

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

AUTOMATIZACIÓN DEL TORNO DE LA PLANTA PILOTO DE CERÁMICA DE LA ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL PARA LA ELABORACIÓN DE AISLADORES ELÉCTRICOS TIPO 53-3

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

JOHNNY FERNANDO MENA LÓPEZ
herrjohnny@yahoo.es

DIRECTOR: ING. GERMÁN CASTRO MACANCELA
gammasservicio@andinanet.net

Quito, Diciembre de 2008

DECLARACIÓN

Yo Johnny Fernando Mena López, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

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

Johnny Fernando Mena López

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Johnny Fernando Mena López, bajo mi supervisión.

Ing. Germán Castro Macancela

DIRECTOR DEL PROYECTO

AGRADECIMENTOS

A papá Dios por sobre todas las cosas; a mis padres por el esfuerzo y sacrificio diario para darme lo necesario, por sus enseñanzas que con el ejemplo me supieron impartir, por ser un apoyo incondicional y estar siempre conmigo, convirtiéndose en la base sólida que guía mi existencia. A mi hermana, mi mano derecha, mi bastón de apoyo, la que siempre ha estado en el lugar y momento preciso para compartir mis alegrías y tristezas.

A Estibalitz Iriondo Cárdenas y a toda su familia por la acogida en su seno familiar, que de no haber sido así, mi formación profesional no solo que hubiese sido más difícil, sino imposible.

Un agradecimiento especial a todas y cada una de las personas que en mi camino se han cruzado y de una u otra manera han sido un aporte para formación profesional, personal y espiritual: a mis profesores de la carrera, a mi director de tesis, a los amigos del Club de Andinismo Politécnico, a mis compañeros de aula de la Poli y a los amigos de mi tierra querida Patate.

DEDICATORIA

A las personas más importantes en mi vida: mi padre Don Gabrielito, mi madre Doña Lucita y mi hermana Lisbesita a quienes les debo y les deberé por siempre todos y cada uno de los éxitos, triunfos y aciertos en mi vida.

A mis amigos montañeros, con algunos de los cuales compartí varias cumbres y que de otros recibí grandes enseñanzas, pero que ahora ya no están más en este mundo pero que viven por siempre en mi corazón: Paulina Álvarez (+), Juan Francisco Toro (+), Pancho Llerena (+) y Jean Philippe Eissen (+).

CONTENIDO

CAPÍTULO I

DESCRIPCIÓN DE LA ELABORACIÓN DEL AISLADOR ELÉCTRICO CERÁMICO

1.1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1.1. AISLADORES ELECTRICOS.....	2
1.1.1.1. Clasificación.....	2
1.1.1.2. Condiciones generales que deben cumplir los aisladores.....	4
1.1.1.3. Características que definen un Aislador.....	5
1.1.1.4. Aislador Eléctrico Cerámico tipo 53-3.....	8
1.1.2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO FUNDACYT PIC-098.....	9
1.1.2.1. Objetivos.....	9
1.1.2.2. Resumen del Proyecto.....	10
1.1.2.3. Impacto Ambiental.....	11
1.2. MATERIA PRIMA Y TRATAMIENTO.....	11
1.2.1. CUARZO.....	11
1.2.1.1. Propiedades abrasivas.....	12
1.2.1.2. Variedades del cuarzo.....	12
1.2.1.3. Lavado del Cuarzo.....	12
1.2.1.4. Molienda y Tamizado.....	13
1.2.1.5. Secado y Pulverizado.....	14
1.2.1.6. Separación de Hierro.....	15
1.2.2. FELDESPATO.....	16
1.2.2.1. Trituración.....	17
1.2.2.2. Molienda y Tamizado.....	17
1.2.2.3. Flotación.....	18
1.2.2.4. Secado y Pulverizado.....	18
1.2.2.5. Separación de Hierro.....	18
1.2.3. ARCILLA.....	19
1.2.3.1. Trituración.....	20
1.2.3.2. Molienda y Tamizado.....	20
1.2.3.3. Desfloculación de Arcilla.....	20
1.2.3.4. Filtrado y Secado.....	21
1.2.3.5. Pulverizado.....	22
1.2.3.6. Separación de Metales.....	22
1.3. ELABORACION DEL CILINDRO CERÁMICO.....	22
1.3.1. DOSIFICACIÓN.....	22
1.3.2. MEZCLA Y HOMOGENIZACIÓN.....	23
1.3.3. EXTRUSIÓN.....	23
1.4. MOLDEADO AUTOMATIZADO.....	24
1.5. ACABADO.....	25
1.5.1. SECADO.....	26
1.5.2. ESMALTADO.....	26
1.5.3. COCCIÓN.....	26

CAPÍTULO II

IMPLEMENTACION DEL EQUIPO PERIFERICO AL TORNO

2.1. INTORDUCCIÓN.....	29
2.1.1. EL TORNO UNIVERSAL.....	29
2.1.1.1. Clasificación y tipos de tornos.....	29
2.1.1.2. Mecanismos y piezas fundamentales del torno.....	30
2.1.1.3. Herramientas de corte.....	32
2.1.1.3.1. <i>Materiales para las cuchillas.....</i>	<i>32</i>
2.1.1.3.2. <i>Partes de las herramientas de corte.....</i>	<i>32</i>
2.1.1.4. Ángulos en el filo de la herramienta.....	33
2.1.1.4.1. <i>Angulo de filo (β).....</i>	<i>33</i>
2.1.1.4.2. <i>Angulo de ataque (γ).....</i>	<i>33</i>
2.1.1.4.3. <i>Angulo de incidencia (α).....</i>	<i>34</i>
2.1.1.4.4. <i>Magnitud de los ángulos.....</i>	<i>34</i>
2.1.1.5. Procedimiento de trabajo con arranque de viruta.....	35
2.1.1.6. Proceso de formación de viruta.....	35
2.1.1.6.1. <i>Tipos de viruta.....</i>	<i>36</i>
2.1.2. EL TORNO DE ALFARERO.....	37
2.2. ESTUDIO DEL TORNO ACTUAL.....	39
2.2.1. CRITERIOS UTILIZADOS PARA EL DISEÑO DEL TORNO ACTUAL.....	39
2.2.2. PARTES COSTITUTIVAS.....	40
2.3. MECANISMOS DEL TORNO A SER IMPLEMENTADOS.....	44
2.3.1. REQUERIMIENTOS PARA LA IMPLEMENTACION.....	44
2.3.2. PARTES Y PIEZAS A SER IMPLEMENTADAS.....	46
2.3.2.1. La bancada.....	47
2.3.2.2. El cabezal fijo.....	48
2.3.2.3. Carro principal de bancada.....	48
2.3.2.4. Carro de desplazamiento transversal.....	49
2.3.2.5. Carro fijo frontal.....	49
2.3.2.6. Carro de desplazamiento frontal.....	50
2.3.2.7. Porta herramientas.....	51
2.3.2.8. Cuchilla.....	52
2.3.2.9. Motores.....	53
2.4. MOTORES DE PASOS.....	53
2.4.1. DEFINICIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL MOTOR DE PASOS.....	54
2.4.2. MOTORES DE PASOS DE IMÁN PERMANENTE.....	56
2.4.2.1. Motor de pasos unipolar.....	57
2.4.2.1.1. <i>Secuencias para manejar motores paso a paso Unipolares.....</i>	<i>57</i>
2.4.2.1.2. <i>Resolución de un motor por pasos y ángulo de paso.....</i>	<i>60</i>
2.4.2.1.3. <i>Angulo de carga estático.....</i>	<i>60</i>
2.4.2.1.4. <i>Torque de fricción.....</i>	<i>61</i>
2.4.2.1.5. <i>Angulo de cargas estático y dinámico.....</i>	<i>61</i>
2.4.2.1.6. <i>Resonancia.....</i>	<i>61</i>

2.4.3.	DETERMINACIÓN DE LOS TERMINALES.....	61
2.4.3.1.	Terminales de los motores de pasos en el tablero.....	67
2.5.	TARJETAS DE MANEJO PARA MOTORES DE PASOS.....	67
2.5.1.	ETAPA DE CONTROL.....	68
2.5.2.	CIRCUITO DE ENLACE.....	68
2.5.3.	CIRCUITO DE ECXITACION.....	73
2.5.4.	FUENTES DE ALIMENTACION.....	73
2.6.	PLC Y MÓDULO DE EXPANSIÓN PARA CONTROL DEL TORNO.....	75
2.6.1.	CRITERIOS CUALITATIVOS PARA LA SELECCIÓN DE UN PLC....	76
2.6.2.	DETERMINACIÓN DE ENTRADAS/SALIDAS.....	76
2.6.3.	SELECCIÓN DEL PLC.....	77
2.6.4.	EL PLC S7 200.....	78
2.6.5.	EL MODULO DE EXPANSIÓN EM222.....	79
2.6.6.	CIRCUITOS DE SALIDA PARA EL PLC.....	79
2.7.	TABLERO DE CONTROL.....	80
2.7.1.	ELABORACION DE LAS TARJETAS ELECTRONICAS.....	80
2.7.1.1.	Diseño de los circuitos impresos.....	81
2.7.1.2.	Elaboración de los circuitos impresos en baquelita.....	82
2.7.1.3.	Montaje de los elementos en la placa.....	84
2.7.2.	DISTRIBUCION DEL TABLERO.....	84
2.7.3.	INSTALACION DEL PLC Y MODULO EM222.....	85
2.7.3.1.	Dimensiones de montaje.....	85
2.7.3.2.	Montaje de la CPU y el módulo de expansión.....	86
2.7.4.	INSTALACION DEL TD200.....	86
2.7.4.1.	Componentes del TD 200.....	86
2.7.4.1.1.	<i>Visualizador de textos</i>	87
2.7.4.1.2.	<i>Junta</i>	87
2.7.4.1.3.	<i>Puerto de comunicación</i>	87
2.7.4.1.4.	<i>Toma de alimentación</i>	87
2.7.4.1.5.	<i>Cable TD/CPU</i>	87
2.7.4.2.	Montaje del TD 200.....	87
2.7.5.	INSTALACION DE LAS TARJETAS ELECTRÓNICAS.....	88

CAPÍTULO III

IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN, CONTROL E INTERFAZ DEL TORNO

3.1.	INTRODUCCIÓN.....	90
3.2.	AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL CON EL PLC S7-224 SIEMENS.....	93
3.2.1.	SOFTWARE DE PROGRAMACIÓN STEP 7-MICRO/WIN.....	93
3.2.2.	CONSIDERACIONES BÁSICAS PARA PROGRAMAR EL PLC.....	97
3.2.3.	PROGRAMA IMPLEMENTADO.....	98

3.2.3.1.	DESCRIPCIÓN DE LAS ETAPAS DEL ESQUEMA GENERAL DEL PROGRAMA.....	98
3.2.3.2.	DIAGRAMAS DE FLUJO DEL PROGRAMA.....	100
3.2.3.3.	ESTRUCTURA DEL PULSO DE RELOJ EN EL PROGRAMA.....	106
3.3.	INTERFAZ HOMBRE MÁQUINA CON EL PANEL DE MICROAUTOMATIZACIÓN TD 200.....	107
3.3.1.	CARACTERÍSTICAS GENERALES.....	107
3.3.2.	CONFIGURAR EL MICRO WIN PARA ELTD 200.....	108
3.3.2.1.	ASISTENTE PARA LA CONFIGURACIÓN.....	108
3.4.	INTERFAZ HOMBRE MÁQUINA CON IN TOUCH.....	111
3.4.1.	REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA PARA INSTALACIÓN DEL IN TOUCH	112
3.4.2.	INSTALACIÓN.....	112
3.4.3.	LICENCIA DE WONDERWARE.....	112
3.4.4.	CREACIÓN DE UNA APLICACIÓN.....	113
3.4.5.	PANTALLAS IMPLEMENTADAS EN IN TOUCH.....	117

CAPÍTULO IV

PRUEBAS Y ANALISIS DE RESULTADOS

4.1.	INTRODUCCIÓN.....	122
4.2.	PUESTA EN MARCHA.....	122
4.2.1.	CARGAR EL PROGRAMA EN EL PLC.....	122
4.2.2.	INSTALACIÓN DEL CABLE PARA LA COMUNICACIÓN PLC-TD200.....	123
4.2.3.	TRABAJOS MECANICOS DE PUESTA EN MARCHA.....	123
4.3.	VERIFICACIÓN DE FUNCIONAMIENTO.....	124
4.4.	PRUEBAS DE TORNEADO.....	125
4.4.1.	PRUEBAS DE INCISIÓN FRONTAL.	126
4.4.2.	PRUEBAS DE INCISIÓN LATERAL.....	128
4.4.3.	PRUEBAS DE INCISIÓN COMBINADA.....	130
4.4.4.	PRUEBAS COMBINADAS CON VARIANTE DE INCISIÓN Y ÁNGULO DE CUCHILLA.....	133
4.5.	ANALISIS DE RESULTADOS.....	137
4.6.	MANUAL DE OPERACIÓN.....	139
4.6.1.	OPERACIÓN MANUAL.....	139
4.6.2.	OPERACIÓN AUTOMÁTICA.....	140
4.6.3.	OPERACIÓN REMOTA.....	142

CAPÍTULO V

5.1.	CONCLUSIONES.....	146
5.2.	RECOMENDACIONES.....	147

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	149
ANEXO 1	
PARTES Y PIEZAS A SER CONSTRUIDAS.....	152
ANEXO 2	
CARACTERISTICAS DEL CIRCUITO INTEGRADO 74 194.....	159
ANEXO 3	
CARACTERISTICAS DE LOS REGULADORES DE VOLTAJE.....	166
ANEXO 4	
CARACTERISTICAS DEL PLC S7 200.....	170
ANEXO 5	
CARACTERISTICAS DEL PANEL DE MICRO AUTOMATIZACION TD 200.....	177
ANEXO 6	
PROGRAMA IMPLEMENTADO EN EL PLC.....	180

RESUMEN

La automatización del torneado para la formación de aisladores, es parte del proyecto de investigación implementado por el FUNDACYT, la Escuela Politécnica Nacional y la Universidad de Cuenca para la elaboración de aisladores eléctricos cerámicos del tipo 53-3 desarrollado en la Planta Piloto de Cerámica de nuestra Institución.

La implementación de la automatización cuenta con un sistema periférico mecánico, acoplado al torno manual que permite mover la cuchilla de desbaste en dos grados de libertad, substituyendo al movimiento ejercido por el operario en el torno manual. La adaptación mecánica al sistema es tal que permite mantener las características del moldeado combinando la técnica de arranque de viruta utilizado por un torno universal y la técnica del formado en el torno de alfarero.

El movimiento de los carros del torno se hace con motores de pasos, gobernados por un drive electrónico que permite el enlace con el PLC SIEMENS S7 200.

El movimiento axial del porta material se hace con un motor monofásico de 110Vac y la humidificación del cilindro a tornearse con un aspersor que genera un chorro de agua a manera de neblina.

Se cuenta con un panel visualizador de micro automatización TD 200 de SIEMENS, que sirve de enlace entre el usuario y la máquina para la operación: en modo manual, seteo de velocidades de movimiento de la cuchilla y el tiempo de aspersión de agua al cilindro de moldeado

Una HMI desarrollada en In Touch permite la operación del torno en modo remoto, de la misma manera que la local realizada desde el tablero de control con el panel de micro automatización.

PRESENTACIÓN

En el país la utilización de aisladores eléctricos cerámicos del tipo 53-3 es amplia, por lo que las Empresas Eléctricas importan desde Brasil y Colombia debido a que en Ecuador no se fabrican. Con este precedente el FUNDACYT, la Escuela Politécnica Nacional y la Universidad de Cuenca desarrollan el proyecto de elaboración de aisladores eléctricos de media y baja tensión mediante el formado automatizado.

La implementación de la automatización del torneado toma como punto de partida la existencia de un torno manual ubicado en la Planta Piloto de Cerámica, lugar donde se realiza la investigación del proyecto.

Se utilizan para el efecto técnicas modernas de control, complementadas con un sistema de periféricos mecánicos y los circuitos electrónicos correspondientes.

El presente proyecto de titulación tiene el propósito que el torno se convierta en una maquina herramienta útil para la producción de aisladores que puedan ser ofertados a las Empresas Eléctricas que así lo requieran.

CAPÍTULO 1

CAPÍTULO 1

DESCRIPCIÓN DE LA ELABORACIÓN DEL AISLADOR ELÉCTRICO CERÁMICO

1.1 INTRODUCCIÓN

La elaboración del aislador eléctrico cerámico consta de: tratamiento de la materia prima, elaboración del cilindro cerámico, torneado automatizado y acabados.

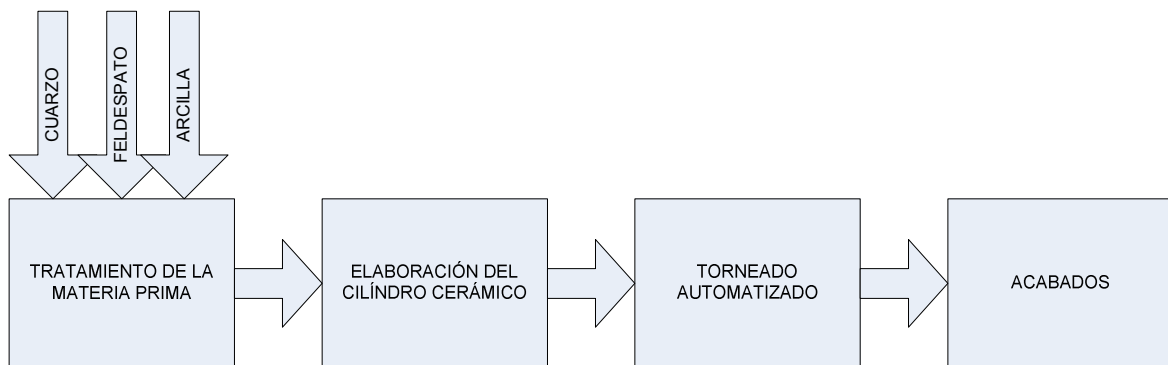


Fig. 1 Secuencia del proceso de elaboración del aislador eléctrico cerámico

Las materias primas utilizadas son: el cuarzo, el feldespato y la arcilla, las cuales pasan por un proceso de tratamiento hasta obtenerlas en estado puro. Se mezclan y se forma una pasta a la cual se le da forma de cilindro. Por medio del torneado automatizado, se elabora el aislador de acuerdo a la geometría del tipo 53-3. Se da un baño de esmalte y se pasa a la cocción. En el aislador terminado se hacen pruebas antes de que esté listo para ser comercializado.

Antes de hacer una descripción detallada de la elaboración de aisladores, se hace un estudio acerca de este: sus características, clasificación y forma; que a continuación se dan a conocer.

1.1.1 AISLADORES ELECTRICOS¹

En las líneas eléctricas, los conductores deben ir aislados de los apoyos a los cuales están sujetos, para esto se colocan elementos sólidos, que reciben el nombre de aisladores.

La foto 1 muestra un aislador eléctrico cerámico expuesto en la sala Electrical & Electronics Sciences del museo Alemán en Munich.



Foto 1 Aislador eléctrico cerámico de grandes dimensiones.
Deutschland Museum. Munich-Alemania

1.1.1.1 Clasificación

Los aisladores eléctricos se clasifican, según:

- a) Los materiales que los componen.
- b) Su utilización (interior o intemperie)
- c) De acuerdo a la función que cumplan

De acuerdo al material los aislantes más utilizados son:

¹ **UNCOR**, Elementos y equipos eléctricos
<http://www.efn.uncor.edu/departamentos/electrotecnia/cat/eye.htm#apunt>

- * Aisladores a base de resina epóxica
- * Aisladores de porcelana
- * Aisladores orgánicos
- * Aisladores de vidrio

De acuerdo al medio donde va a ser utilizado:

- * Para interior
- * Para exterior

La característica diferencial entre los aisladores para interior e intemperie es su terminación superficial.

Los aisladores para intemperie tienen una forma constructiva diferente a los de interior, donde la resistencia superficial tiene que ser mayor. La terminación es del tipo espejado, para evitar que se depositen partículas o elementos que se puedan acumular en el mismo, modificando su resistencia superficial.

Los aisladores para uso interior, tienen una menor resistencia superficial, con una terminación lisa y uniforme.

De acuerdo a su utilización se tiene los indicados en las figuras 2, 3 y 4.

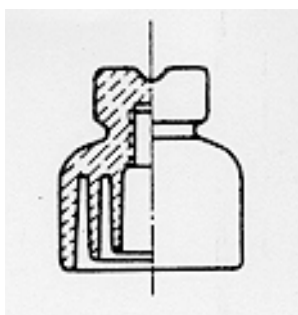


Fig. 2 Aisladores Soportes

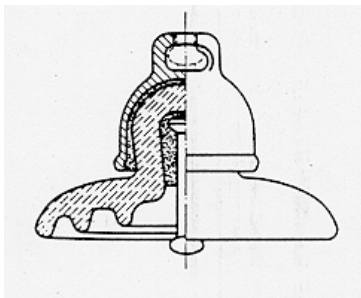


Fig. 3 Aisladores de suspensión, aisladores de retención

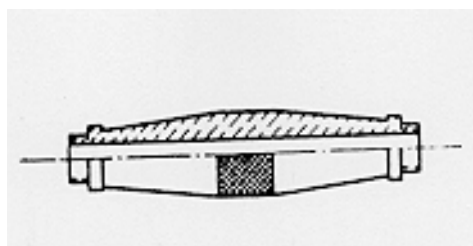


Fig. 4 Aisladores pasamuros o pasantes

1.1.1.2 Condiciones generales que deben cumplir los aisladores

Como condiciones generales, los aisladores empleados en las líneas eléctricas aéreas, han de cumplir lo siguiente:

a) Rigidez dieléctrica suficiente para que su tensión de perforación sea muy superior a su tensión de servicio, con objeto de que soporten las sobre tensiones que puedan presentarse en la línea, sin peligro de perforación. La rigidez dieléctrica de un aislador depende esencialmente del material que lo constituye y del espesor del mismo.

b) Forma adecuada para evitar las descargas de contorneamiento entre el conductor en contacto con los aisladores y los soportes metálicos que fijan estos mismos aisladores y que, a su vez se fijan a los apoyos de la línea

c) Disminuir la corriente de fuga entre aislador y soporte, hasta que su valor sea prácticamente despreciable; esto es, para las condiciones más desfavorables, como ser, cuando el aislador está sometido a la lluvia.

d) Resistencia mecánica suficiente para que trabaje en buenas condiciones de seguridad, bajo la acción de los esfuerzos que el conductor transmitirá al aislador. La carga de rotura debe ser, por lo menos, igual a la del conductor que deben soportar, aplicada dicha carga en la sección de amarre del conductor al aislador.

e) Efecto de envejecimiento lo menor posible, para evitar gastos de reposición y de mantenimiento. Este se debe a la degeneración del material constituyente del conductor, producida por diversas causas. Actualmente con los procedimientos de fabricación de los materiales aislantes, se consiguen envejecimientos muy lentos, conservando durante muchos años sus buenas propiedades mecánicas y eléctricas.

1.1.1.3 Características que definen un aislador

De acuerdo con las condiciones generales que deben cumplirse, por la Comisión Electrotécnica Internacional y los organismos de normalización de los diversos países, se han establecido características mínimas para los aisladores de líneas aéreas; hasta no hace mucho tiempo, se distinguían los aisladores por la tensión de servicio a que estaban destinados, pero, actualmente, se estima que esta tensión no caracteriza a un aislador, ya que lo más conveniente en cada caso depende de las condiciones del aislador.

Mediante los correspondientes ensayos, se han de estipular y comprobar las siguientes características:

- a) Línea de fuga
- b) Distancia disruptiva
- c) Tensión de corona
- d) Tensión disruptiva, en seco, a la frecuencia normal
- e) Tensión disruptiva, bajo lluvia, a la frecuencia normal
- f) Tensión disruptiva, con ondas de sobre tensión de frente recto
- g) Tensión de perforación

- h) Carga de rotura mecánica (tracción, compresión, flexión, torsión, según cada tipo de aislador)
- i) Carga de rotura combinada electromecánica.

Línea de fuga. Es la distancia entre las fuerzas conductoras de las que está provisto el aislador, en las condiciones que se establecen para los ensayos de tensión disruptiva, medida sobre la superficie del aislador.

Distancia disruptiva. Es la distancia, en el aire, entre las piezas de las que está provisto el aislador, en las condiciones establecidas para los ensayos de tensión disruptiva. También se denomina de contorneamiento.

Tensión de corona. Es el valor eficaz de la tensión, expresado en kilovoltios, al que deja de ser visible, en la oscuridad, toda manifestación luminosa en cualquier punto del aislador, causada por la *ionización* del aire o efecto corona.

Tensión disruptiva. Se denomina también tensión de contorneamiento y es el valor eficaz de la tensión expresado en kilovoltios, en el que se produce la *descarga disruptiva* en el aislador. Se produce a través del aire bajo aspecto de una o conjunto de chispa o arco, que establecen conexión eléctrica entre las piezas metálicas del aislador, sometidas a la tensión de servicio.

Para la determinación de la *tensión disruptiva en seco a la frecuencia normal*, se somete al aislador a un ensayo en atmósfera seca a una frecuencia de 60 Hz. Para determinar la *tensión disruptiva bajo lluvia a la frecuencia normal*, el ensayo también se realiza con una frecuencia de 60 Hz, sometiendo al aislador a los efectos de una lluvia artificial. Las normas establecen que en ambos casos se debe determinar la *tensión mínima disruptiva*, durante 5 determinaciones sucesivas sobre el aislador en ensayos de un minuto de duración.

La tensión disruptiva, con ondas de sobretensión de frente recto o escarpado es el valor de cresta de la tensión de la onda, expresado en kilovoltios, en que se

produce la descarga disruptiva; para los ensayos se utilizan trenes de ondas de choque de frente escarpado de duración 1,2- 50 μ seg, obtenidas en generadores de ondas, que van aumentando de valor hasta que producen aproximadamente un 50% de descargas de contorneamiento sobre un mismo aislador. Este valor de tensión de choque es el que se adopta como valor característico del aislador.

Tensión de perforación. Es el valor eficaz de la tensión expresado en kilovoltios, mediante el cual tiene lugar la perforación del aislante. Comprende la destrucción localizada del material producida por una descarga que atraviesa el cuerpo del aislador. El desprendimiento de un fragmento del borde, por efecto del calor de un arco de contorneamiento, no debe considerarse como perforación. Las normas establecen que los ensayos para la tensión de perforación se realicen a la frecuencia normal de 60 Hz, aumentando el valor de la tensión gradualmente, a razón de 1000 V/seg, hasta llegar a la perforación del aislador.

Carga de rotura mecánica. Es la carga expresada en Kilogramos a la que tiene lugar la rotura del aislador. Para cada tipo se le aplican diferentes clases de esfuerzos:

- a) Aisladores de apoyo. Tracción aplicada a la altura de la ranura del cuello del aislador.
- b) Aislador de suspensión. Tracción en dirección del eje, aplicada en los puntos de conexión de los herrajes.
- c) Aisladores de polea. Tracción transversal normal al eje, aplicada en la ranura externa de la polea.
- d) Aisladores para vientos. Tracción longitudinal en dirección del eje principal.

Los demás tipos de aisladores, generalmente no se someten a ensayos de rotura mecánica.

Carga de rotura combinada, electromecánica. Es la carga expresada en kilogramos a la que el aislador deja de cumplir su cometido eléctrico o mecánico,

cuando está sometido simultáneamente a un esfuerzo mecánico y a una tensión eléctrica en las condiciones establecidas en el ensayo.

La carga de rotura combinada solamente se determina en los aisladores de suspensión sometiéndolos a un esfuerzo creciente de tracción mecánica y aplicando simultáneamente una tensión eléctrica a la frecuencia normal e igual al 90 % de la tensión disruptiva en seco..

Además de los ensayos citados anteriormente y que pueden considerarse obligatorios para la determinación de las características de los aisladores, en ciertos casos se efectúan también ensayos especiales para comprobar alguna característica peculiar del aislador; estos ensayos deben realizarse solamente previo acuerdo entre el fabricante y el comprador. Los más importantes son:

Ensayo con alta frecuencia. Se someten los aisladores durante 10 segundos a una tensión alterna caracterizada por una sucesión de trenes de ondas amortiguadas, de frecuencia comprendida entre 200 kHz y 300 kHz, cuyos trenes de ondas se repiten aproximadamente 100 veces por segundo. El valor de la tensión será tal que provoque una sucesión ininterrumpida de chispas contorneando el aislador. Debe desecharse la partida de aisladores si el número de éstos que se perforan durante el ensayo es superior al 10%.

Ensayo mecánico de larga duración. Los aisladores se someten a un esfuerzo mecánico continuo durante largo período de tiempo. Los valores del esfuerzo y del tiempo se establecen previamente entre el fabricante y el comprador. Después del ensayo los aisladores se someten durante 1 minuto a una tensión de frecuencia normal, cuyo valor sea tal que provoque descargas disruptivas externas cada 4 ó 5 segundos. Los aisladores deben resistir este ensayo sin perforarse.

1.1.1.4 Aislador eléctrico cerámico tipo 53-3²

Es un aislador de forma cilíndrica con una o varias ranuras circunferenciales externas y perforado axialmente para su montaje.

Soportan y aíslan las líneas de baja tensión, montados sobre bastidores.



Fig. 5 Aislador 53-3

IUSA	CATÁLOGO		ESPECIFICACIÓN CFE	RESISTENCIA MECÁNICA (kN)
	CFE	LyF		
P-1320	NO APLICA	53-1	NO APLICA	8,8
P-1321	NO APLICA	53-2	NO APLICA	13,3
P-1323	1 C	53-3	52000-55	17,8
P-1341	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA

Tabla 1 Referencia del catálogo de IUSA

1.1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO FUNDACYT PIC-098

Fue financiado por el FUNDACYT y desarrollado por la Escuela Politécnica Nacional y la Universidad de Cuenca.

1.1.2.1 Objetivos

El objetivo General del proyecto es fabricar aisladores eléctricos de media y baja tensión, con un proceso de formación automatizado, vidriados y completamente acabados.

² MAYECEN, Material eléctrico, <http://www.mayecen.com/new/cat1/IUSA.pdf>

Objetivos específicos:

- Instalar el equipo periférico adicional al torno actual para formar automáticamente los aisladores.
- Probar la elaboración automatizada de los aisladores de media y baja tensión.
- Equipar el área de acabados de la Planta Piloto existente.
- Desarrollar un esmalte adecuado para los aisladores para que queden perfectamente vidriados.

1.1.2.2 Resumen del proyecto

La Planta Piloto de Cerámica de la Escuela Politécnica Nacional construida en base de los fondos del Proyecto P-BID-088, permite llegar a la elaboración de aisladores eléctricos de cerámica, del tipo 53-3, mediante un proceso manual de formado de los mismos utilizando un torno mecánico-manual.

El proyecto busca automatizar el formado de estos aisladores, cerámicos de media y baja tensión. Para ello habrá que diseñar y probar un sistema periférico, que integrando un software apropiado, permita volver automática, la formación de estos aisladores.

Utilizando las propiedades físicas y químicas de estos productos en especial los índices de contracción y dilatación de las pastas utilizadas, se investigará sobre el acabado final que debe darse a estos aisladores, para que los vuelvan productos de uso convencional.

Esta investigación del acabado, exige estudiar las materias primas aptas para la elaboración de las fritas necesarias, y los productos para fabricar los esmaltes más apropiados para recubrir estos aisladores. Llegando a determinar las características finales del producto acabado, capaz de competir en calidad y precios con las importadoras.

Las empresas eléctricas del país, tomando como referencia la Empresa Eléctrica Quito, se halla muy dispuesta a probar en sus instalaciones los aisladores eléctricos de cerámica que posea un completo acabado y luego adquirirlos desde la Planta Piloto, evitando con ello, la salida de divisas al exterior por la importación de estos bienes, como actualmente se lo viene haciendo.

1.1.2.3 Impacto ambiental

El presente proyecto al introducir un proceso de fabricación y aplicación de esmaltes genera residuos contaminantes al ambiente, pero como estos afluentes se hallan dentro de las instalaciones universitarias de fabricación serán eliminados por los desagües previamente construidos para este tipo de residuos, no existe por tanto afectación al medio.

La otra parte del proyecto que automatiza el sistema de formado de los aisladores no altera en nada el eco-sistema ya que supone la implementación de un ordenador y software respectivo únicamente.

1.2 MATERIA PRIMA Y TRATAMIENTO

Se utilizan tres materias primas para la elaboración de aisladores: Cuarzo Feldespato y Arcilla, las cuales son recolectadas de diferentes minas en el país. En su estado natural no se encuentran completamente puras haciéndose necesario seguir un proceso de tratamiento hasta lograr eliminar los componentes no deseados y queden listos a ser combinados en una proporción de 20% de cuarzo, 30% de feldespato y 50% de arcilla.

1.2.1 CUARZO ³

Es uno de los minerales que caracterizan la composición de las [rocas magmáticas plutónicas](#) que forman el zócalo o basamento de los continentes, especialmente el [granito](#). Es el último de los minerales en solidificarse durante la formación de estas rocas, así que su forma se adapta a la de los cristales preexistentes de los otros componentes, y sus caras no reflejan su estructura cristalina.

³ WIKIPEDIA, Enciclopedia on line, <http://es.wikipedia.org/wiki/Cuarzo>

Es químicamente muy inerte y resistente a la meteorización química que provoca la intemperie, a la vez que sus granos son muy duros y difíciles de erosionar en su superficie. Como consecuencia, el cuarzo del granito permanece entero, mientras que los otros minerales se convierten en arcillas a la vez que se disgregan. Las arcillas son esenciales en los procesos sedimentarios, mientras que los granos de cuarzo son los que forman la mayor parte de las [arenas](#).

El cuarzo es un [mineral](#) compuesto de [dióxido de silicio](#) (SiO_2) también llamado sílice.

1.2.1.1 Propiedades abrasivas

Se utiliza como abrasivo, citándose como [arena silíceo](#), siendo el más usado por su bajo precio, empleándose para la fabricación de lijas, discos o bloques. Por inhalación causa [silicosis](#) y, actualmente, está siendo sustituido por otros abrasivos de menor riesgo. Sin embargo, en los países subdesarrollados su uso sigue siendo habitual.

1.2.1.2 Variedades del cuarzo

En estado puro y sin impurezas se denomina *crystal de roca* o "cuarzo hialino". Cuando su tono varía al pardo o grisáceo se le llama ahumado; amatista si es violeta, citrina si es amarillo. Las cristalizaciones en una cavidad se llaman "geodas", y sobre una superficie plana o convexa se llaman "drusas".



