



UNIVERSIDAD DE CARABOBO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA



DEPARTAMENTO DE MATERIALES Y PROCESOS DE FABRICACIÓN  
CÁTEDRA DE TRABAJO ESPECIAL DE GRADO I

## **TRABAJO ESPECIAL DE GRADO:**

DESARROLLO DE UN PLAN DE ACTIVIDADES TENDIENTES A LA REPARACIÓN, PUESTA EN MARCHA Y DISEÑO DE PRÁCTICAS DEMOSTRATIVAS PARA EL CENTRO DE MECANIZADO VERTICAL CNC EMCO VMC-100 EN EL TALLER METALMECÁNICO DE LA UNIVERSIDAD DE CARABOBO.

Tutor: Prof. Juan Carlos Pereira

Julio C. Hernández O.

C.I. 19.642.538

Herrera D. Rafael A.

C.I: 18.803.758

Noviembre 2011





Pg No 13  
2/2011

Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Mecánica

Departamento de Materiales y Procesos de Fabricación

**FORMATO TG-2 DEL JEFE DEL DPTO. AL CONSEJO DE ESCUELA**

Valencia, 27 de enero del 2011

Ciudadano  
Director-Presidente y demás Miembros  
Consejo de Escuela de Ingeniería Mecánica  
Presente.-

De acuerdo a lo establecido en el Art. 11 del Reglamento de Trabajo Especial de Grado, se presenta para su información y fines consiguientes la exposición de motivos, objetivos a desarrollar y Plan de Trabajo a cumplir por el (los) Br.(s):

Julio C. Hernández C.I. 19.642.538, y Rafael A. Herrera C.I. 18.803.758.

En la realización del tema: "DESARROLLO DE UN PLAN DE ACTIVIDADES TENDIENTES A LA REPARACIÓN, PUESTA EN MARCHA Y DISEÑO DE PRÁCTICAS DEMOSTRATIVAS PARA EL CENTRO DE MECANIZADO VERTICAL CNC EMCO VMC-100 EN EL TALLER METALMECÁNICO DE LA UNIVERSIDAD DE CARABOBO"

Bajo la guía del profesor: Ing. Juan C. Pereira

Prof. Guía



Jefe del Departamento  
Prof. Ing. Sandra Cabello

Recibido en Consejo de Escuela el día: \_\_\_\_\_

**FORMATO TG-3: APROBACIÓN DEL TEMA EN CONSEJO DE ESCUELA**

El Consejo de Escuela en su reunión ordinaria No. 03 del día 22/02/2011, de acuerdo a lo establecido en el Art. 12 del Reglamento respectivo y en atención a la notificación del Departamento correspondiente, aprueba como tema de Trabajo Especial de Grado con las modificaciones que se hayan indicando, el arriba señalado, el cual deberá ser concluido y presentado dentro del plazo que señala el Art. 21 del mencionado Reglamento.

Valencia, 22 de Febrero de 2011

Prof. Ing. Carmelo Torres  
Director-Presidente

Naguanagua 28 de Febrero de 2011

A quien pueda interesar:

### Constancia

Yo, Juan Carlos Pereira, profesor guía el trabajo especial de grado que lleva como título: ***"Desarrollo de un Plan de Actividades Tendientes a la Reparación, Puesta en Marcha y Diseño de Practicas Demostrativas para el Centro De Mecanizado Vertical EMCO VMC-100 en la Universidad de Carabobo"*** que esta siendo desarrollado por los bachilleres: Julio Hernández y Rafael Herrera, hago constar que he recibido y leído la monografía de TG1 que contiene los capítulos 1,2, y 3 del trabajo mencionado, a los 25 días de mes de febrero del año 2011. Sin más a que hacer referencia, me despido.



Firma Profesor Asesor

Juan Carlos Pereira

CI: 14625372

# AGRADECIMIENTOS

Primeramente, le dedicamos este trabajo a Dios todo poderoso por ser nuestro guía espiritual quien nos conduce siempre hacia el camino del bien y el éxito. Y por darnos la conformidad de tener a nuestros padres con vida y mucha salud, solo él sabe lo importante que son ellos para nosotros. Al igual que todas esas personas que nos apoyaron y confiaron en nosotros. Gracias Dios por darnos la dicha de escribirles hoy esta dedicatoria, nuestros agradecimientos y tenerlos con salud y vida.

A nuestros Padres, por ser ellos quienes nos cobijaron bajo su sombra dándonos así la fuerza para seguir caminando y lograr alcanzar esta meta anhelada, que hoy gracias a Dios, conjuntamente con ellos hemos logrado. Dios los bendiga, les de salud y mucha vida para poder retribuirles un poco de lo que nos han dado. Con mucho amor, es para ustedes este logro y todos los que nos faltan por alcanzar; este es solo el comienzo de una vida llena de éxito para ustedes.

Debemos agradecer de manera especial y sincera al Profesor Juan Carlos Pereira por aceptarnos para realizar esta tesis bajo su dirección. Su apoyo y confianza en nuestro trabajo y su capacidad para guiar nuestras ideas ha sido un aporte invaluable, no solamente en el desarrollo de esta tesis, sino también en nuestra formación. Las ideas propias, siempre enmarcadas en su orientación y rigurosidad, han sido la clave del buen trabajo que hemos realizado juntos, el cual no se puede concebir sin su siempre oportuna participación.

Para aquellos amigos que han compartido con nosotros los “ir y venir” en el plano personal durante este largo y arduo trayecto. Por ofrecernos siempre esa mano amiga en los momentos más difícil de nuestra carrera, les deseamos los mejores éxitos.

Julio Hernández y Rafael Herrera

# RESUMEN

El presente trabajo de investigación pretende mejorar la calidad del proceso de enseñanza-aprendizaje en la cátedra de procesos de fabricación III, integrando los conocimientos teóricos con el desarrollo de experiencias prácticas donde el estudiante consolide lo aprendido en el salón de clase. Para ello se requiere de la recuperación del centro de mecanizado vertical EMCO VMC-100, y así diseñar un conjunto de prácticas de laboratorio referentes al mecanizado de piezas con una fresadora vertical de tres ejes con control numérico y la selección de herramientas de corte adecuadas. Con el fin de lograr la puesta a punto del centro de mecanizado se sustituyó el controlador del mismo, por un computador donde a través del software Mach3 se simula el control del equipo; la adecuación técnica del centro de mecanizado incluyó instalación de sensores de seguridad, mantenimiento de componentes, desarrollo de circuitos eléctricos y componentes electrónicos necesarios para el control del centro de mecanizado. La selección de herramientas de corte está basada en los procedimientos estandarizados por la norma ISO de manera que este acorde a lo impartido en la cátedra de procesos de fabricación, y las prácticas de laboratorio se diseñaron con el formato usado en la universidad de Carabobo. Se dota entonces a la universidad de Carabobo de una herramienta didáctica como lo es el centro de mecanizado EMCO VMC-100, además se plantean a través de las practicas, las experiencias que ayudaran al estudiantado a fortalecer los conocimientos teóricos y mejorar su formación profesional.

# Índice General

---

<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	<b>V</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>VI</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>I</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	<b>VII</b>
<b>ÍNDICE DE ECUACIONES</b> .....	<b>IX</b>
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
1.1    INTRODUCCIÓN .....	1
1.2    SITUACIÓN PROBLEMÁTICA .....	2
1.3    OBJETIVOS.....	4
1.3.1 <i>Objetivo General</i> .....	4
1.3.2 <i>Objetivos Específicos</i> .....	5
1.4    JUSTIFICACIÓN .....	5
1.5    ALCANCE .....	7
1.6    LIMITACIONES.....	8
1.7    ANTECEDENTES.....	8
<b>CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>13</b>
2.1    CENTRO DE MECANIZADO VERTICAL EMCO VMC-100.....	13
2.1.1 <i>Dimensiones de los elementos principales</i> .....	13
2.1.2 <i>Área de trabajo</i> .....	17
2.1.3 <i>Montaje del portaherramientas en el tambor de herramientas</i> . ....	19
2.2    MACH 3 COMO HERRAMIENTA PARA EL CONTROL DE MÁQUINAS CON CNC ....	24

2.3	SELECCIÓN DE HERRAMIENTAS DE CORTE.....	35
2.3.1	<i>Tipo de operación:</i> .....	36
2.3.2	<i>Paso de la fresa:</i> .....	37
2.3.3	<i>Sistema de sujeción.</i> .....	38
2.3.4	<i>Parámetros de la herramienta de corte a Seleccionar.</i> .....	39
2.3.5	<i>Geometría y Calidad de la Plaquita o Herramienta de corte a Seleccionar.</i> .....	39
2.3.6	<i>Ejemplo de catalogo comercial para selección de herramientas de corte (SANDVIK).</i> .....	39
<b>CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO.....</b>		<b>43</b>
3.1	NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN. ....	43
3.2	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	44
3.3	TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	50
3.4	DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO INVESTIGATIVO .....	51
<b>CAPÍTULO 4. DESARROLLO.....</b>		<b>53</b>
4.1	IDENTIFICACIÓN DE LAS CAUSAS DE FALLA DEL CENTRO DE MECANIZADO, REPARACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DEL EQUIPO.....	53
4.1.1	<i>Investigación de las causas por las cuales, el centro de mecanizado vertical CNC no opera de forma adecuada.</i> .....	54
4.1.2	<i>Reparar o sustituir, de ser necesario los diferentes sistemas y componentes que conforman el equipo.</i> .....	63
4.1.2.1	Recuperación y Acondicionamiento del Controlador EMCOTronic TM02. 63	
4.1.2.2	Acondicionamiento y Actualización de estación de control a través de la utilización de Mach3 .....	67
4.1.3	<i>Realizar el mantenimiento de los sistemas hidráulicos, mecánicos y de aire comprimido que conforman el sistema, para un mejor rendimiento del equipo.</i> .....	77
4.2	ADQUISICIÓN DE HERRAMIENTAS DE CORTE PARA EL CENTRO DE MECANIZADO. 88	
4.2.1	<i>Selección de Herramientas de Corte para Fresado con el Proveedor IZAR CUTTING TOOLS®. (1ra Herramienta de Corte).</i> .....	89
4.2.1.1	<i>Tipo de Herramienta y Material a Mecanizar</i> .....	89
4.2.1.2	<i>Parámetros de Corte Iniciales</i> .....	89
4.2.1.3	<i>Tipo de Operación de Fresado</i> .....	91
4.2.1.4	<i>Selección del Paso de la Fresa</i> .....	93
4.2.1.5	<i>Fresa concreta (Dimensiones, N° Dientes)</i> .....	93

4.2.1.6	<i>Sistema de Sujeción</i> .....	94
4.2.1.7	<i>Características de la herramienta seleccionada</i> .....	94
4.2.1.8	<i>Recomendaciones para ajustes</i> .....	95
4.2.1.9	<i>Datos de corte</i> .....	96
4.2.1.10	<i>Tabla Comparativa De Velocidades De Corte</i> .....	98
4.2.1.11	<i>Tabla Resumen De Los Parámetros Seleccionados</i> :.....	100
4.2.2	<i>Selección de Herramientas de Corte para Fresado según el Proveedor KESTAG COBALT CUTTING TOOLS ®. (2da, 3ra y 4ta Herramienta de Corte)</i> .....	101
4.2.2.1	<i>Tipo de Herramienta y Material a Mecanizar</i> .....	101
4.2.2.2	<i>Parámetros de Corte Iniciales</i> .....	101
4.2.2.3	<i>Tipo de Operación de Fresado</i> .....	102
4.2.2.4	<i>Selección del Paso de la Fresa</i> .....	105
4.2.2.5	<i>Fresa concreta (Dimensiones, N° Dientes)</i> .....	105
4.2.2.6	<i>Sistemas de Sujeción</i> .....	106
4.2.2.7	<i>Características de la herramienta seleccionada</i> .....	107
4.2.2.8	<i>Recomendaciones para ajustes</i> .....	109
4.2.2.9	<i>Datos de corte</i> .....	110
4.2.2.10	<i>Tabla Resumen De Los Parámetros Seleccionados</i> .....	114
4.2.3	<i>Selección de Herramientas de Corte para Fresado según el Proveedor KESTAG COBALT CUTTING TOOLS ®. (5ta y 6ta Herramienta de Corte)</i> . 116	
4.2.3.1	<i>Tipo de Herramienta y Material a Mecanizar</i> .....	116
4.2.3.2	<i>Parámetros de Corte Iniciales</i> .....	116
4.2.3.3	<i>4.2.5.3 Tipo de Operación de Fresado</i> .....	117
4.2.3.4	<i>Selección del Paso de la Fresa</i> .....	119
4.2.3.5	<i>Fresa concreta (Dimensiones, N° Dientes)</i> .....	119
4.2.3.6	<i>Sistema de Sujeción</i> .....	121
4.2.3.7	<i>Características de la herramienta seleccionada</i> .....	122
4.2.3.8	<i>Recomendaciones para ajustes</i> .....	123
4.2.3.9	<i>Datos de corte</i> .....	124
4.2.3.10	<i>Tabla Resumen De Los Parámetros Seleccionados</i> .....	129
4.2.4	<i>Tabla Resumen De Todas Las Herramientas de Cortes Seleccionadas</i>	130
4.3	<b>DESARROLLO DEL CONJUNTO DE PRÁCTICAS DEMOSTRATIVAS PARA QUE EL ESTUDIANTADO APLIQUE SUS CONOCIMIENTOS TEÓRICOS DEL FRESADO CNC, EN EL CENTRO DE MECANIZADO VERTICAL DISPONIBLE EN EL TALLER METALMECÁNICO.</b> ....	131
4.3.1	<i>Elaboración de un conjunto de prácticas relacionadas con el mecanizado de piezas para un centro de mecanizado vertical de tres ejes.</i> 132	
4.3.1.1	<i>Práctica #1</i> .....	132

