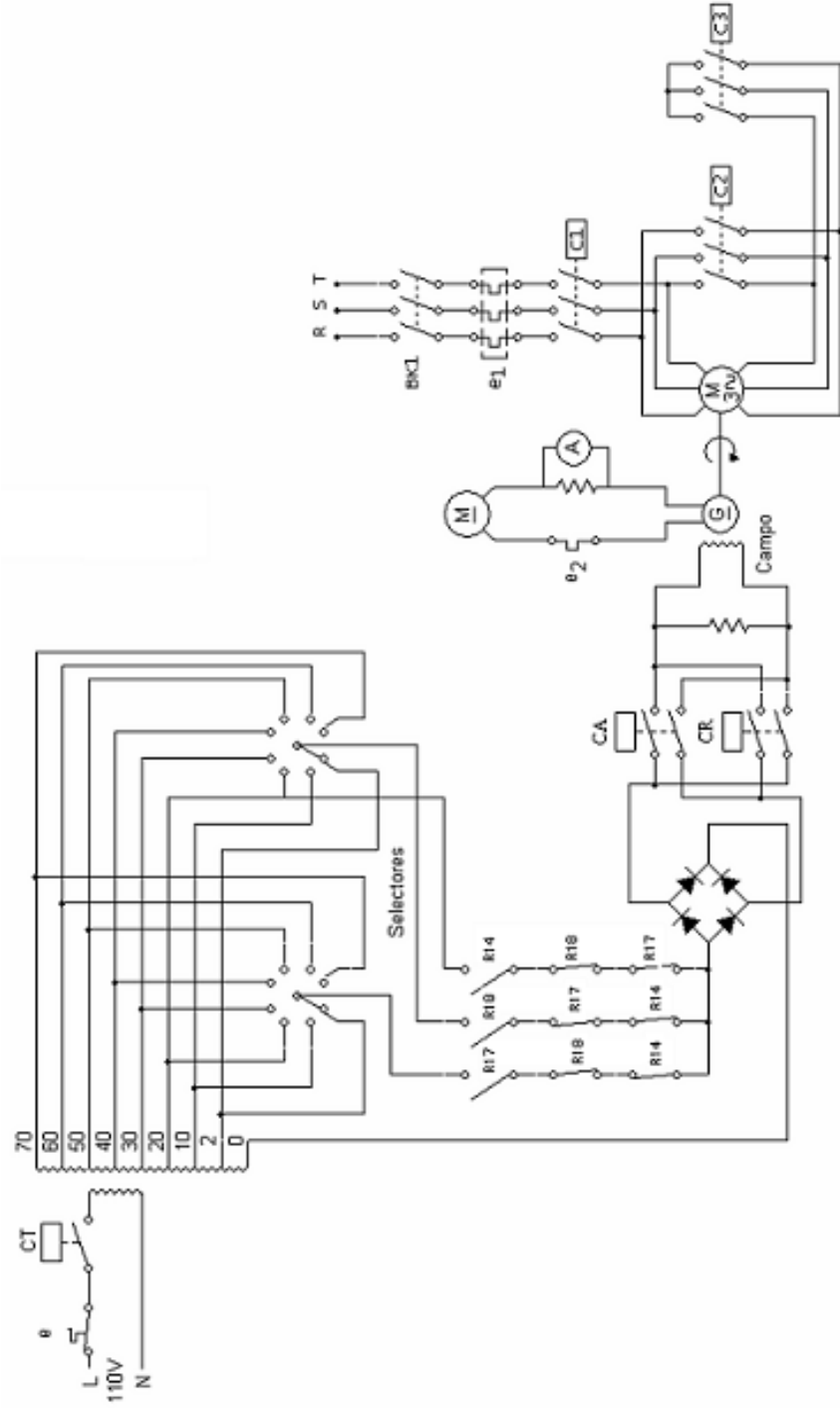


Fig. 4.1. Circuito de potencia para control de velocidad de la mesa

4.1.2. Circuito de Control.

El circuito de control está implementado en el PLC Twido, encargado de recibir las señales de control de la botonera de la máquina, réles térmicos y la interfase, para procesar y generar las señales de control al sistema. Los circuitos correspondientes tanto de entrada como de salida del PLC se observan en el anexo 3.

En los circuitos de salida en particular la mayoría son únicamente etapas de amplificación ya que el PLC no puede controlar directamente las cargas debido a la potencia que estas consumen.

Para los circuitos de entrada al PLC se trata de arreglos de botoneras, finales de carrera, térmicos, y acondicionamientos de señal la gran mayoría de estos se pudieren resumir como un interruptor entre la línea de 24vcc y la entrada del PLC

4.1.3. Implementación del tablero de control.

Una de las tareas importantes de proceso de diseño es la distribución apropiada de los elementos del circuito, en un tablero, para el caso particular la distribución de componentes en el tablero se observa en la figura 4.3

Donde se observa:

- En la puerta la interfase **XBT-N200 (2)**, controles manuales e indicadores.
- réles auxiliares
- contactores
- el PLC
- Sistemas de protección y otros

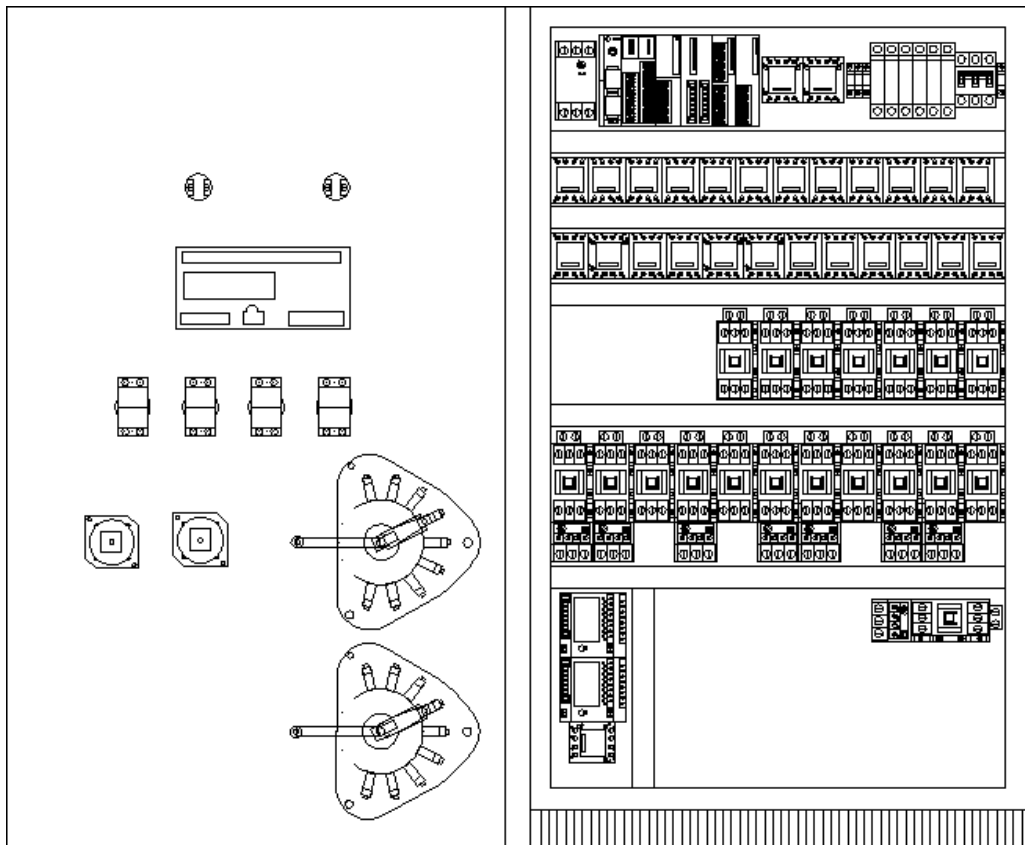


Fig. 4.3. Tablero de control disposición interior

La utilización de réles auxiliares como etapa intermedia entre el PLC y las bobinas de los contactores, se realizó con el objeto de proteger a las salidas del PLC en caso de fallas eléctricas y facilidad de mantenimiento ya que los réles facilitan deshabilitar las salidas del PLC, al realizar cambios de programación en el programa, para lo cual simplemente se retira el relé de su zócalo.

En la figura 4.4. se presenta el diseño de la parte frontal del tablero, dispone de:

- Dos luces para indicación
 - “Alarma activada”

- “Generador encendido”
- La interfase XBT-N 200(2) Magelis
- Cuatro interruptores
 - “POWER” encendido general
 - “RUN” ejecutar el programa del PLC
 - “GEN” encender el generador
 - “MESA” activar la mesa
- Dos controles de velocidad
 - “VELOCIDAD DE CORTE”
 - “VELOCIDAD DE RETORNO”
- Dos selectores para los levanta cuchillas
 - “HORIZONTAL” , las opciones son:
 - “IZ” izquierdo
 - “DE” derecho
 - “OFF” apagado
 - , “DUO” activa los dos a la vez
 - “VERTICAL” las opciones son:
 - “VER” activar levanta cuchillas vertical
 - “OFF” apagar

4.1.4. Programación del PLC.

4.1.4.1. Análisis de Hardware y Software.

Para el control del cepillo mecánico se requiere del siguiente hardware (módulos de Twido):

- PLC Twido TWDLMDA20DRT, Unidad de base modular con 12 entradas de 24 Vcc y 8 salidas (2 salidas a transistor, 6 salidas de relé).
- Módulo de ampliación TWDAMM3HT, 2 entradas analógicas y 1 salida (0 - 10V, 4 - 20mA).
- Módulo de ampliación TWDDDI32DK, con 32 entradas digitales.
- Módulo de ampliación TWDDRA16RT, 16 salidas de relé.

- Módulo de ampliación TWDDRA8RT con 8 salidas de relé.

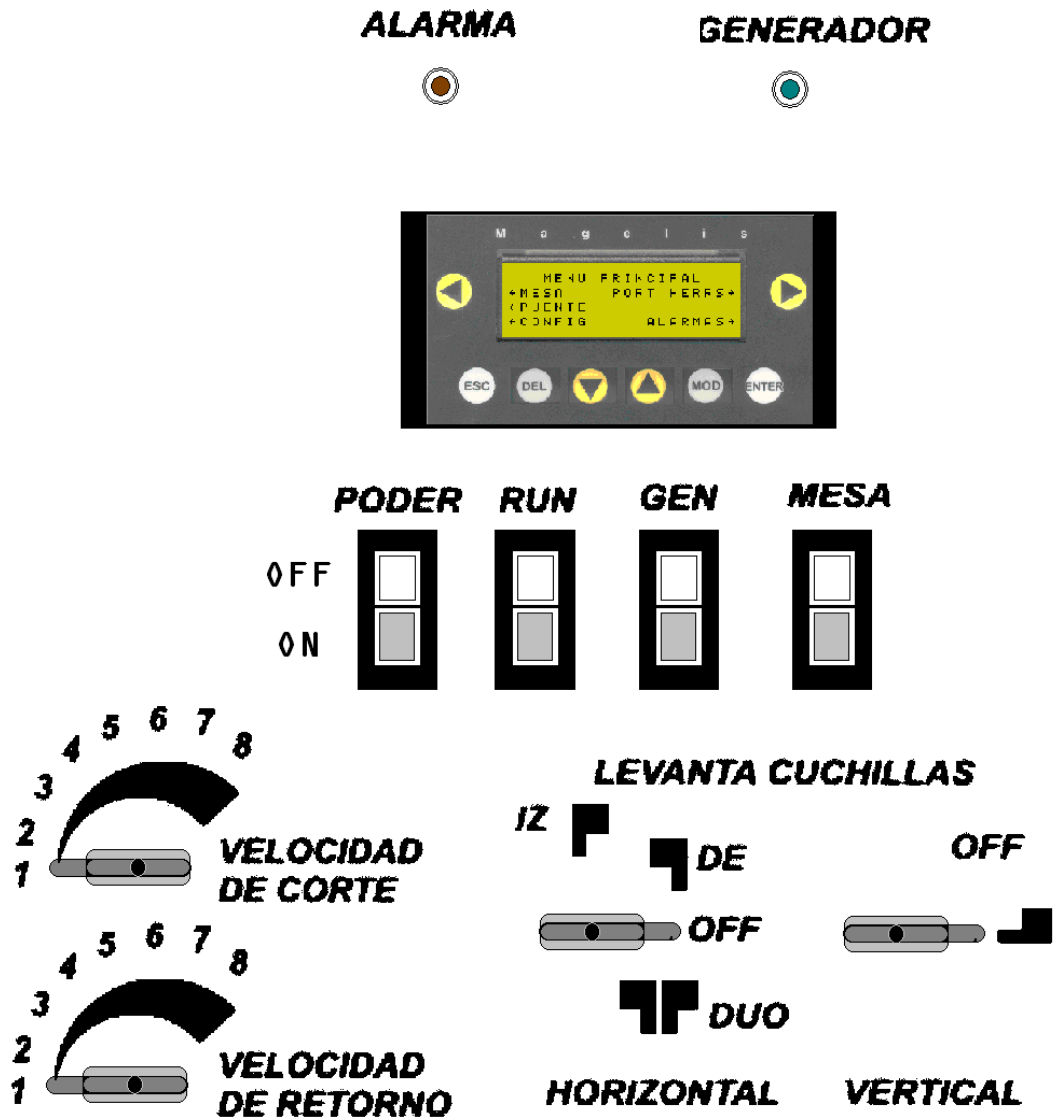


Fig.4.4. Panel frontal del tablero de control

De esta forma se dispone en la programación de:

- 44 Entradas digitales
- 24 Salidas digitales
- 2 Entradas analógicas

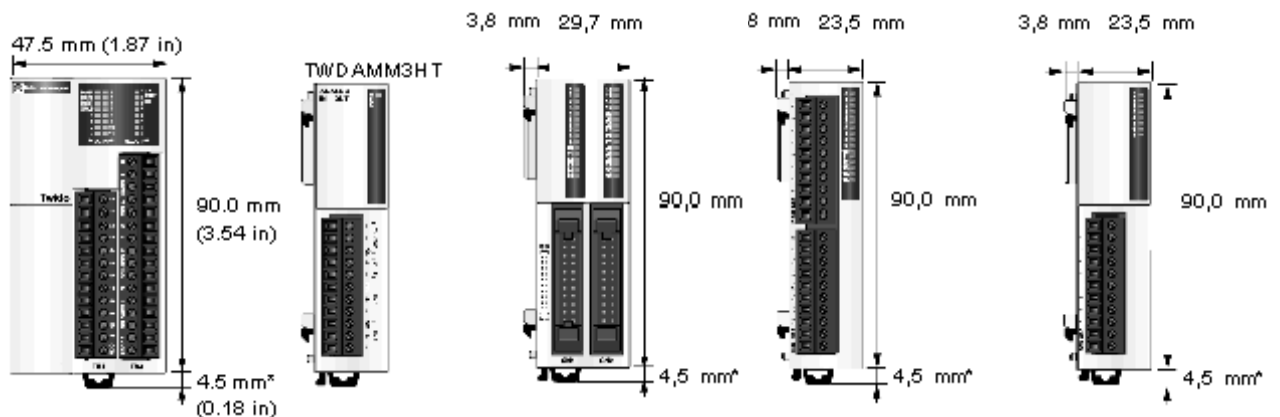


Fig. 4.5. PLC Twido y módulos de ampliación TWDAMM3HT, TWDDI32DK, TWDDRA16RT, TWDDRA8RT

Para la programación se utilizó el programa TwidoSoft V3.2, en modo de programación Ladder Logic, TwidoSoft es un entorno de desarrollo gráfico para crear, configurar y gestionar aplicaciones para los autómatas programables Twido. Es un programa basado en Windows de 32 bits para un ordenador personal (PC) que se ejecute con los sistemas operativos Microsoft Windows 98 segunda edición o Microsoft Windows 2000 Professional. Las versiones de TwidoSoft superiores o iguales a 1.13 funcionan también con Microsoft Windows XP.