Fig. 6 Cristales de cuarzo.

El cuarzo utilizado para el desarrollo del proyecto es proveniente de MISAHUALLI, ubicada en la provincia del Napo en Ecuador. La granulometría de procedencia es de 1mm.

1.2.1.3 Lavado del cuarzo

El cuarzo obtenido se tiene en dos formas, la primera con una coloración blanca, que denota la pureza del elemento siendo necesario comenzar con el tratamiento directamente con la molienda; la segunda es con una coloración un tanto amarillenta, lo que da cuenta de la presencia de metales y otros minerales adicionales por lo que el primer paso para el tratamiento es lavar el cuarzo utilizando un molino de lavado que consta de un tambor con bolas de alumina que para el caso ayudan a remover las impurezas, esto acompañado de agua y una malla que permita la limpieza y un primario filtrado del elemento.

Lo obtenido se coloca sobre plásticos para un secado al ambiente, sin embargo para optimizar el tiempo de secado se puede poner en la estufa a 110° C de temperatura por un tiempo aproximado de 10 horas.

Es importante tener el cuarzo completamente seco para poder ingresar a la siguiente etapa.



Foto 2 Purificador de cuarzo.

1.2.1.4 Molienda y Tamizado

Se utiliza un molino de bolas de alumina y de acuerdo a la capacidad del molino se colocan la mezcla de agua y cuarzo en una proporción de 64,5% de Cuarzo con un 35,5% de agua, se cierra herméticamente el tambor cerámico y se lo coloca sobre los rodillos del molino. Se enciende el molino y se deja durante 15 a 19 horas hasta lograr un tamaño de partícula de 45 micrones (um).



Foto 3 Molino de bolas.

El objetivo es obtener toda la materia a la dimensión de 45 μm y para garantizar esto se realiza el tamizado utilizando una malla #325, correspondiente al 45 μm .

El tamizado se lo realiza de forma manual. Para hacer mas rápido y fácil el tamizado se lo puede realizar en húmedo así se obtiene la resultante con un contenido considerable de agua.

1.2.1.5 Secado y Pulverizado

En la estufa a 110 $^{\circ}\text{C}$ se coloca la pasta resultante del tamizado y se deja por un tiempo alrededor de las 10 horas hasta lograr que este completamente seco.



Foto 4 Secado del cuarzo

Utilizando nuevamente el molino de bolas se muele por media hora para pulverizarlo y continuar con el tratamiento.

1.2.1.6 Separación de Hierro

Pese a que el primer lavado se realiza para sacar impurezas, y considerando que el cuarzo obtenido de Misahualli es bastante puro, se requiere la eliminación total de partículas de hierro que aún pueden encontrarse en la materia.

Para este efecto se utiliza un separador magnético que como su nombre lo indica su finalidad es quitar las partículas de metal existentes en el cuarzo mediante la utilización de un campo magnético que se puede regular de acuerdo a las necesidades requeridas para el efecto deseado.



Foto 5 Separador Magnético.

Se ingresa el material sobre el receptáculo superior y mediante vibración va cayendo sobre una rueda metálica giratoria, la misma que se encuentra magnetizada, de este modo las partículas de hierro se adhieren a la rueda y se quedan en esta hasta que lleguen a una pequeña escobilla que por fricción las quita y la rueda queda libre de estas y puede continuar el proceso. Las partículas no metálicas es decir el cuarzo al no ser adheridas a la rueda magnetizada continúan circulando hasta llegar a un segundo receptáculo donde se recoge el material ya purificado sin residuos de hierro.

La diferencia se nota en la coloración del cuarzo a la entrada y a la salida del separador magnético, puesto que a la salida el color es completamente blanco; de no ser así se repite el procedimiento hasta obtener un color totalmente blanco en la resultante denotando la pureza del cuarzo.

Una vez terminada la secuencia de tratamiento el cuarzo queda listo para ser utilizado en la siguiente etapa del proceso.

1.2.2 FELDESPATO⁴

Los feldespatos son grupos de [minerales](#) constituyentes fundamentalmente de las [rocas ígneas](#) aunque pueden encontrarse en cualquier otro tipo de roca. Los feldespatos corresponden a los [silicatos](#) de [aluminio](#) y de [calcio](#), [sodio](#) o [potasio](#), o mezclas de estas bases.

Son de color blanco, de brillo vítreo o bien de colores muy claros. Su origen es [petrográfico](#), muy abundantes y formados a través de la consolidación de los [magmas](#). Son muy alterables.

Todos son minerales duros, de [peso específico](#) comprendido entre 2,5 y 2,75. Son el mineral más abundante en la corteza terrestre, se estima que constituyen hasta el 60% de la misma. Tanto el feldespato potásico como sódico es explotado ampliamente.

Las principales aplicaciones del feldespato son en la industria del vidrio y la cerámica a escala. Conjuntamente, estos sectores dan cuenta de aproximadamente el 90% del consumo mundial. En ambas aplicaciones, los minerales feldespáticos son usados como fuentes de alúmina.

Las cerámicas son el segundo consumidor de feldespato después del vidrio, dando cuenta de aproximadamente el 40% del total de ventas. La principal

⁴ WIKIPEDIA, Enciclopedia on line, <http://es.wikipedia.org/wiki/Feldespato>"

aplicación son en la manufactura de porcelana vítrea y semi-vítrea, lozas para paredes y techos, sanitarios, porcelanas eléctricas, fritas, lustres y esmaltes.

El Feldespato seleccionado para el proyecto es proveniente de LA ERCILLA.

1.2.2.1 Trituración

La materia proveniente de la mina llega a la planta piloto en forma de rocas de un tamaño variado entre 3 a 10 cm, se lo coloca sobre plásticos en el suelo a temperatura ambiente para que se sequen, pese a que por su contextura no permite la acumulación mayoritaria de humedad.

Para la trituración se utiliza la chancadora la cual utiliza el método de percusión para romper y desmenuzar las rocas de feldespato.

Finalmente se obtienen pedazos de alrededor de 1,5 cm., que ya pueden ser ingresados al molino.

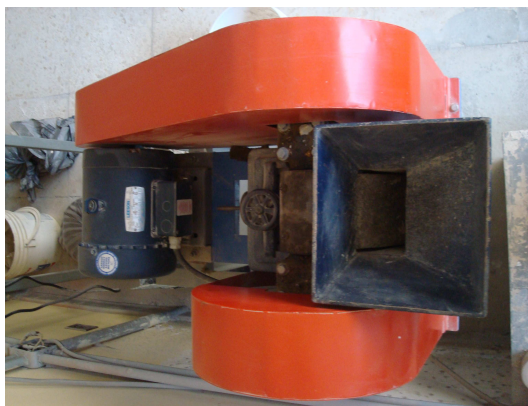


Foto 6 Chancadora

1.2.2.2 Molienda y Tamizado

Se requiere obtener el material en una granulometría de 45 μm para poder entrar al proceso de elaboración de la pasta. Por este motivo y considerando el tamaño de las rocas de feldespato, se requiere que la molienda se realice en dos etapas, la primera a través del molino de cono y la segunda con el molino de bolas.

En el molino de cono se ingresa la resultante que sale de la chancadora, es decir rocas de un tamaño alrededor de 1.5cm que luego de la molienda salen de un tamaño alrededor de 0,3 cm, tamaño adecuado para ser ingresado en la etapa final de molienda por medio del molino de bolas.

Siguiendo el mismo procedimiento utilizado para moler el cuarzo en el molino de bolas, se procede con el feldespato para obtener una granulometría final de 45um, que se consiguen luego de 5 horas de molienda.

Finalmente para garantizar el tamaño de partícula requerido de 45um se tamiza en la malla #325 en forma manual.

1.2.2.3 Flotación

Una vez molido y tamizado a malla 325, el feldespato pasa al proceso de flotación para su purificación, para lo cual, se prepara una solución de feldespato y agua al 16% en sólidos y se coloca en la celda de flotación con agitación a 1400 rpm. Se regula el pH entre 2.5 y 3 y se añaden los reactivos para concentrar el feldespato y se deja 5 minutos de acondicionamiento, luego se abre el paso del aire y se recoge la espuma (concentrado) hasta que esta se vuelva inestable. El concentrado se lo seca en la estufa a 110° C

1.2.2.4 Secado y Pulverizado

El feldespato concentrado luego de la flotación pasa a ser secado al ambiente sobre plásticos, pero se puede optimizar el tiempo de secado ingresándolo al horno a una temperatura de 110°C.

Para obtener la materia pulverizada se coloca nuevamente en el molino de bolas totalmente seco por un tiempo aproximado de una hora.

1.2.2.5 Separación de Hierro

Bajo el mismo procedimiento utilizado con el cuarzo y siguiendo el mismo principio se utiliza el separador magnético para quitar posibles concentraciones de hierro en la materia.

1.2.3 ARCILLA⁵

Está constituida por agregados de silicatos de aluminio hidratados, procedentes de la descomposición de minerales de aluminio. Presenta diversas coloraciones según las impurezas que contiene, siendo blanca cuando es pura. Surge de la descomposición de [rocas](#) que contienen [feldespato](#), originada en un proceso natural que dura decenas de miles de años.



Fig. 7 Arcilla del [período cuaternario](#) (400.000 años), [Estonia](#).

Físicamente se considera un [coloide](#), de partículas extremadamente pequeñas y superficie lisa. El diámetro de las partículas de la arcilla es inferior a 0,002 mm. En la fracción textural de arcilla puede haber partículas no minerales.

Se caracteriza por adquirir [plasticidad](#) al ser mezclada con agua, y también sonoridad y [dureza](#) al calentarla por encima de 800° C. La arcilla endurecida mediante la acción del fuego fue la primera [cerámica](#) elaborada por el hombre, y aún es uno de los materiales más baratos y de uso más amplio. [Ladrillos](#), utensilios de cocina, objetos de arte e incluso instrumentos musicales como la [ocarina](#) son elaborados con arcilla. También se la utiliza en muchos procesos industriales, tales como en la elaboración de [papel](#), producción de [cemento](#) y procesos químicos.

Tiene propiedades plásticas, lo que significa que al humedecerla puede ser modelada fácilmente. Al secarse se torna firme y cuando se somete a altas temperaturas acaecen reacciones químicas que, entre otros cambios, causan que

⁵ WIKIPEDIA, Enciclopedia on line <http://es.wikipedia.org/wiki/Arcilla>

la arcilla se convierta en un material permanentemente rígido, denominado cerámica.

Es utilizada para hacer objetos de alfarería, de uso cotidiano o decorativo. Los diferentes tipos de arcilla, cuando se mezclan con diferentes minerales y en diversas condiciones, son utilizadas para producir [loza](#), [gres](#) y [porcelana](#).

Dependiendo del contenido mineral de la tierra, la arcilla, puede aparecer en varios colores, desde un pálido gris a un oscuro rojo anaranjado.

1.2.3.1 Trituración

La materia prima proveniente de la mina llega a la Planta Piloto en forma de lodo o fango dependiendo de la cantidad de humedad que haya contenido en el momento de su recolección, por lo que se colocan sobre plásticos para su secado a temperatura ambiente. Una vez secos los pedazos se desmenuzan con las manos lo más que se pueda, finalmente utilizando un martillo de madera y un rodillo se desmenuza la arcilla hasta un tamaño promedio de 0,5 cm, tamaño adecuado para ser molido.

1.2.3.2 Molienda y Tamizado

Utilizando el molino de bolas y siguiendo con el mismo procedimiento que en el caso del cuarzo y el feldespato se procede a la molienda por una hora aproximadamente pues el objetivo igualmente es obtener partículas de 45 micrones.

Una vez molido el material se pasa por el tamiz de malla #325 que garantiza el tamaño de partícula requerido de 45um.

1.2.3.3 Desfloculación de Arcilla

Una vez molida y tamizada, la arcilla es purificada en el desfloculador, para lo cual se prepara una solución de arcilla y agua al 16% en sólidos y se coloca en el tanque con agitación, se añade 0.1% de hidróxido de amonio a la solución y se abre la válvula para que pase la solución del tanque al hidrociclón en donde los

lodos se sedimentan mientras que el concentrado de arcilla rebosa por la parte superior del hidrociclón. El concentrado se lo seca en la estufa a 60° C.

1.2.3.4 Filtrado y Secado

La arcilla disgregada obtenida necesita eliminar su contenido de agua y para esto se utiliza el Filtro Prensa que consta de un grupo de laminas de malla muy fina colocados uno a continuación de otro sobre un riel que los mantiene fijos.

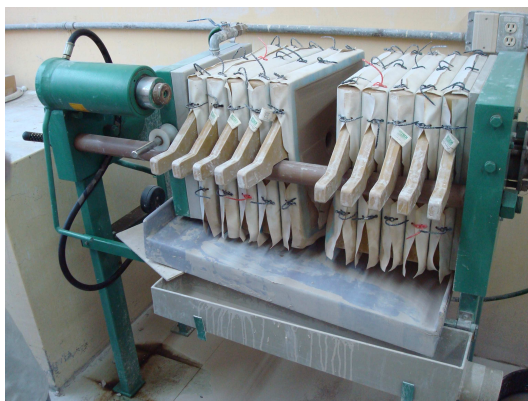


Foto 7 Filtro prensa.

Estos van sujetos con una prensa hidráulica que cierra herméticamente el espacio confinado entre cada uno de los filtros.



Foto 8 Arcilla adherida al filtro.

Una vez fijados los filtros se bombea la solución de arcilla y agua obtenida en la desfloculación por medio de una bomba neumática que inyecta a presión la solución sobre los filtros, haciendo que literalmente se escurra el agua existente y

los residuos de arcilla quedan pegados en las paredes del filtro que al finalizar el proceso se desmontan y se recupera la materia resultante.

El filtro prensa elimina de un 80% a un 20% de agua; y para eliminar el 20% de agua restante se coloca en el horno a una temperatura de 60°C durante 24 horas.

1.2.3.5 Pulverizado

Para obtener la arcilla pulverizada se ingresa en el molino de bolas totalmente seco y siguiendo el mismo procedimiento anteriormente descrito se muele por un periodo de media hora.

1.2.3.6 Separación de Metales

Si bien el material obtenido de la mina es bastante puro no esta por demás la utilización del separador magnético para la eliminación total de los residuos de hierro que puedan existir.

1.3 ELABORACION DEL CILINDRO CERÁMICO

Las materias primas son combinadas de acuerdo a la formulación, mezcladas y homogenizadas, para pasar por un extrusor que da la forma cilíndrica quedando listo para el formado automático.

1.3.1 DOSIFICACIÓN

Con las materia primas tratadas de acuerdo a las necesidades de la formulación el siguiente paso es formar una masa consistente la cual se pueda dar forma cilíndrica, constituyéndose así la pieza base para el formado.

Se dosifica en la proporción de 20% de cuarzo, 30% de feldespato y 50% de arcilla, y se va agregando agua hasta que sea totalmente absorbida por la mezcla constituyéndose en una pasta suave.

1.3.2 MEZCLA Y HOMOGENIZACIÓN

La masa obtenida necesita ser mezclada a mano para que se redistribuyan los componentes de las materias primas con el agua hasta obtener una pasta

homogénea. Es recomendable ir añadiendo poco a poco el agua hasta lograr una consistencia suficiente para que pueda ser amasada.

Se amasa la mezcla utilizando las manos y rompiéndola de vez en cuando para luego volver a unirla y continuar amasando, este proceso se realiza hasta conseguir una textura uniforme en todo su contenido.

1.3.3 EXTRUSIÓN

La masa obtenida anteriormente pasa por el extrusor para obtener la compactación del material y extraer las posibles burbujas de aire internas, eso se logra por medio de una bomba de vacío en el extrusor.

La masa se ingresa por los rodillos de entrada del extrusor de forma continua. En la salida se recoge muy suavemente la resultante que se trata de un cilindro compacto y se corta en tramos de 13cm de longitud.

De acuerdo al desarrollo de la investigación de la elaboración del cilindro se tiene dos etapas muy importantes: la primera en la cual la salida del extrusor cuenta con un eje de acero inoxidable que crea un agujero central longitudinal en el cilindro permitiendo a este acoplarse directamente en el porta material del torno.

Por resultados deficientes debido a fracturas en los cilindros elaborados se analizan las causantes entre las cuales esta la excentricidad del eje antes mencionado que no permite una compactación homogénea en la resultante, además la geometría cónica de la boquilla que da la forma cilíndrica a la masa, tiene un ángulo muy grande como para dar la compactación uniforme.

Ante esta situación se decide mandar a hacer una nueva boquilla con un ángulo de salida menor y se elimina el eje a la salida; bajo estas modificaciones se llega a una considerable mejoría.

Sin embargo ahora es necesario hacer el agujero central del cilindro para poder acoplarlo al porta material del torno, esto se hace utilizando un taladro de mesa primero con una broca de 1/4 de pulgada para no causar mayores alteraciones en la uniformidad del cilindro y posteriormente se utiliza una broca de 1 pulgada, obteniéndose la dimensión necesaria para su ingreso al torno.

1.4 MOLDEADO AUTOMATIZADO

Obtenida la cerámica base con su respectiva forma cilíndrica se requiere que esta tome ya la forma del aislador eléctrico tipo 53-3 de acuerdo a su geometría. Para este fin se tienen dos formas diferentes; en la primera se realiza el formado con un torno manual existente en la Planta Piloto utilizando para el efecto una cuchilla preformada colocada sobre un soporte anexado a una palanca que es la que permite la manipulación del operario para realizar el formado.



Foto 9 Torno manual existente en la Planta Piloto de Cerámica



Foto 10 Operación de formado de un aislador en el torno

La calidad obtenida depende exclusivamente de la habilidad del operador del torno y por ende los tiempos de producción en la elaboración de los aisladores varían de entre 90 a 45 minutos cuando ya el operador se encuentra bien adiestrado.

Una segunda opción se presenta mediante la utilización de un torno automático que se encargue del formando independizándose así la calidad de acabado y los tiempos de elaboración de las habilidades del operario, obteniéndose en los resultados mejor calidad de terminado y tiempos homogéneos para cada aislador formado, además se eliminan las posibilidades de fracturas en el cilindro cerámico por la falta de adiestramiento del operario.

Del formado del cilindro y de su acabado final depende en gran parte los resultados finales del aislador ya que en función de la forma que estos presentan y de su textura se producen o no problemas de fracturas en el cuerpo moldeado en la cocción o en el secado, siendo estos no siempre debidos al torneado sino también a la formulación, extrusión y demás elementos que se involucran en el proceso de elaboración de aisladores.

La automatización del torno para el moldeado de aisladores es la etapa del proyecto pic-098 que se desarrolla en el presente trabajo por lo que todo el detalle de este se encuentra en los capítulos que siguen.

1.5 ACABADO

Con el cilindro cerámico con la forma del aislador 53-3 es necesario darle los respectivos acabados para su puesta a punto y su utilización en el medio que sean requeridos. Es preciso el secado, esmaltado y posteriormente la cocción.

1.5.1 SECADO

El cilindro cerámico con forma de aislador tipo 53-3 que sale del torno se lo seca en el horno a una temperatura de 110°C hasta eliminar la totalidad de la humedad. Los tiempos de secado son:

- De temperatura ambiente a 110°C en un periodo de 10 horas

- Se mantiene en 110°C durante 5 horas
- De 110°C a temperatura ambiente en 10 horas

1.5.2 ESMALTADO

Con el aislador totalmente seco es decir con una humedad de 0%, se procede al esmaltado utilizando la técnica de inmersión del elemento en el esmalte; solución desarrollada por los investigadores de la Universidad de Cuenca a quienes les compete esta parte del proyecto. La composición del esmalte es la que se describe en la tabla 2.

Compuesto	porcentaje
Frita	82%
Caolín	8.2%
Opacificador	9.8%
cmc	0.03%

Tabla 2 Composición del esmalte.

1.5.3 COCCIÓN

La etapa final en la elaboración del aislador se procede a la cocción llevándolo a 1160°C siguiendo la secuencia de temperaturas y tiempos de acuerdo a la tabla 3.

Temperatura °C	2 Tiempo
20 – 550	3h 42min
550 – 600	27min
600 – 850	1h 45min
850 – 1160	3h 43min
1160 – 1160	1h
1160 – 20	18h

Tabla 3 Programa de temperaturas y tiempos para la cocción del aislador

Luego de realizado todo el procedimiento anteriormente descrito se llega a la obtención del aislador completamente terminado el mismo que se presenta en la foto 11.



Foto 11 Aislador terminado

CAPÍTULO II

CAPÍTULO II

IMPLEMENTACION DEL EQUIPO PERIFERICO AL TORNO

2.1 INTORDUCCIÓN

La automatización del torneado para la elaboración de aisladores requiere que se implementen periféricos mecánicos, eléctricos y electrónicos que permiten su funcionamiento autónomo.

Se hace una descripción del equipo periférico que se utiliza, bajo las condiciones generadas del estudio del torno actual y las características propias del formado por la técnica del alfarero y el arranque de viruta.

2.1.1 EL TORNO UNIVERSAL

2.1.1.1 Clasificación y tipos de tornos⁶

Los tornos se clasifican según las dimensiones fundamentales: diámetro máximo D de la pieza bruta en trabajo o pieza acabada, longitud máxima de la pieza a trabajar, la masa, precisión y por el destino de utilización.

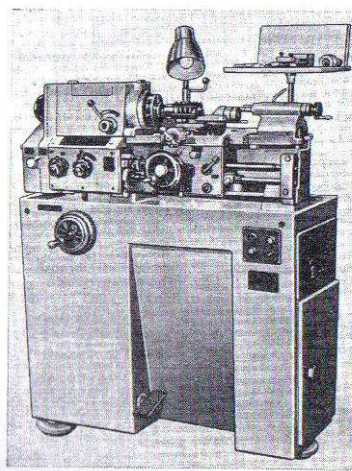


Fig. 8 Torno universal ligero 1E604

⁶ DENEZHNI, P.M.; STISKIN, G.M; TJOR, I.E., Manual del Tornero. Editorial MIR, Moscu - URSS 1978

Con relación a la masa los tornos se dividen en ligeros, hasta 500 Kg. $D = 100 - 200$ mm, medianos, hasta 4 toneladas $D = 200 - 500$ mm, grandes, hasta 15 toneladas $D = 630 - 1200$ mm, pesados, hasta 400 toneladas $D = 1600-4000$ mm.

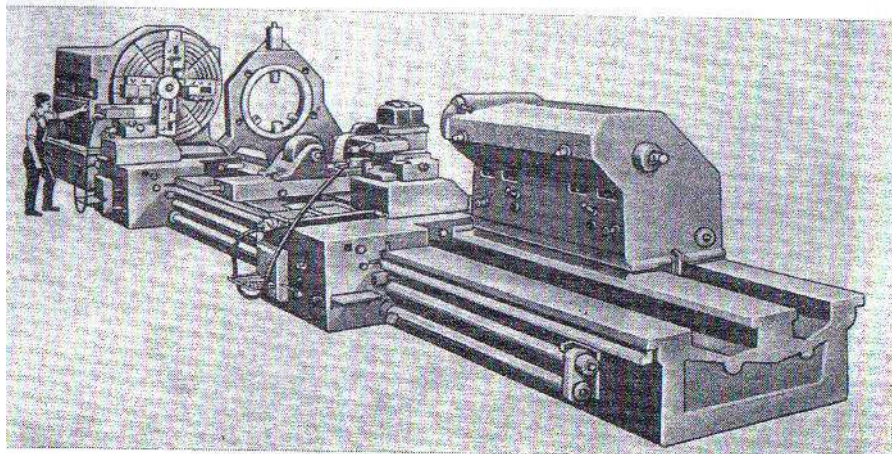


Fig. 9 Torno universal pesado 1A665

2.1.1.2 Mecanismos y piezas fundamentales del torno

La bancada, es la base sólida de hierro colado donde se montan las partes principales del torno. La parte superior tiene dos guías de forma plana y dos prismáticas para el desplazamiento de los mecanismos móviles: el carro-soporte y el cabezal móvil. La bancada está instalada en dos pies.

El cabezal fijo, es una caja de hierro colado que tiene en su interior el órgano principal del torno llamado husillo, que es un árbol hueco y la caja de velocidades donde se fijan los dispositivos que aprietan la pieza a trabajar.

Es accionado mediante un motor eléctrico situado en el pie izquierdo a través de la transmisión por correas trapezoidales y el sistema de ruedas dentadas y acoplamientos en el interior del cabezal fijo. Los movimientos de avance se pueden ejecutar a mano o mecánicamente.

El carro-soporte, consta de la corredera, que se desliza sobre las guías de la bancada, del mandril donde se encuentra el mecanismo para transformar el

movimiento: rotativo de los husillos guiador y de avance en movimientos rectilíneo del carro soporte, del transversal, del de cuchilla y del portacuchillas.

La caja de avances, es quien transmite el movimiento giratorio desde el husillo principal a los de avance y guiador y regula la velocidad del movimiento del carro soporte. La rotación va a la caja de avances desde el husillo principal mediante el mecanismo de inversión y la guitarra con las ruedas dentadas cambiables.

La guitarra, se emplea para el ajuste a la magnitud requerida del paso de la rosca a filetear.

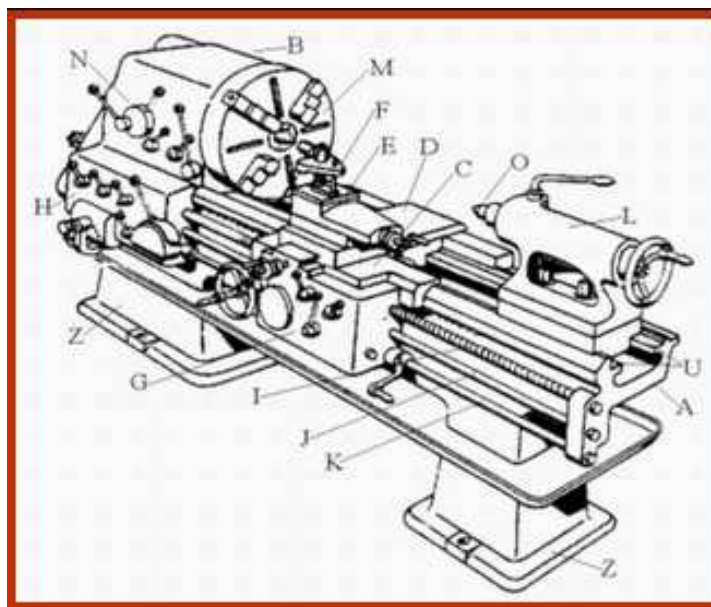


Fig. 10 Partes constitutivas del Torno Universal: A=La Bancada. B=Cabezal Fijo. C=Carro Principal de Bancada. D=Carro de Desplazamiento Transversal. E=Carro Superior porta Herramienta. F=Porta Herramienta G=Caja de Movimiento Transversal. H=Mecanismo de Avance. I=Tornillo de Roscar o Patrón. J=Barra de Cilindrar. K=Barra de Avance L=Cabezal Móvil. M=Plato de Mordaza (Usillo). N=Palancas de Comando del Movimiento de Rotación. O=Contrapunta. U=Guía. Z=Patas de Apoyo.

El cabezal móvil, se emplea para mantener el extremo de las piezas largas, fijar y hacer avanzar las herramientas de espiga. El equipo eléctrico está instalado en

el armario. La conexión y desconexión del motor, la puesta en marcha y la parada, el mando de las cajas de velocidades y de avances, el mecanismo de la placa de distribución, etc., Para la sujeción de la pieza se utilizan diferentes dispositivos: platos de arrastre, mandriles extensibles, abrazaderas, lunetas.

2.1.1.3 **Herramientas de corte**

Es aquel instrumento que por su forma especial y su modo de empleo, modifica paulatinamente el aspecto de un cuerpo hasta conseguir el objeto deseado, empleando el mínimo de tiempo y gastando la mínima energía.

Las herramientas monofilas son de corte que poseen un elemento productor de viruta y un cuerpo. Son usadas comúnmente en los tornos, cepillos, limadoras, mandriladoras y máquinas semejantes.

2.1.1.3.1 Materiales para las cuchillas

La parte de trabajo de la herramienta de corte, incluyendo la cuchilla, debe tener alta dureza y capacidad de no perder la dureza con temperaturas elevadas, resistencia al desgaste, y resistencia a las cargas de impacto. Los materiales de los cuales se fabrican deben obedecer los requisitos mencionados.

Se dividen en tres grupos:

En el primero están los materiales que trabajan a bajas velocidades de corte. A éstos pertenecen los aceros al carbono, con una resistencia térmica al rojo de 250-300°C.

El segundo grupo son los que usan velocidades medias de corte, los aceros rápidos, de alta dureza, resistencia al desgaste y a la temperatura al rojo hasta 650°C.

El tercer grupo reúne los que trabajan a altas velocidades de corte, los cermets, fabricados como plaquitas de varias dimensiones y formas que alcanza una resistencia al rojo de 1000°C. Para el labrado de aceros se emplean las aleaciones duras del grupo de titanio-tungsteno-cobalto

2.1.1.3.2 Partes de las herramientas de corte

CARA: Es la superficie o superficies sobre las cuales fluye la viruta o superficie de desprendimiento.

FLANCO: Es la superficie de la herramienta frente a la cual pasa la viruta generada en la pieza o superficie de incidencia.

FILO: Es la parte que realiza el corte. El principal es el que ataca la superficie transitoria en la pieza. El secundario es la parte restante.

PUNTA: Donde se cortan los filos principales y secundarios; puede ser aguda o redondeada.

2.1.1.4 Ángulos en el filo de la herramienta⁷

Las caras de la cuña toman en la parte activa de la misma una línea llama filo. Por lo general, se consideran también como tal las partes de las caras de la cuña inmediatas a esa línea. Estas superficies comprenden ángulos cuya magnitud influye sobre la eficacia de la herramienta.

2.1.1.4.1 Angulo de filo (β).

Un ángulo pequeño ofrece grandes ventajas. Por otro lado no es, posible disminuirlo arbitrariamente, porque con ello crece el peligro de rotura especialmente en el caso de material duro y resistente. Puede ser tanto menor cuanto más blando sea el material que se ha de trabajar. Si el material de la herramienta es muy duro se rompe también fácilmente cuando el citado ángulo es demasiado pequeño.

2.1.1.4.2 Angulo de ataque (γ).

Viene limitado de un lado por la superficie de ataque de la herramienta es decir, por sobre la cual resbalan las virutas, y del otro lado por un plano perpendicular a la zona de trabajo. Su magnitud influye especialmente sobre el tipo de viruta.

⁷ **BARTESCH**, Walter, Alrededor del Torno. Reverte.S.A.. Barcelona - España 1977

Aún cuando sea ventajoso un ángulo de ataque grande, no puede hacerse arbitrariamente, porque tendría que resultar correlativamente menor.

2.1.1.4.3 *Angulo de incidencia (α).*

Es el comprendido entre la superficie de incidencia de la herramienta y la de corte de la pieza. Permite que el punto de contacto entre la pieza y la cuchilla resulte muy pequeño. Se evita el magullamiento y con ello disminuye el rozamiento. Su magnitud viene a ser unos 6...10°.

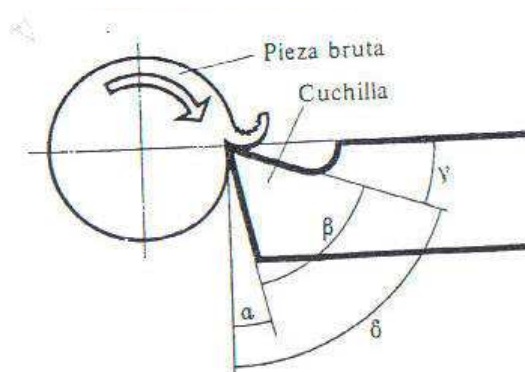


Fig. 11 Ángulos de la cuchilla

α principal de incidencia; β de filo; γ de ataque; δ de corte

2.1.1.4.4 *Magnitud de los ángulos*

Hay que determinarla para cada caso. Existen tablas donde se encuentran magnitudes que se han determinado a base de experiencias. Depende sobre todo de lo siguiente:

- **Material de la pieza.** Los materiales de viruta larga exigen un ángulo de ataque grande y los de corta uno pequeño.
- **Procedimiento de trabajo o del tipo de herramientas.** Torneado, fresado, taladrado, escariado, desbastado, afinado, tallado de roscas, etc.
- **Material de la herramienta.** Los metales duros tienen, ángulos de ataque más pequeños que los aceros de corte rápido o los aceros de herramientas.

2.1.1.5 Procedimiento de trabajo con arranque de viruta

Se trata de un procedimiento para dar forma mediante arranque de partículas, más o menos finas, de material. Corresponden a este tipo de trabajos: el limado, el aserrado, el rascado, el taladrado, el torneado, el fresado y el cepillado.

Estos procesos de trabajo corresponden a lo que se llama mecanizado de piezas donde recibe para ello una determinada forma previa mediante un sistema de trabajo sin arranque de viruta. Después de esto se da a la pieza su forma definitiva mediante arranque de viruta. La operación lleva consigo una pérdida de material. Esta operación exige mucho tiempo de trabajo. Se necesitan para la operación máquinas y herramientas de gran costo. Por esta razón, las piezas conseguidas mediante mecanizado resultan, más caras. Las ventajas mediante el mecanizado son mayor precisión y mejor calidad superficial, y ya que la técnica moderna da cada vez mayor importancia a estas dos circunstancias, ha obtenido gran auge el procedimiento de dar forma a las piezas.

2.1.1.6 Proceso de formación de viruta

En la construcción de maquinaria se aplica diversas herramientas de corte, pero con un principio de trabajo semejante. La cuchilla penetra bajo la acción de fuerza P transmitida por el mecanismo de trabajo del torno, en la capa superficial de la pieza, comprimiéndola al mismo tiempo.

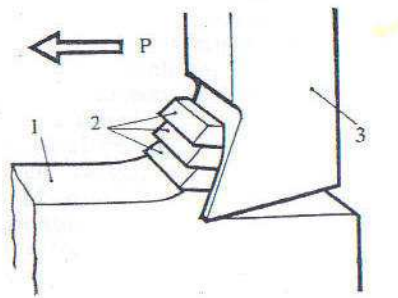


Fig.12 Proceso de formación de viruta

1 pieza a trabajar; 2 elementos de viruta; 3 cuchilla.

En esta capa comprimida surgen esfuerzos internos, y cuando estos superan, con la penetración siguiente de la cuchilla, las fuerzas cohesivas entre las moléculas del material, el elemento comprimido se rompe y se desliza hacia arriba por la superficie de trabajo de la cuchilla. El movimiento siguiente de la cuchilla comprime, rompe y desplaza los elementos inmediatos del metal formando la viruta.