4.3.1.2	Práctica #2 .....	140
4.3.1.3	Práctica #3 .....	148
4.3.2	<i>Implementación de la práctica empleando el centro de mecanizado, con la finalidad de validar el correcto diseño de la misma. ....</i>	156
4.3.2.1	Práctica #1: .....	156
4.3.2.2	Practica #2: .....	162
4.3.2.3	Practica #3: .....	168
4.4	MANUAL DE OPERACIÓN DEL EMCO VMC-100 CON LA ACTUALIZACIÓN DEL MACH3 COMO SOFTWARE CONTROLADOR.....	173
<b>CAPÍTULO V. ANÁLISIS DE RESULTADOS .....</b>		<b>175</b>
<b>CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>		<b>179</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>		<b>183</b>
<b>ANEXOS .....</b>		<b>185</b>
6.1	APÉNDICE 1. PIEZAS DEMOSTRATIVAS ADICIONALES. ....	185
6.2	APÉNDICE 2. RELACIÓN DE COSTOS, COTIZACIÓN Y FACTURAS.....	200
6.1	APÉNDICE 3. MANUAL DE PARTES Y OPERACIÓN DEL CENTRO DE MECANIZADO EMCO VMC-100 CON ADAPTACIÓN CON MACH3.....	202

# Índice De Figuras

---

---

<b>FIGURA 2.1.1.</b> DIMENSIONES PRINCIPALES DEL CENTRO DE MECANIZADO EMCO-VMC100 .....	14
<b>FIGURA 2.1.2.</b> DIMENSIONES DE LA ESTACIÓN DE MECANIZADO.....	15
<b>FIGURA 2.1.3.</b> DIMENSIONES DE LA ESTACIÓN DE MECANIZADO.....	15
<b>FIGURA 2.1.5.</b> ESQUEMA DE INSTALACIÓN DEL EQUIPO. ....	16
<b>FIGURA 2.1.4.</b> DIMENSIÓN DE LA ESTACIÓN DE CONTROL EMCO TRONIC TM02.....	16
<b>FIGURA 2.1.6.</b> (A) ESTACIÓN MECÁNICA DEL EQUIPO (B) CONO PORTAHERRAMIENTAS. 18	
<b>FIGURA 2.1.7.</b> ENSAMBLE DE LAS HERRAMIENTAS. ....	18
<b>FIGURA 2.1.8.</b> TAMBOR DE HERRAMIENTAS .....	19
<b>FIGURA 2.1.9.</b> ÁREA DE TRABAJO EN LOS EJES X E Y.....	20
<b>FIGURA 2.1.10.</b> DESPLAZAMIENTO EN LA DIRECCIÓN VERTICAL Z. ....	21
<b>FIGURA 2.1.11.</b> DETALLE DE LAS RANURAS EN T. ....	22
<b>FIGURA 2.1.12.</b> BARRAS DE SUJECIÓN.....	22
<b>FIGURA 2.1.13.</b> VISTA EN ISOMETRÍA DE LAS MORDAZAS DE SUJECIÓN. ....	23
<b>FIGURA 2.1.14.</b> MONTAJE DE MANDRIL DE TRES MORDAZAS. ....	24
<b>FIGURA 2.2.1.</b> PASOS PARA LA FABRICACIÓN DE PIEZAS MECÁNICAS.....	25
<b>FIGURA 2.2.2.</b> PASOS PARA LA FABRICACIÓN DE PIEZAS MECÁNICAS.....	26
<b>FIGURA 2.2.3.</b> PANTALLA PRINCIPAL DE MACH3 CNC. ....	28
<b>FIGURA 2.2.4.</b> SECCIÓN DE CONTROL DE PROGRAMA CÓDIGO G.....	29
<b>FIGURA 2.2.5.</b> SECCIÓN DE POSICIÓN Y ESTADO DE LOS EJES:.....	30
<b>FIGURA 2.2.6.</b> SECCIÓN DE AVANCE .....	31
<b>FIGURA 2.2.7.</b> SECCIÓN DE CONTROL DE HUSILLO.....	32
<b>FIGURA 2.2.8.</b> VISUALIZACIÓN DEL PROGRAMA .....	33

<b>FIGURA 2.2.9.</b> MODO MPG .....	34
<b>FIGURA 2.2.10.</b> PANTALLA MDI .....	35
<b>FIGURA 2.3.1.</b> TIPOS DE OPERACIONES EN FRESADO .....	36
<b>FIGURA 2.3.2.</b> ESQUEMAS DE MONTAJE: CILÍNDRICO (A) WELDON (B).....	38
<b>FIGURA 2.3.3.</b> ESQUEMA DE MONTAJE MODULAR.....	38
<b>FIGURA 2.3.4.</b> CATALOGO COMERCIAL DE SELECCIÓN DE HERRAMIENTA DE CORTES. FUENTE: CATÁLOGOS DE SELECCIÓN DE PLAQUITAS (SANDVIK). .....	39
<b>FIGURA 2.3.5.</b> CATALOGO COMERCIAL DE SELECCIÓN DE HERRAMIENTA DE CORTES....	40
<b>FIGURA 2.3.6.</b> CATALOGO COMERCIAL DE SELECCIÓN DE HERRAMIENTA DE CORTES....	40
<b>FIGURA 3.4.1.</b> DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO INVESTIGATIVO.....	51
<b>FIGURA 4.1.1.</b> DIAGRAMA DE ACTIVIDADES DESARROLLADAS EN LA 1RA FASE DEL TRABAJO DE GRADO. ....	53
<b>FIGURA 4.1.2.</b> ANTIGUO TOMA ELÉCTRICA AL QUE SE ENCONTRABA CONECTADO EL EQUIPO. ....	54
<b>FIGURA 4.1.3.</b> TRANSFORMADOR Y ANTIGUA CONEXIONES DE LAS QUE DISPONÍA EL EQUIPO PARA LA ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA.....	55
<b>FIGURA 4.1.4.</b> TARJETA “POWER SUPPLY” DEL CONTROLADOR CON SEÑALIZACIÓN DE LA FALLA. ....	56
<b>FIGURA 4.1.5.</b> DRIVER CONTROLADOR DE EJES DEL EQUIPO CON SEÑALIZACIÓN DE LA FALLA PRESENTE. ....	56
<b>FIGURA 4.1.6.</b> FUENTE DE PODER DEL EQUIPO ANTES DE REALIZARSE LABORES DE REPARACIÓN. ....	57
<b>FIGURA 4.1.7.</b> TECLADO DEL EQUIPO CON SEÑALIZACIÓN DE ALGUNOS COMPONENTES AVERIADOS.....	57
<b>FIGURA 4.1.8.</b> (A) SUCIEDAD ACUMULADA SOBRE LA ZONA DEL CONTROLADOR. (B) ACUMULADO DE SUCIEDAD, MUGRE Y ACEITES SOBRE LA ESTACIÓN DE MECANIZADO. (C) SUCIEDAD ACUMULADA SOBRE LA PARTE SUPERIOR DE LA ESTACIÓN DE MECANIZADO. (D) SUCIEDAD ACUMULADA LA PARTE FRONTAL DE LA ESTACIÓN DE MECANIZADO. (E) SUCIEDAD ACUMULADA EN LA COMPUERTA DE SEGURIDAD DE LA ESTACIÓN DE MECANIZADO. (F) SUCIEDAD ACUMULADA EN LA PARTE POSTERIOR DE LA ESTACIÓN DE MECANIZADO. (G) LÍQUIDO DE REFRIGERACIÓN DESCOMPUESTO. (H) BOMBA DE LUBRICACIÓN CON ACEITE DESCOMPUESTO. (I) PINZAS DE SUJECIÓN CÓNICA CON SUPERFICIES OXIDADAS. (J) ESTANTE PARA HERRAMIENTAS Y DEMÁS COMPONENTES REFERENTES AL EQUIPO. ....	61
<b>FIGURA 4.1.9.</b> (A) SUCIEDAD ACUMULADA SOBRE LA HABITACIÓN ACUMULADA EN EL EQUIPO. (B) SISTEMAS DE ILUMINACIÓN DE LA HABITACIÓN AVERIADOS.....	62
<b>FIGURA 4.1.10.</b> NUEVA TOMA ELÉCTRICA DEL EQUIPO CON SEÑALIZACIÓN DE LAS CONEXIONES. ....	63

<b>FIGURA 4.1.11.</b> CABLEADO NUEVO DE LA LÍNEA DE ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA DEL EQUIPO. .....	64
<b>FIGURA 4.1.12.</b> TARJETA “POWER SUPPLY” DEL CONTROLADOR CON SEÑALIZACIÓN DE COMPONENTE REPARADO. ....	65
<b>FIGURA 4.1.13.</b> DRIVER CONTROLADOR DE EJES DEL EQUIPO CON SEÑALIZACIÓN CON SEÑALIZACIÓN DE COMPONENTE REPARADO. ....	65
<b>FIGURA 4.1.14.</b> FUENTE DE PODER DEL EQUIPO DESPUÉS DE REALIZARSE LABORES DE REPARACIÓN. ....	66
<b>FIGURA 4.1.15.</b> FLEX DEL TECLADO REPARADO JUNTO QUE EL RESTO DE LA ELECTRÓNICA. ....	66
<b>FIGURA 4.1.16.</b> ACONDICIONAMIENTO DE LA MESA CON 2DA REPISA, PARA LA ESTACIÓN DE CONTROL.....	68
<b>FIGURA 4.1.17.</b> CONTROLADOR EMCOTRONIC TM02 DESMONTADO.....	68
<b>FIGURA 4.1.18.</b> EQUIPOS INSTALADOS PARA LA ESTACIÓN DE CONTROL .....	69
<b>FIGURA 4.1.19.</b> TARJETAS ELECTRÓNICAS CONTROLADORAS DE LOS MOTORES X, Y Y Z70	
<b>FIGURA 4.1.20.</b> CONECTORES SOBRE LOS CABLES DE LOS MOTORES A LAS TARJETAS ELECTRÓNICAS. ....	71
<b>FIGURA 4.1.21.</b> MOTOR DE PASO NUEVO QUE CONTROLA LOS MOVIMIENTOS EN EL EJE Z. .....	71
<b>FIGURA 4.1.22.</b> SENSORES DE PROXIMIDAD DE LOS EJES X, Y Y Z. ....	72
<b>FIGURA 4.1.23.</b> SISTEMA DE MICROSWITCHES DE SEGURIDAD.....	73
<b>FIGURA 4.1.24.</b> BOTÓN DE PARADA DE EMERGENCIA ANEXADO A LA ESTACIÓN DE MECANIZADO. ....	73
<b>FIGURA 4.1.25.</b> (A) VARIADOR DE TENSIÓN. (B) ADAPTACIÓN Y ESTACIÓN DE CONTROL PARA EL ENCENDIDO Y APAGADO DEL HUSILLO, ASÍ COMO LA VELOCIDAD Y EL SENTIDO DE GIRO .....	74
<b>FIGURA 4.1.26.</b> TABLERO DE INTERRUPTORES INSTALADO A LA ESTACIÓN DE CONTROL. 75	
<b>FIGURA 4.1.27.</b> ADAPTACIÓN AL CABLEADO ORIGINAL DE LAS BOMBAS, LÍNEAS DE AIRE, ILUMINACIÓN Y HUSILLO. ....	76
<b>FIGURA 4.1.28.</b> PANTALLA PRINCIPAL DEL SOFTWARE MACH3.....	76
<b>FIGURA 4.1.29.</b> PANTALLA DE CONFIGURACIÓN DE PARÁMETRO DEL EQUIPO.....	77
<b>FIGURA 4.1.30.</b> (A) ZONA DEL CONTROLADOR DESPUÉS DE LA REMOCIÓN POLVO Y LABORES DE PINTURA. (B) ESTACIÓN DE MECANIZADO DESPUÉS DE LABORES DE REMOCIÓN DE SUCIEDAD ACUMULADA, MUGRE Y ACEITES. (C) PARTE SUPERIOR DE LA ESTACIÓN DE MECANIZADO DESPUÉS DE LABORES DE LIMPIEZA. (D) ESTACIÓN DE MECANIZADO DESPUÉS DE LABORES DE LIMPIEZA. (E) COMPARTIMIENTO DE LA ESTACIÓN DE MECANIZADO DESPUÉS DE LABORES DE LIMPIEZA. (F) PARTE POSTERIOR DE LA ESTACIÓN DE MECANIZADO DESPUÉS DE LABORES DE LIMPIEZA. (G) FORRO DISEÑADO PARA CUBRIR Y PROTEGER AL EQUIPO. ....	81