Al inicializar un nuevo proyecto se debe cargar el modelo de PLC que se va a programar, junto con los módulos de expansión adicionales, de esta forma



quedan asignados los nombres de las I/O del PLC y módulos de expansión que podrán ser utilizados a lo largo del programa.

Los comandos utilizados para la programación de la presente aplicación son los siguientes:

a) Contactos.

Los elementos gráficos de los contactos se programan en el área de comprobación y ocupan una celda (el alto de una fila por el ancho de una columna). Estos bits son las "imágenes lógicas" de los estados eléctricos de las E/S. Se almacenan en la memoria de datos y se actualizan durante cada exploración de la lógica del programa.

Tabla 4.1. Contactos NA y NC

Nombre	Elemento gráfico	Instrucción	Función
Contacto normalmente abierto		LD	Establece contacto cuando el objeto de bit de control está en estado 1.
Contacto normalmente cerrado		LDN	Establece contacto cuando el objeto de bit de control está en estado 0.

Twido utiliza el siguiente formato para el direccionamiento de contactos (E/S):

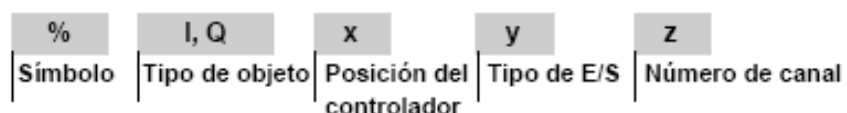


Fig.4.6. Formato para identificación de contactos



Tabla 4.2. Identificación del formato de E/S.

Grupo	Elemento	Valor	Descripción
Símbolo	%	-	El símbolo de porcentaje siempre precede a una dirección interna.
Tipo de objeto	I	-	Entrada. La "imagen lógica" del estado eléctrico de un controlador o entrada del módulo de E/S de ampliación.
	Q	-	Salida. La "imagen lógica" del estado eléctrico de un controlador o salida del módulo de E/S de ampliación.
Posición del controlador	x	0 1 - 7	Controlador master (master de conexión remota). Controlador remoto (slave de conexión remota).
Tipo de E/S	y	0 1 - 7	Unidad de E/S (E/S local del controlador). Módulos de ampliación de E/S.
Número de canal	z		Número de canal de E/S en el módulo de E/S de ampliación o el controlador. El número de puntos de E/S disponibles depende del modelo de controlador o del tipo de módulo de E/S de ampliación.

b) Bobinas

Los elementos gráficos de bobina se programan en el área de acción y ocupan una celda.

Tabla 4.3. Bobinas (Salidas)

Nombre	Elemento gráfico	Instrucción	Función
Bobina directa		ST	El objeto de bit asociado toma el valor del resultado del área de comprobación.
Bobina inversa		STN	El objeto de bit asociado toma el valor del resultado en negativo del área de comprobación.

El formato de direccionamiento de red es el indicado en la figura 4.8. para las salidas del controlador.

c) Bits de memoria interna.

Los bits internos son áreas de memoria interna utilizadas para almacenar valores intermedios durante la ejecución de un programa. Pueden representar contactos y bobinas. El módulo Twido utilizado para el proyecto contiene 256 localidades de memoria.

El formato de asignación es %Mi.

d) Bloque de función del temporizador (%TMi)

Existen tres tipos de bloques de función del temporizador:

- TON (temporizador de retraso durante el ajuste): este tipo de temporizador permite gestionar los retrasos durante el ajuste.
- TOF (temporizador de retraso durante el restablecimiento): este tipo de temporizador permite gestionar los retrasos durante el restablecimiento.
- TP (pulso de temporizador): utilice este tipo de temporizador para generar pulsos de duración determinada.

Parámetros:

El bloque de función del temporizador dispone de los parámetros enumerados a continuación.

Tabla 4.4. Parámetros de Temporizador

Parámetro	Etiqueta	Valor
Número de temporizador	%T _{Mi}	0 a 127
Tipo	TON	• Retraso durante el ajuste (ON Delay)
	TOF	• Retraso durante el restablecimiento (OFF Delay)
	TP	• Pulso (monoestable)
Base de tiempo	TB	1 min (predeterminado), 1 s, 100 ms, 10 ms, 1 ms
Valor actual	%T _{Mi} .V	Palabra que aumenta de 0 a %T _{Mi} .P cuando el temporizador está en funcionamiento. Se puede leer y comprobar, pero no se puede escribir desde el programa. %T _{Mi} .V se puede modificar utilizando el editor de tablas de animación.
Valor preestablecido	%T _{Mi} .P	0 - 9999. Palabra que se puede leer, comprobar y escribir desde el programa. El valor predeterminado es 9999. El período o retardo generado es igual a %T _{Mi} .P x TB.
Editor de tablas de animación	Y/N	Y: Sí, el valor preestablecido %T _{Mi} .P se puede modificar mediante el editor de tablas de animación. Número: No, el valor preestablecido %T _{Mi} .P no se puede modificar.
Entrada de validación (o de la instrucción)	IN	Inicia el temporizador en flanco ascendente (tipos TON o TP) o en flanco descendente (tipo TOF).
Salida del temporizador	Q	El bit asociado %T _{Mi} .Q se ajusta a 1 dependiendo de la función realizada: TON, TOF, o TP.

El bloque de función temporizador se presenta en la figura 4.8.

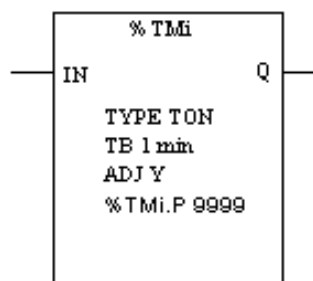


Fig.4.7. Bloque de función Temporizador

Los bits de bloque de función corresponden a las salidas de los bloques de función. Estas salidas pueden estar conectadas directamente o utilizarse como un objeto.

e) Bloque de función Contador Progresivo/Regresivo (%Ci)

El bloque de función del contador (%Ci) cuenta los eventos de forma progresiva y regresiva. Estas dos operaciones se pueden realizar simultáneamente.

Parámetros:

El bloque de función del contador tiene los siguientes parámetros:

Tabla.4.5. Parámetros de Contador

Parámetro	Etiqueta	Valor
Número de contador	%Ci	0 a 127
Valor actual	%Ci.V	La palabra se incrementa o reduce de acuerdo con las entradas (o instrucciones) CU y CD. Se puede leer y comprobar, pero no se puede escribir desde el programa. Si desea modificar %Ci.V, utilice el editor de datos.
Valor preestablecido	%Ci.P	0 □ %Ci.P □ 9999. La palabra se puede leer, comprobar y escribir (valor predeterminado: 9999).
Edición con el editor de tablas de animación	ADJ	Y: Sí, el valor preestablecido se puede modificar mediante el editor de tablas de animación. N: No, el valor preestablecido no se puede modificar mediante el editor de tablas de animación.
Restablecer entrada (o instrucción)	R	En estado 1: %Ci.V = 0.
Restablecer entrada (o instrucción)	S	En estado 1: %Ci.V = %Ci.P.
Conteo progresivo de la entrada (o instrucción)	CU	Incrementos %Ci.V en un flanco ascendente.
Conteo regresivo de la entrada (o instrucción)	CD	Disminuciones %Ci.V en un flanco ascendente.
Conteo regresivo de la salida de desborde	E (vacío)	El bit asociado %Ci.E = 1, cuando el contador regresivo %Ci.V cambia de 0 a 9999 (establecido en 1 cuando %Ci.V alcanza 9999 y en 0 si el contador continúa con el conteo regresivo).
Salida predeterminada alcanzada	D (hecho)	El bit asociado %Ci.D = 1, cuando %Ci.V = %Ci.P.
Conteo progresivo de la salida de desborde	F (llena)	El bit asociado %Ci.F = 1, cuando %Ci.V cambia de 9999 a 0 (ajustado a 1 cuando %Ci.V alcanza 0 y a 0 si el contador continúa con el conteo progresivo).

El bloque de función Contador Progresivo/Regresivo se presenta en la figura 4.9.

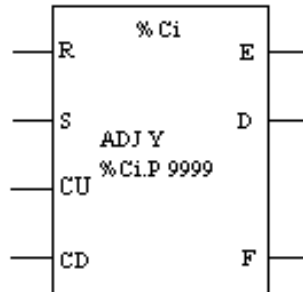


Fig.4.8. Bloque función Contador

f) Objetos de palabra.

Objetos de palabra enviados en forma de palabras de 16 bits almacenados en la memoria de datos y que pueden contener un valor entero entre -32768 y 32767 (excepto para el bloque de función de contador rápido, que está entre 0 y 65535).

Ejemplos de objetos de palabras:

- Valores inmediatos
- Palabras internas (%MWi) (palabras de memoria)
- Palabras constantes (%KWi)
- Palabras de intercambio de E/S (%IWi, %QWi)
- Palabras de sistema (%SWi)
- Bloques de función (datos de ejecución o configuración)

El contenido de las palabras o los valores se almacena en la memoria de usuario en código binario de 16 bits (complemento de dos) mediante la convención que aparece a continuación.

	F	E	D	C	B	A	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	Posición de bit
	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	1	Estado de bit
+	16384	8192	4096	2048	1024	512	256	128	64	32	16	8	4	2	1	Valor de bit	

Fig. 4.9. Uso de palabras de 16 bits

En la notación binaria con signo, el bit 15 se asigna por convención al signo del valor codificado:

- Si el bit 15 es 0: el contenido de la palabra es un valor positivo.
- Si el bit 15 es 1: el contenido de la palabra es un valor negativo (los valores negativos se expresan en lógica de complemento de dos).

Las palabras y los valores inmediatos se pueden introducir o recuperar en el siguiente formato:

Decimal:

Mín.: -32768. Máx: 32767 (por ejemplo, 1579)

Hexadecimal:

Mín.: 16#0000. Máx: 16#FFFF (por ejemplo, 16#A536)

g) Instrucciones de Comparación.

Las instrucciones de comparación se utilizan para comparar dos operandos. En la tabla siguiente se enumeran los diferentes tipos de instrucciones de comparación.

Tabla 4.6. Tipos de instrucciones de comparación

Instrucción	Función
>	Comprueba si el operando 1 es mayor que el operando 2.
>=	Comprueba si el operando 1 es mayor o igual que el operando 2.
<	Comprueba si el operando 1 es menor que el operando 2.
<=	Comprueba si el operando 1 es menor o igual que el operando 2.
=	Comprueba si el operando 1 es igual que el operando 2.
<>	Comprueba si el operando 1 es distinto que el operando 2.

El resultado es 1 cuando el resultado de la comparación solicitada es Verdadero. Se puede utilizar como operando palabras, palabras doble y flotantes.

En el ejemplo siguiente, la función compara entre el valor de la marca "10" y la constante 100, si %MW10 es mayor que 100, la salida %Q0.3 se activa.

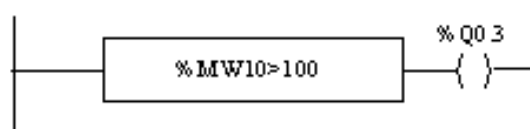


Fig. 4.10. Ejemplo de la función Comparador.

h) Instrucciones de Asignación.

Las instrucciones de asignación se utilizan para cargar el valor del operando Op2 en el operando Op1.

Pueden realizarse operaciones de asignación en:

- Cadenas de bits
- Palabras
- Palabras dobles

- Flotantes
- Tablas de palabras
- Tablas de palabras dobles
- Tablas de flotantes

La sintaxis de las instrucciones de asignación puede ser:

Op1:=Op2 Asigna el valor del Operador 2 al Operador 1.

Op1->Op2 Asigna el valor del Operador 1 al Operador 2.

La figura 4.12 presenta dos ejemplos de asignación. En el primer bloque, cuando se activa la marca %M25, se asigna el valor de la palabra %MW2 a la palabra %MW9; en el segundo bloque, cuando se activa la marca %M26, el resultado de dividir el valor de la marca %MW51 para dos, es asignado a la marca %MW9.