2.1.1.6.1 Tipos de viruta

Según las condiciones del maquinado y del material a trabajar resulta la viruta de varias formas, como se muestra en la figura 13.

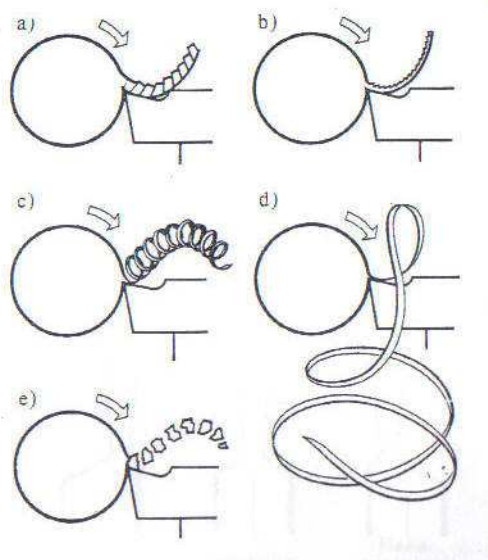


Fig. 13 Tipos de viruta

a) De elementos; b) escalonada; c) fluida continua de espiral; d) fluida continua de cinta; e) fraccionada.

VIRUTA DE ELEMENTOS, conocida como viruta de cortadura, se obtiene al trabajar metales duros y poco dúctiles con bajas velocidades de corte

VIRUTA ESCALONADA, se forma al trabajar aceros de la dureza media, aluminio y sus aleaciones con una velocidad media de corte: Esta representa una cinta con la superficie lisa por el lado de la cuchilla y dentada por la parte exterior.

VIRUTA FLUIDA CONTINUA, se obtiene al trabajar aceros blandos, cobre, plomo, estaño y algunos materiales plásticos con altas velocidades de corte.

VIRUTA FRACCIONADA, se forma al cortar materiales poco plásticos (hierro colado, bronce) y consta de trocitos separados.

2.1.2 EL TORNO DE ALFARERO

Es una máquina de tracción humana o eléctrica. Consistente en una superficie redonda y plana solidaria a un eje que se hace girar a una velocidad regulable entre 30 y 120 rpm aproximadamente. Sobre la platina el alfarero modela o tornea, con las manos mojadas en barbotina, por medio de apretones y estiramientos una pella de arcilla o pasta cerámica.

Antiguamente, el torno era movido por el pie del alfarero, que actuaba sobre una pesada rueda de madera, de unos dos metros de diámetro y diez centímetros de espesor, que le confería al sistema suficiente inercia para girar constantemente a pesar de la presión y el freno que ejercía el alfarero sobre el barro.

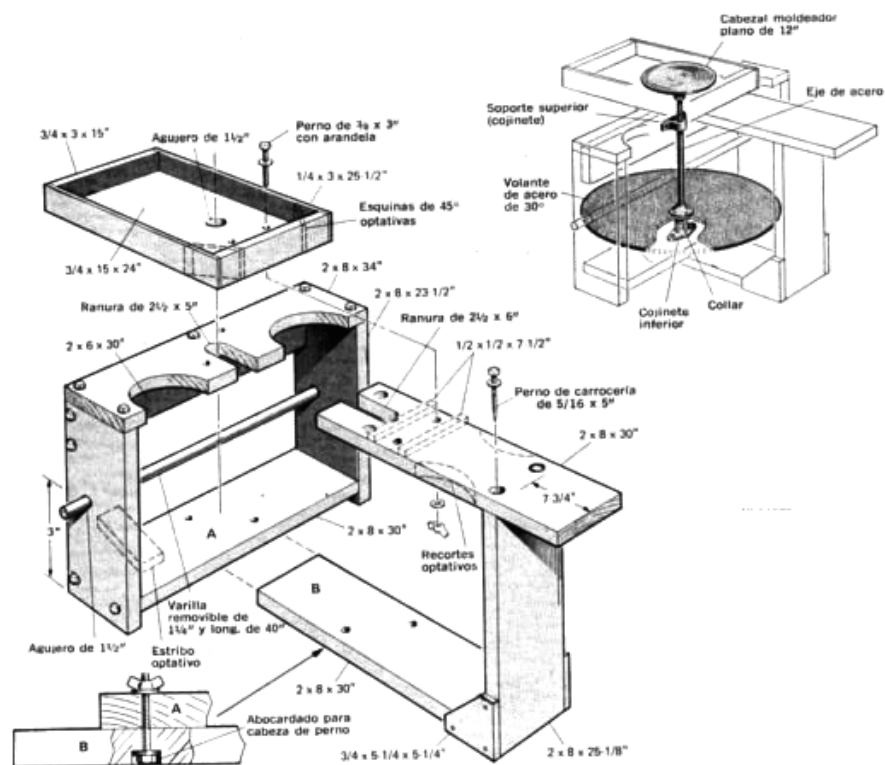


Fig. 14 Partes constitutivas del torno de alfarero

El torno moderno de alfarero suele tener un motor eléctrico, y un dispositivo mecánico o electrónico que permite variar y ajustar en cada momento la velocidad de giro más adecuada.



Fig. 15 Torno moderno de alfarero

2.2 ESTUDIO DEL TORNO ACTUAL

Como se menciona en el capítulo 1 en la descripción del proyecto pic-098, se tiene como antecedente que en la Planta Piloto se logra llegar a la elaboración de aisladores y el proceso de formado se realiza por medio de un torno mecánico-manual diseñado exclusivamente para este fin.

El trabajo a desarrollarse en la automatización se hace sobre torno existente al cual se realizarán las pertinentes implementaciones con la finalidad de lograr los objetivos.

Es importante analizar la situación actual del torno existente tanto en su estructura, funcionalidad, condiciones requeridas bajo las cuales fue diseñado y la descripción de todas sus partes constitutivas; además debido a que el tiempo fuera de uso ha sido bastante grande habrá que estudiar las condiciones de operatividad en las que se encuentra.

2.2.1 CRITERIOS UTILIZADOS PARA EL DISEÑO DEL TORNO ACTUAL⁸

Para el diseño del torno se han tomado en cuenta los factores de seguridad del operador, esto es, darle a la maquinaria una estructura segura, a las partes mecánicas en rotación dotarles de recubrimientos que eviten el contacto directo con el operario mientras se encuentren en funcionamiento con el fin de evitar accidentes; así como también que el diseño sea económico, es decir, que tenga el menor número de piezas, que ocupe el menor espacio, y finalmente: fuerzas de corte que actúan sobre la cuchilla, potencia de corte, momento torsional sobre el eje y, además, que el material utilizado resista los esfuerzos a los cuales va a ser sometido, esto es el esfuerzo torsor para los ejes y poleas, y de flexión para los ejes, parámetros que deben estar por encima del punto de cedencia del material utilizado.

Los parámetros considerados son:

- La capacidad del torno
- El material a tornearse.
- La potencia requerida para tornear las piezas cerámicas.
- Velocidad de corte y profundidad de avance del portaherramientas
- Los esfuerzos, de torsión, de flexión, y el punto de cedencia del material utilizado.
- Distancia entre puntos del torno
- La distancia entre ejes de las poleas.
- Material de la banda utilizada, longitud de la banda.
- Tipo de sujeción para las barras cerámicas
- Material de los perfiles, el cual debe ser resistente a la abrasión.
- Velocidad angular del eje principal.
- Tipo de rodamientos para los ejes.
- Tipo de acabado de los elementos del torno.

⁸ CAÑADAS, Edison, Diseño y construcción del equipo periférico para formado por extrusión, tesis de grado previa la obtención del título de ingeniero químico, octubre 2000

2.2.2 PARTES COSTITUTIVAS

De acuerdo a sus características generales se trata de un torno vertical del tipo alfarero por su constitución de rotación axial del elemento a formarse, con un portacuchillas accionado por palanca manual fijado sobre una bandeja de soporte, como se ve en la foto 12.



Foto 12 Torno de la Planta Piloto en estado actual

Esta montado sobre una mesa metálica formada por tubo de acero cuadrado de 1 pulgada que sirve como soporte de los mecanismos, y para darle la suficiente altura para que el operario de estatura promedio pueda trabajar de pie. Por las fuerzas centrífugas de rotación generadas por la máquina la base estructural es robusta y adicionalmente para darle una fijación total se tiene sujetado las patas del soporte por medio de tirafondos al piso; esto garantiza la estabilidad del mecanismo ante las fuerzas experimentadas.

Sobre la estructura metálica antes mencionada se encuentra fijado el sistema de rotación axial para la pieza a ser formada, este consta de un motor monofásico de 120v, con terminales conexionables para escoger el nivel de voltaje y la dirección de giro; frecuencia de 60Hz, velocidad nominal 1750rpm y

potencia $\frac{1}{2}$ HP. Para el arranque del motor se utiliza una botonera doble del tipo marcha paro para arranque directo.

La transmisión desde el eje del motor hacia el eje de rotación del porta-material se lo realiza mediante una polea como se ve en la foto 13



Foto 13 Sistema de transmisión de la rotación del torno actual

Sobre este sistema se encuentra una bandeja base que cumple las veces de mesa de apoyo como es el caso de un torno tipo alfarero, pues sobre esta se ubica el porta material y sus respectivas sujeciones.

El cilindro cerámico a ser moldeado se insatala sobre el porta material que consta de dos piezas, la primera sirve de sujetador inferior y permite fijar el cilindro a través de su agujero, y la segunda actúa como tapa y hace de acoplamiento para el sujetador superior.

El porta material es desmontable de tal modo que permita al operario la colocación del cilindro de forma rápida, segura y cómoda para garantizar que este quede completamente fijado.

El conjunto comprendido entre los elementos descritos es colocado por el operario sobre el soporte inferior, logrando integrar este al sistema de rotación.

Para asegurar el cilindro por la parte superior, se cuenta con un sujetador móvil que puede ser desplazado en forma vertical para facilitar la remoción del porta material y a su vez permitir asegurar la pieza previo al trabajo de formado. Esta característica es una variante del torno tipo alfarero debido a las condiciones propias requeridas para este trabajo.

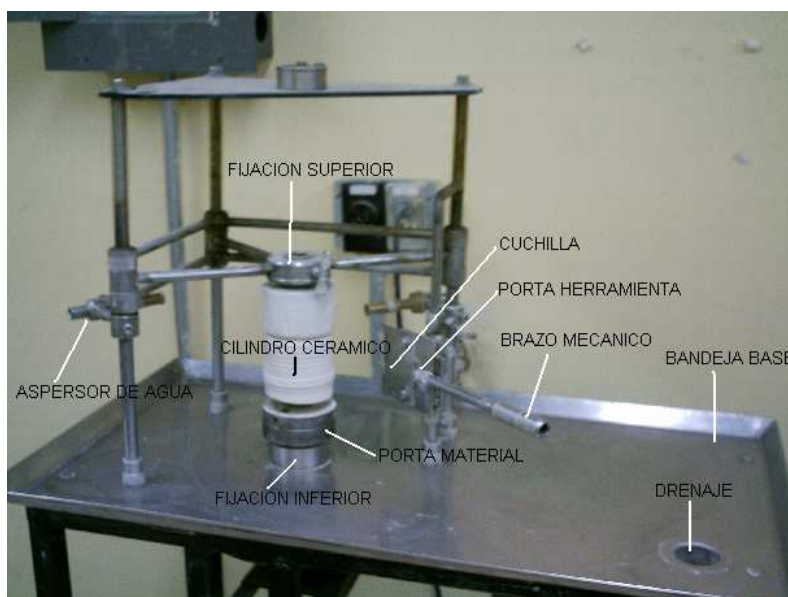


Foto 14 Detalle de las partes constitutivas del torno actual.

La cuchilla con la forma geométrica del aislador tipo 53-3 utilizada para el formado se coloca sobre el porta herramientas, el mismo que va unido al brazo mecánico que es el enlace entre la máquina y el operario permitiendo a este la manipulación de la cuchilla para realizar el trabajo. Todo esto cuenta con una fijación de doble pivote empotrada al parante vertical derecho visto en la foto 14.

Un drenaje colocado sobre la bandeja permite la evacuación de los residuos producto del trabajo de formado del aislador.

Dos aspersores de agua del tipo utilizado para manguera de jardinería están colocados uno frente al otro para humidificar el cilindro, suavizar el material y evitar la generación de polvo. Estos aspersores no se encuentran conectados.

Una vez revisadas las partes que componen el torno actual, se hace un análisis del estado de operatividad del mismo, pues el tiempo fuera de servicio del equipo es de alrededor de tres años y medio.

Se obtiene que las partes móviles se encuentran carentes de lubricante y llenas de polvo, esto se debe a que los trabajos que se realizan en la planta piloto involucran el tratamiento de materias primas de granulometrías por debajo de los 20um haciendo que el ambiente en general se vuelva lleno de este tipo de residuos.

El porta material al ser colocado sobre la fijación inferior no conserva su verticalidad por lo que será necesario hacer una alineación. Además el acoplamiento entre las partes presenta espacios libres haciendo que en la rotación se presenten vibraciones.

La cuchilla ha perdido su filo por completo; la forma geométrica del aislador no coincide y presenta desalineación respecto al porta herramientas.

Existe un cabeceo de toda la mesa de soporte cuando se pone en marcha el motor esto se debe a que los tirafondos que fijan la mesa al suelo están incompletos y los que quedan están flojos.

Se realizan las adecuaciones básicas necesarias para poner al torno operativo y hacer tres pruebas de formado para determinar las características de operación puesto que no existe ni registro ni manual de usuario y únicamente se cuenta con la información del encargado de la Planta Piloto quien no esta al tanto de los detalles de funcionamiento.

Surgen problemas ante las pruebas realizadas, el primero radica en la falta de cilindros cerámicos adecuados; los únicos que existen son los sobrantes de producciones anteriores realizados hace más o menos tres años y medio, por ende la textura es extremadamente dura, haciendo que los intentos de formado terminen en fracturas de la pieza.

El segundo se debe al desconocimiento del adecuado sistema de fijación obteniéndose vibraciones en el sistema que concluyen en la formación de estrías en el momento de la incisión. Finalmente al no tener un ángulo de insicion fijo gracias a que el brazo mecánico permite al operario poner la cuchilla en cualquier posición, se provocan choques bruscos entre la cuchilla y el cilindro haciendo que rebote el brazo, siendo esto de considerable peligro.

2.3 MECANISMOS DEL TORNO A SER IMPLEMENTADOS

Una vez que se conoce la base sobre la que se va a desarrollar la automatización se plantean las pautas adecuadas para satisfacer los requerimientos de la misma.

Se parte del criterio de mantener el sistema de moldeado manual con la proyección de que el torno no quede limitado a la formación de aisladores ya que en la Planta Piloto se desarrollan investigaciones para el desarrollo de otros elementos que necesitan del formado por torneado como es el caso de la elaboración de bujías.

2.3.1 REQUERIMIENTOS PARA LA IMPLEMENTACION

Además de las condiciones que se requieren para mantener las características de formado del torno actual se presentan las que se generan de acuerdo a las necesidades de operatividad del torno automatizado.

- La técnica de formado hace una combinación de la utilizada para el torneado por medio del arranque de viruta como es la característica propia de un torno universal, con la de alfarero para la elaboración de artículos artesanales. Esta se obtiene por medio de la utilización de la cuchilla preformada de acuerdo a la geometría del aislador 53-3, que hace las veces de la mano del alfarero que utiliza la presión constante sobre la pieza para irla dando forma, y utiliza el eje del soporte vertical del torno para reemplazar el trabajo realizado por la otra mano haciendo contrapresión evitando la deformación y logra una compactación uniforme.

- El movimiento de la cuchilla de trabajo debe conservar los grados de libertad que presenta el torno actual de tal manera que el torno automatizado emule el trabajo que realiza el operador.
- La velocidad de incisión de la cuchilla debe ser regulable para poder seleccionar la adecuada luego de las pruebas de formado.
- El avance del útil será progresivo y a pasos muy finos para evitar fracturas en la pieza y darle continuidad al arranque de viruta, manteniendo siempre la presión sobre el cilindro.
- Los periféricos mecánicos deben ser robustos, con fijaciones rígidas y que formen un solo cuerpo con la mesa de soporte principal del actual torno.
- El material de los periféricos tendrá características de resistencia a la abrasión y al desgaste por fricción.
- El mecanismo contará con partes desmontables, de fácil remoción y reemplazo, con la finalidad de hacer arreglos ante posibles daños y permita facilidades de mantenimiento.
- Para el correcto arranque de viruta y acabado del aislador se requiere que el usillo porta herramientas facilite el movimiento de la cuchilla en la insicion con diferentes ángulos para poder seleccionar el adecuado de acuerdo a las pruebas que se realicen.
- El aspersor de agua debe generar una humidificación uniforme y de poca cantidad, no como en el caso actual donde se rocía un chorro de agua haciendo que se altere completamente la humedad del cilindro.

2.3.2 PARTES Y PIEZAS A SER CONSTRUIDAS

Para cumplir con los requisitos antes descritos se plantean tres soluciones, y para esto se estudian las características de construcción y trabajo tanto del torno universal como del alfarero para obtener las guías pertinentes que permitan seleccionar e implementar los adecuados para este caso.

Se plantea la utilización de un porta herramientas al cual se adapten sistemas mecánicos que permitan su movimiento angular para mantener la forma del portaherramientas existente, pero luego del respectivo análisis se llega a la conclusión que no es viable, gracias a que este tipo de movimiento, si bien haría

el desgaste del cilindro y se apega más a las características de operación del alfarero sobre el torno, el ángulo de la insición de la cuchilla no se mantiene constante y va variando conforme esta se introduce sobre el cilindro, esto genera una afectación directa sobre la vida útil de la cuchilla, además el tipo de viruta generada cambia de acuerdo al ángulo de inserción reflejándose en la variabilidad en la textura final del acabado.

Una segunda solución se presenta con la utilización de un sistema de rieles fijados sobre la mesa actual, sobre los cuales se monta el portaherramientas con la cuchilla y rodamientos para evitar la fricción. Para su avance se utiliza motores de pasos con transmisión por medio de bandas o correas, siguiendo las características que presentan algunos tornos universales. El problema obtenido de esta propuesta radica en las posibilidades de que la transmisión patine por sobre esfuerzos en el recorrido y esto parte de las condiciones en el tamaño de la implementación ya que deben ser bastante pequeñas y robustas causando que el diseño mecánico sea de alta precisión y con materiales muy específicos. La utilización de rodamientos lineales queda descartada por las complicaciones que presenta para el mantenimiento, lubricación y recambio de piezas averiadas.

Finalmente y tomando en base a los intentos anteriores se combinan las ventajas de cada uno y se obtiene que la mejor opción adecuada se da con la utilización de un cabezal móvil montado sobre un cabezal fijo con acoplamiento angular de 60% para una mejor sujeción entre sí facilitando el desplazamiento más firme entre sí. El recorrido del cabezal está manejado por un sistema de tornillo sin fin y cremallera, por las ventajas que presenta, siendo estas:

- Logra convertir el movimiento angular generado por un motor en movimiento lineal.
- El acoplamiento entre la cremallera y el tornillo sin fin permite ganar en torque.
- La rotación de una vuelta del tornillo sin fin provoca el desplazamiento igual al tamaño de un paso en la rosca de la cremallera esto hace disminuir la resolución del ángulo de rotación del tornillo en el caso de la utilización de un motor de pasos, o la disminución de la velocidad de insición cuando se

utiliza motores de continua, sin que se baje la velocidad de estos, por ende manteniendo su torque.

- El acoplamiento entre el tornillo sin fin y la cremallera permite un bloqueo mecánico que aísla: los efectos de la presión generada por el torneado, del esfuerzo del movimiento del motor para mantenerla; haciendo que la fuerza que genera la presión sobre el cilindro se contenga en la cremallera y no se transmita al motor de tal modo que el torque de este es solamente para vencer la inercia y la fricción del mecanismo. Con este efecto se logra la uniformidad de la incisión evitando la formación de estrías y fracturas del cilindro.

Para el movimiento de avance del cabezal se utiliza motores de pasos, detalle que se describirá posteriormente.

2.3.2.1 **La bancada**

Como se va a mantener las características del torno actual, se hace la implementación sobre las partes ya existentes por lo tanto como bancada se cuenta con la mesa sólida de acero sobre la cual se encuentra la bandeja de acero inoxidable.

Para ubicar el cabezal móvil será necesario recortar el filo posterior de la bandeja y anexar una platina sujeta a la mesa la que sirve de soporte al cabezal fijo.

2.3.2.2 **El cabezal fijo**

Se mantiene el existente que consta de una platina fijada en la mesa y sobre la cual se encuentra montado el motor que da la rotación a la pieza a tornearse.

2.3.2.3 **Carro principal de bancada**

Consta de un riel elaborado de acuerdo a la forma detallada en el la figura 16. La forma angular del riel permite un mejor movimiento del carro de desplazamiento transversal impidiendo fricciones laterales que generarían vibraciones en la cuchilla y por ende produciría malformaciones en el acabado de la pieza.

En el centro sobre el eje longitudinal cuenta con una abertura que deja albergar el tornillo sinfín utilizado para el desplazamiento del cabezal móvil. Este se monta sobre una chumacera a cada extremo para asegurarlo sobre el carro principal de bancada, con esto se minimiza el rozamiento que se produce por la rotación del tornillo sobre el riel.

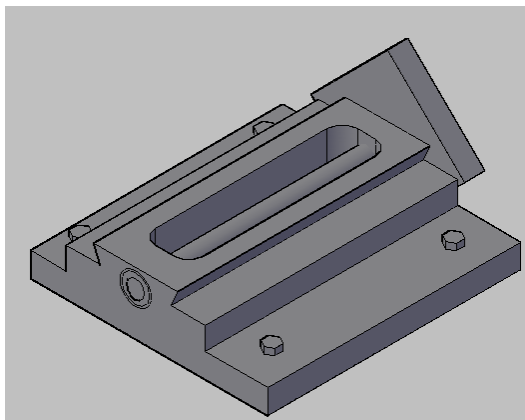


Fig. 16 Carro principal de bancada.

Las partes mecánicas a implementarse no son adaptaciones de piezas ya elaboradas, sino son construidas bajo las especificaciones de los requerimientos del presente torno, por lo tanto se tiene que el conjunto implementado presenta las características ideales para el funcionamiento.

Para mayor referencia el ANEXO 1 presenta un detalle completo de las partes mecánicas a implementarse.

2.3.2.4 Carro de desplazamiento transversal

Una base sólida en acero con forma opuesta al carro principal de bancada se acopla exactamente para realizar el desplazamiento lateral del torno. Este se fija a la cremallera del tornillo sinfín del carro principal de bancada por medio de dos tornillos quedando así perfectamente acopladas.

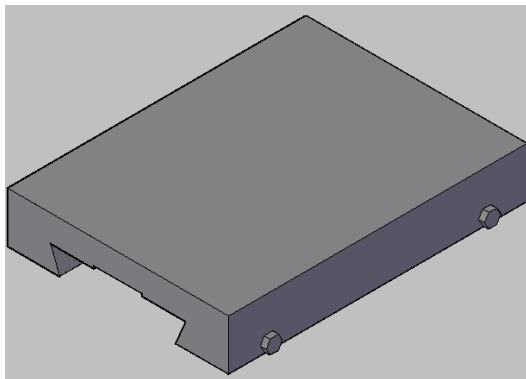


Fig. 17 Carro de desplazamiento lateral.

2.3.2.5 Carro fijo frontal

Para lograr los dos grados de libertad de movimiento de la herramienta de trabajo, se implementa un segundo sistema conformado por la combinación de un carro fijo y uno móvil montado sobre el grupo anteriormente descrito utilizado para el desplazamiento lateral.

Tiene la forma de la figura 18, que del mismo modo que el caso del lateral cuenta con un tornillo sinfín (acero) y cremallera (bronce) acoplados al cabezal por medio de dos chumaceras.

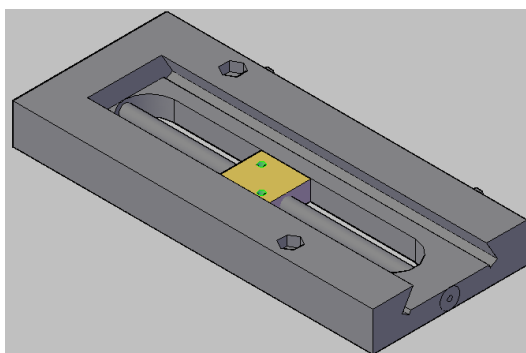


Fig. 18 Carro fijo frontal.

Cabe recalcar que este carro es fijo considerando el movimiento frontal, ya que si consideramos todo el conjunto este se mueve igual que el carro de desplazamiento lateral.

2.3.2.6 Carro de desplazamiento frontal

Se trata de una pieza de acero que tiene la forma opuesta al riel del carro fijo frontal para su acoplamiento, se complementa con una cuña regulable montada sobre la pared interna; el objetivo de esta es hacer que el rozamiento producido por el desplazamiento que genera desgaste, no afecte a ninguno de los dos carros, sino mas bien sea absorbido por esta.

Cuando exista desgaste se puede ir regulando la cuña para mantener la uniformidad de movimiento y evitar repentinos bloqueos o efectos de vibración en el usillo porta herramientas y en la cuchilla.

Cuando el desgaste sea mayor y la cuña se haya deteriorado, esta debe ser cambiada por una nueva de las mismas características, sin que esto produzca un costo significativo si lo comparamos con cambiar todo el carro.

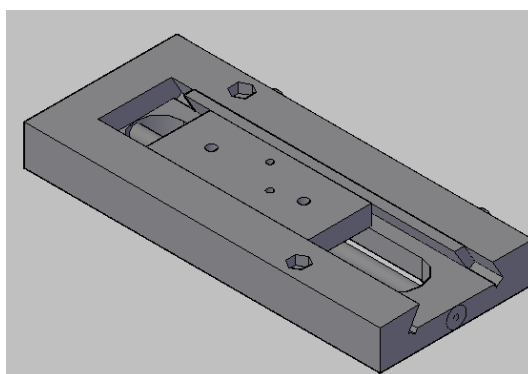


Fig. 19 Carro de desplazamiento frontal, montado sobre el carro fijo frontal a través de la cuña.

En el carro fijo frontal se monta una tapa que cubre y acopla los dos. La finalidad de esta radica en la necesidad de contar con una base de mayor superficie que ayude a soportar el usillo porta herramientas y la cuchilla, adicionalmente el que esta sea desmontable y no en una sola pieza da mayores facilidades para el mantenimiento.

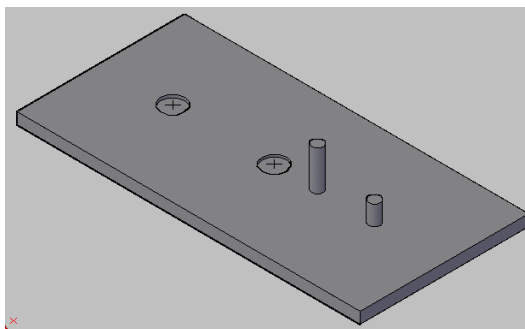


Fig. 20 Tapa del carro de desplazamiento frontal.

La tapa con el soporte para fijar el usillo porta herramientas esta formado de dos soportes, uno sirve de pivote y el otro sujeta al usillo independientemente del ángulo que se ponga en la cuchilla.

2.3.2.7 Porta herramientas

Está formado por una pieza constituida de dos partes unidas ortogonalmente. La base cuenta con dos agujeros: el uno permite acoplar el porta herramientas a la tapa del carro de desplazamiento frontal en el pivote que hace de eje para girar la cuchilla y darle varios ángulos de incisión a la cuchilla, y el otro se acopla al eje que da la fijación al porta material a través de la pieza de fijación.

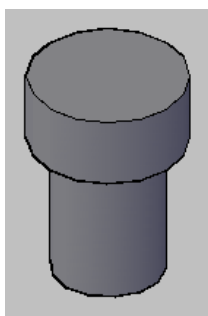


Fig. 21 Pieza de Fijación

Para sujetar la cuchilla se cuenta con dos agujeros, como se muestra en la figura 22.

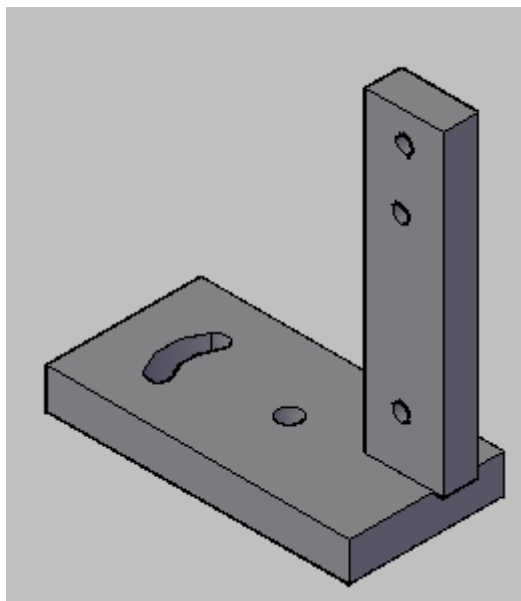


Fig. 22 Porta herramienta.

2.3.2.8 Cuchilla

Lo abrasivo que se vuelve el cilindro cerámico a ser formado gracias a que en su formulación cuenta con cuarzo, requiere que el material de la cuchilla sea de un material muy resistente, para que no exista mayor desgaste en la cuchilla y que las partículas que se desprendan de esta no contaminen el cilindro alterando su composición.

El hierro queda descartado pues se desgasta fácilmente adhiriendo hierro al cilindro, anulando el trabajo de tratamiento del cuarzo en la etapa de eliminación de hierro utilizando el separador magnético como se describe en el sub capítulo 1.2.1.6.

El titanio-tungsteno-cobalto presenta las mejores condiciones para el trabajo, sin embargo se descarta su utilización por el costo y dificultad que representa su elaboración. El acero inoxidable se vuelve la opción aplicable para la construcción de la cuchilla.

Es construida con la forma Geométrica del aislador tipo 53-3, y cuenta con dos agujeros que le permiten sujetarse al porta herramientas por medio de dos

tornillos con sus respectivas tuercas. Se añade una rodela que permite alinear la cuchilla con respecto al cilindro a tornearse.

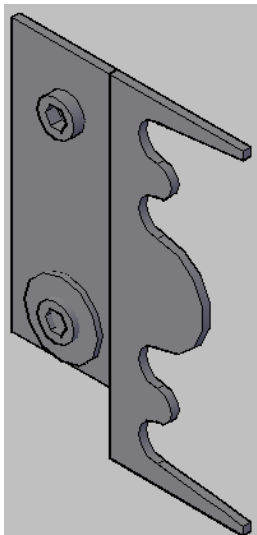


Fig. 23 Cuchilla.

2.3.2.9 Motores

Se utilizara motores de pasos para darle movimiento al mecanismo implementado, estos se acoplan a los tornillos sin fin tanto del carro fijo frontal como lateral por medio de prisioneros hexagonales.

En el Anexo 1 se puede ver el la piezas mecánica implementadas y los motores de pasos montados ya en un solo cuerpo.

2.4 MOTORES DE PASOS

Se selecciona al motor de pasos como el más adecuado para la implementación pues, permite hacer un control discreto lo suficientemente fino para la aplicación gracias que se usan motores de 200 pasos por vuelta esto implica 1.8° por paso.

La combinación del movimiento discreto del motor de pasos acompañado del sistema de tornillo sin fin y cremallera hace que el avance de la cuchilla sea suave y preciso. Así, con una vuelta del eje del motor se logra el avance igual a la distancia entre paso y paso del tornillo. Considerando que el paso del tornillo

sinfín del carro de desplazamiento frontal es de 1mm, el movimiento lineal frontal del carro será de 0.005mm; para el caso del carro lateral el paso del tornillo es de 3mm lo que representa 0.015mm. Estos datos sirven para la implementación del programa de control en el PLC.

Se revisan las características de varios tipos de motores de pasos, de sus fabricantes, pero sobre todo los que se pueden encontrar en el mercado nacional puesto que la importación implica retardos de 8 semanas en el transporte mas el tiempo de trámite en aduana, y sin considerar el tiempo que representa en conseguir el distribuidor. Esto retardaría considerablemente el desarrollo del proyecto y se saldría del cronograma estipulado por el FUNDACYT para la entrega del mismo. El costo también es una razón por la que se evita la importación.

Se escoge un motor marca FUJI para el movimiento del carro lateral y uno SANYO para el movimiento frontal, las características de estos motores se expondrán mas adelante.

2.4.1 Definición y características del motor de pasos

Son motores que convierten una información digital en movimientos discretos, es decir, desplazamientos por ángulos al cambiar el código digital proporcionado. Una de las principales características que distinguen a estos motores es el número de pasos por vuelta. La precisión de estos es del 3% al 5%, no siendo acumulativo el error cometido en "n" pasos dados.

En principio, no hay roces en los giros, ya que no disponen de escobillas, siendo así larga la vida de estos dispositivos, permitiendo un buen control de velocidad en lazo abierto en un determinado margen de velocidades. Como desventajas, tienen ciertas posiciones estables que pueden dar resonancias mecánicas y, por ello, una frecuencia máxima de cambio de ángulo.

Además, a idéntico tamaño con uno de corriente continua, el motor paso a paso ofrece menor par y velocidad.



Fig. 24 Motores de pasos

Los motores paso a paso son ideales para la construcción de mecanismos en donde se requieren movimientos muy precisos.

La característica principal de estos motores es moverlos un paso a la vez por cada pulso que se le aplique. Este puede variar desde 90° hasta pequeños movimientos de tan solo 1.8° ; es decir, que se necesitarán 4 pasos en el primer caso y 200 para el segundo caso, para completar un giro completo de 360° .

Poseen la habilidad de poder quedar enclavados en una posición o bien totalmente libres. Si una o más de sus bobinas están energizadas, el motor estará enclavado en la posición correspondiente y por el contrario quedará completamente libre.



Fig. 25 Imagen del rotor

Básicamente están constituidos por un rotor sobre el que van aplicados distintos imanes permanentes y por un cierto número de bobinas excitadoras en su

estator. Toda la conmutación deber ser externamente manejada por un controlador.



Fig. 26 Imagen de un estator de 4 bobinas

2.4.2 Motores de Pasos de imán permanente

Las características se resumen de la siguiente forma:

- Par elevado.
- Buen par.
- Inercia propia elevada.
- Notable amortiguamiento.
- Bajas frecuencias de trabajo.