<b>FIGURA 4.1.31.</b> MORDAZAS Y MESA DE MECANIZADO TRAS LABORES LUBRICACIÓN Y REMOCIÓN DE OXIDO .....	82
<b>FIGURA 4.1.32.</b> MESA DE TRABAJO Y COMPONENTES LUBRICADOS.....	82
<b>FIGURA 4.1.33.</b> AMORTIGUADOR NUEVO, DE LAS COMPUERTAS DE LA ESTACIÓN DE MECANIZADO. ....	83
<b>FIGURA 4.1.34.</b> MANGUERA DE LIQUIDO REFRIGERANTE. ....	83
<b>FIGURA 4.1.35.</b> CONOS DE SUJECIÓN RESTAURADOS, CON REMOCIÓN DE OXIDO APLICADO.....	84
<b>FIGURA 4.1.36.</b> LIQUIDO REFRIGERACIÓN PARA EL MECANIZADO DE LAS PIEZAS.....	84
<b>FIGURA 4.1.37.</b> ESTANTE ASIGNADO A LAS HERRAMIENTAS Y DEMÁS INSUMOS DEL EQUIPO TRAS LABORES DE LIMPIEZA Y PINTURA. ....	85
<b>FIGURA 4.1.38.</b> A) HABITACIÓN DONDE SE ENCUENTRA EL EQUIPO DESPUÉS DE LABORES DE LIMPIEZA Y REACONDICIONAMIENTO. (B) SISTEMAS DE ILUMINACIÓN LUEGO DE LABORES DE REPARACIÓN Y SUSTITUCIÓN DE BOMBILLOS. (C) AMBIENTE DEL CENTRO DE MECANIZADO DESPUÉS DE LABORES DE LIMPIEZA. ....	87
<b>FIGURA 4.2.1.</b> DIAGRAMA DE ACTIVIDADES DESARROLLADAS EN LA 2DA FASE DEL TRABAJO DE GRADO. ....	88
<b>FIGURA 4.2.2.</b> REPRESENTACIÓN DE LA OPERACIÓN “FRESADO LATERAL”. ....	91
<b>FIGURA 4.2.3.</b> INFORMACIÓN DE LA SERIE DE FRESAS SELECCIONADA. <b>FUENTE:</b> CATÁLOGO DE SELECCIÓN IZAR CUTTING TOOLS®. ....	92
<b>FIGURA 4.2.4.</b> DIMENSIONES DE LA FRESA..... <b>FUENTE:</b> CATÁLOGO DE SELECCIÓN	93
<b>FIGURA 4.2.5.</b> DIMENSIONES DE LA FRESA. <b>FUENTE:</b> CATÁLOGO DE SELECCIÓN .....	93
<b>FIGURA 4.2.6.</b> DESCRIPCIÓN DEL MANGO WELDON. <b>FUENTE:</b> CATÁLOGO DE SELECCIÓN .....	94
<b>FIGURA 4.2.7.</b> MATERIALES RECOMENDADOS PARA MECANIZAR. <b>FUENTE:</b> CATÁLOGO DE SELECCIÓN IZAR CUTTING TOOLS®. ....	94
<b>FIGURA 4.2.9.</b> CARACTERÍSTICA GENERALES DE LA FRESA. <b>FUENTE:</b> IZAR CUTTING TOOLS®, CATALOGO DE PRODUCTOS EN PULGADA (2008).....	95
<b>FIGURA 4.2.8.</b> FABRICACIÓN DE LAS HERRAMIENTAS DE CORTE SELECCIONADO Y COMPOSICIÓN QUÍMICA. <b>FUENTE:</b> IZAR CUTTING TOOLS®, CATALOGO DE PRODUCTOS EN PULGADA (2008). ....	95
<b>FIGURA 4.2.10.</b> RECOMENDACIONES EN EL USO DE LAS HERRAMIENTAS DE CORTE. <b>FUENTE:</b> IZAR CUTTING TOOLS®, CATALOGO DE PRODUCTOS EN PULGADA (2008).....	95
<b>FIGURA 4.2.11.</b> AVANCES FRESAS HSS END MILL FEED. <b>FUENTE:</b> CATÁLOGO DE IZAR CUTTING TOOLS®.....	99
<b>FIGURA 4.2.12.</b> REPRESENTACIÓN VISUAL DE LA HERRAMIENTA SELECCIONADA. <b>FUENTE:</b> IZAR CUTTING TOOLS®, CATALOGO DE PRODUCTOS EN PULGADA (2008). ...	100

<b>FIGURA 4.2.13.</b> ÍNDICE PARA LA SELECCIÓN DE FRESAS SEGÚN EL TIPO DE OPERACIÓN. .....	104
<b>FIGURA 4.2.14.</b> DIMENSIONES DE LA FRESA. <b>FUENTE:</b> CATÁLOGO DE SELECCIÓN KESTAG COBALT CUTTING TOOLS.....	105
<b>FIGURA 4.2.15.</b> DIMENSIONES DE LA FRESA. <b>FUENTE:</b> CATÁLOGO DE SELECCIÓN KESTAG COBALT CUTTING TOOLS.....	106
<b>FIGURA 4.2.16.</b> DESCRIPCIÓN DEL MANGO WELDON. <b>FUENTE:</b> CATÁLOGO DE SELECCIÓN KESTAG COBALT CUTTING TOOLS.....	106
<b>FIGURA 4.2.17.</b> CLASIFICACIÓN DE MATERIALES. <b>FUENTE:</b> CATÁLOGO DE SELECCIÓN KESTAG COBALT CUTTING TOOLS.....	107
<b>FIGURA 4.2.18.</b> CARACTERÍSTICAS DE LA HERRAMIENTA SELECCIONADA. <b>FUENTE:</b> CATÁLOGO DE SELECCIÓN KESTAG COBALT CUTTING TOOLS. ....	107
<b>FIGURA 4.2.19.</b> CARACTERÍSTICAS DE LA HERRAMIENTA SELECCIONADA. <b>FUENTE:</b> CATÁLOGO DE SELECCIÓN KESTAG COBALT CUTTING TOOLS. ....	108
<b>FIGURA 4.2.20.</b> DESCRIPCIÓN GENERAL Y CARACTERÍSTICAS DE LA SERIE SELECCIONADA. <b>FUENTE:</b> CATÁLOGO KESTAG COBALT CUTTING TOOLS.....	108
<b>FIGURA 4.2.21.</b> RECOMENDACIONES EN EL USO DE LAS HERRAMIENTAS DE CORTE. <b>FUENTE:</b> CATALOGO KESTAG COBALT CUTTING TOOLS. ....	109
<b>FIGURA 4.2.22.</b> REPRESENTACIÓN VISUAL DE LAS HERRAMIENTAS DE CORTE SELECCIONADO. <b>FUENTE:</b> CATÁLOGOS KESTAG COBALT CUTTING TOOLS.....	114
<b>FIGURA 4.2.23.</b> REPRESENTACIÓN DE LA OPERACIÓN “FRESADO DE PERFIL”. ....	117
<b>FIGURA 4.2.24.</b> ÍNDICE PARA LA SELECCIÓN DE FRESAS SEGÚN EL TIPO DE OPERACIÓN. <b>FUENTE:</b> CATALOGO DE SELECCIÓN KESTAG COBALT CUTTING TOOLS.....	119
<b>FIGURA 4.2.25.</b> DIMENSIONES DE UNA FRESA. ....	121
<b>FIGURA 4.2.26.</b> DESCRIPCIÓN DEL MANGO WELDON. <b>FUENTE:</b> CATÁLOGO DE SELECCIÓN KESTAG COBALT CUTTING TOOLS.....	121
<b>FIGURA 4.2.27.</b> CLASIFICACIÓN DE MATERIALES. <b>FUENTE:</b> CATÁLOGO DE SELECCIÓN KESTAG COBALT CUTTING TOOLS.....	122
<b>FIGURA 4.2.28.</b> CARACTERÍSTICAS DE LA HERRAMIENTA SELECCIONADA. <b>FUENTE:</b> CATÁLOGO DE SELECCIÓN KESTAG COBALT CUTTING TOOLS. ....	122
<b>FIGURA 4.2.29.</b> CARACTERÍSTICAS DE LA HERRAMIENTA SELECCIONADA. <b>FUENTE:</b> CATÁLOGO DE SELECCIÓN KESTAG COBALT CUTTING TOOLS. ....	123
<b>FIGURA 4.2.30.</b> DESCRIPCIÓN GENERAL Y CARACTERÍSTICAS DE LA SERIE SELECCIONADA .....	123
<b>FIGURA 4.2.31.</b> RECOMENDACIONES EN EL USO DE LAS HERRAMIENTAS DE CORTE. <b>FUENTE:</b> CATÁLOGO KESTAG COBALT CUTTING TOOLS.....	124
<b>FIGURA 4.2.32.</b> REPRESENTACIÓN VISUAL DE LAS HERRAMIENTAS DE CORTE SELECCIONADO. <b>FUENTE:</b> CATÁLOGOS KESTAG COBALT CUTTING TOOLS. ....	128

<b>FIGURA 4.3.1.</b> DIAGRAMA DE ACTIVIDADES DESARROLLADAS EN LA 3RA FASE DEL TRABAJO DE GRADO .....	131
<b>FIGURA 4.3.2.</b> PLANOS DE LA PIEZA #1 .....	156
<b>FIGURA 4.3.3.</b> (A) VISTA EN ISOMETRÍA DE LA PIEZA 1 MECANIZADA. (B) VISTA SUPERIOR DE LA PIEZA 1 MECANIZADA. (C) VISTA FRONTAL DE LA PIEZA 1 MECANIZADA. ....	161
<b>FIGURA 4.3.4.</b> PLANOS DE LA PIEZA 2 .....	162
<b>FIGURA 4.3.5.</b> (A) VISTA EN ISOMETRÍA DE LA PIEZA 2 MECANIZADA. (B) VISTA SUPERIOR DE LA PIEZA 2 MECANIZADA. (C) VISTA FRONTAL DE LA PIEZA 2 MECANIZADA. ....	167
<b>FIGURA 4.3.6.</b> PLANOS DE LA PIEZA 3 .....	168
<b>FIGURA 4.3.7.</b> (A) VISTA EN ISOMETRÍA DE LA PIEZA 3 MECANIZADA. (B) VISTA SUPERIOR DE LA PIEZA 3 MECANIZADA. (C) VISTA FRONTAL DE LA PIEZA 3 MECANIZADA. ....	172