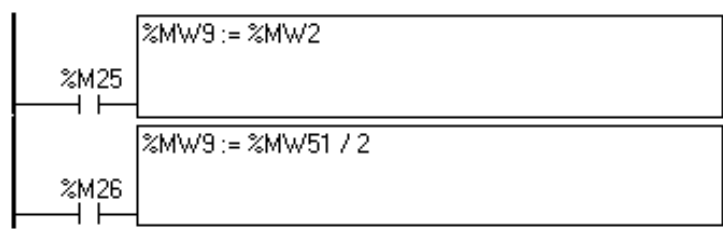


Fig.4.11. Ejemplos de instrucción de asignación

4.1.4.2. Lista de programa.

Una vez analizado el funcionamiento del PLC Twido y TwidoSoft el siguiente paso para la programación del sistema es asignar las Entradas y Salidas del PLC y sus módulos de acuerdo a los requerimientos del sistema, así se elaboró las siguientes asignaciones:

Tabla 4.7. Asignación de I/O del sistema

Dirección	Símbolo	Comentario
%I0.0.0	RLTN_STOP	Pone al pie en modo run
%I0.0.1	ON MESA	Activado la mesa trabaja
%I0.0.10	FIN_CARRERA_FRENO_MUELLE_ABIERTO	Indica que el freno del muelle esta en posición abierto
%I0.0.11	FIN_CARRERA_FRENO_MUELLE^CERRADO	Indica que el freno del muelle esta en posición cerrado (frenado)
%I0.0.2	APAGADO_MAQUINA	Apaga la maquina pone al PLC en modo stop
%I0.0.3	LLAMADO_MUELLE_ARRIBA	Indica que el muelle debe subir
%I0.0.4	LLAMADO_MUELLE_ABAJO	Indica que el muelle debe bajar
%I0.0.5	LLAMADO_MESA_AVANCE	Indica que la mesa debe ir en dirección avance
%I0.0.6	LLAMADO_MESA_RETORNO	Indica que la mesa debe ir en dirección retorno
%I0.0.7	LLAMA_PORTA_CUCHILLAS_H	Pide movimiento de avance a los porta cuchillas horizontales, la dirección real se determina mecánica mente por la posición de la palanca de dirección
%I0.0.8	FIN_CARR_MUELLE_PC_VERT	Indica que el fin de carrera del muelle hacia abajo a sido alcanzado, o el porta cuchillas vertical a subido demasiado
%I0.0.9	FIN_CARRERA_MUELLE_ARRIBA	Indica que el fin de carrera del muelle hacia arriba a sido alcanzado
%I0.2.0	FALLA_MESA	Indica que existe una falla en el sistema de la mesa
%I0.2.1	FALLA_GENERADOR	Indica que existe una falla en el equipo generador
%I0.2.10	STOP_TRABAJO	Detiene el trabajo de la maquina
%I0.2.11	SOBRECORN_MOT_FRENO_MUELLE	Evita que el motor del freno del muelle trabaje en caso de daño o sobreesfuerzo
%I0.2.12	SOBRECORN_PRTCUCHELL_V	Evita que el motor de el portacuchillas vertical trabaje en caso de daño o sobre esfuerzo
%I0.2.13	SOBRECORN_PRTCUHLL_H	Evita que el motor de los portacuchillas horizontales trabaje en caso de daño o sobre esfuerzo
%I0.2.14	FIN_CARR_EMERGEN_MESA	Si la mesa no se detiene al llegar a alguno de sus finales de carrera, este fin de carrera mecánico desactiva la mesa
%I0.2.15	GENERADOR_ON_K	Mantiene al generador encendido en forma constante siempre y cuando el PLC este en modo run
%I0.2.16	SOBRECORN_MUELLE	Evita que el motor de el muelle trabaje en caso de daño o sobreesfuerzo
%I0.2.17	ON_OFF_PORTA_HERRAMIENTAS	Cada vez que se cierre este contacto se ejecuta la acción de encender el porta herramientas o apagarlo si esta encendido
%I0.2.18	SOBRE_CORR_VENT	Determinar el valor de un dato de entrada a una palabra de alarma.

%I0.2.19	SOBRE_CORR_CAMP_GEN	Determinar el valor de un dato de entrada a una palabra de alarmas
%I0.2.2	FALLA_BOMBA_ACEITE	Indica que existe una falla en la bomba de lubricación de la mesa
%I0.2.20	SOBRE_CORR_CAMP_MOT	Determinar el valor de un dato de entrada a una palabra de alarmas
%I0.2.22	INI_MESA_RET	Inicia la mesa en dirección de retroceso
%I0.2.25	LLAMA_PORTCUCH_V	Da la señal para que avance el portacuchillas vertical la dirección real se determina mecánicamente por la posición de la palanca de dirección
%I0.2.26	FIN_CAR_HEMBRG_H	Normalmente cerrado indica que el embrague horizontal esta apagado
%I0.2.27	FIN_CAR_HEMBRG_V	Normalmente cerrado indica que el embrague vertical esta apagado
%I0.2.28	CAUDAL_ACEITE	Indica si la presión del aceite es normal
%I0.2.3	FIN_CARR_PORTACUCHILLA_H_DERECHA	El porta cuchillas horizontal derecho a llegado al fin de carrera derecho
%I0.2.4	FIN_CARR_PORTACUCHILLA_H_CENTRO	Los porta cuchillas horizontales ha llegado al fin de carrera central
%I0.2.5	FIN_CARR_PORTACUCHILLA_H_IZQUIER	El porta cuchillas horizontal izquierdo a llegado al fin de carrera izquierdo
%I0.2.6	PASO_P_C_H	Ejecuta un paso en el porta cuchilla horizontal
%I0.2.8	FIN_CARR_PORTACUCHILLA_V_ABAJO	El porta cuchilla vertical a alcanzado el fin de carrera inferior
%I0.2.9	INI_MESA_AVANCE	Cuando se activa inicia la mesa en avance
%IW0.1.0	POCI_FIN_CARR_AVA	Indica la posición del final de carrera de la mesa de avance
%IW0.1.1	POCI_FIN_CARR_RET	Indica la posición del final de carrera de la mesa en dirección de retorno
%Q0.0.2	ON_EQUIP_GEN	Enciende el equipo generador
%Q0.0.3	ON_BMBA_ACEITE	Conecta la bomba de aceite de lubricación de la mesa
%Q0.0.4	ON_CAMP_GEN	Conecta el campo de el generador el valor de el mismo depende de Q1.0
%Q0.0.5	ON_MOT_MUELLE_SUBIDA	Conecta el motor de el muelle en dirección de subida
%Q0.0.6	ON_MOT_MUELL_BAJADA	Conecta el motor de el muelle en dirección de bajada
%Q0.0.7	ON_MOT_FREN_MUELL_CERRADO	Conecta el motor de el freno de el muelle en dirección de cierre del freno
%Q0.3.0	ON_MOT_FREN_MUELL_ABIERTO	Conecta el motor de el freno de el muelle en dirección de apertura de freno
%Q0.3.1	ON_MOT_PRTCUCHLL_H_AVANCE	Conecta el motor de los porta cuchillas horizontales en dirección de avance
%Q0.3.10	VEL_ABANCE	Conecta el transformador en velocidad de avance
%Q0.3.11	VEL_RET	Comentario
%Q0.3.12	ON_LUZ_ADVERTENCIA	Enciende la luz de advertencia de alarma
%Q0.3.2	ON_PRTCUCHLL_H_RETROCESO	Conecta el motor de los portacuchillas horizontales en dirección de retorno
%Q0.3.3	CAMP_MOT_MESA_AVANCE	Conecta el campo de el motor de la mesa en dirección de avance
%Q0.3.4	CAMP_MOT_MESA_RETORNO	Conecta el campo de el motor de la mesa en dirección de retorno

%Q0.3.5	ON_MOT_POTCUCHLL_V_AVANCE	Conecta el motor de el portacuchillas vertical en dirección de avance
%Q0.3.6	ON_MOT_PRTCUCHELL_V_RETORNO	Conecta el motor de el portacuchillas vertical en dirección de retorno
%Q0.3.7	VEL_LLAMADO	Conecta el transformador en velocidad de llamado
%Q0.3.8	ON_HEMBRAGE_H	Enciende el embrague horizontal
%Q0.3.9	ON_HEMBRAGE_V	Enciende el embrague del porta herramienta vertical

Para el listado del programa se ha utilizado la opción de visualización dirección, símbolo de 3 líneas y cabeceras, con el fin de observar la simbología ladder, la dirección del contacto, su asignación y una breve explicación de cada grupo de instrucciones en las cabeceras.

El listado del programa se puede observar en el anexo 2.

4.1.5. Programación de la interfase XBT – N 200(2)

XBT-L1000 V4.20 Light es el software que viene incluido con la pantalla **XBT-N200(2)**, aunque en su versión completa este software es capaz de manejar un entorno gráfico, la versión Light es suficiente para esta pantalla que solo maneja caracteres alfanuméricos.

Una aplicación XBT-L1000 define las pantallas de diálogo operador que proporcionan una interfaz Hombre-máquina asequible para supervisar y modificar los valores de programas PLC. De este modo, el usuario de un procedimiento automatizado puede acceder a las informaciones vinculadas con una función en una sola pantalla o página, con textos o gráficos que describen en lenguaje claro los valores supervisados. También puede modificarlos con una sola tecla del terminal, o utilizar una tecla función programada para intervenir eficazmente (comandar el procedimiento, vigilar otros valores, volver a un contexto nominal, etc.)

La aplicación vincula las páginas entre sí, permitiendo un acceso rápido a otras informaciones, por ejemplo, a las funciones de diagnóstico. Una aplicación

puede utilizar los vínculos entre las páginas para ir directamente a la información necesaria o para facilitar la ejecución de las tareas de explotación.

La aplicación también puede definir las páginas alarmas, es decir, las pantallas visualizadas automáticamente cuando se alcanzan determinadas condiciones. Así, una aplicación XBT-L1000 puede informar al usuario sobre las condiciones no nominales de forma automática y brindarle las informaciones necesarias para intervenir con conocimiento de causa.

Una aplicación XBT-L1000 consiste en un conjunto de páginas que se muestran en el terminal XBT-nxxxx. La visualización de una página en el terminal XBT-nxxxx es realizada por programa en el autómata o pulsando las teclas del terminal XBT-nxxxx por el operador. Las páginas contienen los textos y los campos o los valores visualizados (bits, palabras, cadenas de caracteres, etc.). Estos valores son actualizados constantemente por el terminal.

Las páginas son de 3 tipos: las páginas aplicación, que definen las funciones corrientes de diálogo usuario, las páginas alarma, que se visualizan automáticamente, en función de los valores de los objetos autómatas, y las páginas sistemas.

XBT-L1000 visualiza la estructura, o la arborescencia, de la aplicación en la ventana arborescencia. Esta ventana permite igualmente seleccionar la página en el editor. Todas las líneas de una página pueden tener dos vínculos con otras páginas (vínculos de navegación), que permiten al usuario visualizar la nueva página pulsando la tecla DIRECCIÓN en la terminal XBT-nxxxx. Estas páginas, a su vez, pueden tener vínculos con otras páginas, estos vínculos que se crean entre las páginas determinan la estructura de la aplicación.

El programa de la interfase XBT –N 2000 (2) se ha creado con el software de programación XBT –L1000 V.4.20, en el cual se puede visualizar la barra de título con el nombre de la aplicación en curso. Dispone de una barra de estado

que proporciona informaciones útiles sobre su aplicación, incluyendo la memoria utilizada y las referencias del terminal seleccionado para la aplicación.

La opción Archivo le ofrece comandos para manipular sus aplicaciones (crear, abrir, guardar, imprimir,...).

La opción Ventana le ofrece comandos para organizar las ventanas de las aplicaciones abiertas.

La opción Transferencias permite transferir las aplicaciones entre el PC y el terminal XBT.

Los vínculos describen la estructura de la aplicación XBT y vinculan las páginas de aplicación entre sí y una página de aplicación a una página de sistema, la ventana de arborescencia permite visualizar la estructura de la aplicación.

Hay dos tipos de vínculos: los vínculos izquierdos y los vínculos derechos, que corresponden a las teclas de dirección izquierda y derecha del terminal XBT. Los vínculos están representados en la página aplicación por medio de las flechas (<- y ->) o (<-x y x ->). Una línea comprende como máximo un vínculo a la izquierda y un vínculo a la derecha.

En la figura 4.12 se observa la programación de cinco vínculos en pantalla representados por flechas en fondo verde, y la programación del vínculo L3, cuya designación es MESA, y permite acceder a dicha página al presionar la flecha hacia la izquierda en el teclado de la pantalla LDC, ya que la acción asociada a la misma es "Acceso a página de aplicación".

El texto en cada una de las pantallas se puede introducir libremente durante la programación con un máximo de 20 caracteres en 3 líneas.

La pantalla admite la programación de campos alfanuméricos, los cuales permiten leer y escribir datos, que pueden ser compartidos con el PLC, en la siguiente figura se presenta la programación de la pantalla de alarmas la cual

dispone de campos alfanuméricos (rectángulos celestes), programados para indicar el estado de las variables de alarma del PLC.