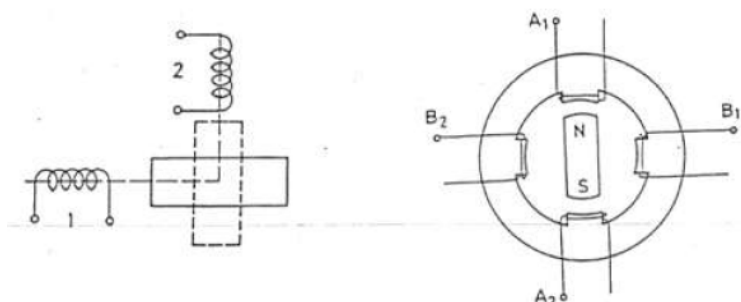


Fig. 27 Distribución de bobinas en un motor de pasos de imán permanente

Introduciendo impulsos según la secuencia A1, B1, A2, B2, se producen giros sucesivos de 90° al orientarse el imán en la dirección del campo magnético creado cuando se activa la correspondiente bobina.

Como se aprecia, un aumento del número de pasos o polos implicará una resolución mejor. Por esto una manera de aprovechar mejor estos motores es aumentar los polos de la forma que se expone a continuación:

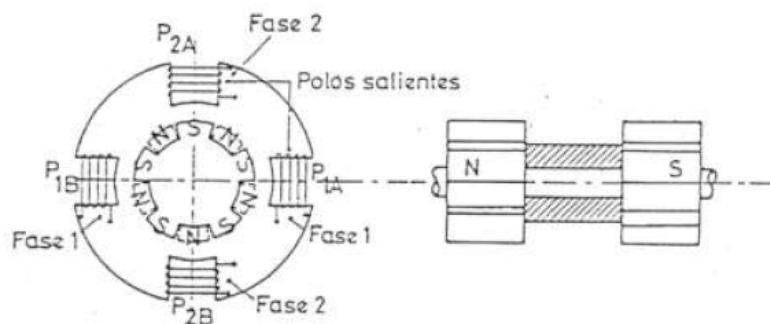


Fig. 28 Distribución de polos en un motor de pasos

2.4.2.1 Motor de pasos unipolar

2.4.2.1.1 Secuencias para manejar motores paso a paso Unipolares.

Existen tres secuencias posibles para este tipo de motores. Todas las secuencias comienzan nuevamente por el paso 1 una vez alcanzado el paso final (4 u 8). Para revertir el sentido de giro, simplemente se deben ejecutar las secuencias en modo inverso.

Secuencia Normal. Es la más usada y la que generalmente recomienda el fabricante. Con esta el motor avanza un paso por vez y debido a que siempre hay al menos dos bobinas activadas, se obtiene un alto torque de paso y de retención.

PASO	Bobina A	Bobina B	Bobina C	Bobina D	
1	ON	ON	OFF	OFF	
2	OFF	ON	ON	OFF	
3	OFF	OFF	ON	ON	
4	ON	OFF	OFF	ON	

Fig. 29 Secuencia normal

Secuencia del tipo wave drive. En esta se activa solo una bobina a la vez. En algunos motores esto brinda un funcionamiento más suave. La contrapartida es que al estar solo una bobina activada, el torque de paso y retención es menor.

PASO	Bobina A	Bobina B	Bobina C	Bobina D	
1	ON	OFF	OFF	OFF	
2	OFF	ON	OFF	OFF	
3	OFF	OFF	ON	OFF	
4	OFF	OFF	OFF	ON	

Fig. 30 Secuencia tipo wave drive

Secuencia del tipo medio paso. En esta se activan las bobinas de tal forma de brindar un movimiento igual a la mitad del paso real. Para ello se energizan primero 2 bobinas y luego solo 1 y así sucesivamente. Como se ve en la figura 31 la secuencia completa consta de 8 movimientos en lugar de 4.

PASO	Bobina A	Bobina B	Bobina C	Bobina D	
1	ON	OFF	OFF	OFF	
2	ON	ON	OFF	OFF	
3	OFF	ON	OFF	OFF	
4	OFF	ON	ON	OFF	
5	OFF	OFF	ON	OFF	
6	OFF	OFF	ON	ON	
7	OFF	OFF	OFF	ON	
8	ON	OFF	OFF	ON	

Fig. 31 Secuencia tipo medio paso

Cabe destacar que debido a que los motores paso a paso son dispositivos mecánicos y como tal deben vencer ciertas inercias, el tiempo de duración y la frecuencia de los pulsos aplicados es un punto muy importante a tener en cuenta.

En tal sentido el motor debe alcanzar el paso antes que la próxima secuencia de pulsos comience. Si la frecuencia de pulsos es muy elevada, puede reaccionar en alguna de las siguientes formas:

- Puede que no realice ningún movimiento en absoluto.
- Puede comenzar a vibrar pero sin llegar a girar.
- Puede girar erráticamente.
- Puede llegar a girar en sentido opuesto.

Para obtener un arranque suave y preciso, es recomendable comenzar con una frecuencia de pulso baja y gradualmente ir aumentando hasta la velocidad deseada sin superar la máxima tolerada.

El giro en reversa debe ser realizado previamente bajando la velocidad de giro y luego cambiar el sentido de rotación.

2.4.2.1.2 Resolución de un motor por pasos y ángulo de paso.

La resolución o número de pasos y el ángulo de paso depende de:

- El número de pares de polos del rotor,
- El número de fases del motor,
- El modo de impulsión completa o medio paso

2.4.2.1.3 Ángulo de carga estático.

Es definido como el que esta entre la posición actual del rotor y la final estable para una carga dada. La figura 32 ilustra que a medida que el torque se incrementa lo mismo ocurre con la desviación o giro desde la posición estable.

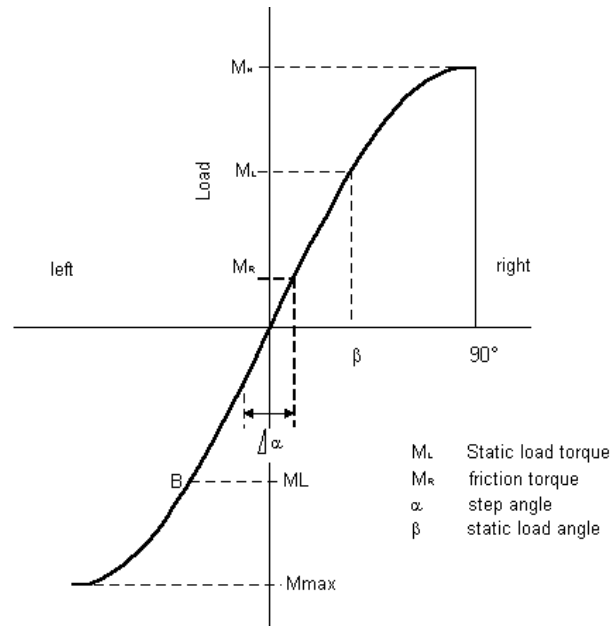


Fig. 32 Curva del ángulo de carga estático

2.4.2.1.4 Torque de fricción.

Es la carga implementada en el eje a través de tolerancias mecánicas en la aplicación.

2.4.2.1.5 Angulo de cargas estático y dinámico.

La “curva del ángulo de carga estático” ilustra lo que pasa a un motor por pasos estacionario bajo carga. Por lo tanto, si el mismo está produciendo torque, el motor deberá estar retrasado con respecto al campo del estator bajo condiciones dinámicas.

2.4.2.1.6 Resonancia.

Es el término usado para definir el efecto que ocurre cuando los motores son rotados en pasos a su frecuencia de oscilación natural. El salto a esta frecuencia natural puede resultar en una pérdida de sincronismo o aún que el motor se detenga.

2.4.3 DETERMINACIÓN DE LOS TERMINALES

Cuando se trabaja con motores P-P usados o bien nuevos, pero en los cuales no se tiene el dato de los terminales. Es posible averiguar la distribución de los

cables a los bobinados y el cable común en un motor de paso unipolar de 5 o 6 cables siguiendo las instrucciones que se detallan a continuación:

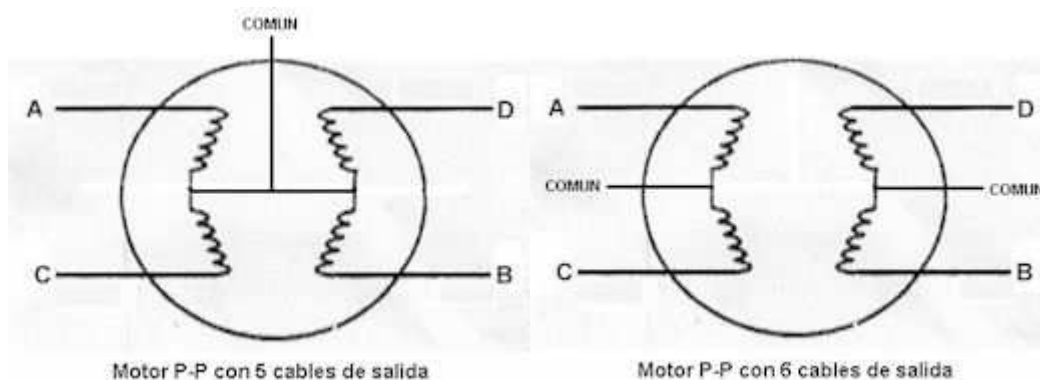


Fig. 33 Terminales de motores de paso unipolares.

Aislar el cable común que va a la fuente de alimentación, como se aprecia en las figuras anteriores, en el caso de motores con 6 cables, estos poseen dos cables comunes, pero generalmente poseen el mismo color, por lo que lo mejor es unirlos antes de comenzar las pruebas.

Se asignan números a los cables de los motores para poder hacer estas pruebas y se tiene:

Para el motor frontal:

Rojo	1
Amarillo	2
Azul	3
Naranja	4
Negro	5
Blanco	6

Utilizando el probador de continuidad se determina que los terminales 1,2 y 5 corresponden a la una bobina y 3,4 y 6 a la otra.

Para el motor lateral se tiene:

Blanco	1
--------	---

Negro	2
Azul	3
Amarillo	4
Rojo	5
Verde	6

Los terminales 1,3 y 5 corresponden a la una bobina y los terminales 2,4 y 6 a la otra.

Usando un ohmetro para chequear la resistencia entre pares de cables, el cable común será el único que tenga la mitad del valor de la resistencia entre ella y el resto de los cables.

Esto es debido a que el cable *común* tiene una bobina entre ella y cualquier otro cable, mientras que cada uno de los otros cables tienen dos bobinas entre ellos. De ahí la mitad de la resistencia medida en el cable *común*.

Para el motor frontal se tiene los siguientes resultados:

Terminales	Prueba 1 (ohmios)	Prueba 2 (ohmios)	Prueba 3 (ohmios)
1 y 2	0,8	0,7	0,7
1 y 5	0,5	0,4	0,5
2 y 5	0,4	0,4	0,4

Tabla 4 Resultados de las pruebas de bobina 1 en el motor frontal.

Terminales	Prueba 1 (ohmios)	Prueba 2 (ohmios)	Prueba 3 (ohmios)
3 y 4	0,7	0,7	0,8
3 y 6	0,4	0,4	0,3
4 y 6	0,4	0,3	0,4

Tabla 5 Resultados de las pruebas de bobina 2 en el motor frontal.

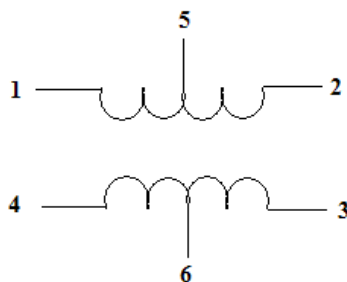


Fig. 34 Distribución de los terminales en los bobinados del motor frontal.

Para el motor lateral se tiene los siguientes resultados:

Terminales	Prueba 1 (ohmios)	Prueba 2 (ohmios)	Prueba 3 (ohmios)
4 y 2	0,6	0,7	0,7
4 y 6	1,4	1,5	1,5
2 y 6	0,7	0,7	0,8

Tabla 6 Resultados de las pruebas de bobina 1 en el motor lateral.

Terminales	Prueba 1 (ohmios)	Prueba 2 (ohmios)	Prueba 3 (ohmios)
5 y 1	0,7	0,8	0,8
5 y 3	1,5	1,3	1,4
1 y 3	0,6	0,7	0,7

Tabla 7 Resultados de las pruebas de bobina 2 en el motor lateral.

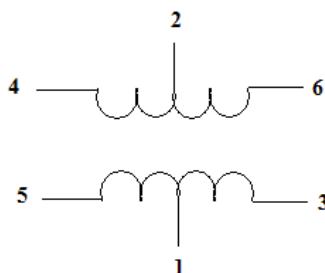


Fig. 35 Distribución de los terminales en los bobinados del motor lateral.

Una vez determinados los terminales de los motores es prescindible saber cual es la secuencia que rige para cada uno, para esto se asume que esta sigue la secuencia A B C D par sentido antihorario y D C B A para horario. Se asignaran estas letras a los números de los terminales de cada motor.

Primero se aplica un voltaje al cable común de acuerdo a los datos de placa de cada motor y manteniendo uno de los otros cables a masa (GND) mientras se va poniendo a masa cada uno de los demás cables de forma alternada y observando los resultados.

Prueba 1:

Para el motor frontal se selecciona un cable y se conecta a masa. Ese será el cable A, que corresponderá al terminal rojo (1). El eje del motor se alineará en una posición.

Para el motor lateral A corresponderá al terminal azul (3)

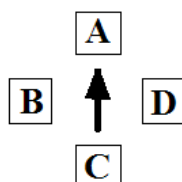


Fig. 36 Prueba 1 de secuencia del motor de pasos

Prueba 2:

Manteniendo el cable A conectado a masa, se prueba cuál de los tres cables restantes provoca un paso en sentido antihorario al ser conectado también a masa. Ese será el cable B, que corresponde al terminal naranja (4) en el motor frontal y el Amarillo (4) en el lateral.

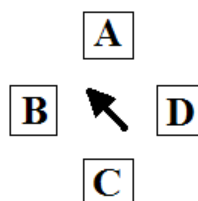


Fig. 37 Prueba 2 de secuencia del motor de pasos

Prueba 3:

Manteniendo el cable A conectado a masa y desconectando el B probar cuál de los dos cables restantes provoca un paso en sentido horario al ser conectado a

masa. Ese será el cable D. Para el motor frontal corresponde al terminal amarillo (2) y para el lateral al terminal verde (6).

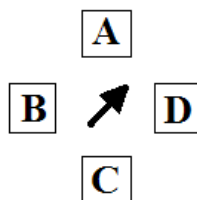


Fig. 38 Prueba 3 de secuencia del motor de pasos

Prueba 4:

El último cable debería ser el cable C. Para comprobarlo, basta con conectarlo a masa, lo que no debería generar movimiento alguno debido a que es la bobina opuesta a la A. El cable C corresponde al terminal azul (3) en el motor frontal y al rojo (5) en el motor lateral.

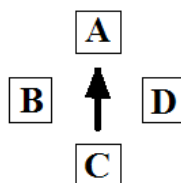


Fig. 39 Prueba 4 de secuencia del motor de pasos

La nomenclatura de los cables (A, B, C, D) y la asignación de terminales de los motores es totalmente arbitraria, pudiendo comenzar las pruebas con cualquiera de los terminales que no sea el o los comunes.

Como referencia para determinar los terminales de las bobinas en motores de pasos bipolares (generalmente de 4 cables de salida), la identificación es más sencilla. Simplemente tomando un ohmetro, podemos hallar los pares de cables que corresponden a cada bobina, debido a que entre ellos deberá haber continuidad (en realidad una resistencia muy baja). Luego se debe averiguar la polaridad de la misma, la cual se obtiene fácilmente probando. Es decir, si conectado de una manera no funciona, simplemente se da vuelta los cables de una de las bobinas y entonces ya debería funcionar correctamente. Si el sentido

de giro es inverso a lo esperado, simplemente se deben invertir las conexiones de ambas bobinas y el H-Bridge.

Además:

- Un motor de paso con 5 cables es casi seguro de 4 fases y unipolar.
- Un motor de paso con 6 cables también puede ser de 4 fases y unipolar, pero con 2 cables comunes para alimentación. pueden ser del mismo color.
- Un motor de pasos con solo 4 cables es comúnmente bipolar.

2.4.3.1 Terminales de los motores de pasos en el tablero

Para tener una referencia adecuada de las conexiones en el tablero de control se han asignado numeraciones a los terminales de los motores de pasos y los demás elementos conectados, en la siguiente lista se describen los mismos:

Motor lateral:

- 15 blanco y negro
- 14 verde
- 13 rojo
- 12 amarillo
- 11 azul

Motor frontal

- 25 blanco y negro
- 24 azul
- 23 rojo
- 22 anaranjado
- 21 amarillo

2.5 TARJERAS DE MANEJO PARA MOTORES DE PASOS

En todo sistema de control de un motor paso a paso, cabe diferenciar entre: etapa controladora, generadora de las señales de control y etapa excitadora o driver electrónico.

2.5.1 ETAPA DE CONTROL

La etapa controladora implementada es de alto nivel en donde el controlador ha de proporcionar fundamentalmente la señal patrón (señal de reloj), para que un circuito de enlace “traductor” se encargue de generar las señales de excitación de los devanados.

Se ha seleccionado el PLC para realizar la automatización del torno (esto se detalla posteriormente), y se busca a través de este manejar los motores de pasos, implementándose una etapa de control de alto nivel, esto involucra la generación de la señal patrón de reloj y comandos de dirección para el motor desde el PLC, siendo necesaria la implementación de una tarjeta electrónica que permita convertir estas señales en las necesarias para la operación de los motores.

2.5.2 CIRCUITO DE ENLACE

Tanto la etapa de excitación como la de control, que para el caso se trata de un circuito de enlace “traductor”, se implementarán en una misma tarjeta, siendo necesario elaborar dos idénticas e independientes, una para cada motor.

La idea de crear tarjetas independientes para cada uno de los motores parte de mantener la filosofía de todo el proyecto de automatización del torno que consiste en contar con partes, piezas y equipos completamente independientes que por una parte faciliten el mantenimiento y por otra sean fácilmente removidos en caso de daños fallas o pruebas durante y después de terminado el proyecto. Esto garantiza que al existir averías en cualquier parte del sistema, se cambie únicamente la etapa averiada.

Utilizando el PLC para generar los pulsos de reloj y el comando de dirección de giro del motor se busca reducir el uso de salidas del mismo, debiéndose utilizar el circuito “traductor” para este fin. Primeramente se analiza la posibilidad de generar directamente los pulsos de control desde el PLC pero se necesita un número de salidas igual al número de terminales de bobina de cada motor, como se utilizan dos son necesarias 8 salidas, que de ser así no existe problema y se

selecciona un PLC con mayor número de salidas, pero teniendo en cuenta que lo que se busca es reducir en uso de salidas y utilizar el menor número posible de estas, se descarta esta posibilidad, pues para el caso de una ampliación de más tornos para mayor producción y el control se realiza con el mismo PLC, se requerirían 4 salidas por cada motor. Un ejemplo para comparar esta opción con las siguientes es el siguiente:

Dado el caso que se utilicen 10 motores de pasos, con esta técnica se necesitan 40 salidas del PLC.

Por las razones expuestas, la implementación del circuito “traductor” se justifica.

Para este fin se plantea el uso de multiplexores que se encarguen de recibir las señales del PLC y generar las de excitación a los motores, pero del análisis se encuentra que no existe una disminución de entradas, más bien se mantienen y el algoritmo de control se hace más complejo.

El uso de un microcontrolador es otra opción logrando buenos resultados; la reducción de salidas se da a la mitad, ahora se tiene dos salidas por motor una con la orden de giro antihorario y la otra de giro horario; así para el caso del ejemplo planteado con los 10 motores se necesita 20 salidas. Pero se descarta esta posibilidad porque se subutiliza el microcontrolador ya que existe un PLC para la automatización.

Lo más viable es la utilización de un circuito de registro de desplazamiento por las siguientes razones:

- El registro desplazado se convierte en la señal que va al circuito de excitación.
- Para el manejo del desplazamiento del registro se requiere de dos señales de control, la una ordena el sentido de desplazamiento, por ende el giro y la otra la señal de reloj que hace variar la velocidad de rotación. Son necesarias tres salidas del PLC dos para la dirección y una de reloj.

- Un registro de desplazamiento se puede encontrar en un circuito integrado de bajo costo, como el caso del 74LS194.
- La reducción del número de salidas utilizadas del PLC es notoria, mientras mayor sea el número de motores de pasos implementado mejor se nota la optimización de salidas. Para el ejemplo planteado de 10 motores, se usa dos salidas de señal para todos los motores, y una salida independiente para cada uno como pulsos de reloj para variar la velocidad, dando 12 salidas en total. En conclusión con esta técnica el número de salidas que se ocupan del PLC es igual al número total de motores más dos.

Las características técnicas del circuito integrado 74LS194 (registro de desplazamiento) se muestran en el anexo 2.

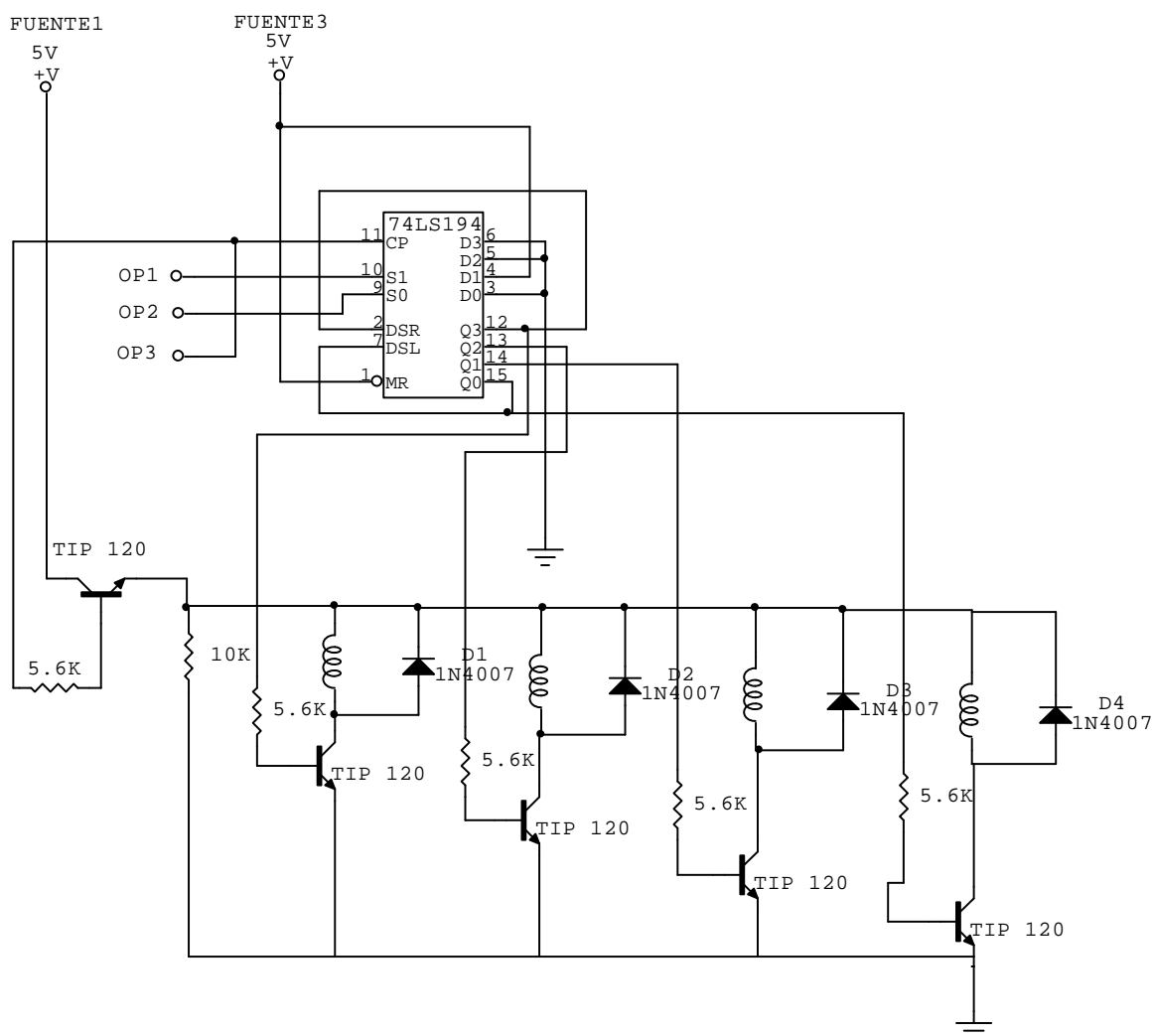


Fig. 40 Circuito de excitación y enlace del motor de movimiento frontal del torno

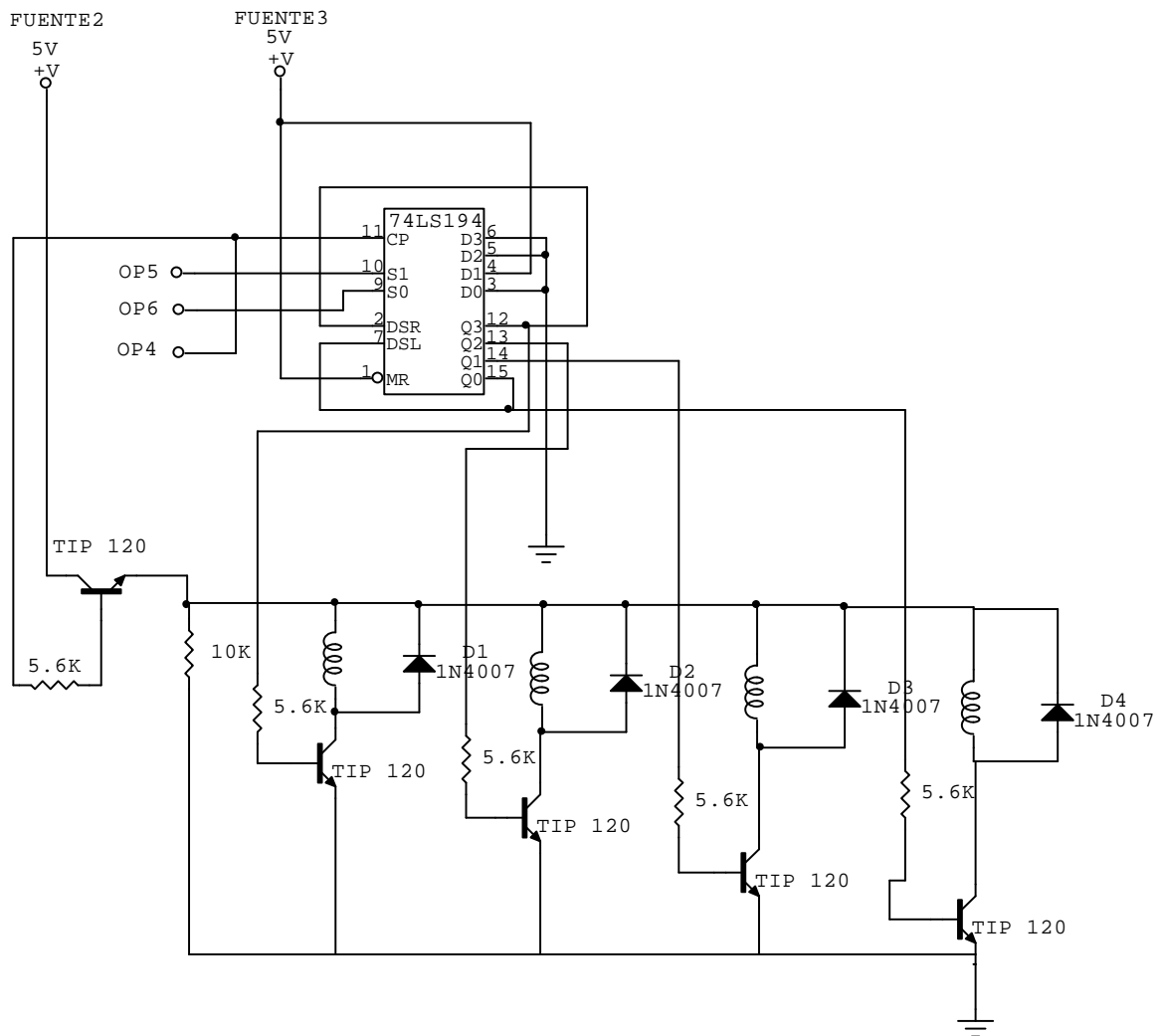


Fig. 41 Circuito de excitación y enlace del motor de movimiento lateral del torno

Las pruebas del circuito a implementarse se realizan dando señales desde el PLC al circuito de enlace: el dato a desplazarse en el registro de 4 bits se coloca en los pines A, B, C y D del integrado 74LS194, el dato es 0100. El 1 lógico será el que haga el barrido en los cuatro bits dando la secuencia de rotación del motor en función de la velocidad en los pulsos del reloj.

Para iniciar se debe cargar este dato en el registro de salida y desplazamiento del integrado, poniendo en S0 y S1 un 1 lógico y un pulso en el CLK.

Luego de la carga del registro este se encuentra listo para desplazarse hacia la derecha o izquierda generando la rotación antihoraria u horaria del motor. De acuerdo a la tabla de verdad del integrado expuesta en el anexo 2 se ve que S0 con 1 lógico y S1 con cero lógico da el un sentido de desplazamiento, y S0=1 y S1=0 da el otro sentido. Manteniendo la configuración de dirección se dan pulsos en el reloj (CLK) para que se desplace el registro, un bit por cada pulso. De allí que de la velocidad de rotación del motor depende la frecuencia del pulso del CLK.

La velocidad se ve limitada por la frecuencia máxima del motor, ya que si se pasa de esta el motor pierde el paso, es decir puede vibrar, cambiar repentinamente de giro o simplemente no girar. La selección del adecuado ancho del pulso y la frecuencia límite se explicarán en la implementación del programa de control y para esto se utilizará la hoja de datos del motor y las pruebas realizadas sobre el torno.

Simulando con pulsadores los pulsos que daría el PLC para el manejo de esta tarjeta y utilizando leds a para cada bit de salida del registro se tiene que la repuesta del registro de desplazamiento no es la esperada. Existe alteración de la secuencia de desplazamiento o pérdida del dato a la salida.

Esto se debe a que el pulsador en sus contactos mecánicos genera oscilaciones, lo que se conoce como rebotes, es decir para un pulso desde el pulsante este genera 3,4 y hasta mas micro pulsos de tiempos menores a los 20ms que dura en promedio la conmutación.

El problema se reafirma conectando el PLC, puesto que las salidas tipo relé son contactos mecánicos similares al del pulsador.

Se soluciona del problema utilizando circuitos eliminadores de rebotes. Otra prueba se realiza utilizando un generador de pulsos electrónico conectado al CLK y el problema se elimina.

Se realizan pruebas con el motor y se ve una nueva limitante en el uso de salidas de relé, esta es la velocidad de giro, pues al incrementar la frecuencia del reloj el relé vibra y no hace contacto. Se descarta el uso de salidas tipo relé en el PLC porque además de lo expuesto la vida útil de un contacto está en el orden de 1,000,000 de conmutaciones y la aplicación en el manejo de motores de pasos lo deterioraría rápidamente.

De la prueba utilizando el generador de pulsos se obtiene que la opción acertada es usar salidas tipo transistor en el PLC.

2.5.3 CIRCUITO DE EXCITACION

Es parte de los circuitos mostrados en las figuras 40 y 41. Se implementa la etapa de excitación de los motores de pasos; utilizando 4 ramales como los que se muestran en dichas figuras, uno para cada parte de la secuencia ABCD.

2.5.4 FUENTES DE ALIMENTACION

La fuente de alimentación es la mostrada en la figura 42. Se implementa una fuente individual para cada motor de 5Vdc 5A, las dos son idénticas. La nominación es Fuente 1 para el motor frontal y Fuente 2 para la lateral.

Se utiliza disipadores de calor que van montados sobre las carcasas de los reguladores LM7805 para mantener la temperatura dentro de los rangos de operación permitidos. Las características técnicas del C.I. LM7805 se muestran en el anexo 3.

Una tarjeta, nominada Fuente 3, cuenta con tres fuentes: una de 5, 12 y 24Vdc mostrada en la figura 43 se añade para la alimentación del circuito de enlace (5Vdc), para la tarjeta de aislamiento con optoacopladores y para el módulo de ampliación del PLC (24Vdc) y para la tarjeta de relés de salida del PLC (12Vdc).