# Índice De Tablas

---

---

<b>TABLA 2.3.1.</b> DENOMINACIONES ISO PARA HERRAMIENTA DE CORTES DE CORTE.....	37
<b>TABLA 4.1.1.</b> ESPECIFICACIONES DEL MOTOR DE PASO DEL EJE Z.....	72
<b>TABLA 4.1.2.</b> ESPECIFICACIONES DEL VARIADOR DE TENSIÓN INSTALADO AL HUSILLO....	75
<b>TABLA 4.2.1.</b> PARÁMETROS DE CORTE RECOMENDADOS (FRESADO). ....	90
<b>TABLA 4.2.2.</b> TABLA RESUMEN DE VELOCIDAD DE CORTE .....	98
<b>TABLA 4.2.3.</b> TABLA RESUMEN DE LOS PARÁMETROS SELECCIONADOS.....	100
<b>TABLA 4.2.4.</b> PARÁMETROS DE CORTE RECOMENDADOS (FRESADO). <b>FUENTE:</b> CATÁLOGO DE SELECCIÓN KENAMETAL ®.....	102
<b>TABLA 4.2.5.</b> REPRESENTACIÓN DE LA OPERACIÓN “FRESADO TERMINAL” .....	103
<b>TABLA 4.2.6.</b> TABLA DE SELECCIÓN PARA LA GEOMETRÍA DE LA HERRAMIENTA DE CORTE.....	104
<b>TABLA 4.2.7.</b> VELOCIDADES DE GIRO TEÓRICAS.....	111
<b>TABLA 4.2.8.</b> VELOCIDADES DE CORTE AJUSTADAS.....	111
<b>TABLA 4.2.9.</b> PARÁMETROS REALES Y TEÓRICOS PARA CADA VELOCIDAD DE CORTE Y GIRO DE LAS HERRAMIENTAS SELECCIONADAS. ....	112
<b>TABLA 4.2.10.</b> AVANCE EN MM/DIENTE RECOMENDADO.....	113
<b>TABLA 4.2.11.</b> PARÁMETRO DE DESBASTE Y ACABADO PARA LAS HERRAMIENTAS DE CORTE SELECCIONADOS .....	113
<b>TABLA 4.2.12.</b> TABLA RESUMEN DE LOS PARÁMETROS SELECCIONADOS PARA LA HERRAMIENTA DE CORTE Nº 2.....	114
<b>TABLA 4.2.13.</b> TABLA RESUMEN DE LOS PARÁMETROS SELECCIONADOS PARA LA HERRAMIENTA DE CORTE Nº 3.....	115
<b>TABLA 4.2.14.</b> TABLA RESUMEN DE LOS PARÁMETROS SELECCIONADOS PARA LA HERRAMIENTA DE CORTE Nº 4.....	115

<b>TABLA 4.2.15. PARÁMETROS DE CORTE RECOMENDADOS (FRESADO). FUENTE:</b>	
CATÁLOGO DE SELECCIÓN KENNAMETAL ®.....	116
<b>TABLA 4.2.16. TABLA DE SELECCIÓN PARA LA GEOMETRÍA DE LA HERRAMIENTA DE</b>	
CORTE.....	118
<b>TABLA 4.2.17. DIMENSIONES DE LA FRESA (Nº 5).</b>	120
<b>TABLA 4.2.18. DIMENSIONES DE LA FRESA (Nº 6).</b>	120
<b>TABLA 4.2.19. VELOCIDADES DE GIRO TEÓRICAS.</b>	125
<b>TABLA 4.2.20. VELOCIDADES DE CORTE AJUSTADAS.</b>	126
<b>TABLA 4.2.21. PARÁMETROS REALES Y TEÓRICOS PARA CADA VELOCIDAD DE CORTE Y</b>	
GIRO DE LAS HERRAMIENTAS DE CORTE SELECCIONADOS .....	127
<b>TABLA 4.2.22. AVANCE EN MM/DIENTE RECOMENDADO.</b>	127
<b>TABLA 4.2.23. PARÁMETRO DE DESBASTE Y ACABADO PARA LAS HERRAMIENTAS DE</b>	
CORTE SELECCIONADOS .....	128
<b>TABLA 4.2.24. TABLA RESUMEN DE LOS PARÁMETROS SELECCIONADOS PARA EL</b>	
HERRAMIENTA DE CORTE Nº 6. ....	129
<b>TABLA 4.2.25. TABLA RESUMEN DE LOS PARÁMETROS SELECCIONADOS PARA EL</b>	
HERRAMIENTA DE CORTE Nº 7. ....	129
<b>TABLA 4.2.26. TABLA RESUMEN DE TODAS LAS HERRAMIENTAS DE CORTES</b>	
SELECCIONADAS.....	130
<b>TABLA 4.3.1. DATOS DE MECANIZADO DE LA PIEZA 1.</b>	160
<b>TABLA 4.3.2. DATOS DE MECANIZADO DE LA PIEZA 2.</b>	166
<b>TABLA 4.3.3. DATOS DE MECANIZADO DE LA PIEZA 3.</b>	171

# Índice De Ecuaciones

---

---

<b>ECUACIÓN 4.2.1. PROFUNDIDAD MÁXIMA .....</b>	<b>96</b>
<b>ECUACIÓN 4.2.2. PASADA MÁXIMA.....</b>	<b>96</b>
<b>ECUACIÓN 4.2.3. VELOCIDAD DE CORTE. ....</b>	<b>96</b>
<b>ECUACIÓN 4.2.4. AVANCE DE LA HERRAMIENTA DE CORTE. ....</b>	<b>98</b>



# CAPÍTULO I.

## Introducción

---

---

### 1.1 Introducción

En Venezuela, como en muchos países en vías de desarrollo, existe un ambiente de grandes expectativas e incertidumbre, debido en parte a los cambios rápidos de la tecnología actual, pues estos no permiten asimilar la misma en forma oportuna por falta de infraestructura haciendo difícil sacar su mejor provecho.

También surgen cambios rápidos en el orden social, económico y político los cuales en sociedades como la nuestra inhiben el surgimiento de soluciones autóctonas o propias para nuestros problemas más fundamentales. Todo esto habla de una libre competencia y surge la necesidad de adecuar nuestras industrias a fin de que puedan satisfacer el reto de la competitividad que se presenta actualmente.

Una alternativa frente a esto es la reconversión de las industrias introduciendo los conceptos de la automatización en la forma adecuada, todo esto sin olvidar los factores de rendimiento de la inversión y capacidad de pueda implementar gradualmente acorde a la capacidad y tiempo adecuado.

Debido a la implementación de la automatización, las industrias tienen ciertas dificultades entre las que podemos mencionar:

1. Cumplir cada vez con una mayor exigencia en la precisión.
2. Desarrollar diseños cada vez más complejos.
3. La fabricación de una gran diversidad de productos que hace necesario la tendencia de estructuras de producción más flexibles.
4. Cumplir con una mejor calidad y costos competitivos
5. El tiempo de entrega de los productos tiende a ser cada vez más reducido.
6. La formación de recursos humanos especializados son cada vez más demandados, así como con suficiente experiencia

De acuerdo al marco de referencia anterior este trabajo de grado, tiene como finalidad ser una herramienta confiable para el alumno, ya que uno de los conceptos importantes dentro de la tecnología de la automatización es la Máquina Herramienta de Control Numérico Computarizado.

Cabe mencionar que las prácticas son aplicadas en el Taller de Máquinas de la Facultad De Ingeniería de la Universidad de Carabobo

El presente trabajo tiene la característica de reunir varios aspectos de importancia para el alumnado de la facultad, puesto que busca familiarizar al lector con el centro de mecanizado vertical CNC EMCO VMC-100, adicionalmente detalla el proceso de selección de herramientas para el mismo equipo según las normas estandarizadas actualizadas y por último, lograr el adiestramiento del equipo como tal, a través de la implementación de unas prácticas sugeridas incentivando la necesidad del estudiante de materializar los conocimientos adquiridos en la teoría.

## **1.2 Situación problemática**

Las exigencias del mercado actual y de la dinámica acelerada del campo laboral, exigen cada vez más la formación de personal muy capacitado y capaz de

*Desarrollo de un plan de actividades tendientes a la reparación, puesta en marcha y diseño de prácticas demostrativas para el Centro de Mecanizado Vertical CNC EMCO VMC-100 en el taller Metalmecánico de la Universidad de Carabobo.*

responder a los constantes cambios y nuevas tecnologías que día a día se desarrollan y ayudan a hacer los procesos en general más eficientes, seguros y efectivos.

Atendiendo a esto, en el pensum de la escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad de Carabobo, se encuentra incluida la cátedra de procesos de fabricación III, en cuyo contenido se hace referencia y describen algunos de los procesos de fabricación con arranque de viruta más usados y relevantes en la industria actual. Especial atención tienen los de fresado y torneado, los cuales son de los más comunes y utilizados.

Particularizando esta idea, por ejemplo en los procesos de fresado y torneado se aplica perfectamente gracias a la era de la automatización, el concepto de control numérico computarizado (CNC), una herramienta poderosa que facilita los procesos y permite nuevos límites en cuanto al diseño y construcción de componentes mecánicos y otros. Como futuros ingenieros, es conveniente obtener durante nuestra preparación universitaria un nivel adecuado de experiencia y conocimientos en relación al manejo de las herramientas, máquinas y procesos de fabricación que se encuentran en el ámbito industrial. En especial el fresado CNC, ya que en la Universidad de Carabobo en el Taller De Procesos De Fabricación se cuenta con un Centro De Mecanizado Vertical CNC EMCO VMC-100, el cual fue adquirido en el año 1993, pero lamentablemente por razones técnicas operó con normalidad durante 3 años y luego presentó fallas y hasta la fecha no se han hechos las reparaciones correspondientes para que vuelva a su óptimo funcionamiento.

Este centro de mecanizado vertical permaneció inoperativo durante varios años, aunado a eso, no existen las herramientas de corte necesarias para hacer por piezas, demostraciones de cómo operar el centro de mecanizado, de manera que el estudiantado tenga un contacto más real con las variables, problemas o parámetros que debe manejar al usar este tipo de sistemas.

Si bien es cierto que actualmente, se hacen muchos esfuerzos por simular, a

través de un software, la mayoría de las variables involucradas en este tipo de procesos, tales como el lenguaje de programación normalizado de acuerdo a ISO, configuración inicial del equipo, inserción de herramientas de corte etc. Se requiere para un mayor y mejor proceso de enseñanza- aprendizaje, del contacto directo y empírico, de tal forma que se fortalezca un elevado nivel de articulación y congruencia, entre los conocimientos teóricos y su aplicación al realizar una pieza o prototipo determinado. Tampoco se debe pasar por alto el hecho de que, con una herramienta real a disposición del estudiante, este puede mediante la praxis o experiencia adquirir competencias relacionadas al tema, que de manera simulada o teórica pasarían por alto, entre ellas tenemos: trabajar con sistemas automatizados que requieran de una serie de ordenes secuenciales por parte del operador, en este caso estudiante para que funcionen de manera eficaz, práctica en la aplicación de procedimientos lógicos para el manejo de equipos que se parezcan a los encontrados en la industria, pericia y habilidad de detectar fallas en los equipos mientras se esté desarrollando alguna pieza determinada, la manipulación de herramientas de corte, así como su instalación en el equipo, entre otros. En fin un cumulo de conocimientos y habilidades que favorecen al estudiante a la hora de desenvolverse en una situación de campo real en cualquier industria donde se empleen estos sistemas de fabricación.

¿Se logrará dotar a la universidad de Carabobo de una herramienta didáctica, como lo es el centro de mecanizado vertical EMCO VMC-100, para así optar por una mejor calidad en el proceso de enseñanza-aprendizaje de los temas de fresado CNC y selección de herramientas de corte que se dictan en la cátedra de procesos de fabricación III?

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo General**

Desarrollar un plan de actividades tendientes a la reparación, puesta en marcha y diseño de prácticas demostrativas para el Centro de Mecanizado Vertical

## CNC EMCO VMC-100 en el taller Metalmecánico de la Universidad de Carabobo.

### 1.3.2 Objetivos Específicos

- Investigar las causas por las cuales, el centro de mecanizado vertical CNC no opera de forma adecuada.
- Reparar o sustituir, de ser necesario los diferentes sistemas y componentes que conforman el equipo.
- Realizar el mantenimiento de los sistemas hidráulicos, mecánicos y de aire comprimido que forman el sistema, para un mejor rendimiento del equipo.
- Investigar y conocer el lenguaje de programación CNC que es compatible con el centro de mecanizado disponible.
- Seleccionar las herramientas de corte estandarizadas mediante un procedimiento adecuado, de tal forma que puedan adaptarse al centro de mecanizado CNC disponible.
- Proponer un conjunto de prácticas demostrativas donde el estudiantado pueda aplicar sus conocimientos teóricos del fresado CNC, en el centro de mecanizado vertical disponible en el taller metalmecánico.