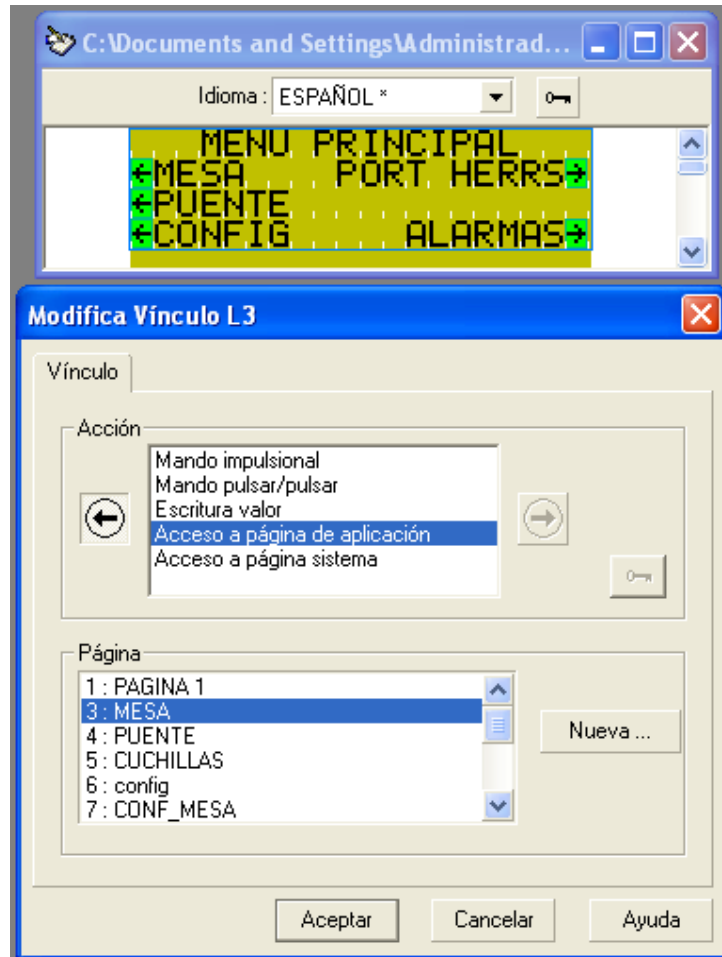


Fig. 4.12. Programación de vínculos

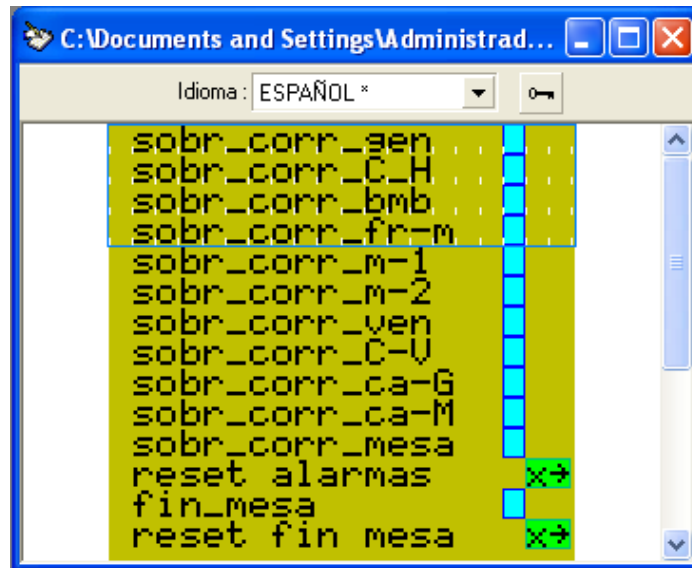


Fig.4.13. Programación de campos alfanuméricos

La programación de los campos alfanuméricos se la realiza en ventanas individuales, a continuación se presenta la programación del campo “sobr_corr_gen”, que indica cuando se ha producido una sobre corriente en el generador a través del estado del BIT cero de la palabra %MW60:X0 del PLC, cuyo estado es monitoreado por la pantalla permanentemente.

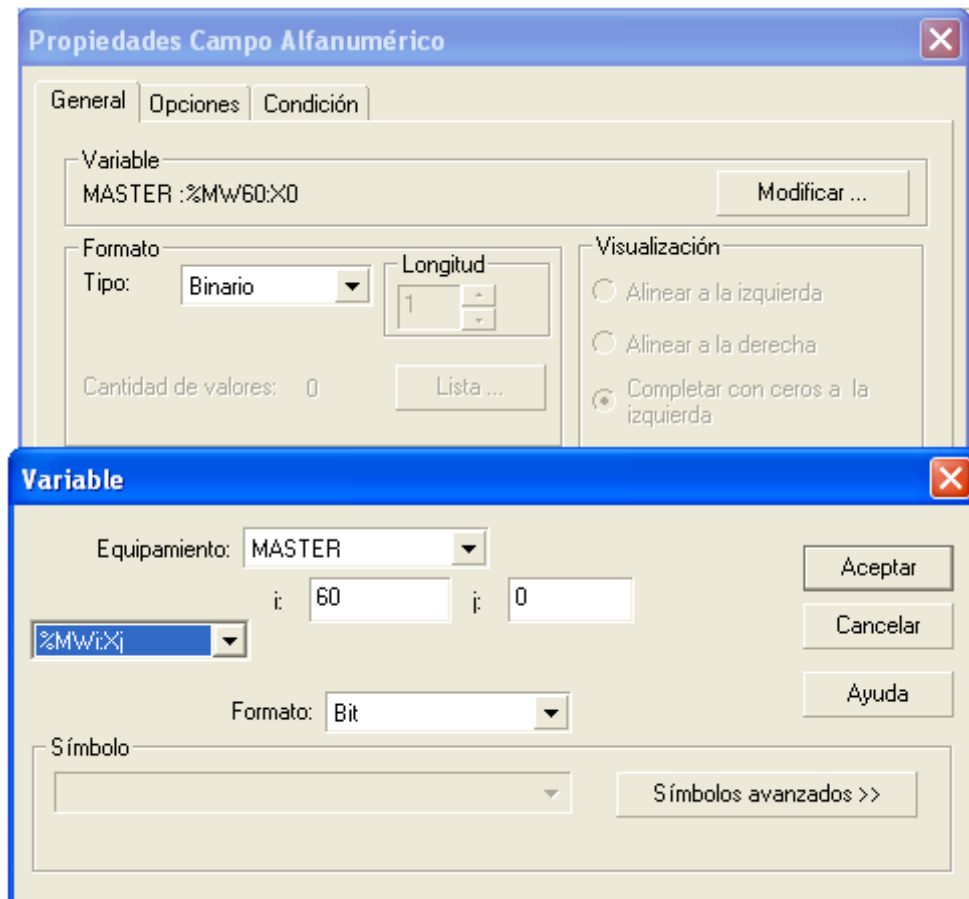


Fig.4.14. Pantallas de programación de caracteres alfanuméricos

Para el campo “sobr_corr_gen” se han programado los siguientes campos:

Variable: MASTER: %MW60:X0, toma el valor de este argumento del PLC y lo presenta en su campo.

Tipo: Binario, presenta un “0” si no hay alarma y un “1” si hay alarma.

Longitud: 1, es la longitud del campo en este caso un carácter.

Equipamiento: Master, indica que se tomará el dato desde el PLC.

i:60 j:0 Es la posición x, y en la que se encuentra el campo.

La ventana de arborescencia permite ir fácilmente a una página. Basta con seleccionar la página deseada para que se visualice inmediatamente en el editor de página.

La barra de herramientas de la ventana permite escoger dentro de una lista el tipo de página editada e indica el número de páginas de este tipo. También indica un rebasamiento de límites, más allá de los cuales es posible que la aplicación deje de funcionar correctamente en el terminal. Este rebasamiento se visualiza a condición de que se cumpla una de las siguientes condiciones:

- Un número demasiado importante de variables en una página y su modelo asociado.
- Un número demasiado importante de objetos estáticos en el contexto de una página y su modelo asociado.
- Un tamaño de memoria demasiado importante ocupado por las imágenes en una página y su modelo asociado.

Los diferentes tipos posibles y su representación en la ventana de arborescencia son los siguientes:

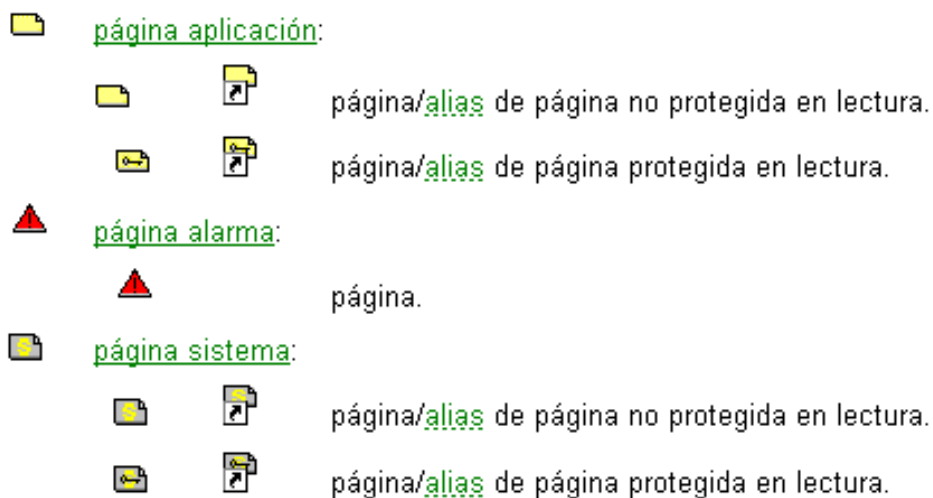


Fig.4.15. Tipos de páginas de arborescencia

Si se pulsa la tecla “F2” se puede cambiar el nombre de una página pasando a edición sobre el nombre de la página seleccionada.

La arborescencia de páginas programada es la siguiente:

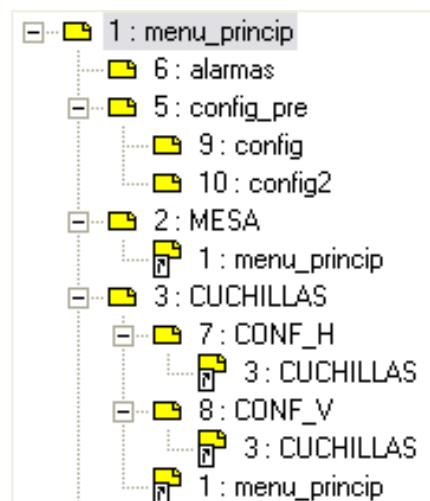
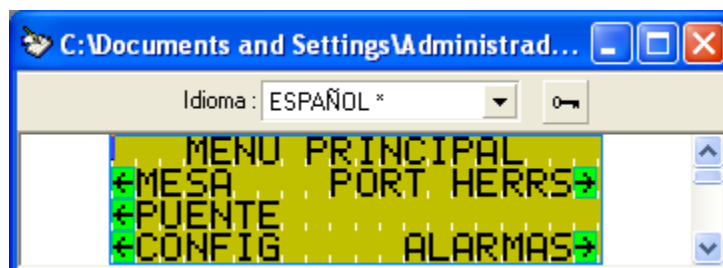
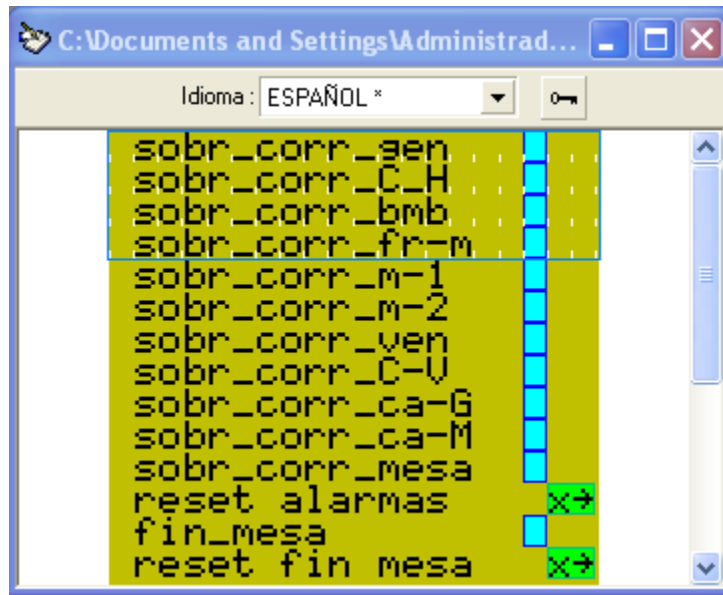


Fig.4.16. Arborescencia del programa de pantalla para el control del cepillo mecánico

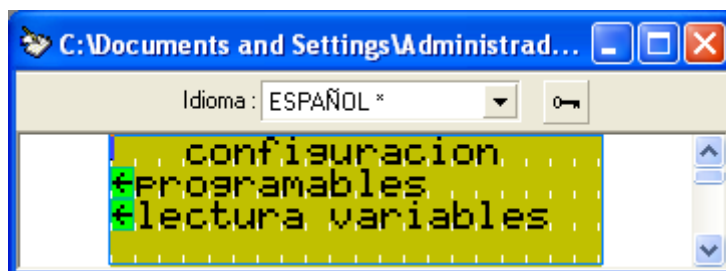
Las pantallas programadas para el sistema HMI del cepillo mecánico se enlistan a continuación:



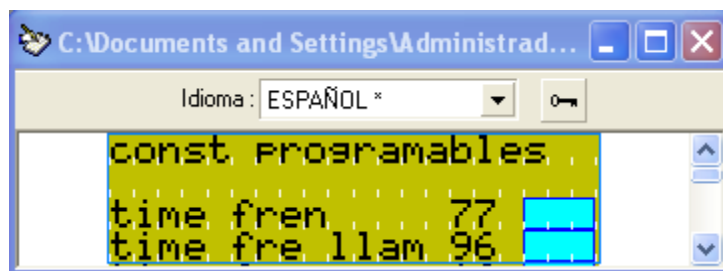
a) Menú principal



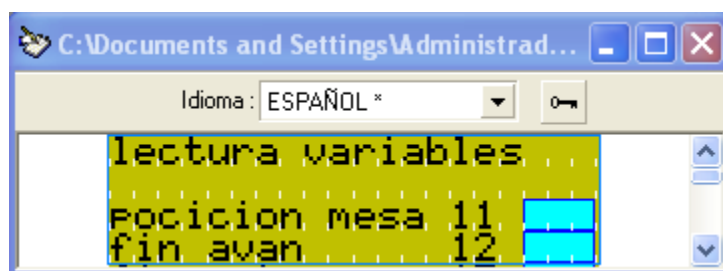
b) Alarmas



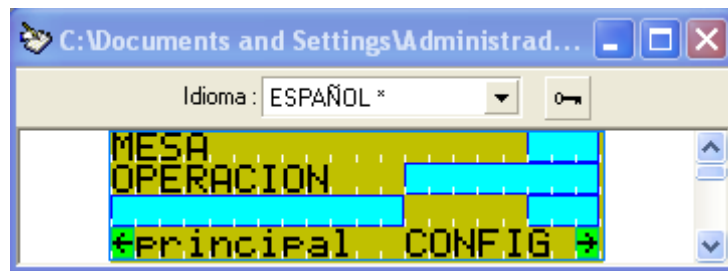
c) Configuración



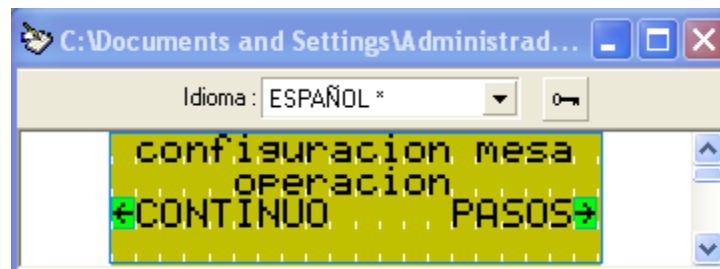
d) Constantes programables



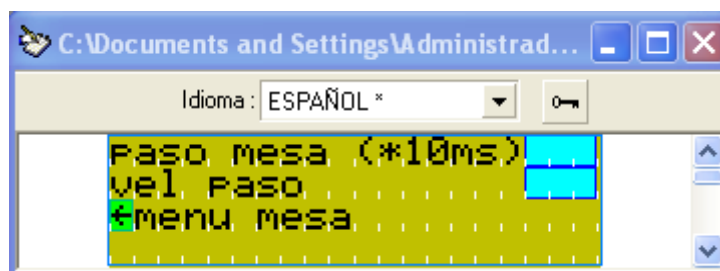
e) Lectura de variables



f) Operación de mesa



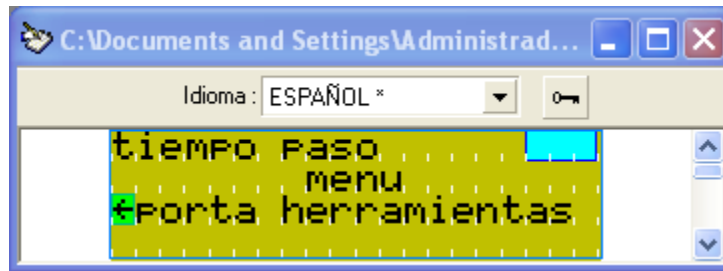
g) Configuración de la mesa



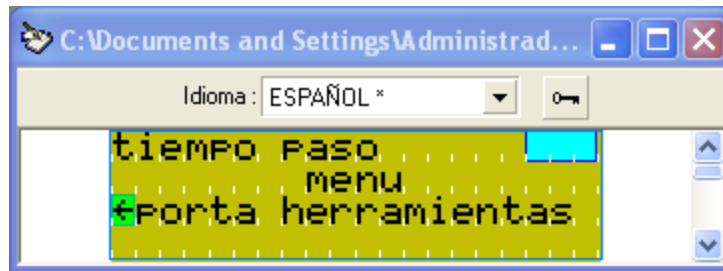
h) Configuración de la mesa en pasos



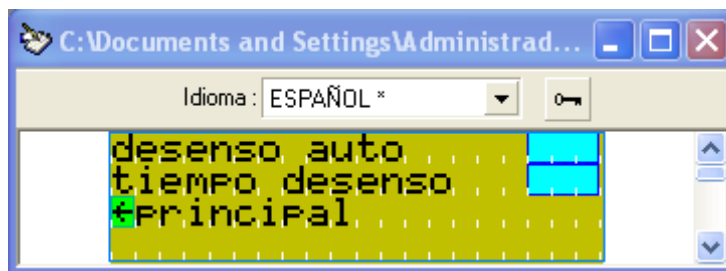
i) Programación porta cuchillas menú principal



j) Configuración horizontal



k) Configuración vertical



l) Configuración del puente

Fig.4.17. Pantallas de programación de la interfase HMI.

CAPITULO 5

ANALISIS DE RESPUESTA DEL SISTEMA

5.1. AJUSTES FINALES DEL SISTEMA BAJO CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO.

Una vez que se ha implementado todo el sistema, se han instalado los dispositivos de los circuitos de control y potencia, se procedió a realizar los ajustes necesarios al programa del PLC de acuerdo al comportamiento de los sistemas mecánicos y eléctricos del cepillo mecánico, para lo cual se realizaron las siguientes actividades:

5.1.1. Arranque del motor trifásico.

El motor trifásico de 60KW que entrega la energía mecánica necesaria para el funcionamiento del generador requiere de un arranque estrella triángulo, debido a su tamaño y a la carga con la que debe arrancar.

Durante las pruebas iniciales se pudo comprobar que el tiempo mínimo de arranque en estrella es de 18 segundos, pero cuando otros equipos están trabajando se requiere de 25 segundos, pues con tiempos inferiores se producen caídas significativas de voltaje en la red general de la empresa, lo cual no es deseable y puede producir fallas en el funcionamiento del cepillo y de otras máquinas.

5.1.2. Frenado e inversión de giro del motor de CD.

Durante las pruebas el motor de CD y el generador, se comprobó que el sistema se encuentra en buen estado y que las características de arranque, frenado e inversión de giro del motor de CD controlado por el generador, son mejores que las del motor trifásico. Ya que se utiliza la inversión de giro como método de

frenado lo que hace mas rápidos los cambios de sentido a pesar de la inercia que produce el sistema

5.1.3. Capacitación a los Operarios de la máquina.

Durante las pruebas realizadas al sistema siempre fue necesaria la intervención de los operarios de la máquina, ya que ellos conocen el funcionamiento de la misma y cómo debe comportarse en cada situación, La información presentada por los operarios fue la base de información para el levantamiento del proceso y posterior programación del PLC. El nuevo sistema de control en su etapa de implantación se utilizó como escuela de entrenamiento práctico del personal de operarios, durante este proceso se aportaron ideas y opiniones sobre una operación mas eficiente, muchas de estas ideas después de analizar su factibilidad fueron puestas en practica, esta forma de trabajo apporto para una mejor comprensión sobre la operación de la maquina herramienta *M3μP* aclararon conceptos de ergonomía y de el proceso de simbiosis hombre maquina.

El nivel de conocimientos de los operarios para el manejo de nuevas tecnologías es limitado. Inicialmente se programó el panel de control para que todas las funciones automáticas de la máquina sean establecidas desde este, pero para la generalidad de operarios presentaron dificultad al aprendizaje del nuevo entorno, de tecnología superior.

Para solucionar este echo, se optó por incluir controles convencionales en el panel frontal del tablero, como los interruptores de encendido, controles de los levanta cuchillas y el control de velocidad, dejando las funciones de uso poco frecuente para ser controladas desde la interfase.

Para que los operarios dispongan de un manual permanente de la máquina y el automatismo, se ha elaborado un “Manual del Usuario”, el mismo que se presenta en el Anexo 1.

- El manual se compone de:
- Partes y funciones de la maquina herramienta *M3μP*
- Procedimientos de operación.
- La forma de definición de los parámetros programables por el usuario
- La gestión de alarmas.
- La resolución de problemas

5.2. ANALISIS DE RESULTADOS.

- Desde el punto de vista de la Empresa “Montajes Industriales Vásquez”, con la automatización de la máquina herramienta *M3μP* de origen Ruso han conseguido lo siguiente:
 - El tiempo necesario para la elaboración y rectificación de las piezas se ha reducido, debido a que en la actualidad la máquina opera con todas sus funciones automáticas originales y algunas agregadas, por lo que el proceso es mucho más rápido que cuando inicio a operar la máquina en el país.
 - El arranque del motor trifásico de la máquina ya no produce caídas de tensión considerables, es suave no provoca fallas en la operación de la misma.
 - El funcionamiento de la máquina tiene menor dependencia de los operadores.
 - Los operadores no requieren una gran habilidad práctica para obtener terminados de calidad en las piezas.

- Los costos por falla de cuchillas y los tiempos de paro de trabajo se han reducido de forma considerable.
- Los elementos eléctricos y electrónicos que posee la máquina en la actualidad son de fácil adquisición en el mercado y su costo es bajo, en relación los elementos constitutivos del tablero original, que no existen en el mercado nacional.

5.3. COSTO - BENEFICIO DEL SISTEMA.

Para una máquina de las características del cepillo mecánico *M3μP*, el costo del automatismo, que fue de aproximadamente \$ 2500.00 dólares, representa muy poco en relación a los beneficios alcanzados por la empresa con la operación al 100% del cepillo mecánico.

- Los tiempos utilizados para la rectificación se redujeron,
- Los operadores necesitan menor concentración para el manejo del equipo,
- El ahorro de energía
- El incremento de la capacidad de trabajo posible

La inversión realizada se justifica plenamente ante los beneficios operativos incrementados en la máquina.

CAPITULO 6

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES.

En la realización de este proyecto ha permitido llegar a las siguientes conclusiones:

- El sistema de control original de la maquina herramienta *M3LP* en su configuración original es obsoleto y de difícil mantenimiento.
- La mejor opción al momento de automatizar una máquina es utilizar equipos y componentes que sean de fácil adquisición en el mercado local, que faciliten la reparación y reemplazo, en caso de ser necesario; de esta forma los costos de mantenimiento serán bajos y el tiempo requerido para la adquisición de repuestos y la reparación serán mínimos.
- Repotenciar o actualizar maquinaria es una excelente alternativa de bajo costo para mejorar el nivel tecnológico de una empresa y elevar su productividad.
- Se ha conseguido una ventaja considerable al utilizar el PLC y la interfase Magelis como sistema de control del proceso, ya que con pequeños cambios en la programación se puede conseguir que la máquina opere de diferentes formas.

- El PLC y la interfase LCD Magelis requirieron de la programación lógica necesaria para el manejo de entradas digitales y analógicas, salidas digitales y comunicación entre el PLC y la interfase LCD Magelis, esto redujo significativamente el uso de elementos electromecánicos y de cableado en el tablero de control.
- La utilización de réles auxiliares en las salidas digitales del PLC permite proteger al PLC de fallas en el sistema. También se comprobó durante las pruebas de ensayo que resulta más fácil retirar un relé auxiliar de su zócalo para bloquear una señal temporalmente, que realizar cambios en el programa con el mismo objetivo.
- La implementación de este sistema me ha permitido poner en práctica los conocimientos adquiridos a lo largo de mi carrera estudiantil, así como desarrollar nuevas competencias en el campo de la mecánica y de las máquinas herramientas.
- Tanto la empresa como los operadores del cepillo mecánico obtuvieron beneficios en la implementación de este sistema ya que les permitirá optimizar los tiempos de operación de la máquina, reducir costos de producción y mejorar la calidad de los productos elaborados.
- En la automatización industrial una variable de consideración es el impacto tecnológico sobre el personal, pues demanda cambio cultural y tiempo de adiestramiento.
- Durante el tiempo de adiestramiento fue necesaria mi presencia para solventar algunos problemas, mas cuando los operarios se familiarizaron con el nuevo sistema mi asesoría ya no fue requerida

6.2. RECOMENDACIONES.

- La lógica en la relación hombre máquina es extremadamente sensible, más aún si depende de la cultura de cada persona, misma que debe llevarse en cuenta con el objeto de generar ergonomía y seguridad en los operadores y por ende condiciones óptimas de trabajo, si bien estos conocimientos pueden adquirirse con experiencia, deberían ser tomados en cuenta por la universidad con el objeto de ofrecer una guía académica de aprendizaje.
- Se debe proveer a la empresa de copias de respaldo de los programas del PLC y la pantalla LCD, pues en caso de presentarse algún problema con estos equipos, la empresa debe estar en capacidad de reprogramarlos y/o reemplazarlos en el menor tiempo posible.
- Para la realización de una automatización, es conveniente realizar un levantamiento al detalle del proceso de funcionamiento de la maquinaria, tanto en su parte mecánica, eléctrica, electrónica y la cultura tecnológica de los operadores, de esta manera obtendrá el suficiente criterio para diseñar un funcionamiento óptimo, establecer los sistemas de control adecuados y podrá proveer de la información necesaria a los operadores, y de esta forma se pueden evitar cambios en el desarrollo de la actualización con sus consecuentes desperdicios de tiempo y recursos .
- Hacer lo mas sencillo posible el sistema implementado, para reducir el impacto tecnológico en los operarios.

- Utilizar elementos de fácil adquisición es la mejor alternativa en el momento de diseñar y construir un sistema de control.
- Desarrollar sistemas con elementos flexibles como PLC's. El uso de software permite tener una estructura básica fácilmente moldeable y adaptable a la evolución de las necesidades de la empresa.