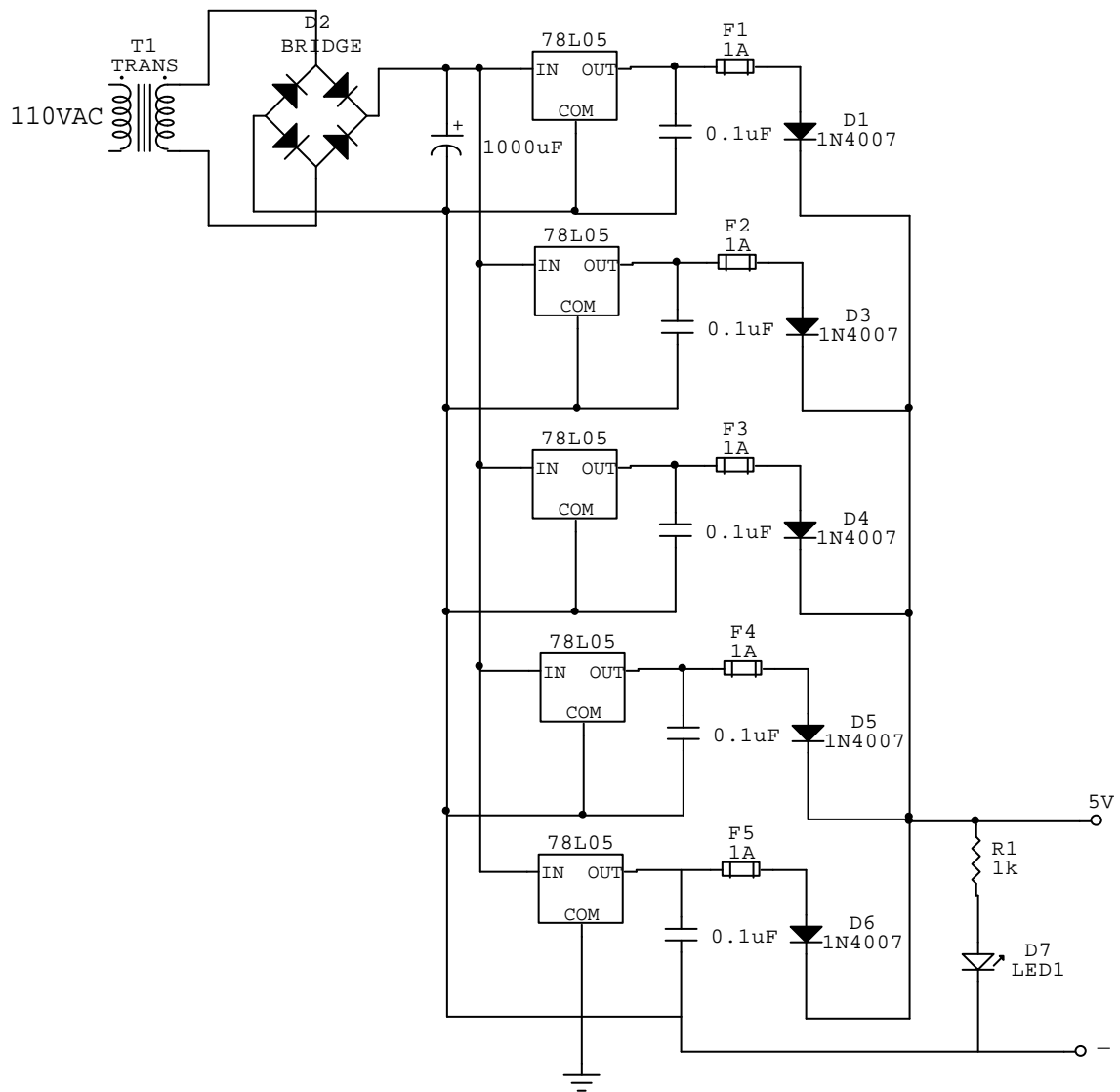


Fig. 42 Fuente 1 y 2 de alimentación para cada motor de pasos

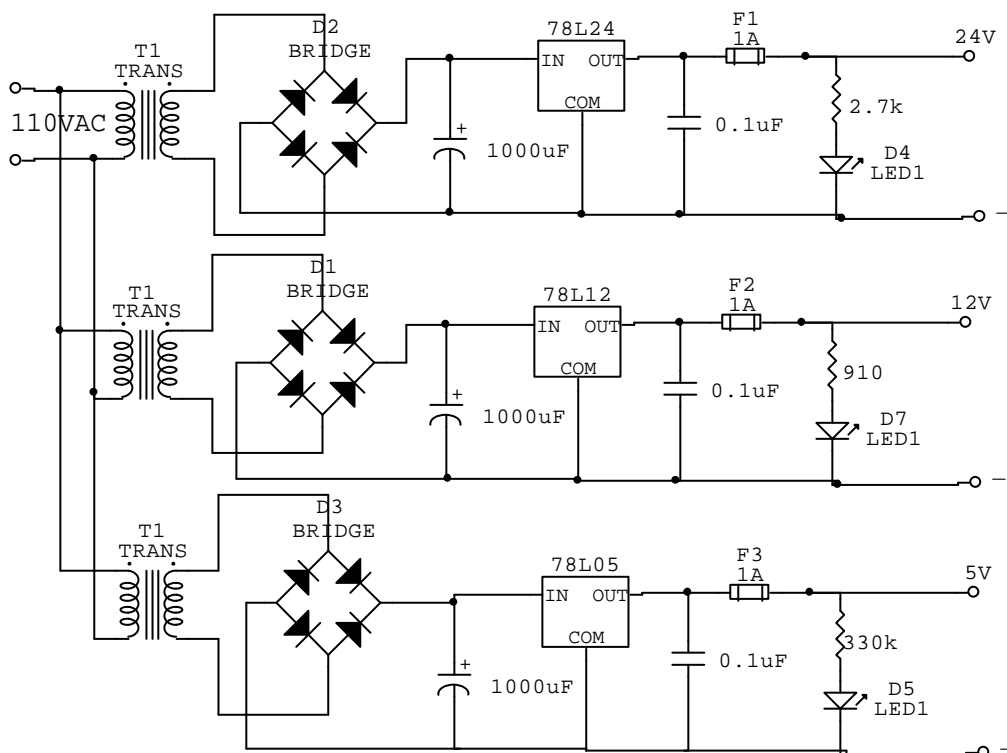


Fig. 43 Circuito de la fuente de alimentación 3

2.6 PLC Y MÓDULO DE EXPANSIÓN PARA CONTROL DEL TORNO

La automatización del torneado mecánico de aisladores necesita de un controlador, teniéndose por opción la utilización de un microcontrolador como el caso de un PIC de Microchip o su equivalente, o el uso de un Controlador Lógico Programable.

Analizando las ventajas y desventajas mutuas se llega a la conclusión que lo adecuado es contar con un PLC, por lo siguiente:

- Es un equipo robusto y confiable
- Presta mayores facilidades a la implementación de periféricos de entrada, salida, interfaces hombre-máquina, etc.
- En el caso no consentido que exista falla, el reemplazo es inmediato, minimizando el tiempo de parada de la máquina.
- Permite anexar entradas y/o salidas adicionales con rapidez y eficiencia.

- De acuerdo a la marca y modelo, generalmente son fáciles de conseguir en el mercado
- Son de fácil montaje y desmontaje

La única desventaja que presenta respecto al microcontrolador es el costo.

2.6.1 CRITERIOS CUALITATIVOS PARA LA SELECCIÓN DE UN PLC

Es recomendable tener en consideración los siguientes criterios para la adecuada selección del controlador:

1. Ayudas al desarrollo de programas
2. Fiabilidad del producto
3. Servicios del suministrador
4. Normalización de la planta
5. Compatibilidad con equipos de otras gamas
6. Coste
7. Previsión de repuestos

2.6.2 DETERMINACIÓN DE ENTRADAS/SALIDAS

Estudiando las necesidades de la aplicación se tiene las entradas y salidas que el PLC debe tener.

Las entradas son las siguientes:

Selector mando manual-automático	(2)
Pulsante de marcha	(1)
Pulsante de paro	(1)
Finales de carrera para posición	(5)
Final de carrera de seguridad	(1)

Dando un total de 10

Las salidas son:

Motores de pasos (n+2)	(4)
Motor axial	(1)
Indicador marcha	(1)
Indicador paro	(1)
Indicador modo manual	(1)
Electro válvula	(1)

Dando un total de 9 salidas.

2.6.3 SELECCIÓN DEL PLC

Existe una amplia gama de marcas, modelos y versiones de PLCs en el mercado nacional, que prestan las características para esta aplicación. Del número de entradas y salidas, se requiere saber el tipo de entrada, de salida, la fuente de alimentación, el software para la programación, el terminal de programación y las prestaciones para implementación de HMI.

ENTRADAS/SALIDAS. Tanto las entradas como las salidas son digitales, en un número de 10 entradas y 9 salidas, pero se debe prever por reserva un par de entradas/salidas y se escoge un controlador de 14 entradas y 12 salidas. El tipo de entrada se seleccionará en función de la fuente de alimentación. El tipo de salidas puede ser de relé o de transistor, para esto se analizan los requerimientos.

Así, para el motor axial, la electroválvula, y los indicadores, una salida tipo relé es suficiente, pero para los motores de pasos, es decir para comandar la tarjeta de enlace, se requiere salidas tipo transistor por lo analizado anteriormente en la implementación de tarjetas para el manejo de los motores de pasos.

FUENTE DE ALIMENTACION. Se utiliza la red de alimentación pública de 110V 60Hz.

El Controlador que se escoja debe contar con un software de programación accesible, fácil de conseguirlo y de fácil implementación. Además debe prestar facilidades para la implementación del HMI.

Las opciones son en TELEMECANIQUE, SIEMENS, ALLEN BRADLEY y MITSUBISHI, que haciendo una comparación entre las ventajas y la relación calidad/precio, el PLC SIEMENS es el adecuado. Se escoge la familia S7 200, CPU 224, con un módulo de expansión de salidas digitales a transistor EM222, con software de programación STEP 7 Micro Win.

2.6.4 EL PLC S7 200

En la figura 44 se puede observar la apariencia externa que presenta un autómata de la familia S7-200. En este caso se trata de una CPU-222,

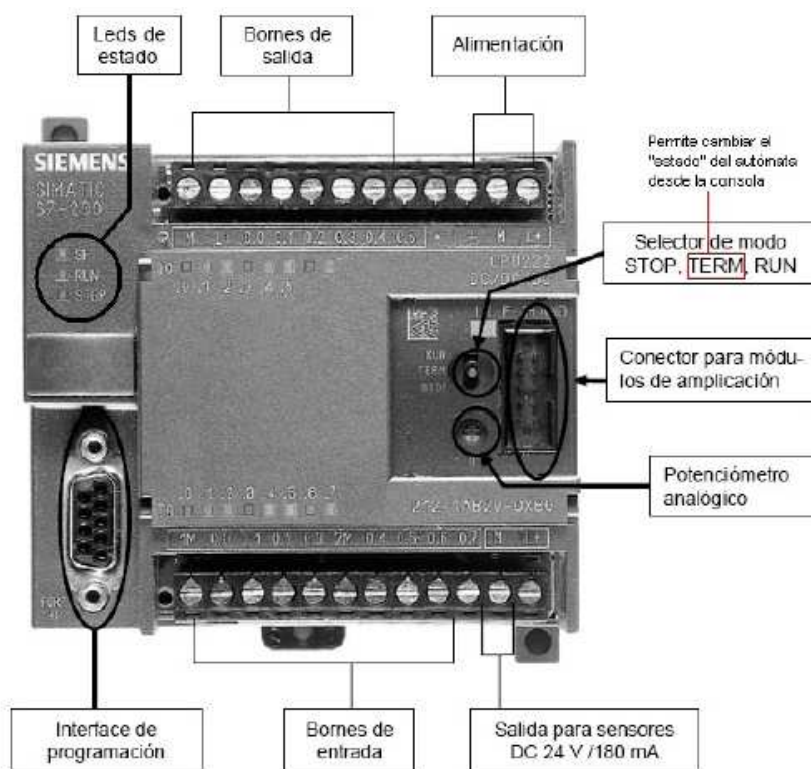


Fig. 44 Detalle de las partes del PLC S7 200

La CPU S7-200 incorpora en una carcasa compacta un microprocesador, una fuente de alimentación integrada, así como circuitos de entrada y de salida que conforman un potente Micro-PLC. Tras haber cargado el programa en el S7-200, éste contendrá la lógica necesaria para observar y controlar los aparatos de entrada y salida de la aplicación.

El detalle de las características técnicas se encuentra en el anexo 4.

2.6.5 EL MÓDULO DE EXPANSIÓN EM222

La gama S7-200 incluye una gran variedad de módulos de ampliación para poder satisfacer aún mejor los requisitos de la aplicación. Estos módulos se pueden utilizar para agregar funciones a la CPU S7-200. En la tabla siguiente se tiene una lista de los módulos de ampliación disponibles en la actualidad.

Módulos de ampliación	Tipos		
Módulos digitales			
Entradas	8 entradas c.c.	8 entradas a.c.	16 entradas c.c.
Salidas	4 entradas c.c. 8 salidas c.c.	4 salidas de relé 8 salidas a.c.	8 salidas de relé
Combinación	4 entradas c.c. / 4 salidas c.c. 4 entradas c.c. / 4 salidas de relé	8 entradas c.c. / 8 salidas c.c. 8 entradas c.c. / 8 salidas de relé	16 entradas c.c. / 16 salidas c.c. 16 entradas c.c. / 16 salidas de relé
Módulos analógicos			
Entradas	4 entradas	4 entradas termopar	2 entradas RTD
Salidas	2 salidas		
Combinación	4 entradas / 1 salida		
Módulos inteligentes	Posicionamiento Ethernet	Módem Internet	PROFIBUS-DP
Otros módulos	AS-Interface		

Tabla 8 Módulos de ampliación del PLC S7 200

EM222 se trata de un módulo de 8 salidas digitales a transistor que necesita 24Vdc de alimentación. El detalle de las características técnicas de este módulo se encuentra en el anexo 5.

2.6.6 CIRCUITOS DE SALIDA PARA EL PLC

Para el grupo de salidas del módulo de expansión EM22, se implementa un circuito de optoacoplamiento entre las salidas a 24Vdc; con las del circuito de enlace de 5Vdc, a la vez se usa para proteger las salidas ya que se pueden provocar daños externos que inhabilitarían el módulo, pero con el uso de los optoacopladores, el eventual daño se daría en estos y su reemplazo es mas económico.

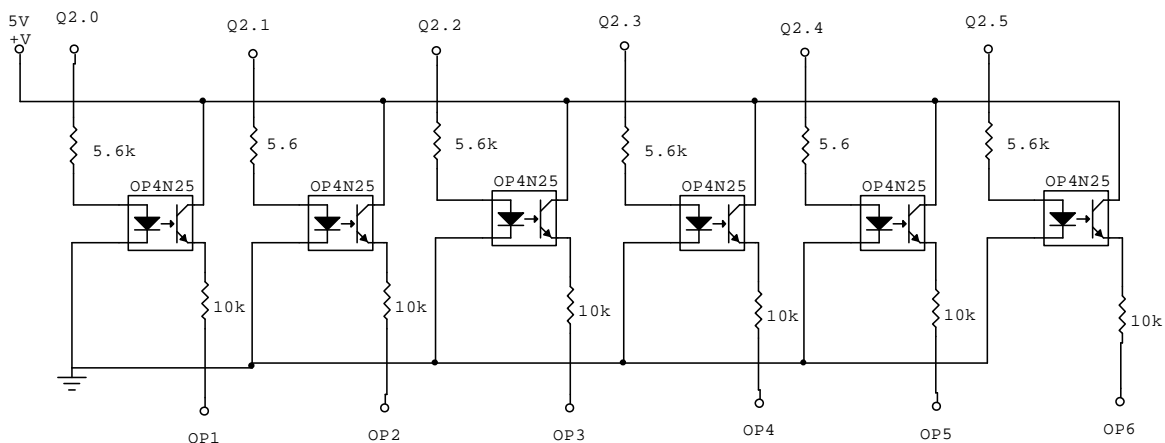


Fig. 45 Circuito de optoacoplamiento de las salidas rápidas del PLC con el circuito de excitación y enlace.

Para las salidas tipo relé se implementa un circuito utilizando relés de mayor capacidad de manejo de corriente que los de el PLC para conectar los respectivos periféricos.

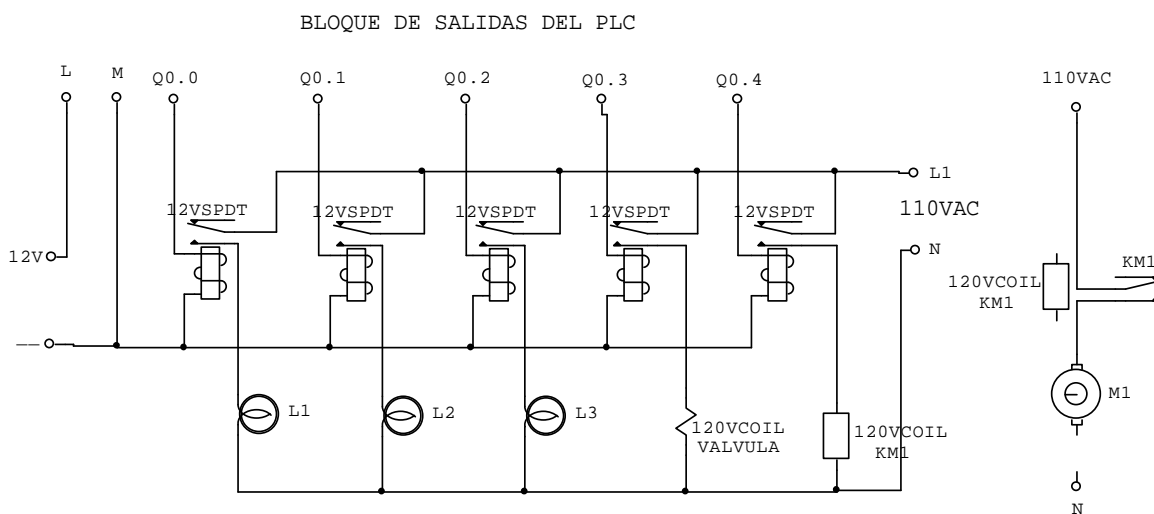


Fig. 46 Circuito de acoplamiento para las salidas tipo relé del PLC

2.7 TABLERO DE CONTROL

2.7.1 ELABORACION DE LAS TARJETAS ELECTRONICAS

En función de los circuitos que se requiere implementar se elaboran los circuitos impresos siguiendo los siguientes pasos:

2.7.1.1 Diseño de los circuitos impresos

Utilizando el programa Circuit Maker se diseñan los circuitos impresos para cada una de las tarjetas electrónicas que se implementarán. Hay que tomar en consideración que los circuitos deben ser elaborados al revés de lo que se observa en el circuito esquemático, como si se lo viera contra un espejo.

Los circuitos son los siguientes:

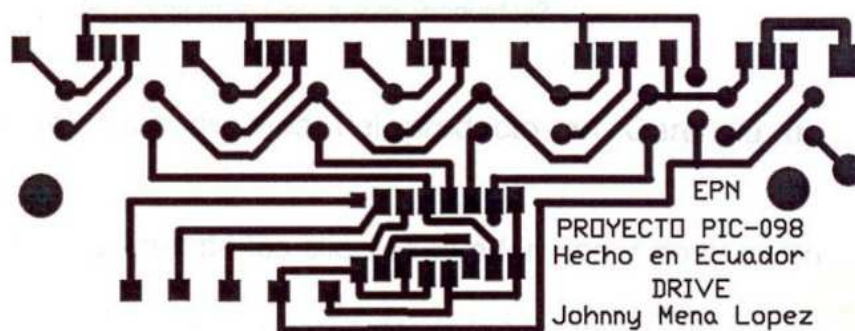


Fig. 47 Circuito impreso del Drive. Circuito de enlace y de excitación



Fig. 48 Circuito impreso de la fuente de alimentación de 5V para el motor de pasos



Fig. 49 Circuito impreso de la fuente de alimentación de 5V, 12V y 24V.

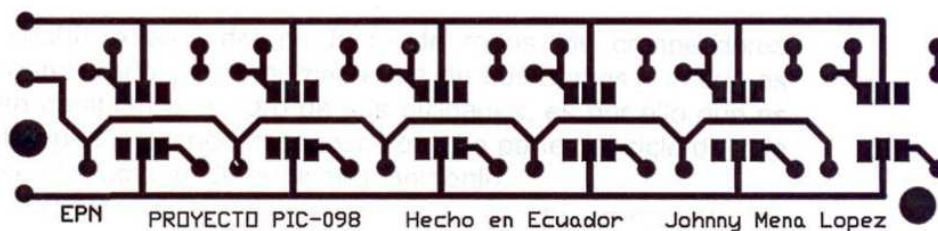


Fig. 50 Circuito impreso de los optoacopladores



Fig. 51 Circuito impreso de la tarjeta de salida de relés.

2.7.1.2 Elaboración de los circuitos impresos en baquelita

Primero se imprime los circuitos anteriores en acetato, luego se pasan estos a la baquelita, para este fin se utiliza una placa de baquelita fotosensible.

Se despega el papel protector de la placa y sobre este se coloca la lámina de acetato con la figura del circuito a elaborarse. Luego se exponen a una luz florescente por un tiempo de 8 minutos. Hay que tener la precaución de no exceder ni disminuir el tiempo de exposición a la luz ya que la placa se puede velar por completo o en el caso contrario no transmitirse el circuito a la placa.

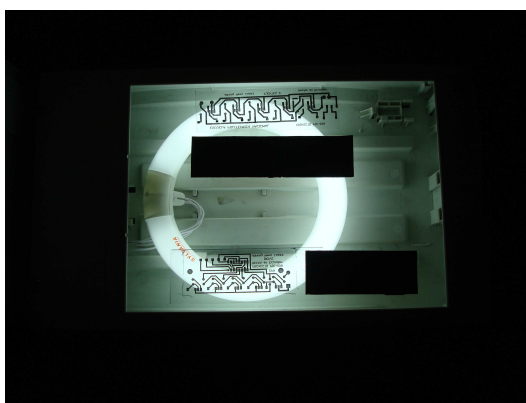


Foto 15 Revelado del circuito impreso en la placa fotosensible de baquelita.

Se sumerge la placa revelada en una solución de agua y lejía en una concentración muy baja para eliminar los residuos del material fotosensible que no corresponden a las pistas del circuito impreso. Si la concentración es muy alta se elimina todo el material fotosensible y la baquelita queda velada. Se agita suavemente hasta que quede sobre la placa solo el diagrama del circuito.

El resultado es el siguiente:

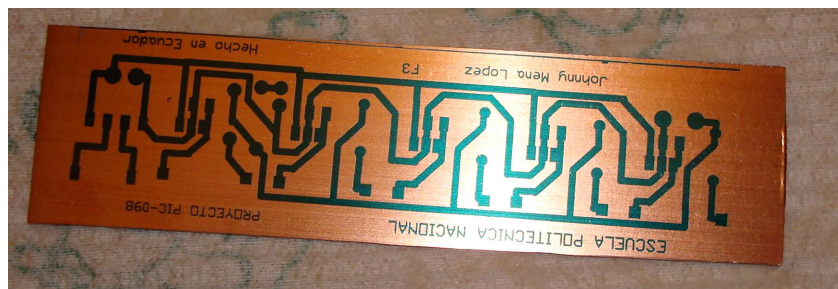


Foto 16 Resultante del revelado de la baquelita.

Finalmente hay que remover el cobre de la placa que no corresponde al circuito impreso, esto se hace sumergiendo la placa en una solución de agua y cloruro férrico (1oz de cloruro ferrico en 300 cm³ de agua) y se agita hasta que se haya removido todo el cobre innecesario. Para aligerar la remoción de cobre es recomendable utilizar agua caliente en la solución.



Foto 17 Remoción de cobre en el proceso de elaboración del circuito impreso.

Con el cobre excedente fuera se lava la placa con agua abundante y se la deja secar a temperatura ambiente.

ADVERTENCIA: trabajar con las soluciones antes expuestas representa PELIGRO, por lo que se debe tener todas las precauciones posibles evitando el contacto con cualquier parte del cuerpo. De suceder esto verter agua abundante y consultar con un médico.

2.7.1.3 Montaje de los elementos en la placa

Cuando la placa este completamente seca, se hacen los huecos en los terminales donde van los elementos con una broca 1/32 pulgadas.

Se colocan los elementos sobre la placa y se sueldan a la misma utilizando un cautín de 30W.

2.7.2 DISTRIBUCION DEL TABLERO

Teniendo todos los elementos, equipos y tarjetas se obtiene el tamaño del tablero que se utilizará, este es de 40cm de alto por 40cm de ancho por 15 cm de profundidad y se hacen las perforaciones en la tapa para el montaje del TD200, los indicadores, el selector, los pulsadores y el botón de paro de emergencia.



Foto 18 Tablero de Control

La distribución de los componentes del tablero se hace como se muestra en la figura siguiente:

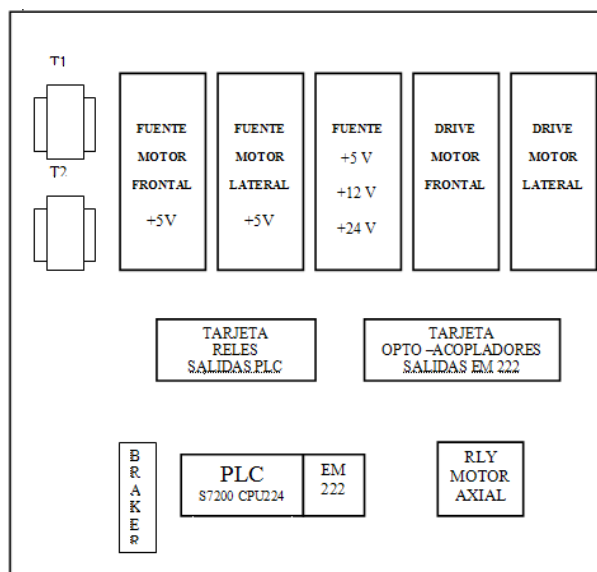


Fig. 52 Esquema de la distribución de los componentes del tablero.

Los transformadores, las tarjetas, el rail DIN y la bornera se sujetan al tablero con pernos siguiendo la distribución anterior.

2.7.3 INSTALACION DEL PLC Y MODULO EM222⁹

2.7.3.1 Dimensiones de montaje

Las CPUs S7-200 y los módulos de ampliación disponen de orificios para facilitar el montaje en armarios eléctricos.

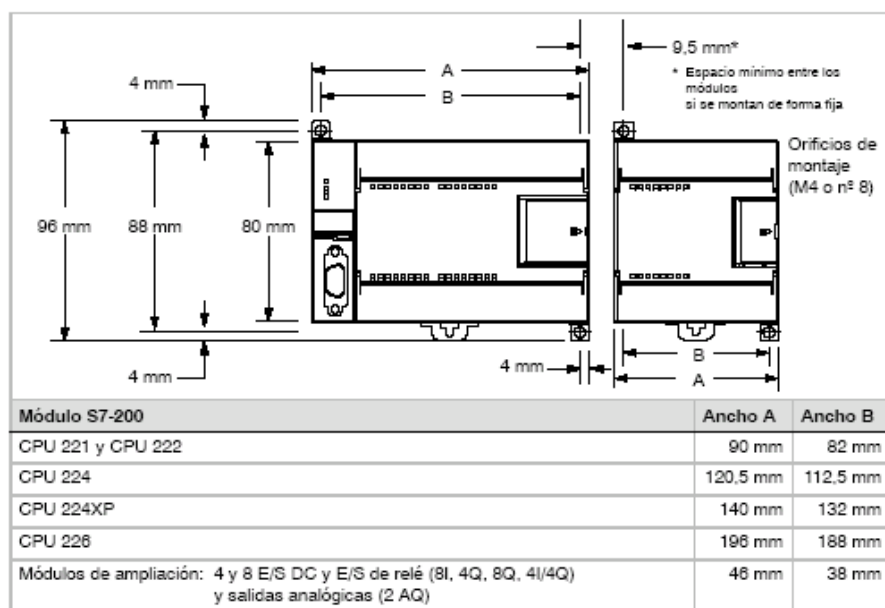


Fig. 53 Dimensiones del montaje del PLC y módulos de expansión

⁹ SIEMENS. Industry Automation and Drives Technologies Service <http://support.automation.siemens.com>

2.7.3.2 Montaje de la CPU y el módulo de expansión

Se procede de la siguiente manera:

1. Atornillar el raíl DIN al armario eléctrico dejando un espacio de 75 mm entre tornillo y tornillo.
2. Abrir el gancho de retención (ubicado en el lado inferior de la CPU o del módulo) y enganchar la parte posterior de la CPU o del módulo al raíl DIN.
3. Para montar el módulo de ampliación, enchufar el cable plano en el conector del módulo (ubicado debajo de la tapa frontal).
4. Girar la CPU y el módulo hacia el raíl DIN y cerrar el gancho de retención. Vigilar que la CPU y el módulo se hayan enganchado correctamente en el raíl. Para evitar deterioros en la CPU y en el módulo, oprima la orejeta del orificio de montaje en vez de presionar directamente sobre el lado frontal de la CPU y del módulo.

2.7.4 INSTALACION DEL TD200

2.7.4.1 Componentes del TD 200

El TD 200 es un pequeño equipo compacto que incorpora todos los componentes necesarios para manejar y observar la CPU S7-200.

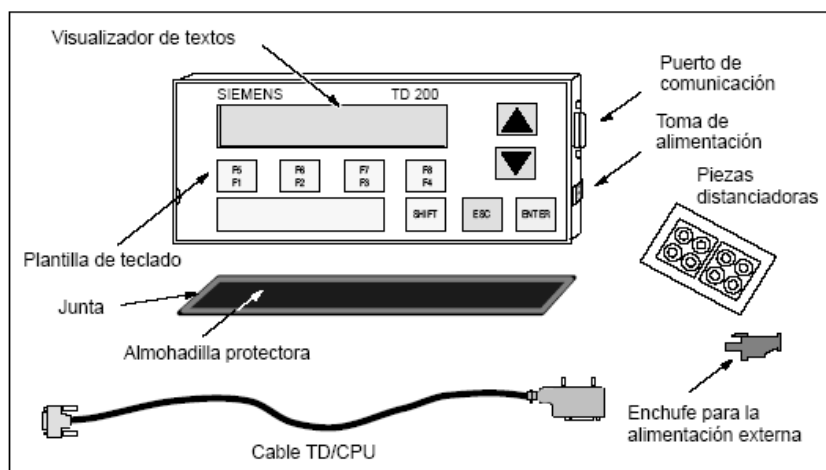


Fig. 54 Componentes del TD 200

2.7.4.1.1 Visualizador de textos

Consiste en un display de cristal líquido (LCD) con retroiluminación y una resolución de 33 x 181 píxeles para visualizar los mensajes recibidos de la CPU S7-200.

2.7.4.1.2 Junta

El TD 200 incluye una almohadilla protectora y una junta para facilitar el montaje en entornos desfavorables.

2.7.4.1.3 Puerto de comunicación

El puerto de comunicación es un conector D subminiatura de 9 pines que permite conectar el TD 200 a una CPU S7-200 mediante el cable TD/CPU adjunto.

2.7.4.1.4 Toma de alimentación

El TD 200 se puede conectar a una fuente de alimentación externa a través de la toma situada en el lado derecho del TD 200. Dicha conexión no se requiere si se utiliza el cable TD/CPU.

2.7.4.1.5 Cable TD/CPU

El cable TD/CPU se utiliza para la comunicación y alimentación del TD 200. Se trata de un cable de conexión de 9 pines que se suministra junto con el TD 200.

2.7.4.2 Montaje del TD 200

Para el montaje del TD 200:

1. Retirar la junta de la almohadilla protectora.
2. Disponer la junta en la placa frontal del TD 200.
3. Encajar la placa frontal en el recorte hecho en la superficie de montaje.
4. Fijar la placa dorsal en la placa frontal del TD 200 mediante los tornillos que se han retirado previamente de la placa dorsal. Apretar con cuidado los tornillos hasta el tope.

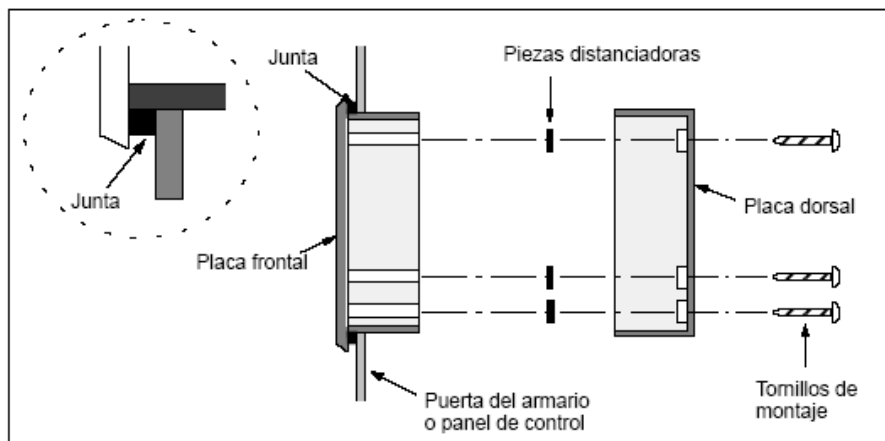


Fig. 55 Disposición de piezas para el montaje del TD 200.

2.7.5 INSTALACION DE LAS TARJETAS ELECTRÓNICAS

Siguiendo la distribución en el tablero de control se ubican las tarjetas de: fuentes de alimentación, drives, optoacopladores y relés, y se sujetan al tablero mediante pernos y tuercas. Se conectan siguiendo el diagrama de circuitos esquemáticos que se muestran anteriormente.

Las fuentes de alimentación en funcionamiento generan calor subiendo la temperatura de los elementos a su alrededor, es por tal razón que en el tablero se ubican las fuentes en la parte superior de modo que no exista elemento alguno sobre estas afectándose así su funcionamiento, mas bien se hace una apertura en la parte superior del tablero con la finalidad de evacuar el calor por ahí. Pero hay que tener en cuenta el ambiente lleno de polvo de la Planta Piloto por lo que las aberturas se cubren con una tela de pelón que hace de filtro.

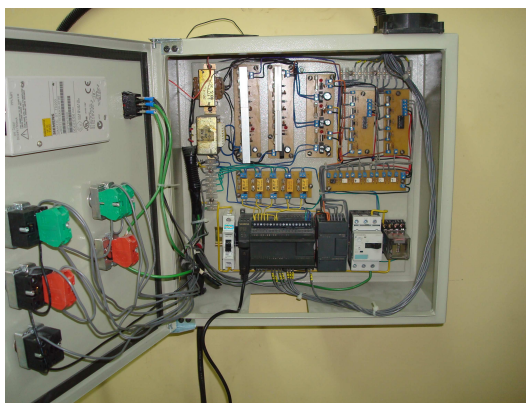


Foto 19 Tablero de control en proceso de montaje

CAPITULO III

CAPITULO III

IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN, CONTROL E INTERFAZ DEL TORNO

3.1 INTRODUCCIÓN

Para realizar el control se desarrolla el programa en el software Micro Win propio del PLC S7 200, para esto se hace una breve descripción de sus características y requerimientos necesarios para la implementación, que juntamente con el panel de micro automatización TD200 componen el sistema local para el manejo del torno.

La interfaz hombre maquina realizada en In Touch presenta las facilidades al operario y administrador para realizar de modo remoto la manipulación del equipo.

En la siguiente figura se describe la referencia que se utiliza para describir los movimientos de los carros los mismos que están asociados a sus respectivos motores de pasos y toman su misma nomenclatura.

Así, se denomina movimiento **FRONTAL** al que realiza el carro como se muestra en la figura 56, si este va en dirección al cilindro es llamado **ADELANTE**, y en el caso contrario **ATRÁS**. Del mismo modo **LATERAL** tanto a la **IZQUIERDA** como a la **DERECHA** se detallan en la misma figura.

Al hacer referencia al movimiento **ATRÁS**, o **ADELANTE** queda sobreentendido al movimiento asociado al **MOTOR FRONTAL** cuyo nombre se deriva de lo expuesto. Correlativamente **IZQUIERDA** y **DERECHA** corresponden a al **MOTOR LATERAL**.