## 1.4 Justificación

La industria manufacturera, junto al amplio campo de los procesos de fabricación ha sufrido cambios radicales en las últimas décadas. Los entes institucionales de educación superior y técnica, tanto en el país como en Latinoamérica en general, han hecho grandes esfuerzos para satisfacer la gran demanda de personal profesional calificado, el mismo que afrontará en el ámbito industrial, las diversas situaciones que se presentan en el día a día. Estos esfuerzos incluyen investigaciones, desarrollo de programas de estudio específicos, cursos entre otros. De lo más importante, tenemos las grandes inversiones que se hacen para la adquisición de equipos de laboratorio con fines

didácticos, esto se hace para todas las áreas afines de la ingeniería mecánica, como lo son estudio de fluidos, materiales, y procesos de fabricación.

En el contexto de este trabajo de investigación, nos inclinaremos hacia los procesos de fabricación, cabe destacar que uno de los temas de mayor desarrollo en la actualidad se centra en los conceptos de control numérico computarizado, diseño y manufactura asistida por computadora, sistemas de simulación de procesos, entre otros. Las tecnologías disponibles referentes a estos temas son muy avanzadas y complejas y a ellas se asocia un costo considerable que incluye partes físicas, transporte, instalación y puesta en marcha etc. La Universidad de Carabobo en 1993 asumió una inversión de esta magnitud y adquirió el Centro de Mecanizado Vertical CNC EMCO VMC-100, caracterizado por ser un equipo didáctico y una valiosa herramienta útil para el aprendizaje de programación CNC, diseño y manufactura de piezas de materiales suaves, como aluminio, aceros suaves etc.

Este equipo operó con grandes logros por un buen periodo, de aproximadamente 2 o 3 años, luego por diversas causas presento fallas de índole electrónica y eléctrica, y no quedó operativo por largo tiempo. Es de destacar que una inversión en un equipo similar de las mismas características y funcionalidad demandaría hasta más de 250.000 BsF. y específicamente hablando del modelo EMCO VMC-100 o similares, se encuentran usados por entre 30.000 y 40.000 \$, los cuales con la actual situación económica resultaría difícil, sin embargo en muchos países e institutos universitarios optan por simular en entornos virtuales estos sistemas y se obtienen buenos resultados pero como lo dice su nombre son “simulaciones” y pueden que idealicen algunos de los parámetros que realmente se presentan en el diseño, operación, y manufactura de piezas o partes mecánicas. Con la reparación de este equipo la universidad contaría con una herramienta valiosa para que los estudiantes refuercen sus conocimientos teóricos de los temas de fresado CNC el cual está en constante desarrollo, producto de la gran cantidad de investigaciones que se realizan para optimizar y economizar los

*Desarrollo de un plan de actividades tendientes a la reparación, puesta en marcha y diseño de prácticas demostrativas para el Centro de Mecanizado Vertical CNC EMCO VMC-100 en el taller Metalmecánico de la Universidad de Carabobo.*

procesos de fabricación actuales. Además se incluirían otros temas como la selección de herramientas de corte, y se obtendría experiencia en el manejo de sistemas automatizados con mayor inclinación a los que se encuentran en el ámbito industrial.

Sería un gran aporte que beneficiaría a la comunidad estudiantil, contar con herramientas de este tipo que le permitan indagar y despertar la curiosidad por las nuevas tendencias que se desarrollan en el mundo dinámico en el que nos desenvolvemos, también fomentaría el desarrollo de proyectos estudiantiles tales como los que desarrolla la organización SAE-UC, los estudiantes que desarrollan su trabajo de grado en aéreas como bioingeniería por ejemplo, que ameritan la fabricación de prototipos de sus diseños etc. Así mismo, fortalecería la investigación y desarrollo de nuevas técnicas y formas de enseñanza que impliquen la fusión de manera íntima de los conocimientos teórico-prácticos, no solo en el área de procesos sino que se extienda a los demás departamentos que forman nuestra escuela.

## **1.5 Alcance**

- Se realizará la reparación y puesta en marcha del centro de mecanizado vertical CNC EMCO VMC-100, que se encuentra en un área del taller de procesos de fabricación de la facultad de ingeniería de esta universidad.
- El equipo es una máquina de fines netamente didácticos, por tanto las piezas a realizar serán de los materiales y dimensiones que se ajusten a los parámetros geométricos y de potencia del centro de mecanizado.
- Las prácticas demostrativas a desarrollar tendrán como objetivo poner en práctica los conocimientos adquiridos en la teoría sobre la selección de herramientas de corte, generación de códigos CNC, y manejo de sistemas que cuentan con control numérico computarizado.

## 1.6 Limitaciones

- Las fallas que pueda presentar el centro de mecanizado debido al desuso prolongado. Ya que diversos sistemas pudieron ser afectados durante los últimos años, lo cual requiere de una exhaustiva revisión de todos los componentes y piezas del equipo.
- El acceso al área física donde se encuentra el centro de mecanizado está restringido, puesto que esa área esta asignada a personal del laboratorio, y el horario favorable queda limitado a la disponibilidad del personal custodio del lugar.
- La solicitud de posibles componentes electrónicos, que no se encuentre con disponibilidad en el país. Esto puede demandar mucho tiempo tanto en la búsqueda, transporte e incorporación de los componentes al centro de mecanizado.

## 1.7 Antecedentes

Con la llegada del control numérico (NC) a la industria manufacturera hacia la década del 50, ocurrió una revolución y se generó un concepto muy distinto de lo que se concebía como procesos de conformación y realización de piezas, partes mecánicas, de decoración, partes de autos, maquinaria pesada entre otros.

Como es de esperarse, las nuevas y mejores tecnologías o métodos demandan también el desarrollo de nuevas herramientas y equipos que sean capaces de cubrir todas aquellas especificaciones técnicas que los hacen más eficientes y prácticos. Entre dichas herramientas tenemos por ejemplo las máquinas para mecanizado con control numérico computarizado o también llamadas fresadora (CNC), Torno (CNC) entre otros. *Morinec (2000)* en su trabajo explica que una máquina de CNC en general, consiste en servo- mecanismos controlados por un ordenador-amplificador, servo-motores, motores de eje, y varias herramientas. Todos estos elementos son, lógicamente dependientes de la

electricidad, en la mayoría de los casos se alimenta con corriente alterna (AC) y se rectifica a directa (DC). Además de los numerosos componentes electrónicos, tarjetas controladoras, de distribución de energía y transformadores.

Debido a esta cantidad de componentes y su naturaleza, estos equipos se hacen sensibles a disturbios de energía, es decir, cambios en los valores de voltaje, frecuencia o intensidad de corriente que los alimentan.

A pesar de todo esto, esta tecnología ha permitido la evolución de los procesos de fabricación y a dado pie para el desarrollo de conceptos, tales como lo son los sistemas (CAD/CAM) de diseño y manufactura asistida por computadoras, sistemas expertos, método para la modelación de piezas de geometría compleja entre otros. Esto acompañado, claro está, con los progresivos avances en la computación e informática. De hecho Ismail (2003) realizó una investigación donde denota que el diseño asistido por ordenador y la fabricación asistida por ordenador (CAD/CAM) ha contribuido en la automatización de ciertas tareas como el diseño, análisis, planificación de procesos, simulación y generación de códigos CNC.

Estas herramientas, también ayudan a la selección de los parámetros óptimos para la fabricación, simular las herramientas de corte a usar, de tal manera que al llevar el proyecto a escala real, no se tengan pérdidas o productos defectuosos, y se garantiza así la máxima efectividad y funcionalidad los procesos y productos fabricados. Por ejemplo Newman (2008) en su trabajo resalta que desde la primera máquina con control numérico (NC) en la década de 1950, la tecnología de los equipos de control numérico computarizado (CNC) ha tenido un efecto radical en el crecimiento de la manufactura en todo el mundo. A raíz de esto las posibilidades del diseño se han ampliado de manera considerable, este efecto se nota claramente al ver en el mercado diseños vanguardistas, geometrías mucho más complejas y con las cuales se pueden aprovechar mejor las propiedades de los materiales, eliminando el sobre-diseño y obteniendo por tanto una disminución de costos por materia prima, además se han ampliado las

posibilidades de automatización de numerosos procesos productivos.

Queda claro que los avances en la computación, están directamente ligados a los avances en el sector industrial, principal beneficiado de este efecto, es la manufactura de elementos por control numérico, y atención especial tiene el fresado (CNC) como suele llamarse. Como lo dice Newman (2008) que la invención de miniordenadores, y más tarde de micro-ordenadores, ha traído una enorme mejora en las capacidades de las máquinas de CNC, por ejemplo la capacidad de multi-eje, múltiples herramientas, y la fabricación multi-proceso. Todo esto permite como ya se dijo realizar piezas de geometría más compleja con un solo equipo capaz de tener más de diez herramientas de corte listas para intervenir en el proceso. Todos estos avances, requirieron en su momento un tipo de estandarización o normas que permitieran la globalización de estas herramientas, tal es el caso de la norma ISO 6893 que fue creada con este propósito. En el caso de los lenguajes de programación CNC esta estandarización es vital, y se remonta a las década del 50.

Newman (2008) dice que el estándar de herramientas de programación de las máquinas con control numérico se ha mantenido básicamente sin cambios desde la década de 1950, fecha en la que se creó la primera máquina desarrollada en el MIT (Instituto de Tecnología de Massachusetts Carolina del Norte), EE.UU. Las primeras máquinas de control numérico CNC y las de hoy, utilizan el mismo estándar para la programación, es decir, los códigos G & M formalizados tal y como se dijo en la ISO 6893 estándar.

En fin, son muchos los avances, aplicaciones y beneficios que se tienen con estos equipos, pero ellos también demandan ciertas condiciones de funcionamiento, mantenimiento y uso adecuado. Desde el punto de vista eléctrico, los equipos que cuentan con control numérico computarizado son sensibles por así decirlo, esto debido a la naturaleza de sus componentes, como controladores, motores eléctricos, servo-mecanismos, sistemas neumáticos o hidráulicos. Debido a esto, se debe garantizar las condiciones de trabajo que propone el fabricante, a

*Desarrollo de un plan de actividades tendientes a la reparación, puesta en marcha y diseño de prácticas demostrativas para el Centro de Mecanizado Vertical CNC EMCO VMC-100 en el taller Metalmecánico de la Universidad de Carabobo.*

su vez, comúnmente los daños son generados por mala operación de parte de personal no capacitado, sobre-uso, etc. De esto no se escapa por ejemplo, el Centro de Mecanizado Vertical CNC EMCO VMC-100 de la Universidad de Carabobo; el cual si bien no está actualizado en cuanto a lenguaje, capacidad y tecnología forma parte del conjunto de recursos que se han descrito, y representa una fundamental herramienta para el aprendizaje y preparación de los estudiantes, para hacer frente a las nuevas tendencias y procesos que se encuentran en la industria moderna.