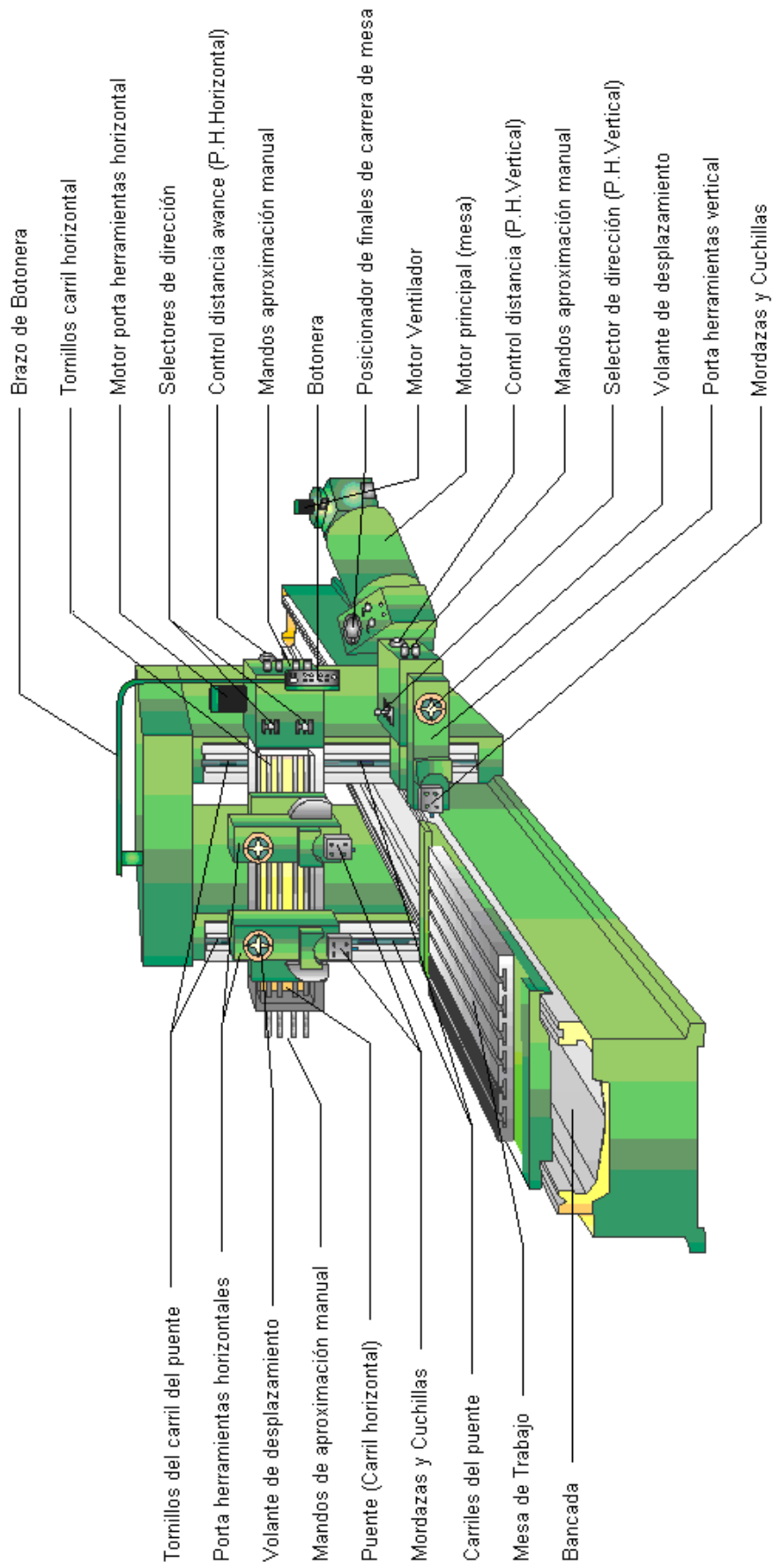
Anexo1

Cepillo mecánico *M3μP*

MANUAL DE OPERACIÓN

1. PARTES DEL CEPILLO MECANICO.

2. EL TABLERO DE CONTROL



Cepillo Mecánico M3μP

ALARMA

1



GENERADOR

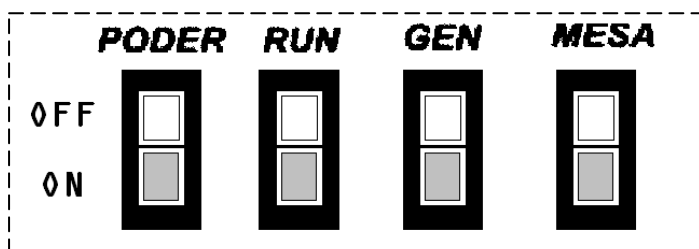
2



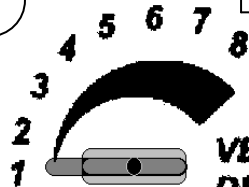
3



4

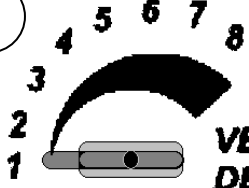


5



VELOCIDAD DE CORTE

6



VELOCIDAD DE RETORNO

LEVANTA CUCHILLAS



8

OFF

DUO

HORIZONTAL

VERTICAL

(1) ALARMA. Luz roja indicadora de que se ha suspendido el trabajo por la presencia de un código de error.

(2) GENERADOR. Luz verde, indica que el generador está listo para trabajar.

(3) INTERFASE LCD. Pantalla de configuración para la mesa, puente y porta herramientas, permite visualizar alarmas y configurar variables que determinan la forma de trabajo de la máquina.

(4) BOTONES DE ACTIVACION – DESACTIVACION. Permiten realizar los siguientes comandos:

- **POWER.** Botón para energizar la máquina.
- **RUN.** Pone la máquina en Operable.
- **GEN.** Botón de Encendido/Apagado del generador.
- **MESA.** Botón para activar las funciones de control de la mesa.

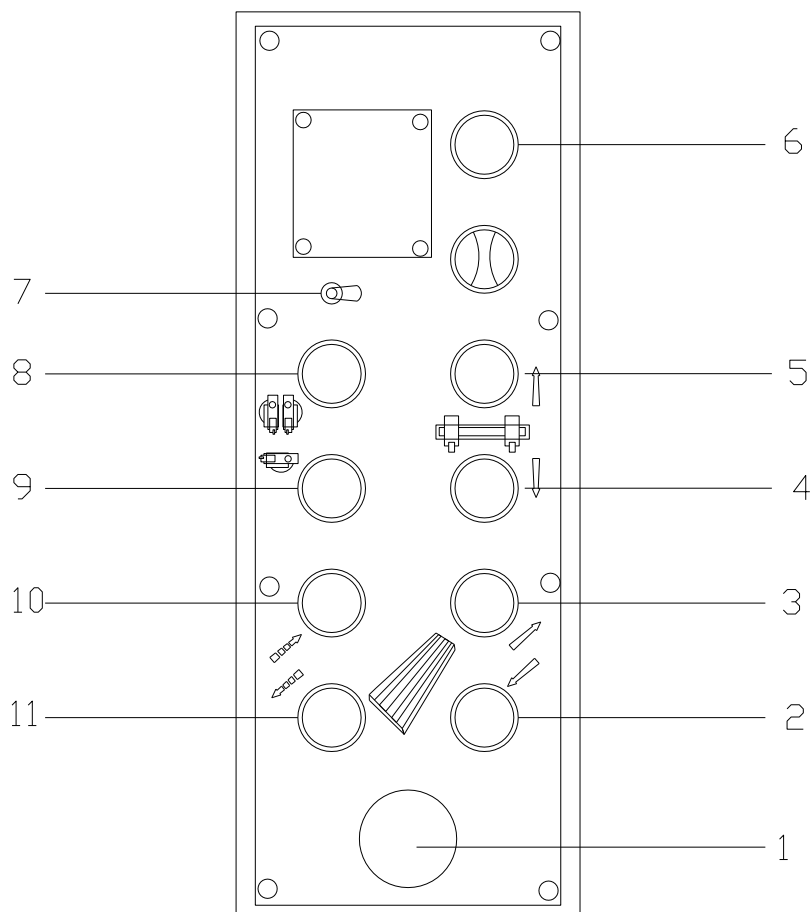
(5) VELOCIDAD DE CORTE. Control de la velocidad de corte de la mesa.

(6) VELOCIDAD DE RETORNO. Control de la velocidad de retorno de la mesa.

(7) LEVANTA CUCHILLAS HORIZONTAL. Habilita el funcionamiento de los levanta cuchillas horizontales, el izquierdo, el derecho, los dos a la vez o ninguno,

(8) LEVANTA CUCHILLAS VERTICAL. Habilita el funcionamiento del levanta cuchillas vertical.

3. LA BOTONERA.



(1) PARO GENERAL. Finaliza el trabajo de la mesa.

(2) BOTON DE INICIO DE TRABAJO EN MODO RETORNO. Inicia el movimiento de la mesa en sentido de retorno.

(3) BOTON DE INICIO DE TRABAJO EN MODO CORTE. Inicia el movimiento de la mesa en sentido de corte.

(4) MOVIMIENTO DEL PUENTE ABAJO. Produce el desplazamiento de todo el puente hacia abajo

(5) MOVIMIENTO DEL PUENTE ARRIBA. Produce el desplazamiento de todo el puente hacia arriba

(6) PASO DE ACERCAMIENTO. Acciona el portaherramientas horizontal en pasos.

(7) CONTROL ELECTRONICO DE PORTAHERRAMIENTAS HORIZONTAL. Permite el funcionamiento del motor que controla el portaherramientas horizontal.

(8) MOVER PORTAHERRAMIENTAS HORIZONTAL. Mueve el portaherramientas horizontal de acuerdo al sentido seleccionado en las palancas de dirección.

(9) MOVER PORTAHERRAMIENTAS VERTICAL. Mueve el portaherramientas vertical de acuerdo al sentido seleccionado en las palancas de dirección.

(10-11) BOTONES DE LLAMADO DE LA MESA. Permiten el movimiento manual de la mesa en los dos sentidos.

4. PROCEDIMIENTOS DE OPERACIÓN.

El Cepillo Mecánico *M3MP*, como toda máquina herramienta requiere de pasos lógicos para su operación, los mismos que a continuación se detallan:

1. Sitúe la pieza de trabajo en la mesa.
2. Energice la máquina con el botón POWER del panel de control y presione RUN para iniciar el sistema de control automático.
3. Oriente los portaherramientas a la posición deseada utilizando la botonera y los botones MOVER PORTAHERRAMIENTAS.
4. Seleccione en el tablero de control el portaherramientas con el que va a trabajar.
5. Encienda los botones de MESA y GENERADOR para habilitar el funcionamiento continuo de la mesa.
6. Para el centrado con ajustes finos, realizarlo en forma manual con los ajustes propios de la máquina.
7. Mediante los BOTONES DE LLAMADO de la botonera realizar pasadas suaves para controlar la linealidad del material de trabajo.
8. Una vez centrado el material seleccione la velocidad de trabajo y retorno requeridos de acuerdo al material de trabajo.
9. Centre los finales de carrera de acuerdo al tamaño del material.

10. Presione uno de los botones de inicio de trabajo de acuerdo a la dirección en que desea se inicie el trabajo.

Una vez finalizado el trabajo, realice los siguientes pasos para detener el funcionamiento de la máquina herramienta:

1. Presione el botón STOP de la botonera para que la mesa se detenga.
2. Apague la mesa y el generador con los botones MESA y GEN del tablero de control.
3. Presione el botón STOP del panel de control para poner en valores iniciales al sistema de control (PLC), antes del apagado total.
4. Desenergice el tablero presionando POWER OFF, del panel de control.

5. CONFIGURACION DE LA PANTALLA (INTERFASE HMI).

La pantalla permite realizar cambios en el modo de operación de la máquina.

¡Advertencia!:

Los valores de trabajo programados en el PLC a través de la pantalla han sido inicialmente programados para un trabajo apropiado del cepillo mecánico, mediante continuas pruebas de funcionamiento y no requieren de cambios.

Cualquier cambio en la configuración debería ser realizado por personal calificado que conozca el funcionamiento de la máquina.

MENÚ PRINCIPAL.

Para acceder a las opciones del presente menú, presione el botón izquierdo o derecho para ingresar a la opción en que la flecha se encuentre titilando, para subir o bajar utilice las flechas arriba – abajo.

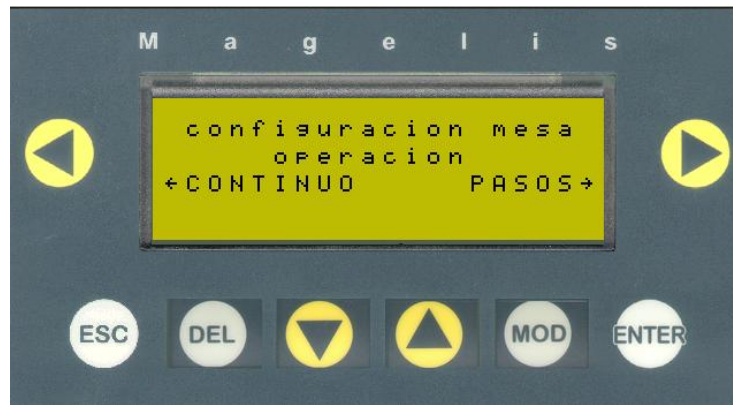


- OPCION "MESA" DEL MENU PRINCIPAL.

Configura el trabajo de la mesa. La pantalla de ingreso presenta el estado actual de las variables: Mesa (On-Off), Operación (Continua-Pasos), Retorno Automático (On-Off).

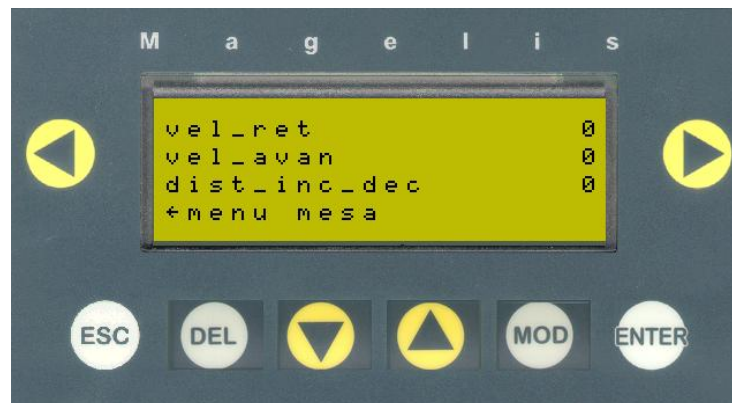


Para realizar cambios en la configuración ingrese al menú CONFIG, presionando el botón izquierdo, aparecerá el siguiente menú:



Presione el botón izquierdo para programar la mesa en modo CONTINUO (la mesa se mueve constantemente, es decir trabaja como sepillo); presione el botón derecha para programar la mesa en modo PASOS (la mesa se mueve en función del portaherramientas el paso se ejecuta por tiempo, no por distancia).

Modo Continuo:



Para realizar cambios en los parámetros, presione el botón MOD, hasta que el cursor se coloque frente al parámetro deseado, y utilice las flechas para ingresar el valor numérico, presione ENTER, para confirmar el cambio de valor.