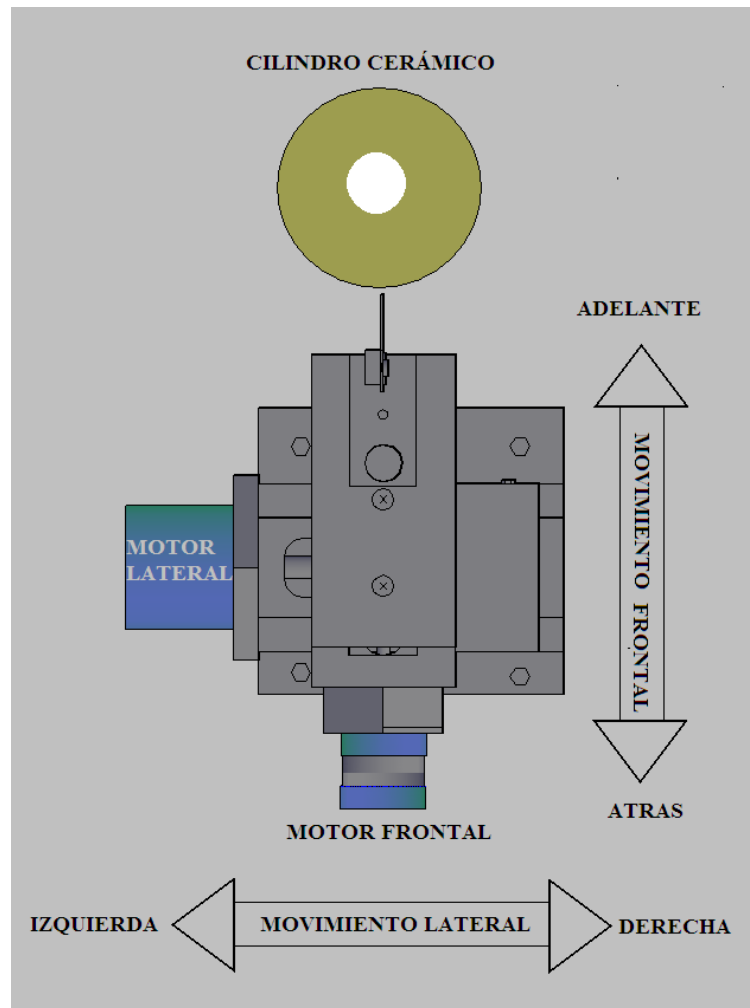


Fig. 56 Descripción de la nomenclatura utilizada para la automatización del torno.
Vista superior

En la figura 57 se puede ver el esquema de la implementación de la automatización del torneado mecánico para la elaboración de aisladores eléctricos tipo 53-3.

En este capítulo se hace una descripción de la programación del PLC, con el software asociado a este, la configuración del panel de micro automatización TD200 y el HMI con In Touch.

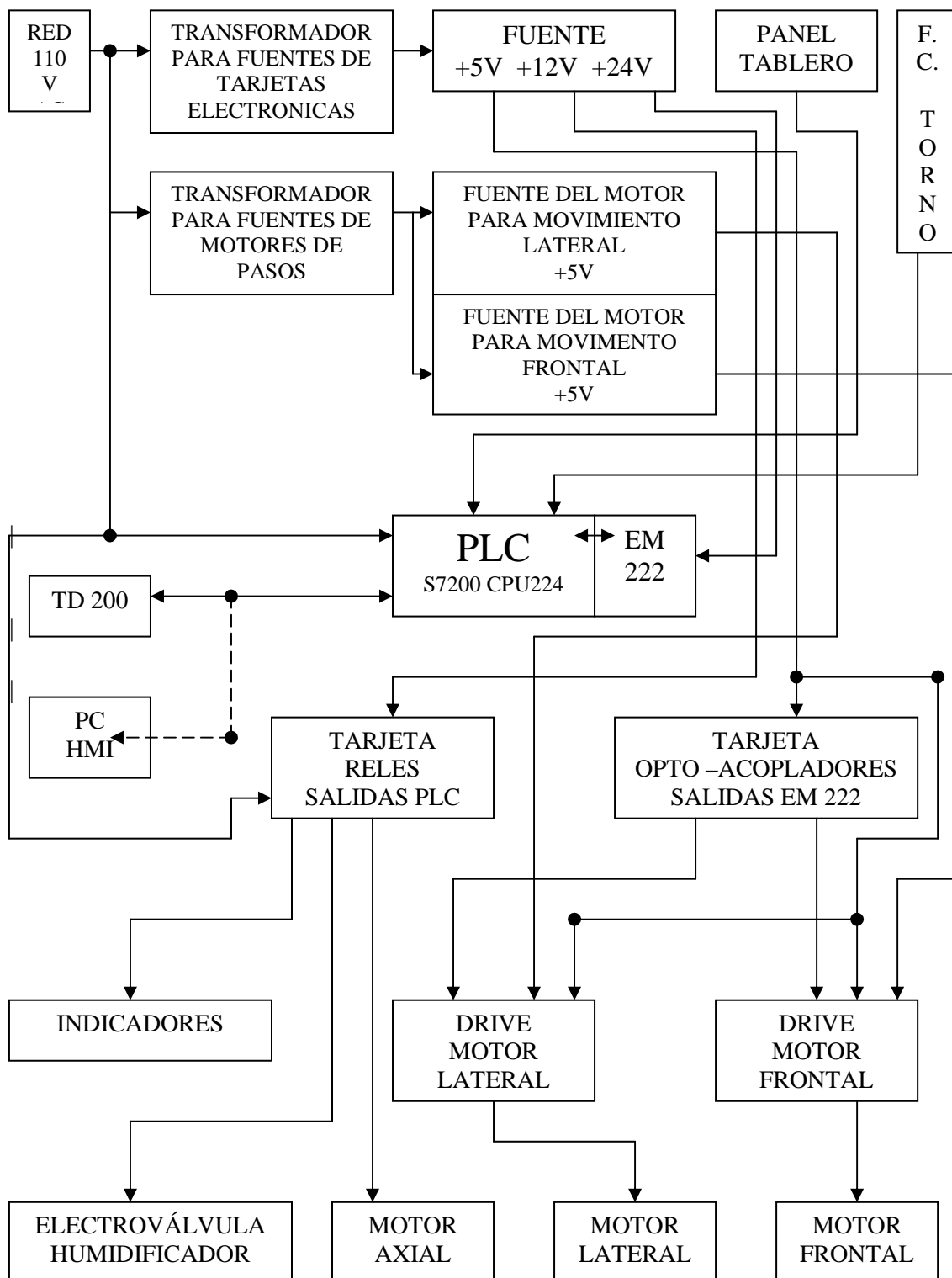


Fig. 57 Esquema de la automatización del torneado

3.2 AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL CON EL PLC S7-224 SIEMENS.

Para que el PLC ejecute control al torno es necesario implementar en el software STEP 7 Micro Win el respectivo programa, el cual se realiza en un computador y se descarga en el controlador a través del cable de programación PPI.

3.2.1 SOFTWARE DE PROGRAMACIÓN STEP 7-MICRO/WIN

Comprende de tres editores que permiten desarrollar de forma cómoda y eficiente el programa de control.

Requisitos del sistema operativo de la PC

STEP 7-Micro/WIN se puede ejecutar en un ordenador, o bien en una unidad de programación de Siemens como la PG 760.

El PC o la PG deberá cumplir los siguientes requisitos mínimos:

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

Para instalar STEP 7-Micro/WIN en el sistema operativo Windows NT, Windows 2000 o Windows XP, deberá iniciar la sesión con derechos de administrador.

Aspecto general. Como se desprende de la figura 58, la pantalla se divide en 4 partes principalmente además de los menús e iconos de acceso rápido

Barra de navegación: permite acceder a las opciones más comunes de forma rápida.

Árbol de operaciones: donde se sitúan todas las órdenes de programación aceptadas por el autómata.

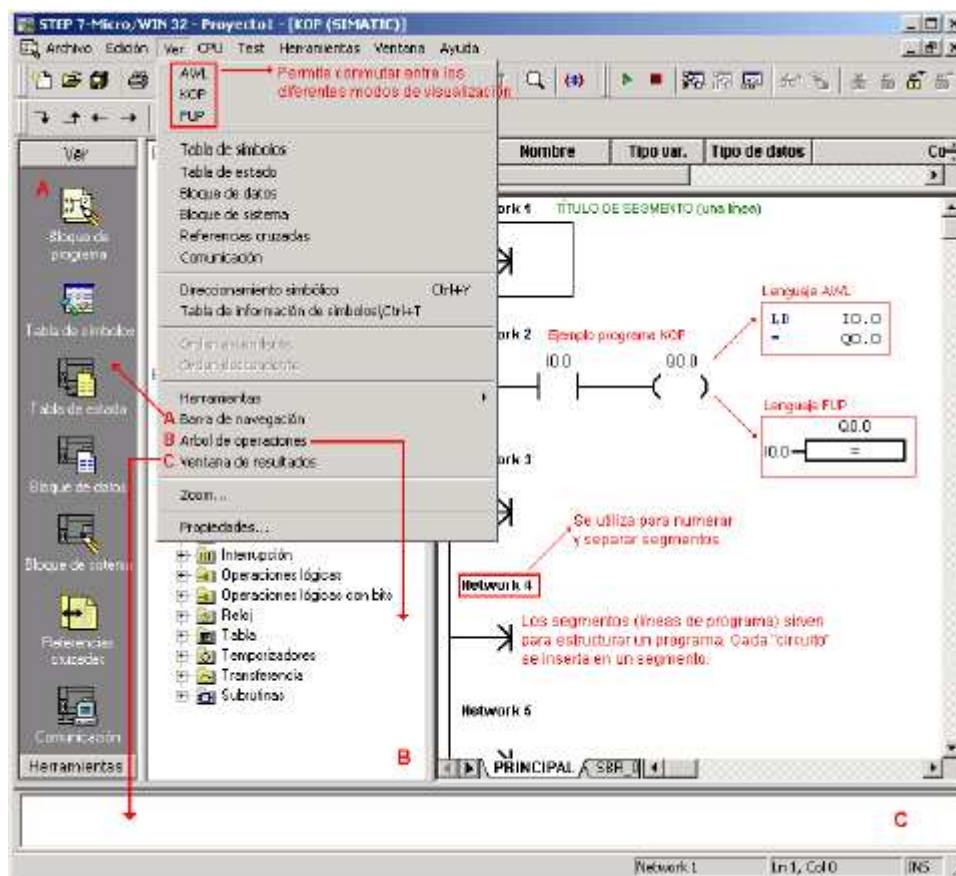


Fig. 58 Pantalla principal de programación del software Micro Win

Ventana de resultados: en la que se visualiza el estado de la compilación del programa, errores, etc.

Ventana de programación: situada a la parte derecha y dividida por Networks o líneas de programación. En este lugar se elabora el programa. Cuenta con tres lenguajes: KOP, AWL ó FUP. El programa es capaz de traducir a cualquiera de estos lenguajes.

Introducción de órdenes. Se puede hacer desde el *Árbol de direcciones*, abriendo las distintas carpetas existentes dentro de *Operaciones* o bien a través de los iconos que aparecen en dibujos como:

- 1 Contactos → para insertar entradas.
- 2 Cuadros → para insertar funciones ya programadas como contadores, temporizadores, etc.
- 3 Bobinas → para insertar salidas.

Una vez introducido el elemento seleccionado, se debe darle nombre: para ello se coloca en los interrogantes situados en la parte superior del elemento y se teclea la estructura explicada con anterioridad para entradas y salidas.

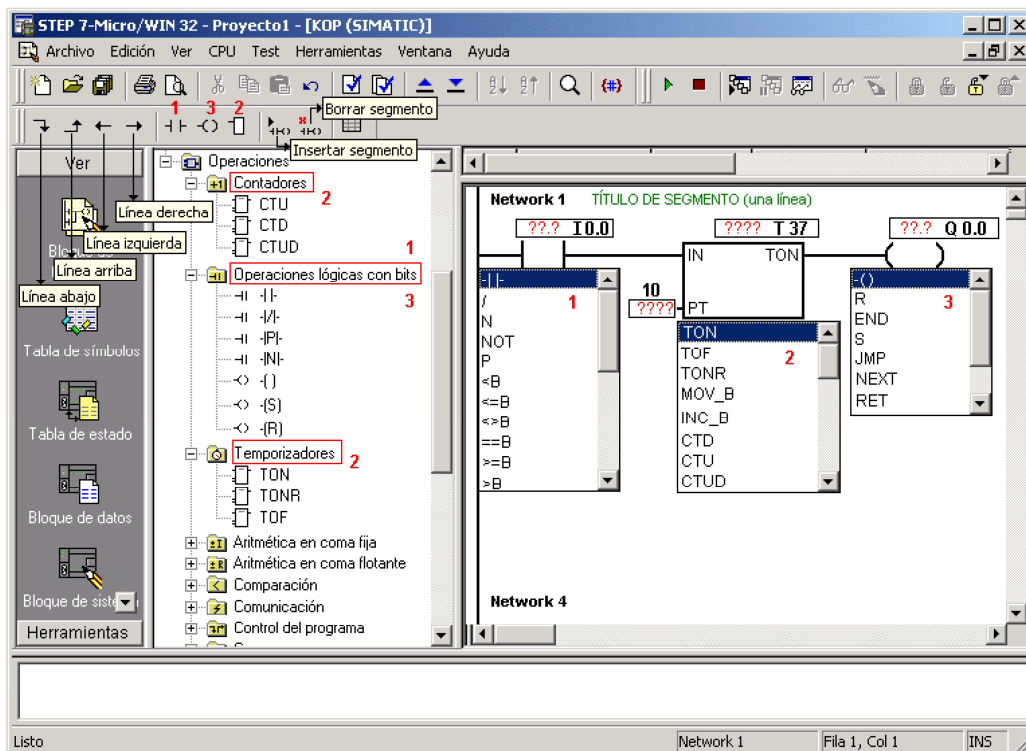


Fig. 59 Introducción de órdenes.

Introducción de comentarios. Es posible introducir comentarios dentro de cada segmento que faciliten la interpretación del programa

Para introducir comentarios se procede como muestra la figura siguiente:

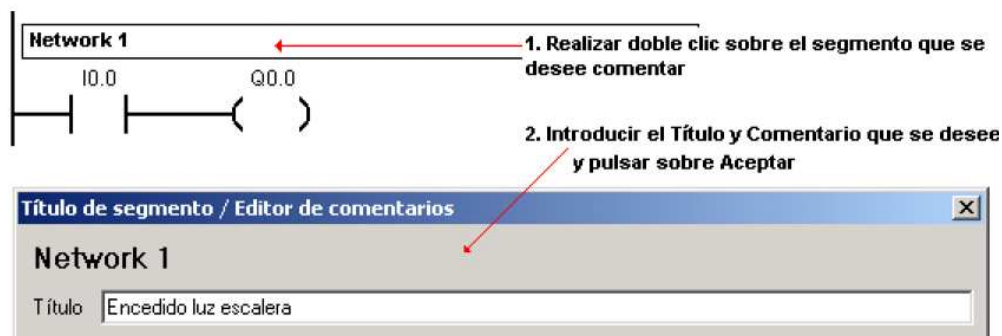


Fig. 60 Introducción de comentarios

Direccionamiento simbólico. Se accede a través de la *Barra de navegación* seleccionando la opción Tabla de símbolos. Con ello se obtiene una ventana para edición

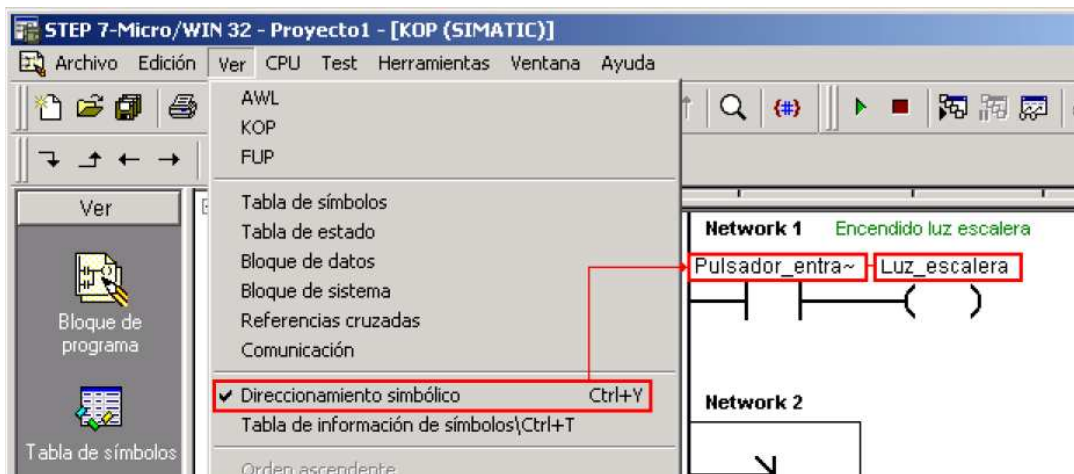


Fig. 61 Direccionamiento simbólico

Compilación y ejecución del programa elaborado. Sirve para depurar errores, que aparecen en la ventana de resultados. Para transmitir el programa al PLC se selecciona el icono Cargar en CPU.

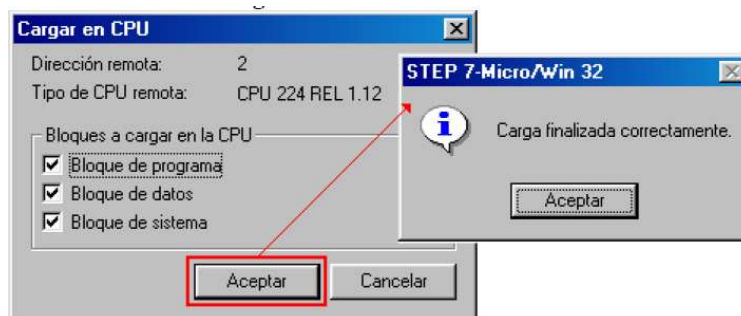


Fig. 62 Carga del programa a la CPU

Existe la posibilidad de visualizar el desarrollo del programa a través del MicroWin y de este modo depurar y perfeccionar el código elaborado. Esto es posible mediante la opción Estado del programa, de este modo cuando se active un contacto su interior aparecerá de color azul.

Hay que tener cuidado con esta opción, pues cuando se encuentra activada no permite realizar ninguna modificación al programa.

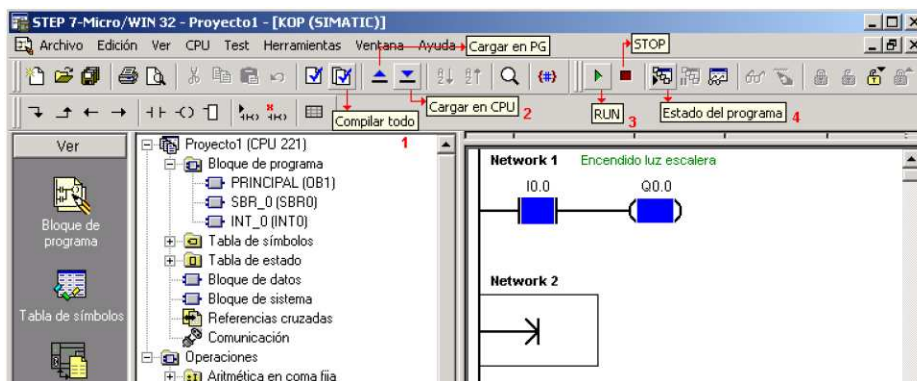


Fig. 63 Visualización del estado del programa.

3.2.2 CONSIDERACIONES BÁSICAS PARA PROGRAMAR EL PLC

De la correcta elaboración del programa dependen los resultados de la automatización es por esta razón que a continuación se presenta la guía para la elaboración del programa.

- 1.- Enunciar claramente el problema, definiendo de manera completa y concisa la labor a realizar, estableciendo las entradas y salidas con las que se va a interaccionar, las restricciones existentes en cuanto a tiempo de ejecución, precisión, memoria disponible, etc; e indicar los resultados deseados.
- 2.- Planear por escrito el algoritmo de solución que describa textualmente las operaciones a realizar y el orden de las mismas.
- 3.- Dibujar un diagrama de flujo que facilite visualizar las diversas operaciones y sus interdependencias, así como subdividir el problema en secciones pequeñas que se puedan programar con mayor facilidad.
- 4.- Traducir la secuencia de operaciones indicadas en el diagrama de flujo a un listado de instrucciones codificadas separadas en pequeños bloques que permitan analizar el programa, esto se logra mediante el uso de un diagrama de escalera llamado KOP.

5.-Cargar el programa, por la interfaz local del PLC mediante una computadora personal puerto serie de la PC al PLC, usando el cable de programación del PLC.

6.-Correr y verificar el programa, para verificar que opere correctamente y en caso de no ser así, detectar las fallas y corregirlas, de manera local o remota.

7.-Documentar el programa con texto al margen que indique cómo opera el programa y facilite entenderlo y usarlo, comentarios e instrucciones para el usuario, diagrama a bloques, diagrama de tiempos, mapa de memoria, manual de uso, guía de usuario, respaldo en disco del código, etc.

3.2.3 PROGRAMA IMPLEMENTADO

Una vez que se conoce la utilización del software para la programación del controlador, se elabora el programa siguiendo las condiciones requeridas para que el torno realice los movimientos de cuchilla necesarios para el formado del aislador tanto en modo manual como en modo automático.

El esquema general del programa implementado es el que se muestra en la figura 64.

3.2.3.1 DESCRIPCIÓN DE LAS ETAPAS DEL ESQUEMA GENERAL DEL PROGRAMA

INICIO. Se inicializa el programa en el controlador, setea los valores iniciales y carga los parámetros del TD200.

CARGAR. Inicializa las tarjetas del DRIVE de los motores de pasos cargando el dato en el registro de desplazamiento, para que este quede listo a recibir los pulsos en el reloj para manejar a los motores. Esta acción se repite en el programa cada vez que se cambia de modo de operación.

GIRO. Permite colocar el dato en S0 y S1 del registro de desplazamiento del circuito de enlace para determinar la dirección de rotación del registro, por ende la

dirección de rotación de los motores de pasos. Esta acción se ejecuta tanto en modo manual como automático cada vez que la dirección de rotación de los motores cambie.

MANUAL. Deshabilita la opción de modo automático y habilita los pulsadores F1, F2, F3 y F4 del TD 200 para manipular a través de estos el movimiento de la cuchilla en sus dos grados de libertad.

AUTOMATICO. Deshabilita el modo manual y genera la secuencia de operación para que la cuchilla se ubique en la posición de inicio de torneado, ejecute el torneado y cuando termina regrese a su posición inicial hasta esperar que se ponga un nuevo cilindro en el porta material y el operario de la orden de arranque.

ASPERSOR. Activa la electroválvula para que se dosifique agua en el cilindro que se esta torneando.

MOTOR AXIAL. Da la orden para que arranque el motor para la rotación axial del cilindro cerámico.

SET VELOCIDAD FRONTAL/LATERAL. Carga el valor de la velocidad que se haya seteado previamente en el TD200 por el operador o en la aplicación de In Touch por un administrador.

MOVIMIENTO FRONTAL/LATERAL. Genera los pulsos de reloj que van al circuito de enlace para dar el movimiento y velocidad de giro de los motores que mueven a la cuchilla en sus dos direcciones.

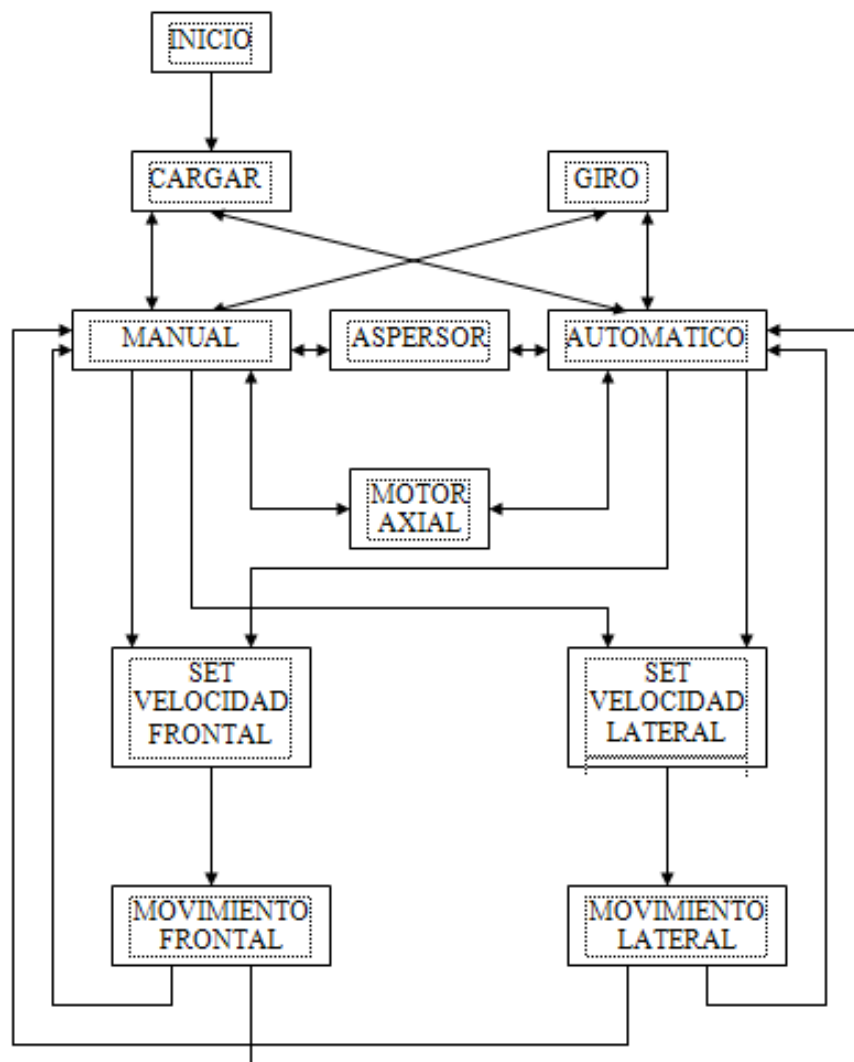


Fig. 64 Esquema general del programa del PLC para la automatización del torno.

3.2.3.2 DIAGRAMAS DE FLUJO DEL PROGRAMA

Para comprender de mejor manera el programa implementado y siguiendo las recomendaciones para la elaboración de programas expuestas anteriormente se presenta a continuación el diagrama de flujo del programa que será implementando en el controlador.

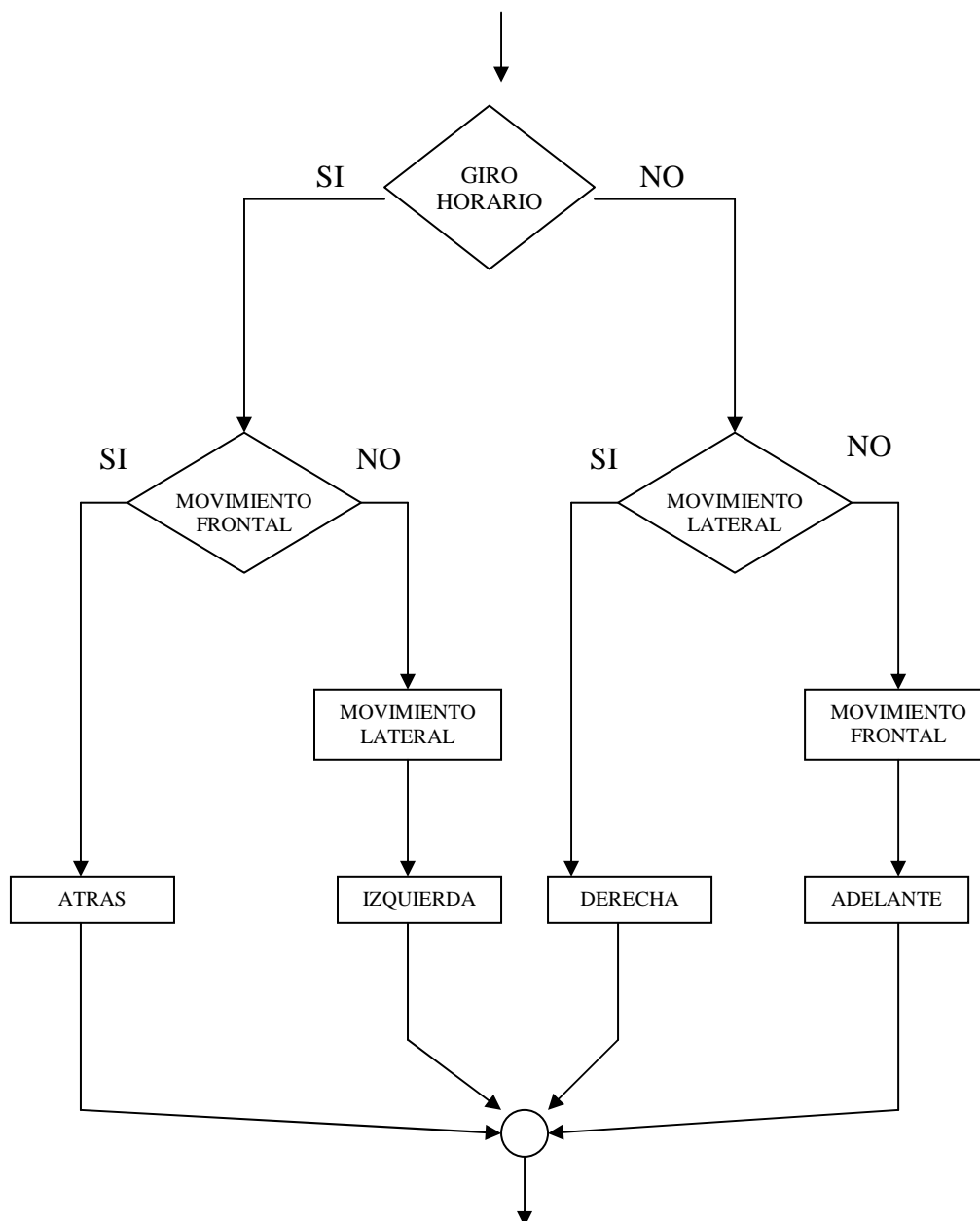


Fig. 65 Diagrama en bloques de la secuencia para el movimiento de la cuchilla en dos direcciones

En la figura 65 se representa la secuencia que gobierna el giro de los motores que permiten el movimiento de la cuchilla en dos grados de libertad, esta se ejecuta tanto en modo manual, automático, local y remoto.

El modo manual se inicia cargando el valor de inicio de la tarjeta de enlace.. Se asignan las velocidades preconfiguradas en el TD200 o HMI y habilita los botones respectivos. Permite mover la cuchilla hacia delante, atrás, derecha e izquierda, la aspersion de agua y el arranque del motor axial.

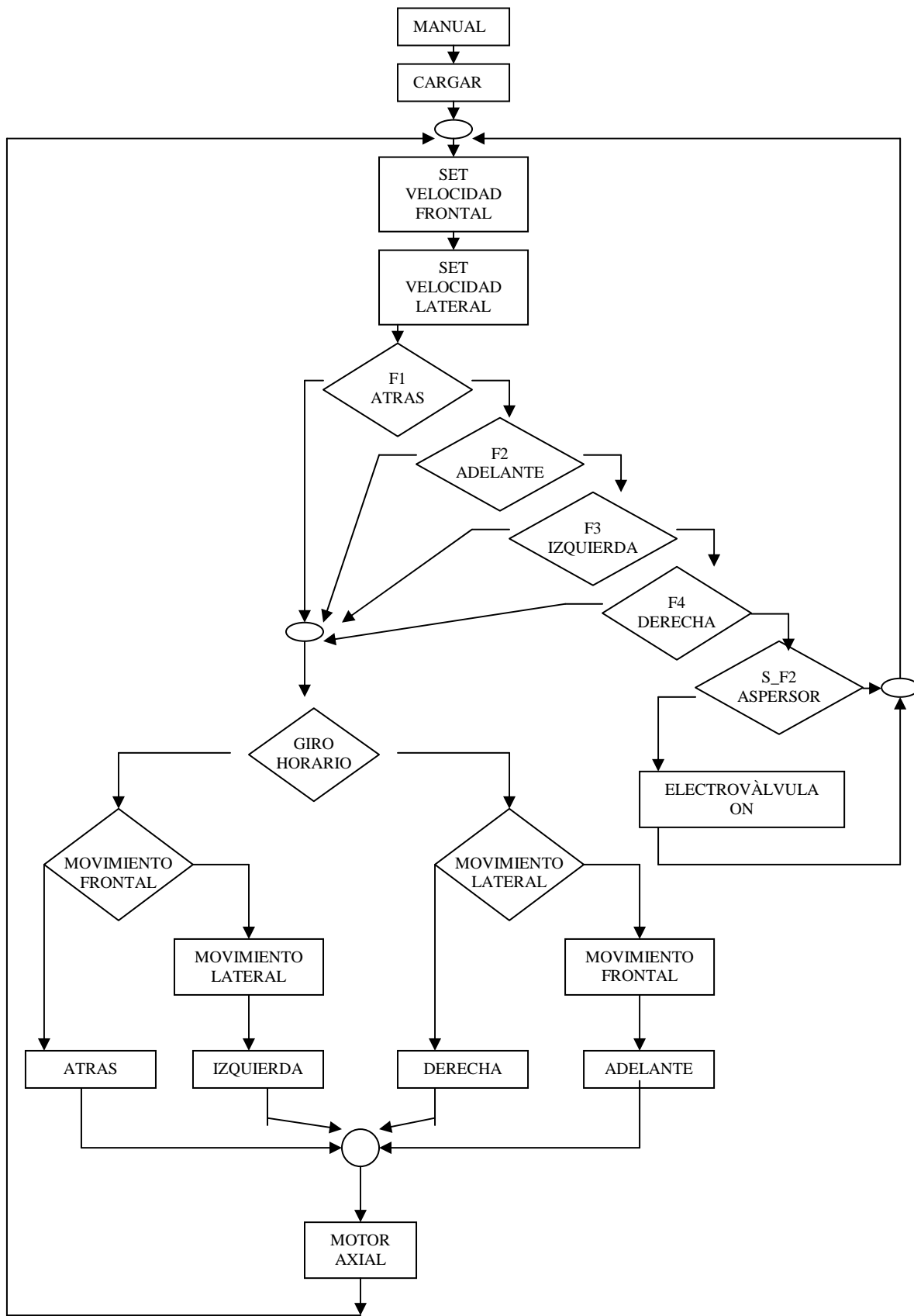


Fig. 66 Diagrama en bloques de la secuencia para la operación del torno en modo manual

En modo automático, se inicializa la tarjeta de enlace a través de CARGAR, y queda a la espera de la orden de operación

Con MARCHA comienza la operación haciendo que el torno vaya a la posición inicial, no importa el lugar en donde se encuentre previamente. Luego sigue la secuencia si y solo si la previa se ha ejecutado, así va a la POSICIÓN MEDIA, a la de TRABAJO, donde se coloca el usillo lo más cercano al cilindro, arranca el motor axial y comienza el formado.