# CAPÍTULO II.

## *Marco Teórico*

---

---

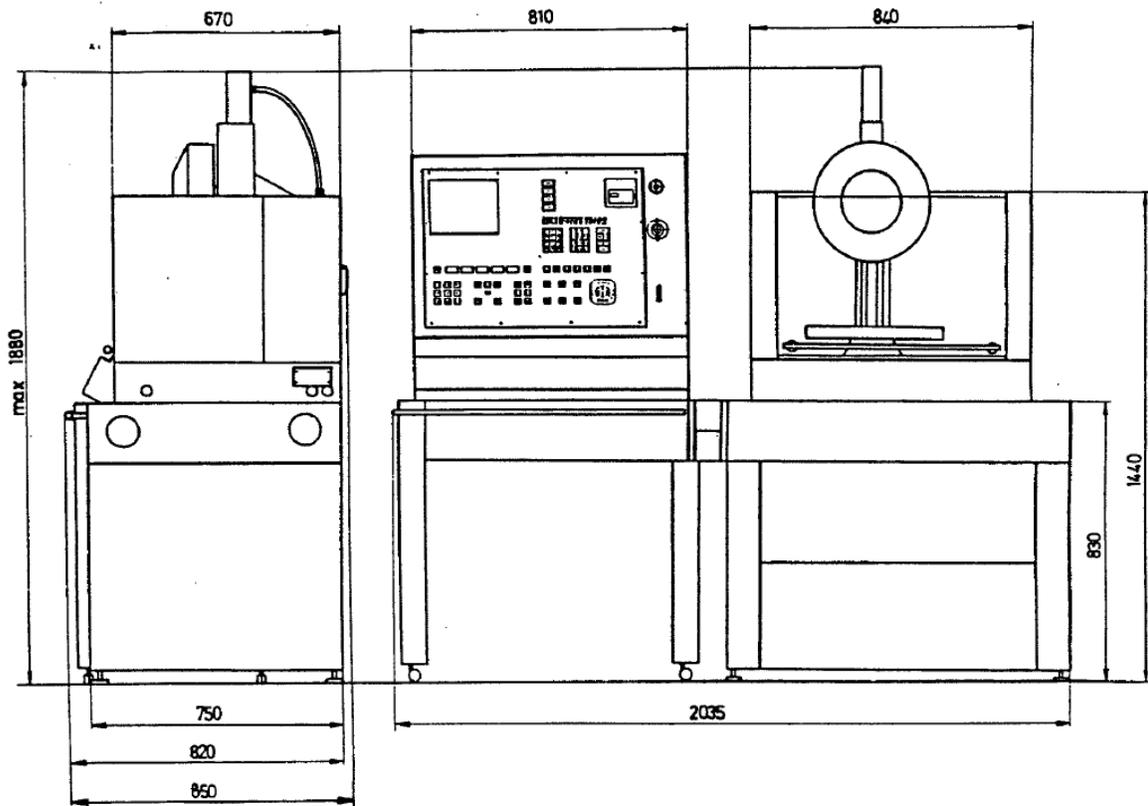
### **2.1 Centro De Mecanizado Vertical EMCO VMC-100.**

El centro de mecanizado vertical EMCO VMC-100, es un equipo con fines didácticos para la enseñanza de procesos de fabricación por control numérico computarizado (CNC) en este caso particular fresado. Está diseñada para trabajar con materiales como aluminio, bronce, plásticos y algunos aceros suaves.

Respecto al lenguaje de programación (CNC), es compatible con el estándar internacional DIN 66025 “Desarrollo de programas para máquinas de control numérico” que coincide en contenido con el estándar propuesto por ISO; ISO/DIS 6983 y ISO/DP 6983 "Control numérico de máquinas". Cuenta además con un control EMCOTRONIC TM02.

#### **2.1.1 Dimensiones de los elementos principales.**

A continuación se muestra un detalle de las dimensiones del equipo, todas acotadas en (mm) (*Véase siguiente figura*).



**Figura 2.1.1.** Dimensiones Principales del Centro de Mecanizado EMCO-VMC100

Se nota que el equipo se divide en dos áreas resaltantes, la primera sería la estación de mecanizado donde se incluyen los sistemas de porta-herramientas, porta-herramienta de cortes, sistemas de sujeción de piezas a mecanizar y también sistemas del equipo como bombas de refrigerante, aceites lubricantes y elementos de control neumático.

Desarrollo de un plan de actividades tendientes a la reparación, puesta en marcha y diseño de prácticas demostrativas para el Centro de Mecanizado Vertical CNC EMCO VMC-100 en el taller Metalmecánico de la Universidad de Carabobo.

A continuación se tiene en detalle la estación de mecanizado:

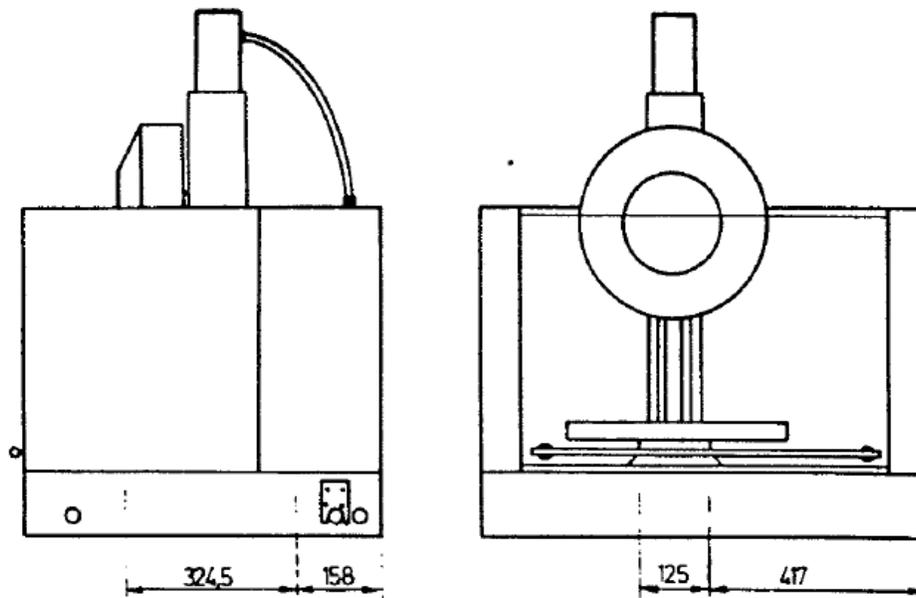


Figura 2.1.2. Dimensiones de la estación de mecanizado

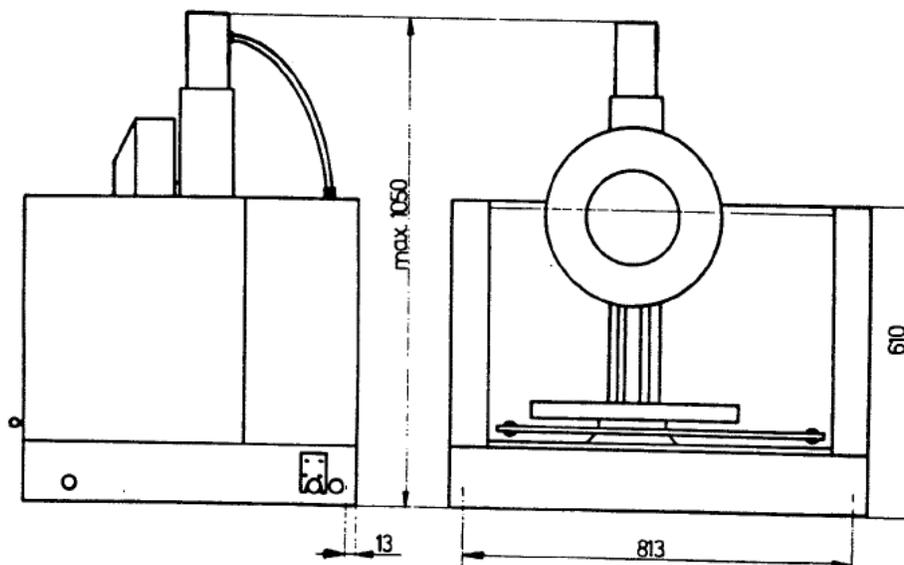


Figura 2.1.3. Dimensiones de la estación de mecanizado.

Ahora se muestra la parte del control del centro de mecanizado VMC-100.

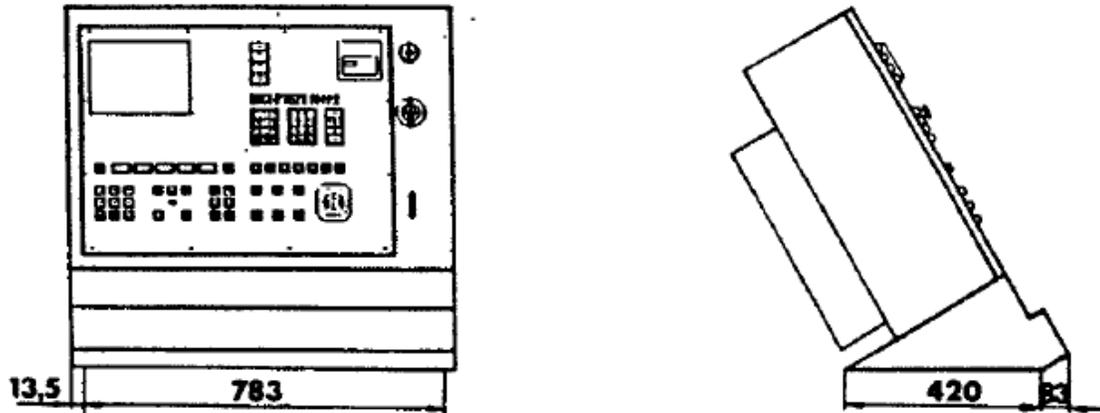


Figura 2.1.4. Dimensión de la estación de control EMCO TRONIC TM02.

En esta figura se observa el tipo de instalación en campo del equipo, presenta dos mesas una para la máquina y otra para el control EMCOTRONIC TM02. Además, se nota que esta segunda parte presenta la facilidad de rotar 90° para tener visualización de la interfaz del equipo y a su vez de la estación de mecanizado.

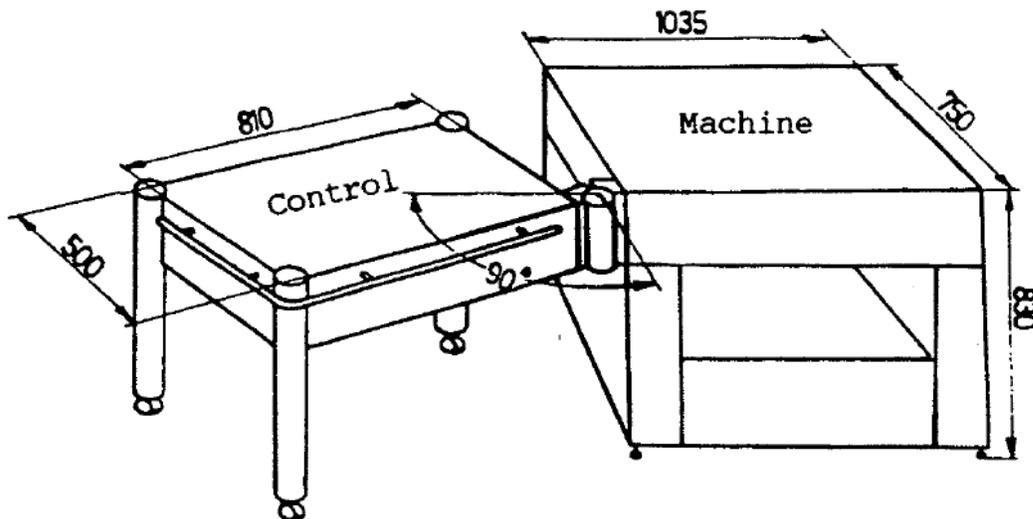


Figura 2.1.5. Esquema de instalación del equipo.

*Desarrollo de un plan de actividades tendientes a la reparación, puesta en marcha y diseño de prácticas demostrativas para el Centro de Mecanizado Vertical CNC EMCO VMC-100 en el taller Metalmecánico de la Universidad de Carabobo.*

### 2.1.2 Área de trabajo.

El centro de mecanizado vertical EMCO VMC-100, en su mesa de fresado tiene un recorrido en el eje X de 185mm y en el eje Y de 95mm, el recorrido del cabezal de fresado en la dirección vertical Z depende de la longitud de las herramientas amarradas pero su carrera útil es de 100mm. La mesa soporta una carga máxima de 10kg y las dimensiones máximas que se pueden mecanizar son de 190x100x60mm.

Los carros se deslizan por guías rectificadas y precisas de cola de milano y son movidos por motores paso a paso por los husillos de bolas circulantes que facilitan la exactitud de posicionamiento y de trabajo.