Los parámetros que se pueden programar en modo continuo son los siguientes:

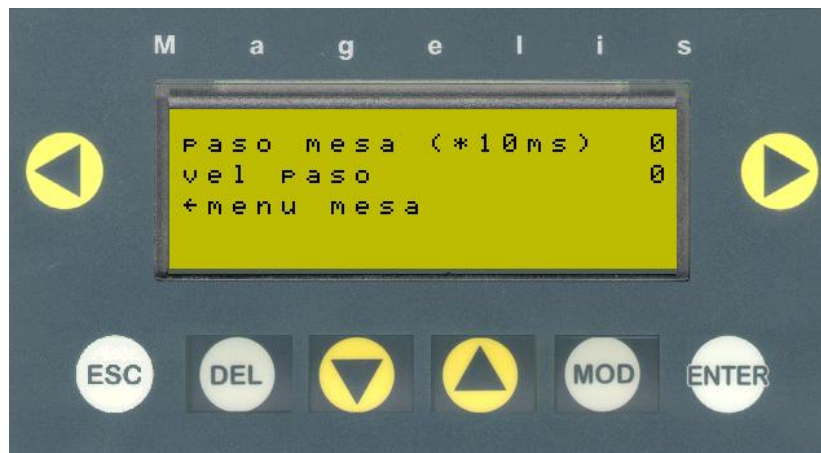
Velocidad de retorno (Vel_ret).

Velocidad de avance (Vel_avan).

Distancia incremento decremento(dist_inc_dec).

Para salir presione el botón izquierdo para retornar al menú MESA.

Modo pasos.



En esta pantalla se pueden programar dos parámetros:

Paso de la mesa (paso_mesa). Ingrese el tiempo de los pasos. El valor ingresado se **multiplica por 10** milisegundos, por ejemplo si se ingresa el valor 100, el tiempo de paso será de $100 * 10\text{ms} = 1 \text{ minuto}$.

Velocidad de paso (vel_paso).

- **OPCION "PORTAHERRAMIENTAS" DEL MENU PRINCIPAL.**

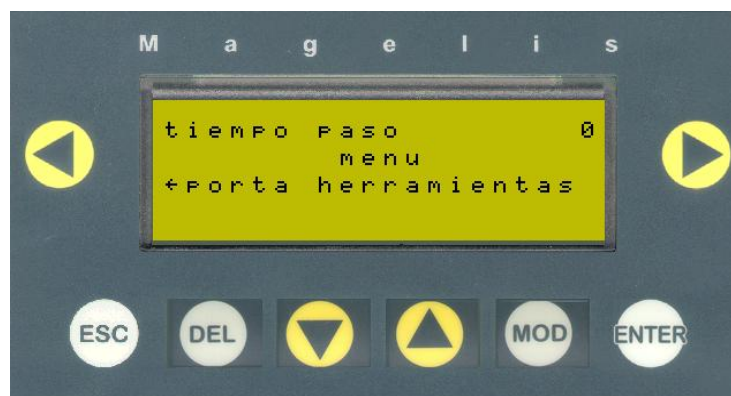
Configura los carros portaherramientas horizontal y vertical. En le Menú Principal, presione el botón derecho para ingresar a la pantalla de configuración.



Seleccione con MOD la opción que desea configurar. Utilice las flechas Arriba, Abajo, para encender o apagar los portaherramientas horizontal y vertical. Presione ENTER para aceptar el cambio de parámetros.

Seleccione el modo PASO, para que la máquina trabaje como sepillo. Seleccione el modo CONTINUO, para que trabaje como rectificadora.

Presione la flecha izquierda o la flecha derecha para configurar el “Tiempo de paso” del portaherramientas izquierdo o derecho respectivamente:

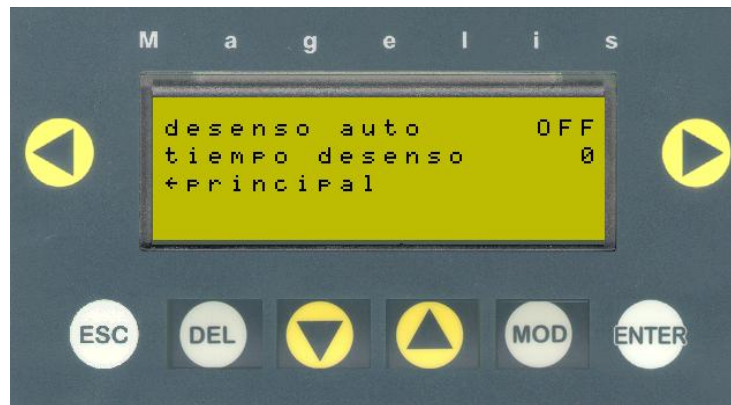


El Tiempo de paso determina, el tiempo que el motor del portaherramientas realiza el avance y reposición de la racha del mecanismo de avance graduado. Un tiempo corto ejecuta avances pequeños, este valor se programa en segundos, un **valor promedio es de 5 segundos**.

Para cambiar este tiempo presione MOD e ingrese el valor con las flechas Arriba, Abajo, para fijar el parámetro presione ENTER. Para salir del menú presione la flecha Izquierda.

- **OPCION “PUENTE” DEL MENU PRINCIPAL.**

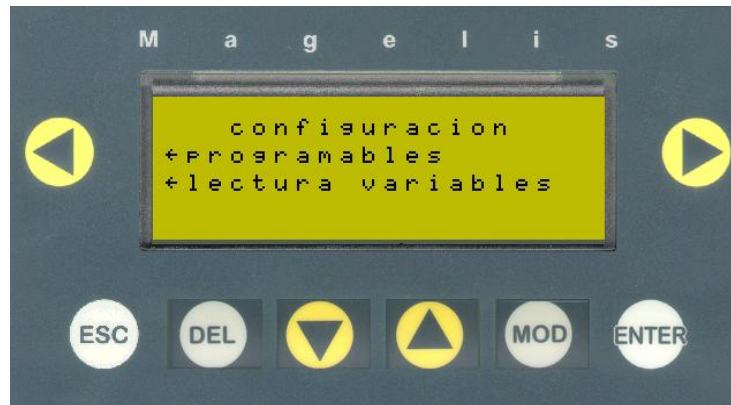
Permite programar el descenso automático del puente en función de la mesa, pero no es viable pues la acción del frenado lo retarda demasiado, por lo que esta opción debería estar siempre en OFF para trabajo normal. Si se lo configura debería ingresar un tiempo en segundos.



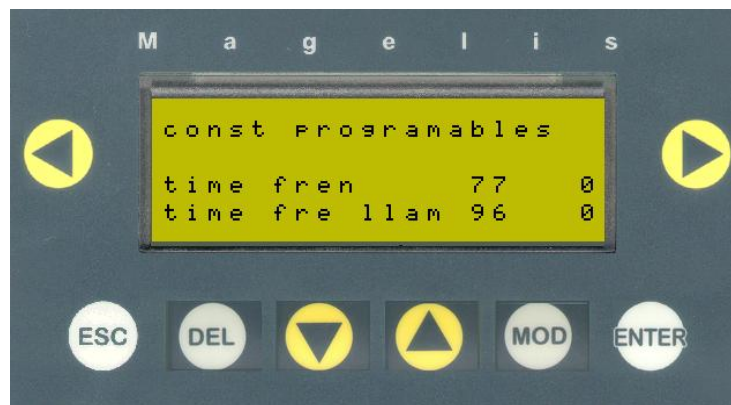
Para salir al menú principal presione el botón Izquierdo.

- **OPCION “CONFIG” DEL MENU PRINCIPAL.**

Permite la configuración de constantes y la visualización del comportamiento de ciertas variables durante el proceso.



Seleccione la opción “programables” y presione el botón izquierdo:



¡Advertencia!:

Los valores de trabajo programados en el PLC a través de la pantalla han sido inicialmente programados para un trabajo apropiado del cepillo mecánico, mediante continuas pruebas de funcionamiento y no requieren de cambios.

Cualquier cambio en la configuración debería ser realizado por personal calificado que conozca el funcionamiento de la máquina.

Las constantes programables son las siguientes:

- **Tiempo de frenado (time fren).** Tiempo requerido por la mesa para frenar, antes de la inversión de giro. Los valores pueden

variar de 10 a 15 décimas de segundo dependiendo de la velocidad de trabajo de la mesa.

- **Tiempo de freno al llamado (time fren llam).** Tiempo requerido por la mesa para frenar cuando se realiza un llamado con la botonera. El valor sugerido es 10 décimas de segundo.
- **Tiempo de frenado al apagado (time fren apag).** Hace que la mesa frene al apagar la máquina y ejecuta una secuencia de apagado para el resto del sistema. El tiempo recomendado es 12 décimas de segundo.
- **Tiempo del generador (time gen * \rightarrow Δ).** Tiempo en el que se ejecuta el arranque estrella – triángulo del motor trifásico que provee la fuerza mecánica al generador. El tiempo sugerido es de 18 a 26 segundos dependiendo de la estabilidad del voltaje de la red.
- **Distancia a fin de carrera (dist fin carr).** Es un valor entre 40 y 50, hace que el freno se ejecute antes del final de la carrera de la mesa para compensar la inercia.

Para salir del menú “programables” presione la tecla ESC.

La segunda opción de la pantalla de configuración es “lectura variables”, permite determinar el estado de la mesa mediante la lectura de variables, esta pantalla fue creada como una ayuda al programador ya que permite conocer el estado de las señales de control, de acuerdo a las variables programadas en el PLC. El objetivo de esta pantalla es solamente la “visualización de valores”, no permite realizar cambios en el estado de las variables desde esta pantalla.



Para observar todas las variables, utilice los botones arriba – abajo. Para salir del menú “lectura variables”, presione ESC.

- OPCION “ALARMAS” DEL MENU PRINCIPAL.

Presenta un listado de alarmas con las posibles causas que ocasionan la activación de la Lámpara de alarma del tablero de control (Luz de color rojo).

Cada una de las alarmas puede tener dos valores:

- 0 La alarma no está activada.
- 1 La alarma está activada.

Todas las alarmas provocan que se encienda la luz roja de chequeo de alarmas en el tablero de control, a excepción de “Alarma de fin de mesa” la cual se activa en caso de descarrilamiento de la mesa, en cuyo caso la luz roja del tablero titilará hasta realizar las acciones correctivas y resetear la alarma.

Las alarmas del sistema son las siguientes:

- **Sobrecorriente del generador (sob_corr_gen).** Se activa cuando se ha producido una sobrecorriente en el generador.

- **Sobrecorriente en el motor de las cuchillas horizontales (sob_corr_c_h).** Se activa cuando se ha producido una sobrecorriente en el motor que mueve las cuchillas horizontales.
- **Sobrecorriente en la bomba (sob_corr_bmb).** Se activa cuando se ha producido una sobrecorriente en la bomba de aceite de la bancada.
- **Sobrecorriente en el motor de freno del puente (sob_coor_fr_m).** Se activa cuando se ha producido una sobrecorriente en el motor del puente.
- **Sobrecorriente en el motor del puente (sob_corr_m1).**
- **Sobrecorriente en el ventilador (sob_corr_ven).** Se activa cuando se ha producido una sobrecorriente en el ventilador del motor de corriente continua.
- **Sobrecorriente en el motor de la cuchilla vertical (sob_corr_c_v).** Se activa cuando se ha producido una sobrecorriente en el motor que mueve la cuchilla vertical.
- **Sobrecorriente en el campo del generador (sob_corr_ca_g).** Se activa cuando se produce un exceso de corriente en el campo del generador.
- **Sobrecorriente en el campo del motor (sob_corr_ca_m).** Se activa cuando se produce un exceso de corriente en el motor de corriente continua.

- **Sobrecorriente en la mesa (sob_corr_mesa).** Se activa cuando se produce una sobrecorriente en la armadura del motor de corriente continua.
- **Alarma de fin de mesa (fin_mesa).** Se activa si la mesa se ha descarrilado, es decir, se ha sobrepasado el límite de su carrera. Cuando esto ocurre es necesario reubicar la mesa y presionar la opción “reset_fin_mesa” de esta misma pantalla, para que la máquina vuelva a operar.
- **Reinicialización de alarmas (reset_alarmas).** Permite borrar el estado de las alarmas, una vez detectada la falla que lo ocasionó.

Para salir de menú de “Alarmas”, presione el botón ESC.

SOLUCION DE PROBLEMAS

En caso de que la máquina deje de operar, el primer paso para la solución de problemas siempre será revisar la pantalla de alarmas del sistema, para determinar donde se ha producido la falla. Sin embargo a continuación se presenta un listado de posibles problemas y los elementos que se deben revisar en cada situación:

PROBLEMA	VERIFICAR
La mesa se descarrila	<ul style="list-style-type: none"> ▪ *Verifique el circuito de acoplamiento del sensor. ▪ Revise la posición de la mesa y finales de carrera. ▪ La velocidad podría ser muy alta en especial si se trabaja con toda el área útil de la mesa, <ul style="list-style-type: none"> ○ Reducir la velocidad ○ *Aumentar la variable(dist fin carr), <p>*solo por personal capacitado</p>
La máquina no responde a comandos.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Verifique la protección de sobre corriente de armadura del motor de CD. <ul style="list-style-type: none"> ○ Revise el cableado de corriente hacia la armadura. ○ Revise el sentido de giro del ventilador del motor y que no esté sobrecalentando ▪ Revisar fusibles ▪ Revisar fuentes de 24vcc y 11vcc
El puente no opera	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Revise el freno del puente (mala operación del freno). ▪ Revise el listado de alarmas. ▪ Revisar mecanismos y finales de carrera, de el freno .
Carros porta cuchillas no operan.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Error de configuración, revise la configuración del porta cuchillas. ▪ Revise que la protección térmica de los motores no esté activada. ▪ En la botonera los porta cuchillas están desactivados ▪ Revisar que el motor si este operando, de ser así enclavar bien la palanca de dirección, de no corregirse verificar que el embargue trabaje adecuadamente

<p>Los sistemas operan, el generador arranca, pero la mesa no se mueve.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Revisar Mesa activada. ▪ Revise la presión de aceite de la bomba y lubricación de la bancada. ▪ *Revisar la configuración de la mesa ▪ Revisar los voltajes del transformador de alimentación del generador ▪ Revisar rectificadores de voltaje de campo del motor y campo del generador <p>*solo personal capacitado</p>
<p>Al arrancar el generador, el tablero pasa a STOP.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Voltaje de red muy bajo. <ul style="list-style-type: none"> ○ Suba el tiempo de arranque Y-Δ del motor trifásico ▪ Revisar los térmicos del sistema arranque generador
<p>Los levanta cuchillas no operan.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Verifique selector de los levanta cuchillas. ▪ Falla en la fuente de 220V de continua. ▪ Revise el puente de diodos de la fuente.