POSICIÓN FINAL hace referencia al aislador terminado y se ordena RETORNAR a la POSICIÓN INICIAL que concluye con el FIN DE CICLO quedando listo para un nuevo proceso.

En el transcurso de la operación se dosifica agua en función de la humedad seteada previamente.

Cada una de las secuencias llamada POSICIÓN ejecuta la orden de la figura 65 para que se continúe con la siguiente etapa.

Al presionar el botón de paro, la maquina se detiene en el lugar en el que se encuentre y se inicializa la rutina del programa, de tal modo que al pulsar marcha, se pone en condiciones iniciales y comienza un nuevo ciclo desde la posición inicial.

El detalle del programa esta representado en el diagrama de flujo que se presenta a continuación en la figura 67

Fig. 67 Diagrama en bloques de la secuencia para la operación del torno en modo automático

3.2.3.3 ESTRUCTURA DEL PULSO DE RELOJ EN EL PROGRAMA

De la estructura del pulso que se genera en el PLC, para ordenar a la entrada de reloj del registro de desplazamiento, dependerá la velocidad de los motores. Es aquí donde se debe llegar al valor de pulso ideal de tal modo que no se pierda el paso, ni haya vibración. Para esto se estructura un pulso asignando variables a cada una de sus partes es decir para la pausa y para el pulso.

Para el pulso del motor lateral se tiene:

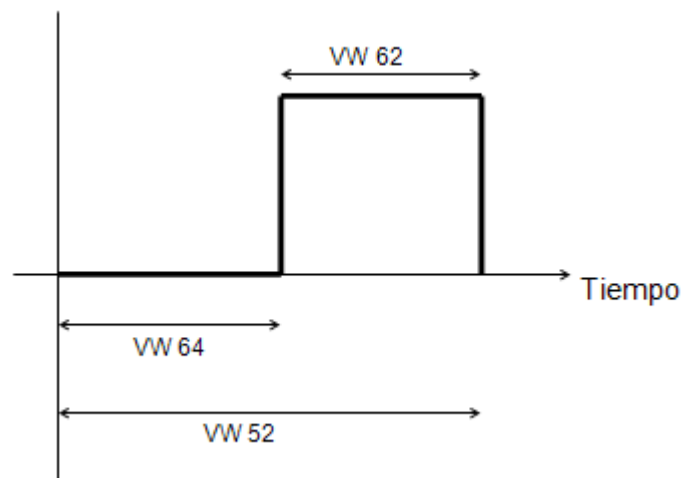


Fig. 68 Pulso motor pasos lateral

En donde las variables VW son tipo palabra a las cuales se asignaran los datos para modificar el pulso.

A VW62 se asigna como una variable modificable, desde el programa principal o desde el TD200, esto permite ajustar el ancho de pulso de tal modo que sea lo suficientemente ancho como para vencer la inercia propia del motor más la generada por el acoplamiento al sistema mecánico de tornillo sin fin y cremallera. De las pruebas se obtiene que 6 ms sea el tiempo ideal.

VW64 es el ancho de la pausa entre pulso y pulso de salida al reloj. Del valor que se le asigne a esta variable dependerá la velocidad de rotación del motor, pero su valor no debe ser cero, ya que se lograría un valor 1 lógico continuo como salida de reloj que bloquearía al motor en una posición fija. Para evitar este efecto se

hace que $VW 64 = VW 50 + 1$ y la variable a manipularse desde el TD200 y el programa es VW50.

La frecuencia del tren de pulsos generado es la suma de la pausa mas el pulso asi: $VW 52 = VW 60 + VW 62$ y se utiliza este valor para la carga del timer.

Para el pulso del motor frontal se utiliza la misma técnica y se tiene en la siguiente figura la asignación de las variables respectivas:

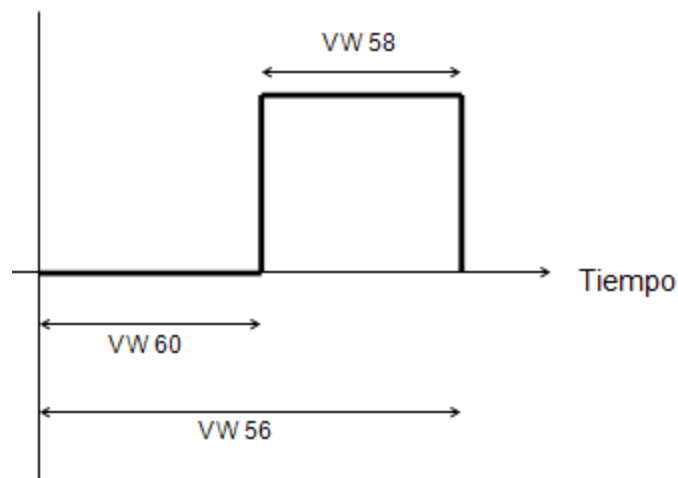


Fig. 69 Pulso motor pasos frontal

En donde:

$$VW 60 = VW 54 + 1$$

$$VW 56 = VW 60 + VW 58$$

El valor de tiempo del pulso asignado a la variable VW58 es 8ms, según las pruebas realizadas.

3.3 INTERFAZ HOMBRE MÁQUINA CON EL PANEL DE MICROAUTOMATIZACIÓN TD 200

3.3.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES

El TD 200 es un visualizador de textos y un interfaz de operador para la gama de sistemas de automatización S7-200. Se pueden ejecutar las siguientes funciones:

- Visualizar mensajes leídos de la CPU S7-200
- Ajustar determinadas variables de programa
- Forzar/desforzar entradas y salidas (E/S)
- Ajustar la hora y la fecha de las CPUs que incorporen un reloj de tiempo real

Es alimentado desde la CPU S7-200 a través del cable TD/CPU o desde una fuente de alimentación independiente.

3.3.2 CONFIGURAR EL MICRO WIN PARA EL TD 200

Los parámetros de operación almacenados son las direcciones del TD 200 y de la CPU, la velocidad de transferencia y la dirección del bloque de parámetros. La configuración se encuentra almacenada en un bloque de parámetros depositado en la memoria de variables (memoria V) de la CPU.

Una vez arrancado, lee el bloque. Se comprueba si todos tienen valores admisibles. En caso afirmativo, el TD 200 comienza a consultar los bits de habilitación de mensajes para determinar cual se debe visualizar. Luego lee el mensaje de la CPU. .

3.3.2.1 ASISTENTE PARA LA CONFIGURACIÓN

STEP 7-Micro/WIN incorpora un Asistente que permite configurar fácilmente el bloque de parámetros y los mensajes en el área de datos de la memoria de la CPU S7-200. El Asistente de configuración escribe automáticamente el bloque de parámetros y los textos de los mensajes en el editor de bloques de datos, tras elegirse las opciones y crearse los mensajes. Dicho bloque se carga en la CPU.

Para abrir el Asistente, se elige el comando Herramientas > Asistente TD 200.

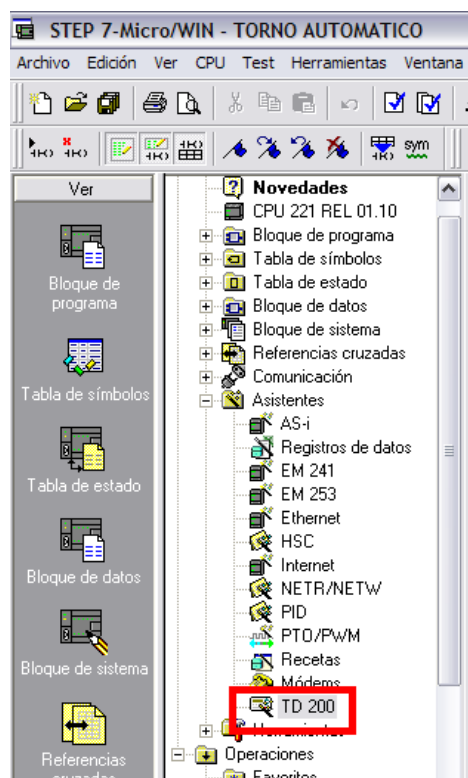


Fig. 70 Arrancar el asistente del TD200

Primero se selecciona el modelo y la versión.

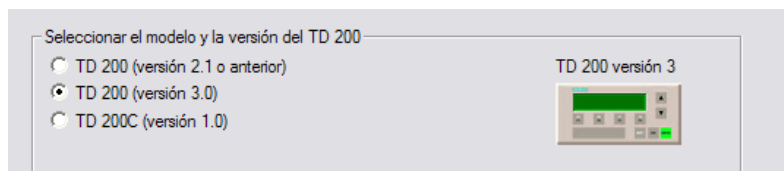


Fig. 71 Selección del modelo y la versión del TD

Los botones del módulo son configurados como contactos para ser utilizados en el mando manual, esto amerita configurar las teclas F y S_F como contactos momentáneos como se muestra a continuación.

	Nombre del botón	Símbolo del botón	Acción del botón
1	F1	F1	Activar bit
2	SHIFT+F1	S_F1	Activar bit
3	F2	F2	Contacto momentáneo
4	SHIFT+F2	S_F2	Activar bit
5	F3	F3	Activar bit
6	SHIFT+F3	S_F3	Activar bit
7	F4	F4	Activar bit
8	SHIFT+F4	S_F4	Activar bit

Fig. 72 Configurar los botones del teclado.

Finalizada la configuración, se elabora el menú que el usuario utilizará en pantalla para seteo de valores de velocidad y tiempos de aspersion del humidificador.

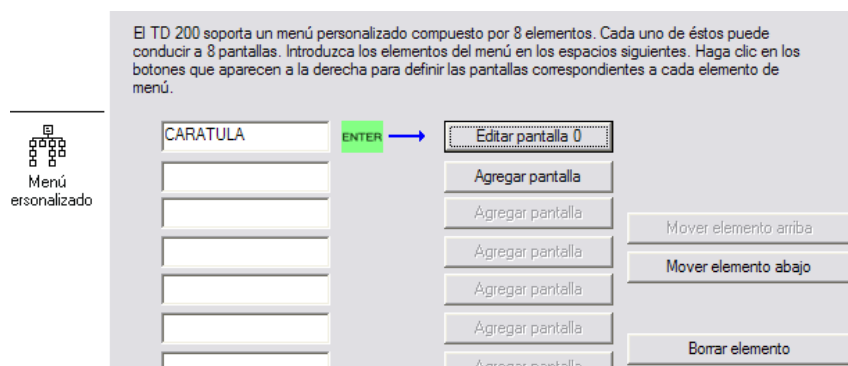


Fig. 73 Menús personalizados

Seleccionando menú personalizado se ingresa el nombre del menú y se editan las pantallas como se muestra en la figura:

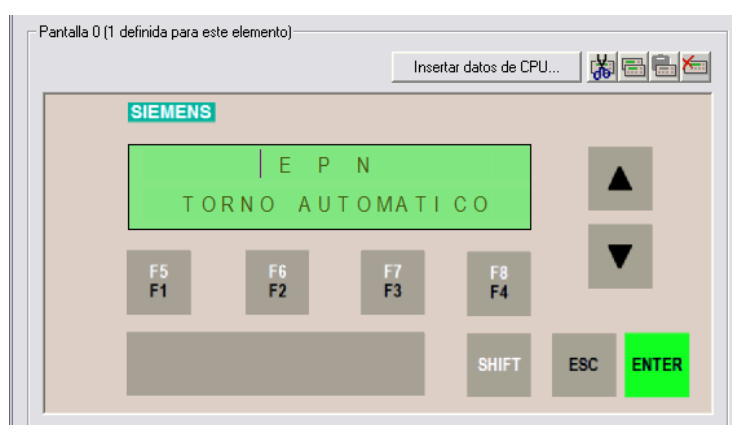


Fig. 74 Pantalla del elemento menú personalizado.

Finalmente se configuran las alarmas seleccionando el icono respectivo y se edita la pantalla de acuerdo al mensaje pertinente

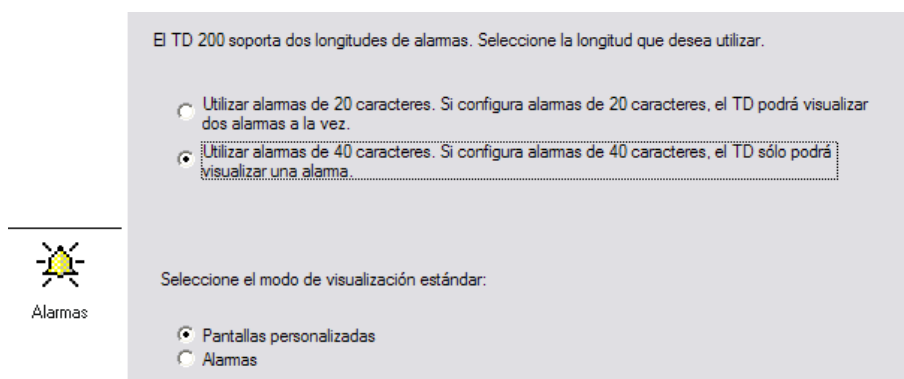


Fig. 75 Opciones de alarma



Fig. 76 Pantalla de alarma

Parametrizado todos los eventos, se asigna un grupo de memoria V para ser utilizada en la memoria del PLC.

El bloque de parámetros y los mensajes se visualizan abriendo el editor de bloques de datos de STEP 7-Micro/WIN.

En el anexo 6 se presenta el programa de control implementado.

3.4 INTERFAZ HOMBRE MÁQUINA CON IN TOUCH¹⁰

Una interfaz hombre maquina se desarrolla con la finalidad que la operación del torno se haga también de manera remota, aquí se implementan los modo manual y automático, seteo de valores de velocidad y avance de la cuchilla, la dosificación de agua del aspersor y un registro de cuantos aisladores se han producido por lote.

Para la implementación de la interfaz se utiliza el software de Wonderware In Touch por las facilidades que este presta para la presente aplicación. Una descripción general del software se hace a continuación.

¹⁰ CORRALES, Luis, Curso Introdutoria de In Touch, Escuela Politécnica Nacional, Julio de 2005

InTouch utiliza como sistema operativo el entorno *WINDOWS 95/98/NT/2000*. El paquete consta básicamente de dos elementos: *WINDOWMAKER* y *WINDOWVIEWER*.

WINDOWMAKER es el sistema de desarrollo. Tiene todas las funciones para crear ventanas animadas interactivas conectadas a sistemas de e/s externos o a otras aplicaciones *WINDOWS*.

WINDOWVIEWER es el sistema runtime utilizado para rodar las aplicaciones creadas con *WINDOWMAKER*.

3.4.1 REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA PARA INSTALACIÓN DEL IN TOUCH

- Cualquier *PC* compatible IBM con procesador Pentium 200 MHz o superior
- Mínimo 500 Mb de disco duro
- Mínimo 64 Mb RAM
- Adaptador display SVGA (recomendado 2 Mb mínimo)
- Puntero (mouse, trackball, touchscreen)
- Adaptador de red
- Microsoft Windows W95/98 SE o NT

3.4.2 INSTALACIÓN

InTouch dispone de un sencillo programa de instalación que además detecta el sistema operativo sobre el que se va a instalar.

3.4.3 LICENCIA DE WONDERWARE

El paquete InTouch viene protegido por una llave (licencia) conectable al puerto paralelo del ordenador. Existen distintos tipos y de acuerdo a la que se conecte se podrá disponer de unas u otras funciones.

3.4.4 CREACIÓN DE UNA APLICACIÓN

Entrar en InTouch desde *WINDOWS*. En el monitor aparecerá la siguiente pantalla:

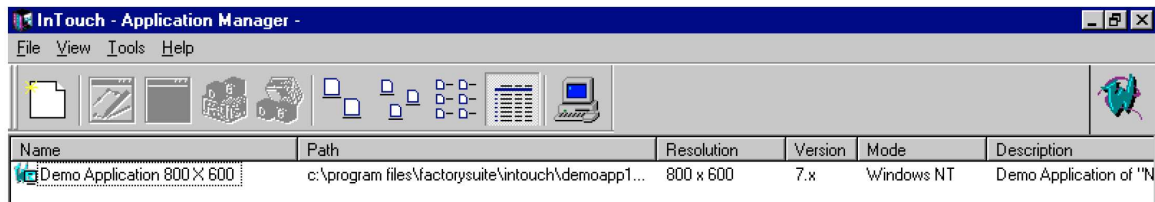


Fig. 77 Pantalla principal de *Application Manager*

Desde aquí se puede seleccionar cualquiera de las aplicaciones del ordenador previamente creadas, o bien crear una aplicación nueva.

TIPOS DE VENTANAS. Estas disponen de:

- Elementos animados
- Tendencias gráficas y alarmas
- Lógica Asociada

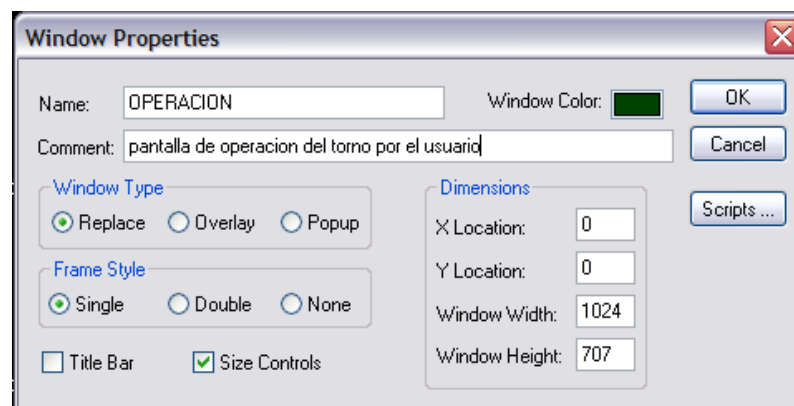


Fig. 78 Propiedades de pantalla

WINDOWMAKER (WM) es una herramienta de dibujo basada en gráficos por objetos, en lugar de píxeles. Se crean objetos (círculos, rectángulos, etc.) independientes unos de otros. Ello facilita la labor de edición del dibujo y una enorme sencillez y potencia en la animación de cada uno de los objetos, independientemente o por grupos.

WIZARDS, es definido como "elementos inteligentes" y hace que las aplicaciones InTouch puedan generarse de un modo más rápido y eficiente. Se puede asociar links de animación, asignar a tagnames o incluso incluir una lógica en ese objeto. Si se agrupan varios de estos, es posible crear un elemento completo, acabado y programado.

Son accesibles desde la caja de herramientas del WINDOWMAKER.

DICCIONARIO DE TAGNAMES. Es el corazón de InTouch. Durante el runtime, este contiene todos los valores de los elementos en la base de datos. Para crearla se necesita saber qué elementos la van a componer. Por lo tanto hay que generarla con todos aquellos que sean necesarios para la aplicación

A cada uno de estos datos o tags se asigna un nombre. Al final, se dispone de un diccionario con todos los tagnames.

Existen diversos tipos, según su función o características. Básicamente se dividen en:

<i>MEMORY</i>	Tags registros internos de InTouch
<i>I/O</i>	Registros de enlace con otros programas
<i>INDIRECT</i>	Tags de tipo indirecto
<i>GROUP VAR</i>	Tags de los grupos de alarmas
<i>HISTTREND</i>	Tag asociado a los gráficos históricos
<i>TagID</i>	Información acerca de los tags que están siendo visualizados en una gráfica histórica

Fig. 79 Tipos de tagnames

Los System Tagnames. son del sistema, que dan información acerca de parámetros tales como fecha/hora, errores de impresora, actividad del Historial Logging, etc. Todos estos empiezan por el signo \$

Tagname Dictionary

Main
 Details
 Alarms
 Details & Alarms
 Members

Tagname: HUMEDAD_SLAYER Type: ... Memory Real
 Group: ... \$System Read only Read Write
 Comment:
 Log Data Log Events Retentive Value Retentive Parameters

Initial Value: Min Value: Deadband:
 Eng Units: Max Value: Log Deadband:

ACK Model: Condition Event Oriented Expanded Summary Alarm Comment:

	Alarm Value	Priority	Alarm Inhibitor		Alarm Value	Priority	Alarm Inhibitor	Value Deadband
<input type="checkbox"/> LoLo	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="1"/>	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/> High	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="1"/>	<input type="text"/>	<input type="text" value="0"/>
<input type="checkbox"/> Low	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="1"/>	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/> HiHi	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="1"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

	% Deviation	Target	Priority	Alarm Inhibitor	Deviation Deadband %
<input type="checkbox"/> Minor Deviation	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="1"/>	<input type="text"/>	<input type="text" value="0"/>
<input type="checkbox"/> Major Deviation	<input type="text" value="0"/>	<input type="text"/>	<input type="text" value="1"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Rate of Change % per: Sec Min Hr Priority: Alarm Inhibitor:

Fig. 80 Diccionario de tagnames

ANIMATION LINKS. Provocan que el objeto cambie de apariencia reflejando cambios en los valores de la base de datos.

Object type: Ellipse

Touch Links	Line Color	Fill Color	Text Color
<input type="checkbox"/> User Inputs <input type="checkbox"/> Discrete <input type="checkbox"/> Analog <input type="checkbox"/> String	<input type="checkbox"/> Discrete <input type="checkbox"/> Analog <input type="checkbox"/> Discrete Alarm <input type="checkbox"/> Analog Alarm	<input type="checkbox"/> Discrete <input type="checkbox"/> Analog <input type="checkbox"/> Discrete Alarm <input type="checkbox"/> Analog Alarm	<input type="checkbox"/> Discrete <input type="checkbox"/> Analog <input type="checkbox"/> Discrete Alarm <input type="checkbox"/> Analog Alarm
<input type="checkbox"/> Sliders <input type="checkbox"/> Vertical <input type="checkbox"/> Horizontal	<input type="checkbox"/> Object Size <input type="checkbox"/> Height <input type="checkbox"/> Width	<input type="checkbox"/> Location <input type="checkbox"/> Vertical <input type="checkbox"/> Horizontal	<input type="checkbox"/> Percent Fill <input type="checkbox"/> Vertical <input type="checkbox"/> Horizontal
<input type="checkbox"/> Touch Pushbuttons <input type="checkbox"/> Discrete Value <input type="checkbox"/> Action <input type="checkbox"/> Show Window <input type="checkbox"/> Hide Window	<input type="checkbox"/> Miscellaneous <input type="checkbox"/> Visibility <input type="checkbox"/> Blink <input type="checkbox"/> Orientation <input type="checkbox"/> Disable	<input type="checkbox"/> Value Display <input type="checkbox"/> Discrete <input type="checkbox"/> Analog <input type="checkbox"/> String	

Fig. 81 Animation links

REFERENCIAS CRUZADAS. Es posible generar un listado de referencias cruzadas de tags de InTouch muy completo mediante la utilidad Cross Reference

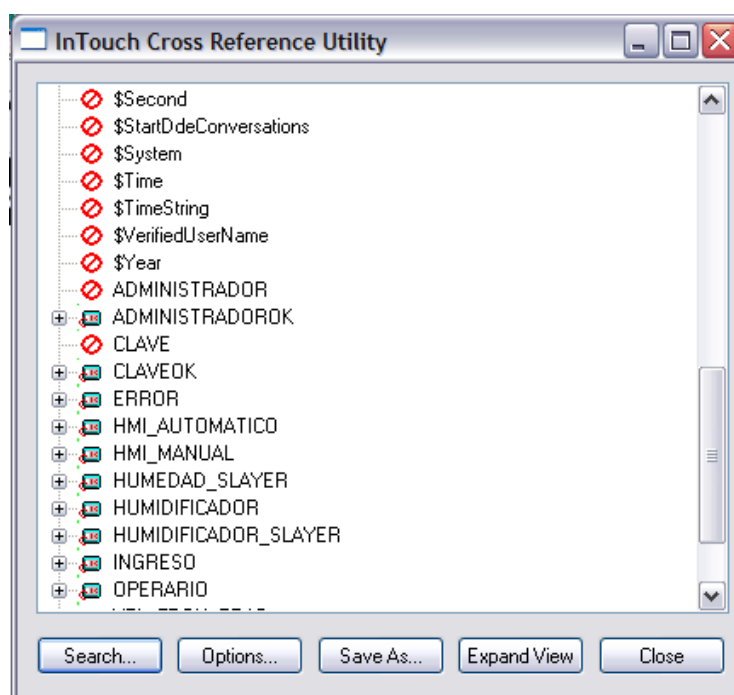


Fig. 82 Referencias cruzadas

QUICKSCRIPTS. Crea una lógica interna con condiciones, cálculos, etc. Esta lógica puede estar asociada a:

- 1.- Toda una aplicación (*APPLICATION SCRIPTS*)
- 2.- Una sola ventana (*WINDOW SCRIPTS*)
- 3.- Una tecla (*KEY SCRIPTS*)
- 4.- Una condición (*CONDITION SCRIPTS*)
- 5.- Cambio de un dato (*DATA CHANGE SCRIPTS*)
- 6.- Funciones Usuario (*QUICKFUNCTIONS*)

CURVAS HISTORICAS Y REALES. Presenta curvas y tendencias en pantalla tanto en tiempo real como de valores históricos.

SEGURIDAD. Se refiere a la opción de proteger ciertas partes del programa para filtrar el acceso al mismo por parte de los distintos operadores.

3.4.5 PANTALLAS IMPLEMENTADAS EN IN TOUCH

Conocido el entorno de In Touch se desarrolla la aplicación que sirva de interfaz para manejar el torno de manera remota. Para este fin se crean las pantallas necesarias para realizar las mismas acciones que se realizan sobre el torno desde el tablero de control. Además prestan facilidades en el manejo tanto de administrador como de operador, así se tiene una primera ventana llamada carátula donde se presenta el proyecto; en la parte izquierda como una barra vertical se muestra los involucrados en la elaboración de aisladores como son: el FUNDACYT, la Escuela Politécnica Nacional y la Universidad de Cuenca, esta se mantiene en todas las pantallas implementadas.

En la parte inferior se encuentra el botón de INICIO que habilita el ingreso como operador o como administrador como se muestra en las siguientes figuras:

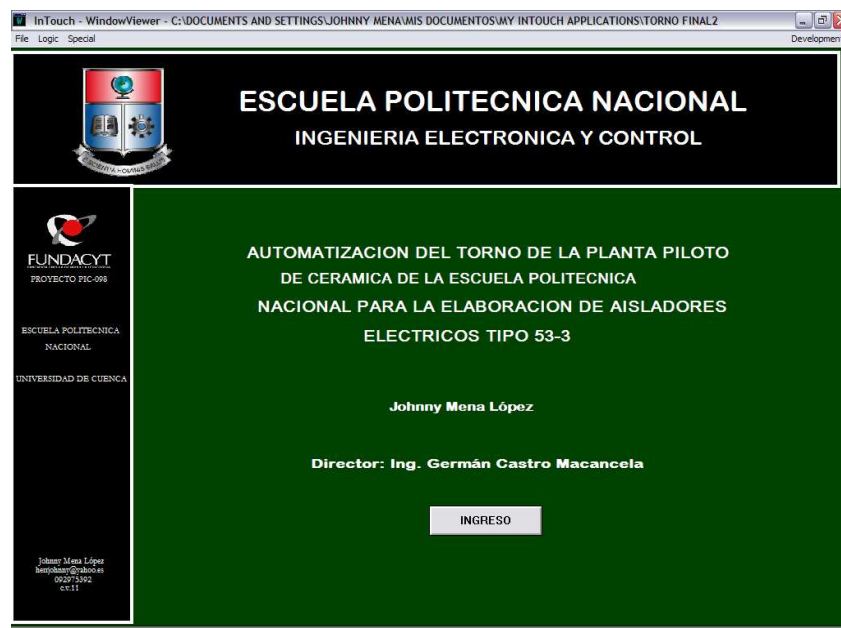


Fig. 83 Carátula

Si se escoge la opción de operario, se ingresa directamente a la pantalla de operación donde se podrá manejar el torno del mismo modo como si se lo hiciera desde el tablero de control utilizando el TD200.



Fig. 84 Carátula con operador y administrador habilitados.

Si la opción escogida es administrador, en la ventana se despliega una pantalla pequeña para ingresar la clave, esto se debe a que este tiene acceso a todos los elementos de operación y configuración.



Fig. 85 Carátula y habilitación de clave.

Se ingresa la clave y se presiona aceptar, si la clave es la correcta se pasa a la pantalla de administrador, caso contrario se presenta una marca de error.

Desde administrador se ingresa a las demás pantallas del proyecto sin restricción alguna, a estas se accede a través de la barra inferior seleccionando el icono correspondiente. Además se cuenta con un botón de salida que permite finalizar la aplicación de In Touch. Este no se encuentra habilitado para el operador.

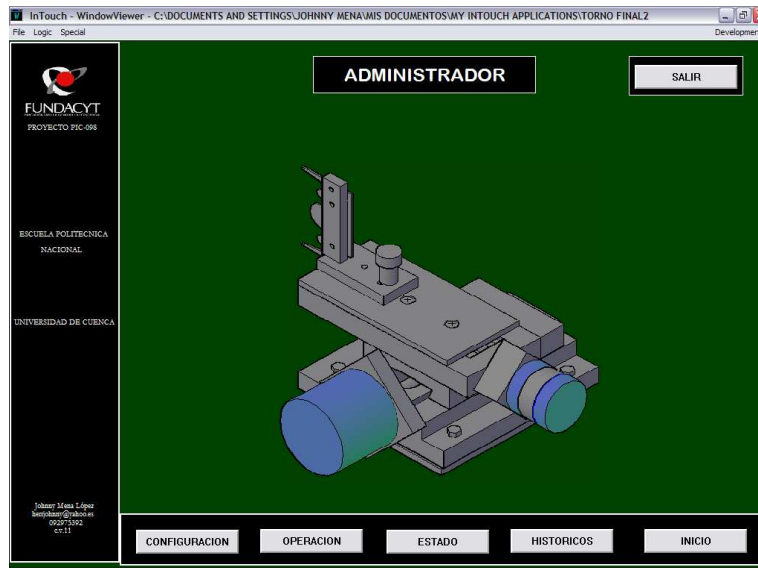


Fig. 86 Pantalla de administrador

A la configuración se ingresa solamente como administrador, ya que para operario se encuentra bloqueada. Aquí se puede setear las velocidades de giro de los motores de pasos, habilitar o no la humidificación, que de ser así se despliega una pequeña ventana donde se poner un valor en porcentaje, para que el programa de la orden a la electroválvula para aspersión de agua.

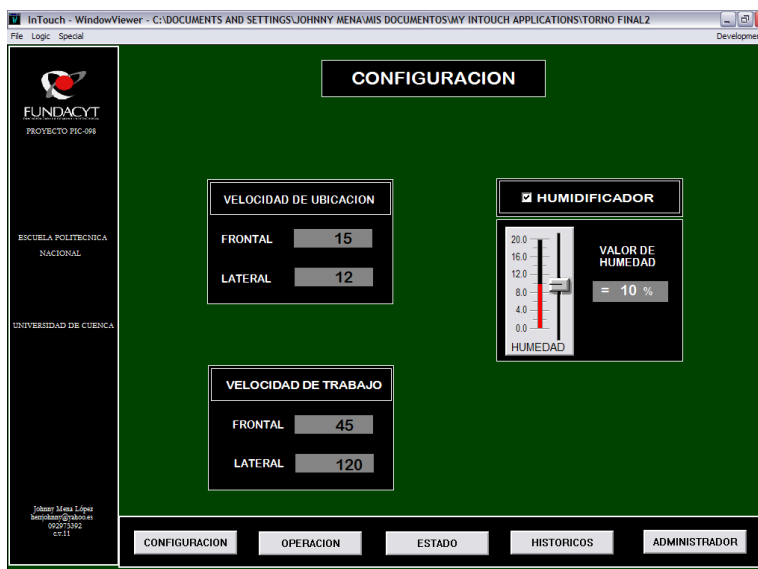


Fig. 87 Pantalla de configuración

La pantalla de operación se abre ingresando como administrador o como operario. Desde esta se maneja el torno del mismo modo que si se lo hiciera en forma local desde el tablero de control a través del TD200 y la botonera del mismo y en el centro se visualiza el estado en el que se encuentra el proceso de torneado.



Fig. 88 Pantalla de operación

La pantalla de estado puede ser llamada desde cualquier otra y se superpone sobre esta. La barra inferior en la pantalla de operación bloquea los eventos a los que no puede ingresar un operario. Si se entró a esta como administrador, es necesario salir a la principal e ingresar nuevamente la clave, esto garantiza que solamente el personal autorizado tenga acceso completo al sistema.

CAPÍTULO IV

CAPÍTULO IV

PRUEBAS Y ANALISIS DE RESULTADOS

4.1 INTRODUCCIÓN

Con los periféricos mecánicos ensamblados y el tablero de control instalado, se cuenta con el torno listo a realizar el trabajo para el que fue creado. Se realiza la verificación de la operación en modo manual, automático, local y remoto.

En función de la producción de cilindros cerámicos se realizan pruebas de formado con la finalidad de calibrar la máquina y aportar la información resultante en la mejora de la formulación de la pasta.

4.2 PUESTA EN MARCHA

4.2.1 CARGAR EL PROGRAMA EN EL PLC.

El programa desarrollado en Micro Win se compila, verifica ausencia de errores y queda listo para ser cargado en el PLC, para esto es necesario conectar el cable de comunicación entre del PLC y la PG, que para el caso es una PC.

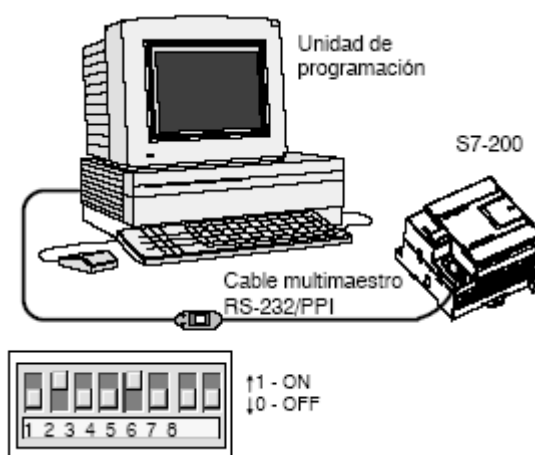


Fig. 89 Conexión del cable de comunicación PPI para la transferencia del programa.