#### Las especificaciones de los motores que mueven los carros son:

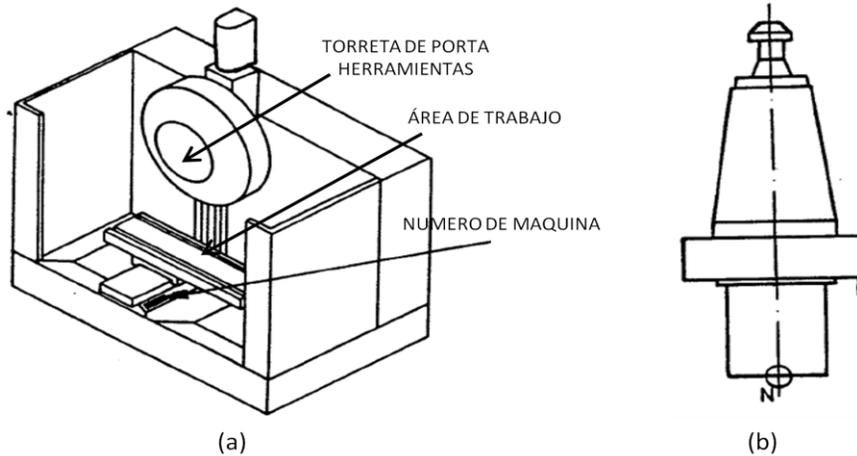
Velocidad de avance en ejes X/Y/Z.....1-2000 mm/min.  
Velocidad rápida en ejes X/Y/Z.....3/3/3 m/min.  
Fuerza máxima de avance del carro.....1800 N.

#### El husillo de la fresa presenta las siguientes características:

Motor principal (DC, 100/60% ED).....600/800W.  
Rango de velocidad (infinitamente variable).....10-4000 rpm.  
Torque máximo..... 8,4 Nm.

#### Sistema de herramientas.

Todas las herramientas a usar para los procesos de taladrado o fresado deben montarse en un portaherramientas, y posteriormente se instalan en la torreta o tambor de herramientas. A continuación se observa la estación de mecanizado donde se aprecia dicha torreta o tambor de herramienta y el elemento portaherramientas (*Véase siguiente figura*).

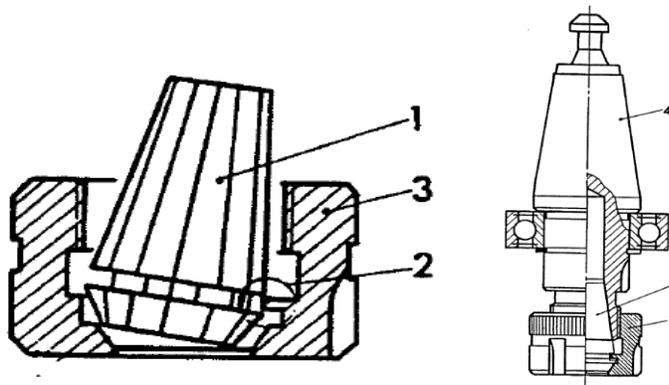


**Figura 2.1.6.** (a) Estación Mecánica del Equipo (b) Cono Portaherramientas.

El cambio de herramientas se hace manual o automáticamente durante la ejecución de un programa CNC. El tambor de herramientas tiene una lógica de dirección, es decir, se selecciona cada vez el camino más corto al girar el tambor. Con ello se minimiza al máximo el tiempo necesario para el cambio de herramienta.

Fijación de las herramientas.

Las herramientas como fresas verticales de perfil y brocas deben ser acopladas en el portaherramientas mediante unas pinzas. Este proceso se describe a continuación brevemente, pero para ello se hace necesario hacer referencia a las siguientes imágenes:



**Figura 2.1.7.** Ensamblaje de las herramientas.

Insertar la pinza (1) en un ángulo oblicuo en la tuerca de sujeción (3) de manera que el anillo excéntrico (2) engrane en la ranura de la pinza.

Atornillar la pinza con la tuerca de sujeción al porta-pinzas (4).

Insertar la herramienta en la pinza.

Apretar la tuerca de sujeción con una llave correspondiente.

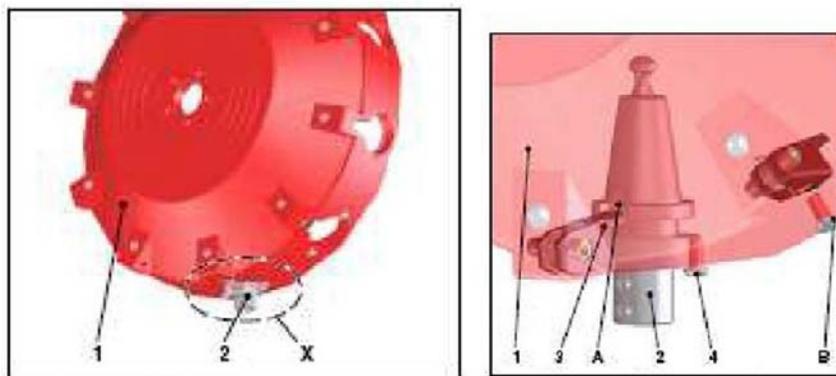
### Procedimiento de desmantelamiento de la pinza.

1. Desenroscar la tuerca a de sujeción.
2. Mientras que la tuerca se desenrosca, la pinza se empuja hacia afuera por el anillo excéntrico de la tuerca de sujeción.

Se debe prestar atención al siguiente aspecto, antes y después de usado se debe limpiar y lubricar la pinza y los porta-pinzas, puesto que las virutas y la suciedad pueden dañar las pinzas y conos de sujeción afectando la precisión.

#### 2.1.3 Montaje del portaherramientas en el tambor de herramientas.

Ahora bien luego de tener las herramientas ajustadas a su respectivo porta-pinza se debe acoplar dichos elementos al tambor o torreta que soporta todas las herramientas a usar. Para ello nos apoyaremos en la siguiente figura.



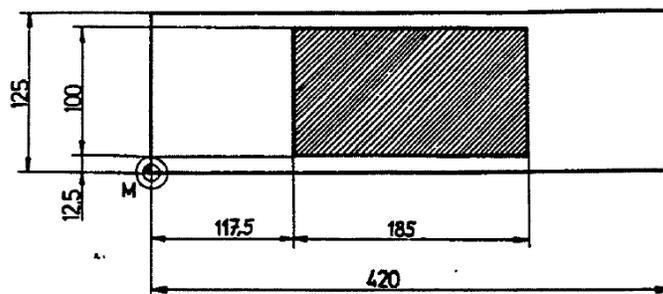
**Figura 2.1.8.** Tambor de Herramientas

Procedimiento:

1. Girar los tornillos de fijación (4) en el tambor de herramientas (1), para que la parte plana (B) de los mismos esté hacia el soporte de la herramienta. De esta forma, se puede insertar la herramienta en el soporte.
2. Insertar el portaherramientas (2), con la herramienta colocada, en el soporte del tambor de herramientas (1).
3. Girar el porta-herramientas de forma que el rebaje (A) del portaherramientas engrane en la leva indicadora (3).
4. Empujar el portaherramientas totalmente hasta el fondo.
5. Apretar los tornillos de fijación (4) para que el portaherramientas se sujete con seguridad en el soporte. Al apretar los tornillos de fijación (4) tener en cuenta que las partes planas (B) de los tornillos miren hacia el otro lado del soporte de la herramienta. Así se asegura que el portaherramientas no se desprenderá del soporte.
6. Girar el tambor de herramientas una posición para montar la herramienta siguiente.

Área De Trabajo Del Centro De Mecanizado Vertical EMCO VMC-100.

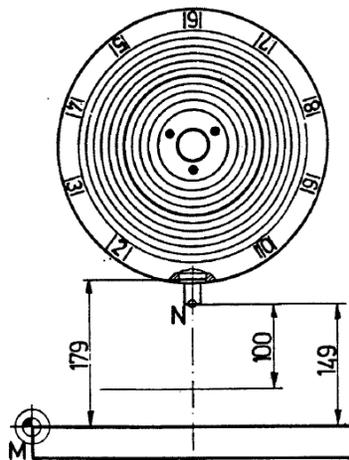
El equipo cuenta con grados de libertad tanto en los ejes coordenados X e Y como en la dirección vertical Z. el siguiente dibujo muestra la amplia posibilidad de desplazamiento en los ejes X e Y, acotando las distancias y el punto de referencia (M) (Véase siguiente figura).



**Figura 2.1.9.** Área de trabajo en los ejes X e Y.

Desarrollo de un plan de actividades tendientes a la reparación, puesta en marcha y diseño de prácticas demostrativas para el Centro de Mecanizado Vertical CNC EMCO VMC-100 en el taller Metalmecánico de la Universidad de Carabobo.

Respecto al desplazamiento en la dirección Z tenemos que el desplazamiento efectivo en dicha dirección vertical es de 100mm. En el esquema siguiente las dimensiones 149 (N en la mesa de trabajo) y 179 (distancia del plano inferior de la superficie de rodamiento de bolas a la zona de la mesa) se refieren a la más alta posición de trabajo (posición al punto de referencia) (Véase siguiente figura).



**Figura 2.1.10.** Desplazamiento en la dirección vertical Z.

### Accesorios del centro de mecanizado vertical EMCO VMC-100.

Existen un conjunto de piezas y dispositivos mecánicos, con los cuales se facilita la sujeción de piezas o materias primas de trabajo al equipo EMCO VMC-100 para su posterior mecanizado, destacando los más importantes:

#### Dispositivo de sujeción para piezas de trabajo.

Se encuentra en la estación de mecanizado del equipo, y es ahí donde se colocaran los demás accesorios dependiendo de de la geometría de la pieza. Notamos las ranuras en T para guiar los demás elementos mecánicos, a continuación un esquema del mismo.

Table area L x B: 420 x 125 mm

Dimensions of the T-slots

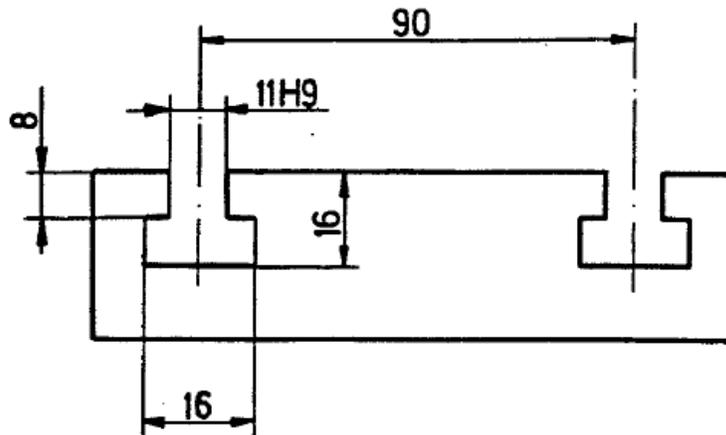


Figura 2.1.11. Detalle de las ranuras en T.

Barras de sujeción (Equipo Básico).

Las barras de sujeción se montan directamente en las guías, esto según la geometría y dimensiones de la pieza a mecanizar. La pieza de trabajo se fija con tuercas. La altura de las juntas de sujeción está entre 11 a 12 mm. Y la altura total con los tornillos de sujeción es de 22mm. A continuación una vista en isometría.