Anexo 2

LISTADO DEL PROGRAMA

Diagrama LEADER

Anexo 3

Diagramas IN OUT del sistema

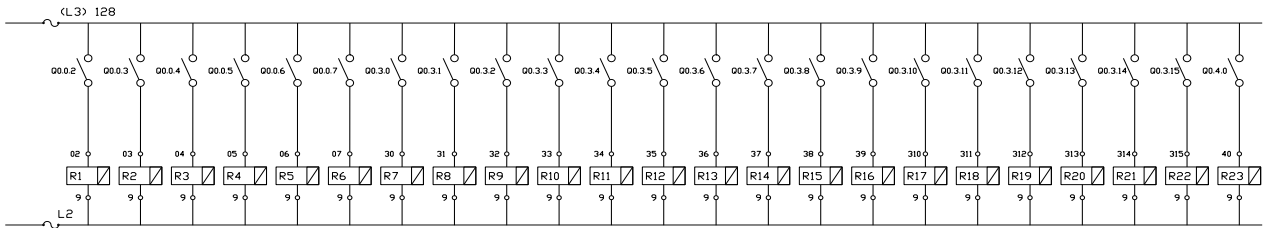


Fig.a conexión PLC banco de réles

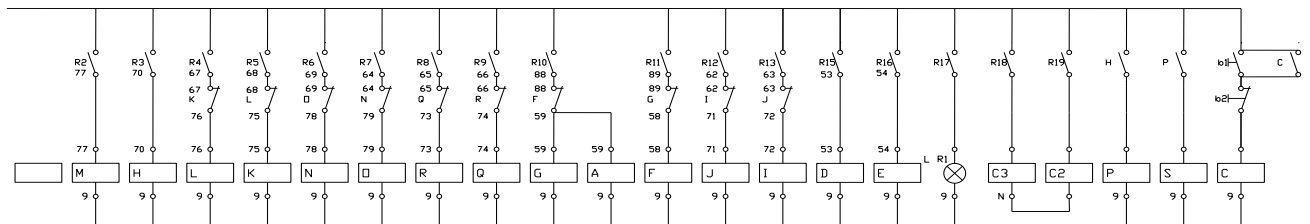


Fig.b conexión banco de réles contactores

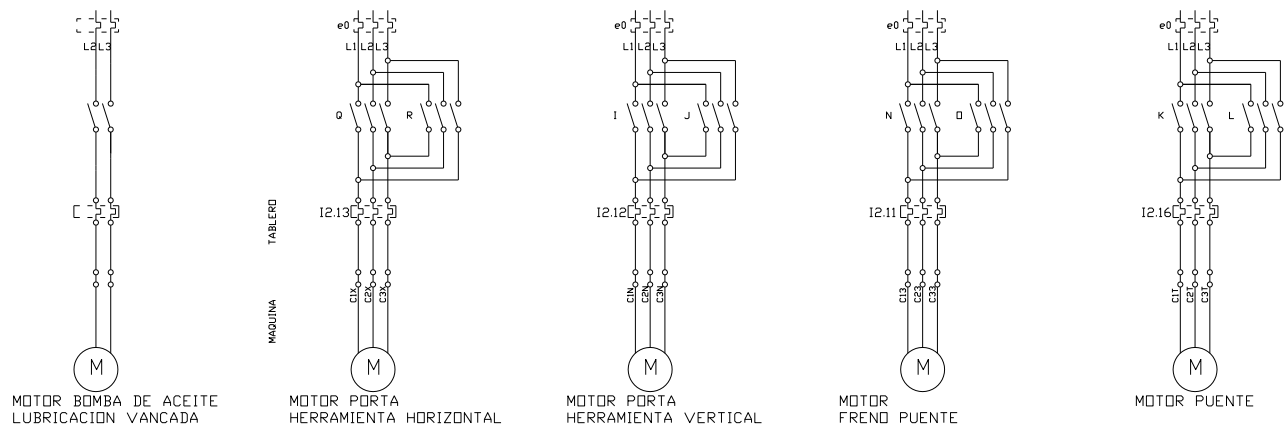


Fig.c circuitos de potencia para los motores de la maquina

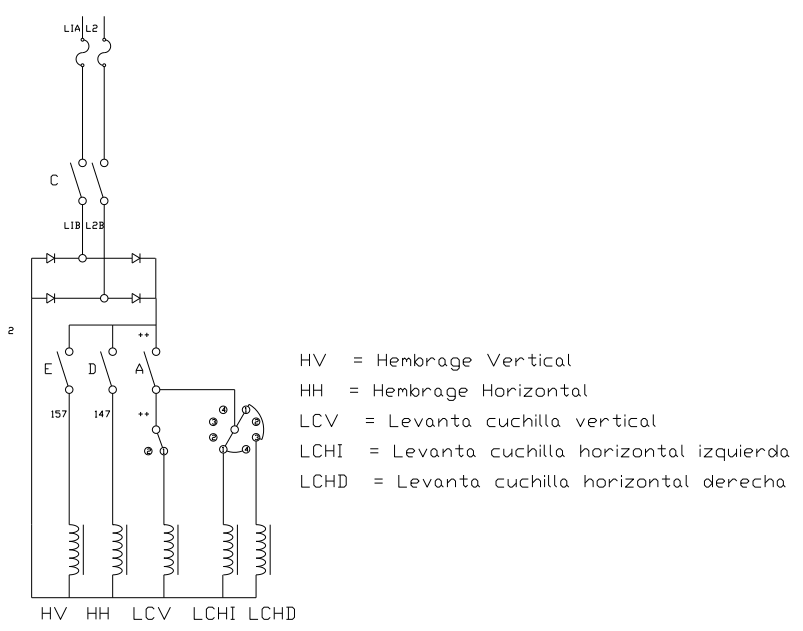


Fig.d circuito de control de embragues y levanta cuchillas

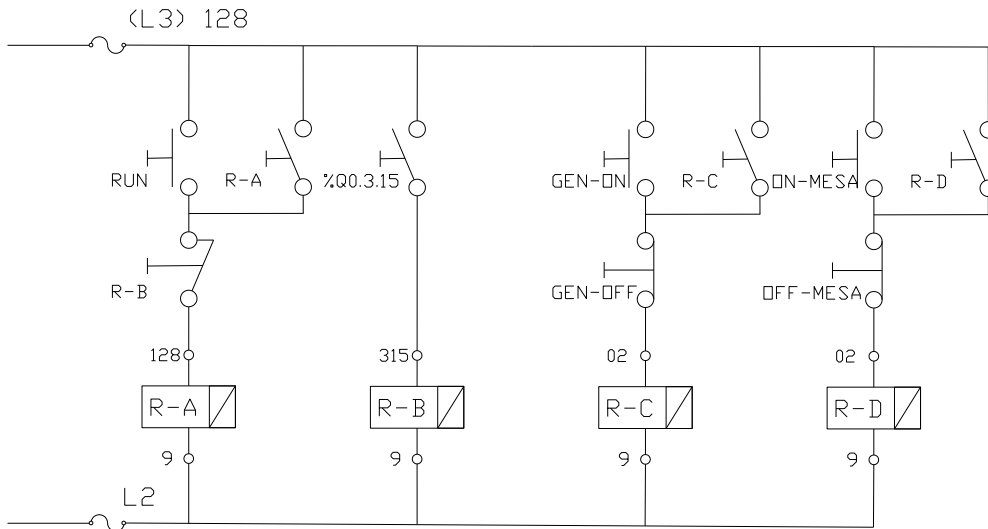


Fig.e Circuitos de enclavamiento RUN stop, apagado maquina, ON OFF generador, ON OFF mesa

termico	termico	termico	termico	termico	termico	termico	termico	termico	termico	termico	apagado	caudal	generador	on	ON OFF	RUN STOP
freno	puente	prtuchilla	prtuchilla	campa	campa	ventilador	bomba	generador	mesa	maquina	aceite	on	mesa	prtuchillas	prtuchillas	
puente		vertical	horizontal	generador	motor		aceite					constante				

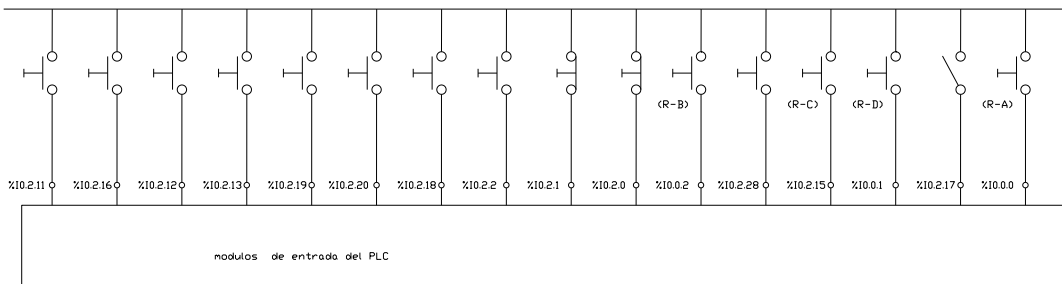


Fig.f entradas al PLC

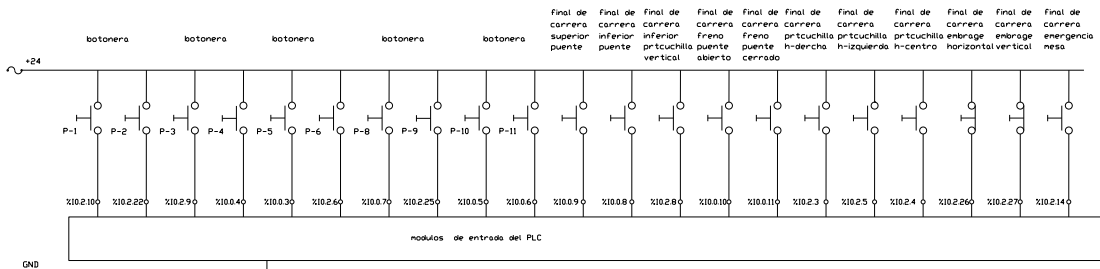


Fig.g entradas al PLC

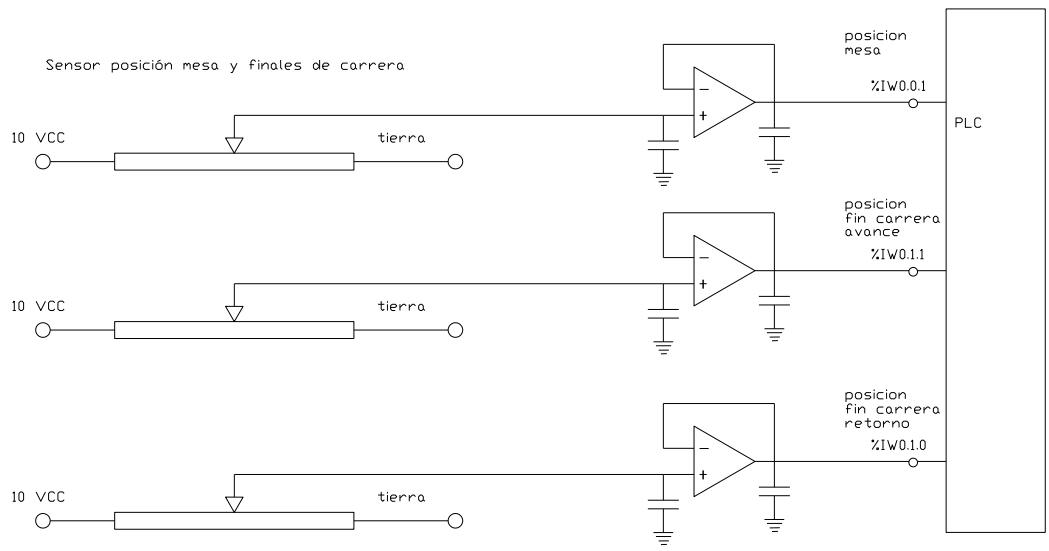


Fig.h Entradas análogas al PLC posición de mesa y finales de carrera

6.3. BIBLIOGRAFIA.

- <http://es.wikipedia.org/wiki/M%C3%A1quina-herramienta>
- <http://es.wikipedia.org/wiki/SCADA>", Sistemas Scada, 2005.
- <http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mv?xid=2&edi=1>, Máquinas Herramientas, México, 1997.
- Telemecanique, Terminales HMI Magelis, 2002.
- Telemecanique, Magelis and Twido Communications, 2002.
- Schneider Electric, Controladores programables Twido, Guía de Referencia de Software, 2002
- Schneider Electric, Controladores programables Twido, Guía de Referencia de Hardware, 2002
- Manual de operación de la máquina herramienta **M3 μ P** cepillo mecánico
- Edminister, Joseph A., *Schaum Circuitos Eléctricos*, Tercera Edición, Mc Graw Hill, España 1997
- Rashid, Muhammad H., *electrónica de potencia circuitos dispositivos y aplicaciones*, Segunda edición, Prentice Hall, México 1993

- Tocci, Ronald j., *Sistemas Digitales Principios y Aplicaciones*, Sexta Edición, Prentice Hall, México 1996
- Savant Jr., C. J., *Diseño Electrónico Circuitos y Sistemas*, Tercera Edición, Prentice Hall, México 2000

- Oppenheim, Alan V., *tratamiento de Señales en Tiempo Discreto*, Segunda Edición, Prentice Hall, México 2000

- Zanini, Giuseppe, *El Libro del Cuando*, Tercera Edición, Grijalbo S.A., México 1975

- *ECG Semiconductors Master Replacement Guide*, Edición 1996, Philips ECG, Canadá 1996

- Mileaf, Harry, *Curso Practico de Electricidad*, Tomo 2, decima Primera Edición, Limusa S.A., México 1994

- Mileaf, Harry, *Curso Practico de Electricidad*, Tomo 4, decima Primera Edición, Limusa S.A., México 1994

Latacunga, 31 de Enero de 2008

Realizado por:

Franklin Pazmiño

Ing. Armando Álvarez
Coordinador de Carrera

Dr. Rodrigo Vaca
Director de la unidad de Admisión y Registro