4.2.2 INSTALACIÓN DEL CABLE PARA LA COMUNICACIÓN PLC-TD200

Se utiliza una configuración punto a punto a través del cable del TD como se muestra en la figura 90, esto permite el enlace de comunicación para el intercambio de datos a ser mostrados en el panel, los valores de configuración de velocidad y humidificación.

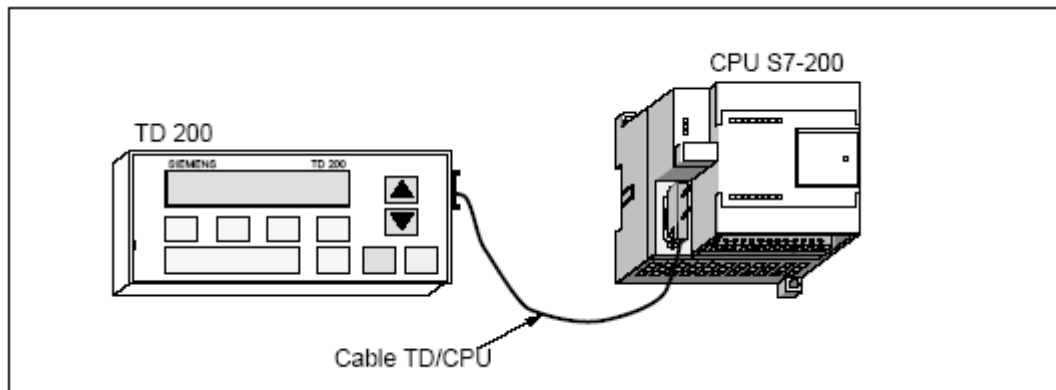


Fig. 90 Conexión del cable TD200.

Existe un terminal en el TD200 para la conexión de una fuente de 24V, que para el presente caso no es necesario ya que los dos elementos se encuentran conectados juntos.

4.2.3 TRABAJOS MECANICOS DE PUESTA EN MARCHA

Para el montaje de las partes mecánicas de los periféricos, es necesario hacer un tratamiento previo para el acoplamiento y ajustes.

Pese a que el diseño de las partes mecánicas es específico para esta aplicación y que la construcción presenta excelentes acabados, se necesita que exista un buen acoplamiento entre las partes móviles del mismo. Esto se logra luego de un tiempo prudente de funcionamiento del equipo porque se disminuye el rozamiento entre las partes y que el movimiento lineal se hace progresivo y continuo en la cuchilla, bajando el esfuerzo mecánico en los motores.

Para simular dicho funcionamiento se acopla un taladro al terminal de acoplamiento entre el tornillo sinfín y el motor de pasos reemplazando a este y se hace funcionar el taladro en las dos direcciones por al menos una hora a

intervalos de 5 minutos para evitar recalentamientos. Se repite por varias ocasiones.

Se desmontan las partes móviles y se untan con pulimento en crema las uniones entre los carros fijos y móviles haciéndoles correr en direcciones opuestas hasta lograr que no se traben y fluyan de manera continua. El procedimiento se repite varias veces. Finalmente se limpia muy cuidadosamente los residuos de pulimento. Se lubrica generosamente las partes con aceite de maquina.

Repetir el procedimiento de uso del taladro a los tornillos sin fin ayuda a una homogénea lubricación. Se hace 10 corridas

Para el dosificador de agua se regula el pitón hasta obtener una aspersion uniforme a manera de neblina.

4.3 VERIFICACIÓN DE FUNCIONAMIENTO

Seleccionando modo manual se utilizan los botones de TD200 F1, F2, F3y F4 para mover la cuchilla hacia delante, atrás, izquierda y derecha. Se tiene que la velocidad de aproximación o ubicación debe ser la mayor que permitan los motores de pasos y el sistema mecánico para reducir los tiempos muertos en el momento de colocar en la posición inicial de trabajo.

Para el caso de la velocidad de formado se deja variable la calibración ya que esta depende completamente del estado del cilindro, de su textura de acuerdo a la formulación, de la humedad y de la longitud.

Se escoge modo automático y se pulsa el botón de marcha; entonces el torno realiza todo el recorrido de la cuchilla para el trabajo simulando el formado ya que para esta verificación no se coloca ningún cilindro.

De la misma manera se hace enlazando el torno al computador y manipulándolo desde la aplicación desarrollada en In Touch; tanto la prueba en manual y automático.

Se van corrigiendo pequeños defectos en el recorridos, calibrando los acoples de los tornillos sin fin con las cremalleras y los carros móviles hasta que la máquina quede a punto.

Cabe recalcar que en las siguientes pruebas que involucran ya el formado de aisladores, es necesario hacer ajustes mecánicos y de programa para lograr un buen funcionamiento.

4.4 PRUEBAS DE TORNEADO

En el proyecto PIC 098 se implementa la automatización del torno paralelamente a la investigación para el desarrollo del cilindro cerámico con la formulación para los aisladores, por ende para hacer las pruebas que se describen a continuación ya se cuentan con un grupo suficiente de cilindros, mas sin embargo estas se realizarán en varios meses pues los resultados de la formulación de la pasta para la formación de cilindros no es desde un principio la idónea porque en el transcurso de la investigación se hallan fracturas en el secado y/o en la cocción. Se elaboran pastas con nuevas formulaciones, se cambian el secado y cocción en tiempo y temperatura y los resultados van mejorando.

A continuación se incluyen los datos de un grupo de importantes pruebas que aportan en la mejor calibración y orientación de la cuchilla para el formado.

En la foto 20 se ve el torno implementado.



Foto 20. Torno implementado

4.4.1 PRUEBAS DE INCISIÓN FRONTAL.

Se realiza utilizando el movimiento frontal del torno con la cuchilla a un ángulo de 0°

PRUEBAS			
FECHA:	02 05 2007	TORNO	
HORA DE INICIO	17:05		
HORA DE FIN	17:09	ANGULO CUCHILLA	0
TIEMPO DE TORNEADO	4 min		
CILINDRO		VELOC. TRABAJO	
LOTE	1	FRONTAL	Variable
FECHA DE ELABORACION	Abril 2007	LATERAL	0
HUMEDAD	5%		
		VELOC. UBICACION	
		FRONTAL	Ninguna
		LATERAL	Ninguna
RESULTADOS			
Fractura del cilindro			
OBSERVACIONES			
El cilindro muy seco requiere velocidades muy bajas de trabajo			
Existe cabeceo en el porta material			
Existe vibración en la cuchilla			
RECOMENDACIONES			
Humedecer el cilindro			
Reajustar la cuchilla			
Fijar el prisionero de sujeción en el portamaterial			

Tabla 9 prueba de evaluación del funcionamiento del torno

PRUEBAS			
FECHA:	05 05 2007	TORNO	
HORA DE INICIO	14:25		
HORA DE FIN	14:43	ANGULO CUCHILLA	0
TIEMPO DE TORNEADO	18min		
CILINDRO		VELOC. TRABAJO	
LOTE	1	FRONTAL	Variable
FECHA DE ELABORACION	Abril 2007	LATERAL	0
HUMEDAD	5%		
		VELOC. UBICACION	
		FRONTAL	Ninguna
		LATERAL	Ninguna
RESULTADOS:			
<p>Se separan las tapas primero la superior luego la inferior antes de que la incisión se complete. Hay fracturas transversales en el cilindro, pero son propias del tipo de formulación, no del torneado. El cilindro no tiene en agujero axial en el centro por lo que cabecea en el torneado.</p>			
			
OBSERVACIONES			
<p>Las fracturas en las tapas se da por la falta de sujeción en el porta materia La incisión no se completa por la fractura de las tapas.</p>			
RECOMENDACIONES			
<p>Ajustar el soporte superior Presionar bien las cuñas superior e inferior Ajustar la cuchilla Verificar ángulo de incisión</p>			

Tabla 10 Prueba con desprendimiento de tapas

4.4.2 PRUEBAS DE INCISIÓN LATERAL.

Se realiza utilizando el movimiento lateral del torno con un ángulo de cuchilla de 0°


PRUEBAS			
FECHA:	25 07 2007	TORNO	
HORA DE INICIO	09:14		
HORA DE FIN	09:23	ANGULO CUCHILLA	0
TIEMPO DE TORNEADO	9min		
CILINDRO		VELOC. TRABAJO	
LOTE	2	FRONTAL	0
FECHA DE ELABORACION	Julio 2007	LATERAL	20
HUMEDAD	10%	VELOC. UBICACION	
		FRONTAL	Ninguna
		LATERAL	Ninguna
<p>RESULTADOS</p> <p>Humedad de trabajo buena no necesita aspersión El eje de rotación tiene cabeceo. Esta prueba se hace con la humedad propia del cilindro sin aumentarle aspersión de agua.</p>			
			
<p>OBSERVACIONES</p> <p>La viruta generada es mixta a manera de cinta y cortada, esto por la humedad propia del cilindro hace que se acumule en la cuchilla. Las tapas se desprenden con facilidad al finalizar el torneado.</p>			
<p>RECOMENDACIONES</p> <p>Por la humedad que presenta no es necesario humidificar para el torneado En necesario hacer una pequeña aspersión para evitar adhesión de viruta en la cuchilla.</p>			

Tabla 11 Prueba con el segundo lote a velocidad 20

PRUEBAS			
FECHA:		25 07 2007	TORNO
HORA DE INICIO		09:55	
HORA DE FIN		10:05	ANGULO CUCHILLA 0
TIEMPO DE TORNEADO		10min	
CILINDRO			VELOC. TRABAJO
LOTE		2	FRONTAL 0
FECHA DE ELABORACION		Julio 2007	LATERAL 45
HUMEDAD		15%	VELOC. UBICACION
			FRONTAL Ninguna
			LATERAL Ninguna
RESULTADOS			
<p>La bandeja superior se corta, la inferior falta, esto se debe a la forma de la cuchilla y falta un poco de incisión.</p> <p>El acabado presenta una superficie bastante uniforme sin embargo existen dos estrías generadas el momento de retirar la cuchilla.</p>			
			
OBSERVACIONES			
<p>Para remover la tapa inferior girar suavemente el aislador formado en sentido horario y la tapa en sentido anti horario.</p> <p>Cuando se tiene una unión mas fuerte entre la tapa no desprendida y el aislador utilizar un alambre fino del orden del numero 34 y cortar.</p>			
RECOMENDACIONES			
<p>Humedecer unas dos veces en todo el procedimiento de torneado para homogenizar el deslizamiento de la cuchilla</p>			

Tabla 12 Prueba del segundo lote con velocidad 45

4.4.3 PRUEBAS DE INCISIÓN COMBINADA.

Se realiza con el movimiento combinado frontal y lateral del torno con un ángulo de cuchilla de 0°


PRUEBAS			
FECHA:	10 07 2007	TORNO	
HORA DE INICIO	14:20		
HORA DE FIN	14:25	ANGULO CUCHILLA	0
TIEMPO DE TORNEADO	5min		
CILINDRO		VELOC. TRABAJO	
LOTE	3	FRONTAL	23
FECHA DE ELABORACION	Noviembre 2007	LATERAL	23
HUMEDAD	10%	VELOC. UBICACION	
		FRONTAL	5
		LATERAL	5
<p>RESULTADOS</p> <p>La pieza empieza a patinar haciendo que se frene cada ciertos intervalos, esto genera la formación de estrías en el cilindro La longitud muy corta del cilindro hace que choque la cuchilla con los soportes No se finaliza el torneado por el choque de la cuchilla.</p>			
			
<p>OBSERVACIONES</p> <p>La base no pincha bien.</p>			
<p>RECOMENDACIONES</p> <p>Afilar los soportes de el porta material.</p>			

Tabla 13 Prueba combinada con humedad 10%

PRUEBAS				
FECHA:		10 07 2007	TORNO	
HORA DE INICIO		15:30		
HORA DE FIN		15:38	ANGULO CUCHILLA	0
TIEMPO DE TORNEADO		8min		
CILINDRO			VELOC. TRABAJO	
LOTE		3	FRONTAL	50
FECHA DE ELABORACION		Noviembre 2007	LATERAL	50
HUMEDAD		20%	VELOC. UBICACION	
			FRONTAL	8
			LATERAL	6
RESULTADOS:				
<p>Se mejora notablemente la elaboración Las tapas se desprenden con facilidad. El acabado presenta uniformidad en su textura pero aun se mantiene las estrías al sacar la cuchilla.</p>				
				
OBSERVACIONES				
RECOMENDACIONES				
<p>Continuar la rotación del motor axial para retirar la cuchilla No olvidarse de ajustar el prisionero de soporte superior del porta material.</p>				

Tabla 14 Prueba combinada con humedad 20%


PRUEBAS				
FECHA:		10 07 2007	TORNO	
HORA DE INICIO		17:12		
HORA DE FIN		17:20	ANGULO CUCHILLA	0
TIEMPO DE TORNEADO		8min		
CILINDRO			VELOC. TRABAJO	
LOTE		3	FRONTAL	50
FECHA DE ELABORACION		Noviembre 2007	LATERAL	50
HUMEDAD		20%	VELOC. UBICACION	
			FRONTAL	8
			LATERAL	6
RESULTADOS				
Se mejora la calidad de acabado				
No hay fractura				
El cilindro formado se mantiene sujeto hasta el final de la prueba				
				
OBSERVACIONES				
A esta humedad no se hace necesario Humedecer el cilindro				
RECOMENDACIONES				
Bajar la velocidad de trabajo				

Tabla 15 Prueba combinada a velocidad 50

4.4.4 PRUEBAS COMBINADAS CON VARIANTE DE INCISIÓN Y ÁNGULO DE CUCHILLA.

Se realiza combinando los movimientos frontal y lateral del torno con ángulo de cuchilla variable.

PRUEBAS			
FECHA:	06 01 2008	TORNO	
HORA DE INICIO	16:25		
HORA DE FIN	16:33	ANGULO CUCHILLA	330
TIEMPO DE TORNEADO	8min		
CILINDRO		VELOC. TRABAJO	
LOTE	4	FRONTAL	85
FECHA DE ELABORACION	Enero 2008	LATERAL	80
HUMEDAD	17%	VELOC. UBICACION	
		FRONTAL	8
		LATERAL	6
<p>RESULTADOS</p> <p>Se eliminan estrías Las tapas se desprenden fácilmente sin causar daños Se forman estrías pero muy pequeñas</p>			
			
<p>OBSERVACIONES</p> <p>El tamaño ideal para el cilindro es de 13 cm</p>			
<p>RECOMENDACIONES</p>			

Tabla 16 Prueba combinada con ángulo de cuchilla de 330°

PRUEBAS				
FECHA:		07 01 2008	TORNO	
HORA DE INICIO		11:12		
HORA DE FIN		11:22	ANGULO CUCHILLA	350
TIEMPO DE TORNEADO		10min		
CILINDRO			VELOC. TRABAJO	
LOTE		4	FRONTAL	50
FECHA DE ELABORACION		Enero 2008	LATERAL	120
HUMEDAD		20%	VELOC. UBICACION	
			FRONTAL	8
			LATERAL	6
RESULTADOS				
Se eliminan por completo las estrías				
El acabado es fino				
Las tapas tienen que ser removidas con alambre				
No presenta fracturas dentro del agujero del eje				
				
OBSERVACIONES				
No humedecer				
RECOMENDACIONES				
Retirar con cuidado el aislador del portamaterial pues la pasta es muy blanda.				

Tabla 17 Prueba combinada con ángulo de cuchilla de 350°

PRUEBAS				
FECHA:		07 01 2008	TORNO	
HORA DE INICIO		11:40		
HORA DE FIN		11:47	ANGULO CUCHILLA	350
TIEMPO DE TORNEADO		7min		
CILINDRO			VELOC. TRABAJO	
LOTE		4	FRONTAL	50
FECHA DE ELABORACION		Enero 2008	LATERAL	100
HUMEDAD		15%	VELOC. UBICACION	
			FRONTAL	8
			LATERAL	6
RESULTADOS				
Buenas condiciones de acabado				
				
OBSERVACIONES				
Ninguna				
RECOMENDACIONES				
Evitar remover las tapas por torsión, utilizar el alambre				

Tabla 18 Prueba combinada con ángulo de cuchilla de 350° y velocidad lateral

PRUEBAS				
FECHA:		07 01 2008	TORNO	
HORA DE INICIO		16:24		
HORA DE FIN		16:38	ANGULO CUCHILLA	350
TIEMPO DE TORNEADO		12min		
CILINDRO			VELOC. TRABAJO	
LOTE		4	FRONTAL	50
FECHA DE ELABORACION		Enero 2008	LATERAL	160
HUMEDAD		12%	VELOC. UBICACION	
			FRONTAL	8
			LATERAL	6
RESULTADOS				
<p>Presenta las mejores condiciones de acabado No existen fracturas ni en el centro del eje ni en la superficie exterior. Las tapas se desprenden solas</p>				
				
OBSERVACIONES				
<p>Bajar la velocidad de incisión lateral Dejar secar el aislador unas horas antes de remover el cilindro del portamaterial</p>				
RECOMENDACIONES				
<p>El dejar unas horas sirvió para ver si la fijación entre el porta material y el aislador se libera pero no se encontró resultados convincentes. Se recomienda sacar instantáneamente el aislador del porta material al finalizar el torneado, eso si con mucho cuidado de no deformar el aislador.</p>				

Tabla 19 Prueba combinada con ángulo de cuchilla de 350° y velocidad lateral

4.5 ANALISIS DE RESULTADOS

Las pruebas que se presentaron anteriormente son las más representativas con respecto a la aportación que estas hacen para la mejora en la implementación.

Se tiene que las pruebas realizadas con cilindros cerámicos con una humedad entre 15 y 20% no requieren de aspersión de agua muy seguida porque esto produce que se genere una pasta muy blanda en la superficie haciendo que la cuchilla deforme el material y no haga desbaste pues se forma una pasta entre el cilindro y la cuchilla que se va engrandeciendo conforme esta ingresa sobre el cilindro. Para el caso en el que la humedad es menor a 5% tampoco resulta de beneficio la dosificación de agua con el aspersor puesto que la superficie del cilindro se torna muy dura haciendo falta tener velocidades de incisión extremadamente bajas que alargan el tiempo de formado del aislador y lo mas importante provocan el desgaste rápido del filo de la cuchilla.

El trabajo dentro del rango de humedades antes descrito queda descartado gracias a las pruebas realizadas, no solamente por los problemas presentados en el formado, sino también porque el trabajo a estas humedades provoca que se generen fracturas en el siguiente paso de la elaboración del aislador como es el secado y cocción.

Los valores de humedad del cilindro con los que mejores resultados se obtiene están entre 10 y 13%, esto concuerda hasta cierto punto con el dato obtenido en el estudio del torno actual descrito en el capítulo 2 en donde el fabricante del torno recomienda trabajar con humedades de cilindro de 10%.

La velocidad de ubicación del cilindro, es decir cuando la cuchilla se mueve libre sin realizar trabajo para su posicionamiento inicial y final, debe ser la mayor posible que permitan los motores de pasos para que estos no pierdan el paso y no exista vibración en los carros móviles, además esta velocidad depende de que tan bien acoplados estén los sistemas tornillo sin fin y cremallera. De las pruebas se tiene que para el motor frontal se debe cargar el valor 8 en el seteo y para el motor frontal el 6.

Para la velocidad de trabajo los resultados mejores se dan a bajas velocidades, siendo menester cargar al motor lateral con el valor 160 y manteniendo en el motor frontal en el valor 6.

La aspersión de agua al trabajar dentro del rango de 10ª 13% de humedad debe ser de 2 a 3 veces en cada proceso de formado, es decir considerando que a las velocidades seteadas anteriormente el tiempo de torneado es de 7 minutos, la aspersiones da cada 2.5 minutos.

El motor axial se debe encender solamente cuando la cuchilla se encuentra en la posición inicial de trabajo y se apaga cuando la cuchilla se ha retirado completamente del aislador formado, caso contrario se forman las estrías verticales y el acabado no queda uniforme.

La separación de las tapas superior e inferior del aislador se hará utilizando un alambre fino y no haciendo torsión contrapuesta entre el aislador y cada tapa.

Con este análisis de los resultados se puede poner a punto el torno para que su operación sea la más adecuada.

Cabe recalcar que por las características propias que tiene el cilindro al salir de extrusor (etapa previa a entrar al formado) y del cuidado del operador en colocar el cilindro en el porta material dependerá en gran parte el que las tapas del aislador formado se desprendan solas o sea necesario separarlas utilizando el alambre antes descrito.

Dejar el aislador terminado por un tiempo en el porta material no provoca ventaja alguna, más bien genera retardos en la producción.

4.6 MANUAL DE OPERACIÓN

A continuación se describe los manuales de operación del torno en su modo manual, automático y remoto, esto permite al operario tener una guía para el manejo de la máquina de tal modo que no sea necesario recibir instrucciones previas de algún otro operario que ya sepa manejar el torno. Esto ayuda grandemente a la continuidad del trabajo del torno en la planta piloto puesto que el personal que allí labora es transitorio pues los encargados son ayudantes de laboratorio que en el mejor de los casos pasan año y medio en la planta.

El contar con el manual de operación facilita el análisis del torno a la persona interesada en implementar mejoras en el mismo como fue el caso del desarrollo de este proyecto en el cual se encontraron grandes trabas por no contar con la información previa en el momento del análisis del estado del torno actual como se ha denominado en el capítulo 2.

4.6.1 OPERACIÓN MANUAL

Se hace referencia a la operación manual local es decir desde el tablero de control instalado junto al torno.

Para la operación manual hay que seguir los siguientes pasos:

- Verificar que la alimentación de energía se encuentre activada, para esto abrir la caja de Breakers ubicada en la parte superior izquierda del torno y chequear que el breaker nominado C se encuentre en ON.
- Encender la máquina, desde el switch ubicado en la parte superior izquierda del tablero de control. Debería encenderse una luz roja sobre el switch, de no ser así abrir el tablero de control y verificar que los breakers se encuentren en la posición ON.
- Girar el selector colocándolo en la posición MANUAL. Así queda listo el torno para funcionar en modo manual.

- Utilizar las teclas del TD200 para mover la cuchilla del torno en las dos direcciones pulsando:

F1 para mover hacia ATRAS

F2 para mover hacia ADELANTE

F3 para mover a la IZQUIERDA

F4 para mover a la DERECHA

- Presionar la tecla SHIFT seguida de F2 para rociar agua al cilindro.

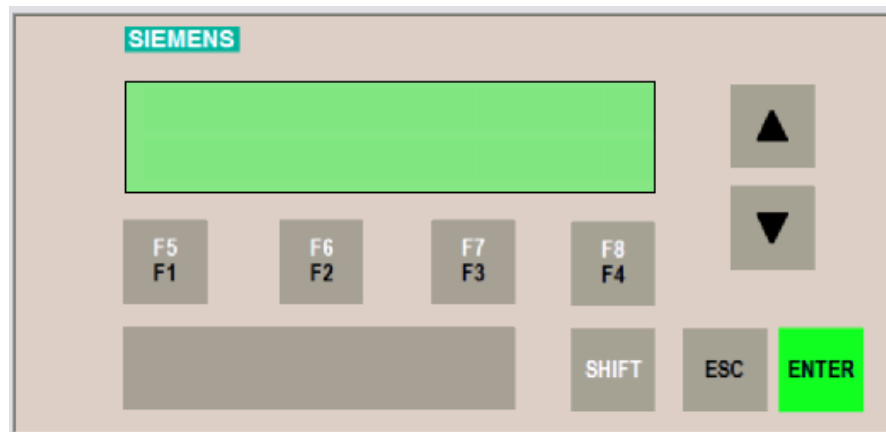




Fig. 90 TD200

- Para cambiar la velocidad de incisión de la cuchilla utilizar las teclas con flechas   recorriendo sobre el menú hasta encontrar SET VELOCIDAD y dar un ENTER, luego del mismo modo seleccionar la velocidad que se desea cambiar.
- Al finalizar el procedimiento de torneado apagar el sistema desde el Switch ubicado en la parte superior izquierda y limpiar completamente los residuos generados en la bandeja del torno por el proceso de formado.

4.6.2 OPERACIÓN AUTOMÁTICA

Para la operación automática hay que seguir los siguientes pasos:

- Verificar que la alimentación de energía se encuentre activada, para esto abrir la caja de Breakers ubicada en la parte superior izquierda del torno y chequear que el breaker nominado C se encuentre en ON.
- Encender la máquina, desde el switch ubicado en la parte superior izquierda del tablero de control. Debería encenderse una luz roja sobre el switch, de no ser así abrir el tablero de control y verificar que los breakers se encuentren en la posición ON.
- Girar el selector a la posición AUTOMATICO. Se encenderá la luz roja del tablero que indica que la maquina se encuentra en paro a la espera de la orden de marcha.
- Presionar el botón verde de MARCHA. Se apaga la luz roja y se enciende la luz verde que indica que el torno comienza a operar. Los carros móviles se mueven de tal modo que se ubican en la posición de trabajo, arranca automáticamente el motor axial y se procede al formado. Cuando el aislador esta terminado los carros móviles se desplazan hasta ubicarse en la posición inicial y automáticamente se detiene, se apaga la luz VERDE y se enciende la luz ROJA indicando que el torno esta detenido y a la espera que se cargue un nuevo cilindro cerámico y se de nuevamente marcha para repetir el ciclo.
- En cualquier instante de operación en modo automático si se presiona el botón de paro la máquina se detiene instantáneamente. Así mismo con el botón de emergencia al ser pulsado se detiene la máquina y se desenergiza todo el sistema.
- Al finalizar el procedimiento de torneado apagar el sistema desde el Switch ubicado en la parte superior izquierda y limpiar completamente los residuos generados en la bandeja del torno por el proceso de formado.

4.6.3 OPERACIÓN REMOTA

La operación remota se la hace utilizando la aplicación desarrollada en In Touch. Para esto es necesario enlazar el computador con el PLC a través del cable de comunicación PPI del S7 200.

Se arranca la aplicación en In Touch y se accede a la pantalla de presentación en donde se puede seleccionar el tipo de usuario: operador o administrador

Como operador se accede dando clic en el botón respectivo que permite ingresar directamente a la pantalla de operación que es una representación del tablero de control local del torno.

Si se ingresa como usuario es necesario ingresar la clave siguiendo los pasos que en la pantalla se indican. Si se ingresa una clave errada se muestra un mensaje de ERROR.

Desde la pantalla de operación se puede accionar el torno en modo manual y automático del mismo modo que si se lo hiciera utilizando el tablero de control.



Fig. 91 Pantalla de operación

Para modo manual se coloca el selector en esta posición y por medio de los botones con sus respectivos nombres se puede mover el torno hacia:

ADELANTE, ATRÁS, DERECHA e IZQUIERDA, y además humedecer el cilindro presionando en ASPERSOR.

Para modo automático se coloca el selector en esta posición y se inicia la operación seleccionando el botón de MARCHA. El torno hace todo el trabajo de formado y regresa a la posición inicial a la espera de una nueva orden para un nuevo formado. En pantalla se visualiza el estado del torno.

Si el ingreso se hizo como administrador se tiene acceso además a la configuración, el registro de producción y la salida de la aplicación del In Touch.

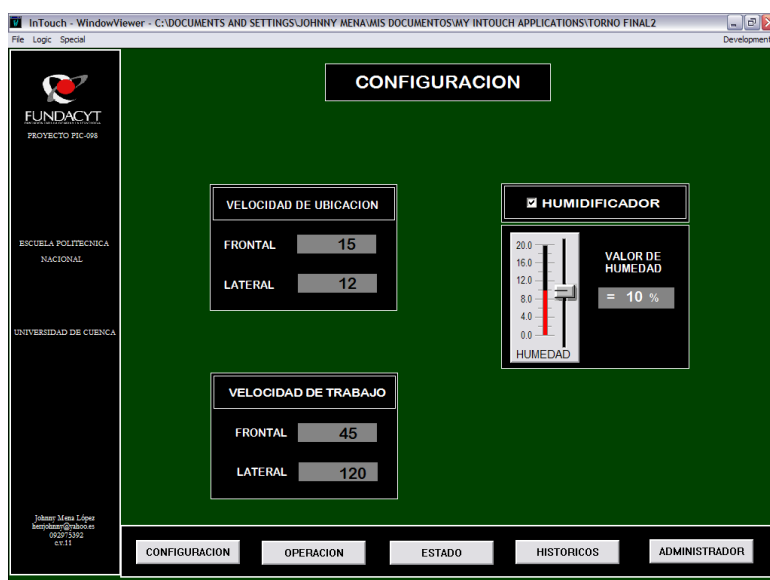


Fig. 92 Pantalla de configuración

En la pantalla de configuración se setea el valor de las velocidades tanto de ubicación de la cuchilla y las de trabajo de formado del torno. Para esto se coloca con el ratón sobre la posición de la variable a ser modificada y se ingresa un número de acuerdo a la velocidad requerida.

Desde esta misma pantalla se habilita o no el humidificador. En el caso de hacerlo se puede poner el valor de humedad que tiene el cilindro y automáticamente en el PLC se cargará un valor que estima de aspersion de agua de acuerdo a la humedad. El valor de humedad se puede setear moviendo el slider de arriba

hacia abajo hasta posicionar en el valor deseado, o si se desea colocar un valor más exacto se puede ingresar un número sobre el rectángulo plomo donde se indica el porcentaje de humedad del cilindro.

Seleccionando estado se ve en que momento del formado se encuentra el torno y desde históricos ver el registro de producción.

Al finalizar el proceso de torneado se debe limpiar de la bandeja todos los residuos generados en el formado y asegurarse de apagar completamente el torno.

CAPITULO V

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En el presente capítulo se detallan las conclusiones a las que se han llegado luego de haber desarrollado la automatización del torneado mecánico para la elaboración de aisladores, las cuales se complementan con las recomendaciones que se hacen en función de las experiencias que se adquirieron durante la ejecución del proyecto.

5.1 CONCLUSIONES

- El estudio del proceso de elaboración de aisladores eléctricos cerámicos utilizando la técnica de torneado para el formado, es la base fundamental en el desarrollo del proyecto gracias a lo cual se estipulan los parámetros necesarios para la implementación de la automatización permitiendo eliminar los errores producidos cuando se utiliza el torno manual manejado por un operario.
- Se implementa un mecanismo periférico al torno manual que ha sido diseñado exclusivamente para esta aplicación, ya que no se trata de adaptaciones mecánicas con partes y piezas elaboradas en serie y que se encuentran en el mercado. La elaboración se ha hecho siguiendo las especificaciones de forma y tamaño descritas en el anexo 1.
- Se diseña el sistema de automatización y control utilizando el PLC S7 200 cpu 224 de la familia SIMATIC de SIEMENS complementado con un módulo de expansión EM222 de salidas rápidas para el manejo de los motores de pasos y el panel de micro automatización TD200 que permite interactuar al operador con la máquina.
- La interfaz hombre máquina se ha desarrollado en In Touch con un grupo de pantallas amigables al usuario, de fácil acceso y configuración. Con esto

se logra integrar al sistema automatizado la posibilidad de hacer la manipulación del torno de modo remoto.

- Los tiempos de formación del cilindro se disminuyen considerablemente, logrando obtenerse el aislador acabado en 11 minutos, comparado con los 45 minutos empleados utilizando el torneado manual, teniendo en cuenta que el operario se encuentra completamente adiestrado.
- El acabado final presenta una textura lisa y uniforme, como consecuencia de utilizar la incisión de la cuchilla en forma progresiva y continua sin variar las velocidades durante el trabajo de formado, esto provoca también la eliminación de fracturas en los cilindros que poseen humedades mas bajas.
- Deteniendo el motor axial luego que se ha retirado por completo la cuchilla se eliminan las estrías verticales.

5.2 RECOMENDACIONES

- Previo la utilización del torno se debe leer los manuales instructivos de manejo de tal manera que se realice el trabajo adecuado para evitar daños tanto en los cilindros a tornearse como en la máquina.
- Hacer un mantenimiento preventivo inclusive cuando no se haya utilizado el torno, debido a que el ambiente de polvo que existe en la Planta Piloto puede llegar a causar anomalías en el funcionamiento.
- La humedad recomendable de trabajo esta entre 10 y 12% puesto que a estos valores, la viruta resultante no se adhiere demasiado a la cuchilla y se obtienen acabados de mejor calidad.

- Cuando se moldee a humedades muy bajas es necesario que se afile la herramienta de corte ya que por lo abrasivo que se vuelve la superficie del cilindro cerámico, la fricción desgasta rápidamente el filo.
- Cuando exista daño en las partes mecánicas implementadas en el torno, hay que cambiarlas por nuevas que sigan exclusivamente las dimensiones y forma de las presentadas en el anexo1.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- **BARTESCH**, Walter, Alrededor del Torno. Reverte.S.A.. Barcelona - España 1977
- **DENEZHNI**, P.M.; **STISKIN**, G.M; **TJOR**, I.E., Manual del Tornero. Editorial MIR, Moscu - URSS 1978
- **ECG SEMICONDUCTORS**, Linear Modules and Integrated Circuits Volumen 3. Primera edición. Philips ECG. 1985.
- **SIMATIC SIEMENS**. Productos para Totally Integrated Automation y Micro Automation. Siemens AG. Nümburg Alemania
- **CAÑADAS**, Edison, Diseño y construcción del equipo periférico para formado por extrusión, tesis de grado previa la obtención del título de ingeniero químico, octubre 2000
- **CORRALES**, Luis, Curso Introdutoria de In Touch, Escuela Politécnica Nacional, Julio de 2005

- **SANTA TEREZINHA**, Aisladores Eléctricos de Porcelana <http://www.cst-isoladores.com.br>
- **GUADAMA**, Julio. Proceso y Control de Fabricación. <http://procesofabricacion.blogspot.com>
- **SIEMENS**. Industry Automation and Drives Technologies Service, <http://support.automation.siemens.com>
- **InfoPLC.NET**. Portal de Automatización Industrial. <http://www.infoplcn.net>
- **CHIP FIND**. Datasheet Archive. <http://doc.chipfind.ru>
- **UNCOR**, Elementos y equipos eléctricos <http://www.efn.uncor.edu/departamentos/electrotecnia/cat/eye.htm#apuntes>
- **MAYECEN**, Material eléctrico, <http://www.mayecen.com/new/cat1/IUSA.pdf>
- **WIKIPEDIA**, Enciclopedia on line, <http://es.wikipedia.org/wiki/Cuarzo>
- **WIKIPEDIA**, Enciclopedia on line, <http://es.wikipedia.org/wiki/Feldespatos>
- **WIKIPEDIA**, Enciclopedia on line <http://es.wikipedia.org/wiki/Arcilla>