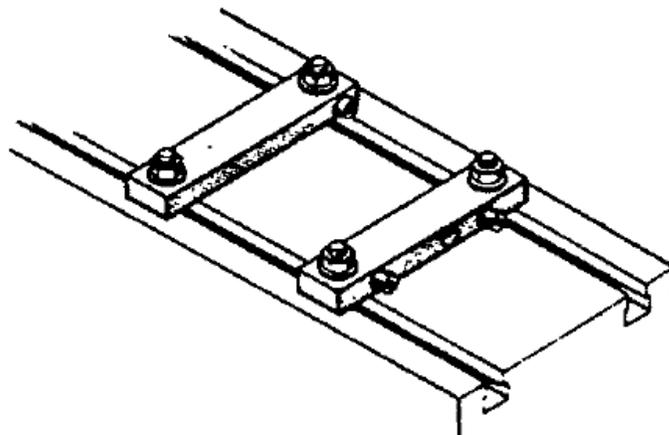
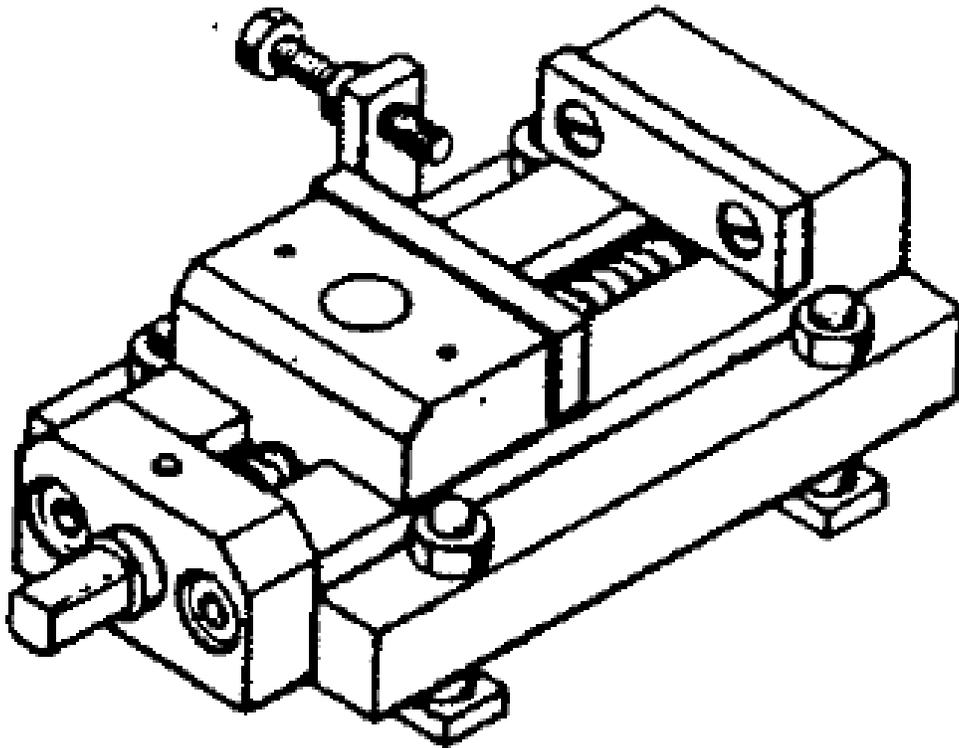


Figura 2.1.12. Barras de sujeción.

*Desarrollo de un plan de actividades tendientes a la reparación, puesta en marcha y diseño de prácticas demostrativas para el Centro de Mecanizado Vertical CNC EMCO VMC-100 en el taller Metalmecánico de la Universidad de Carabobo.*

### Mordazas.

El ancho de la mordaza es de 60mm, con una capacidad de sujeción de 60mm también con una altura de la guía de 20mm. En total la altura del dispositivo sería de unos 48mm. Una vista en isometría sería:



**Figura 2.1.13.** Vista en isometría de las mordazas de sujeción.

### Mandril de tres mordazas.

Constituye un accesorio muy útil para la sujeción de piezas cilíndricas. Tiene una apertura máxima de 85mm de diámetro. El procedimiento de montaje es relativamente sencillo, según la figura mostrada:

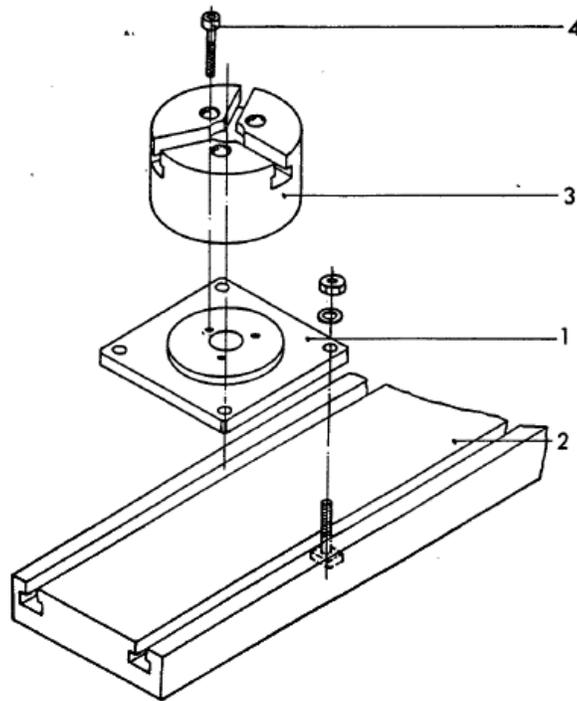


Figura 2.1.14. Montaje de mandril de tres mordazas.

Procedimiento:

1. Atornillar el plato intermedio (1) a la mesa de la máquina (2) usando los respectivos tornillos.
2. Montar el mandril (3) al dicho plato intermedio, usando los tornillos (4) de métrica M5x40.

De esta manera el equipo estará listo para sujetar piezas de geometría cilíndrica.

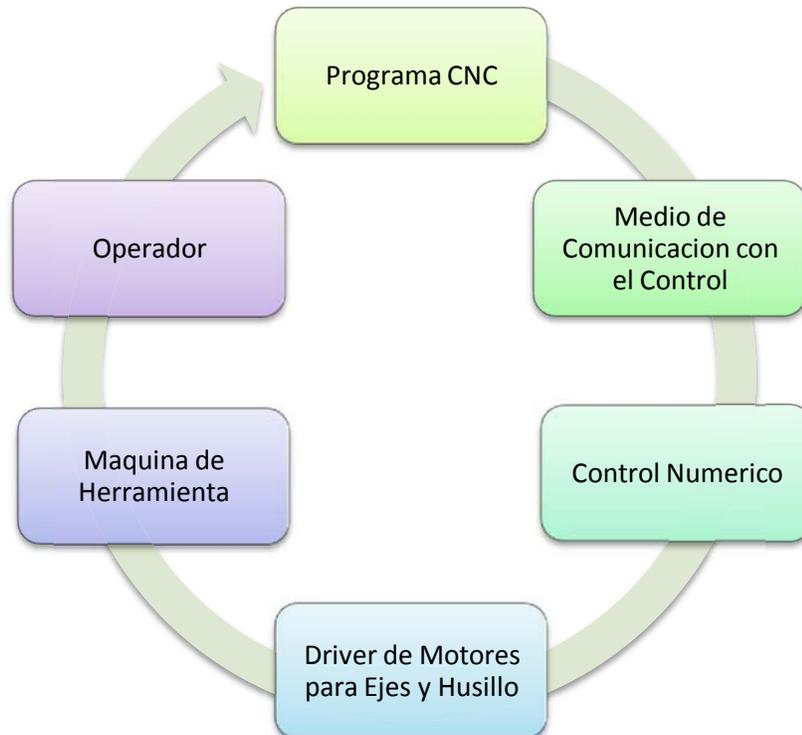
## 2.2 Mach 3 como Herramienta para el Control de Máquinas con CNC

El uso de sistemas de control numérico computarizado para la asistencia de máquinas de herramientas facilita muchas de las tareas que intervienen en el mecanizado de piezas o partes mecánicas, también mejoran las condiciones de seguridad para el operador, y mejora la calidad del producto terminado al eliminar

*Desarrollo de un plan de actividades tendientes a la reparación, puesta en marcha y diseño de prácticas demostrativas para el Centro de Mecanizado Vertical CNC EMCO VMC-100 en el taller Metalmecánico de la Universidad de Carabobo.*

el factor humano y sustituir la mayoría de los cálculos de velocidad, avance, mejora la precisión y facilita la realización de geometrías que antes de su uso resultaban complicadas.

Se puede describir el proceso de fabricación de piezas mecánicas de la siguiente manera:



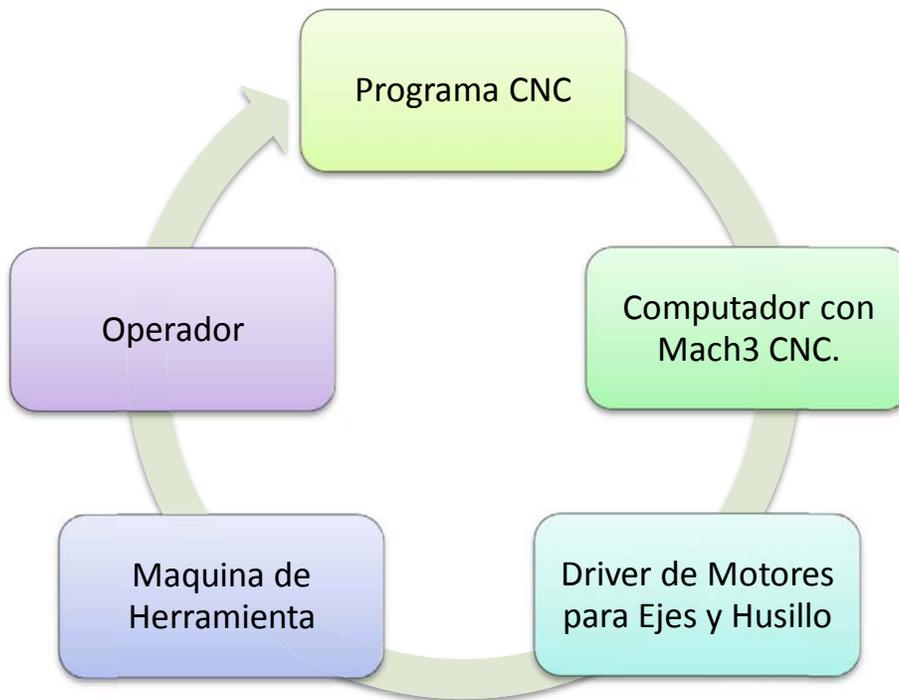
**Figura 2.2.1.** Pasos para la Fabricación de Piezas Mecánicas.

De todos estos elementos, el más susceptible a sufrir fallas en sus componentes electrónicos, o bien sea de errores en la programación es el control numérico que es el encargado de interpretar el código CNC, previamente cargado y enviar las señales correspondientes a los drivers donde son amplificadas y enviadas a los motores y el husillo respectivamente.

El control numérico es un elemento delicado, pues se debe garantizar las condiciones de energía adecuadas, no someterlo a altas temperaturas ambientales como todo equipo electrónico, cuidarlo del polvo u partículas que

puedan afectar las conexiones, puertos entre otros.

La ventaja del Mach3 CNC es que transforme un computador y lo hace sustituir al controlador o control numérico de una manera económica. Es un paquete de software que no requiere computadores de gran capacidad, inclusive es compatible con Windows XP y 2000 y requiere un procesador de 1GHz y una resolución de pantalla optima de 1024 x 768 pixel, en el cual se simulan todas las funciones de un controlador comercial, puede encender o apagar el husillo, controlar la bomba de refrigerante, reconoce señales de parada, inicio, se puede visualizar, modificar y crear códigos CNC en el mismo, en fin una solución viable para equipos ya antiguos cuyo control numérico este en mal estado, o exista la ausencia de repuestos para los mismos o no sea factible económicamente. Sin embargo el mach3 CNC necesita de la presencia de los drivers pues este solo sustituye al control numérico pero necesita de los drivers para amplificar las señales que controlan los motores para los ejes, husillo, o bomba de refrigerante. El esquema o ciclo del proceso queda de forma similar al antes mostrado.



**Figura 2.2.2.** Pasos para la Fabricación de Piezas Mecánicas

*Desarrollo de un plan de actividades tendientes a la reparación, puesta en marcha y diseño de prácticas demostrativas para el Centro de Mecanizado Vertical CNC EMCO VMC-100 en el taller Metalmecánico de la Universidad de Carabobo.*

Se aprecia, que con el uso del mach3 se simplifica el procedimiento, pues permite integrar la generación del código CNC que generalmente se realiza en un computador con el control numérico que ahora no es un dispositivo externo sino que también está instalado como un programa de la PC. Es aquí donde radica la ventaja económica que ofrece el uso de Mach3 CNC como programa para la operación de máquinas de herramientas por control numérico computarizado, permite reducir costos en equipos y como reduce la cantidad de equipos y elementos eléctricos y electrónicos bajan los riesgos de falla de los mismos.

La conectividad entre la computadora cargada con el programa de Mach3 se conecta con los drivers de motores y husillos (son estrictamente necesarios) se realiza por puertos paralelos, aunque esto varía ya que cada motor requiere de un tipo específico de driver. Estos elementos reciben señales del computador y la envían en forma de pulsos a los motores de paso y también para el husillo o bomba de refrigerante.

A continuación se mostrarán los aspectos básicos para el manejo del mach3, las pantallas más importantes del mismo. Es de destacar que para una amplia información del uso, manejo e instalación se puede consultar la versión del manual ofrecida por sus creadores.

La pantalla principal del programa es la que se muestra en la figura, como se puede observar presenta varias ventanas y lo que se hará a continuación es describir cada una de ellas (*Véase siguiente figura*).

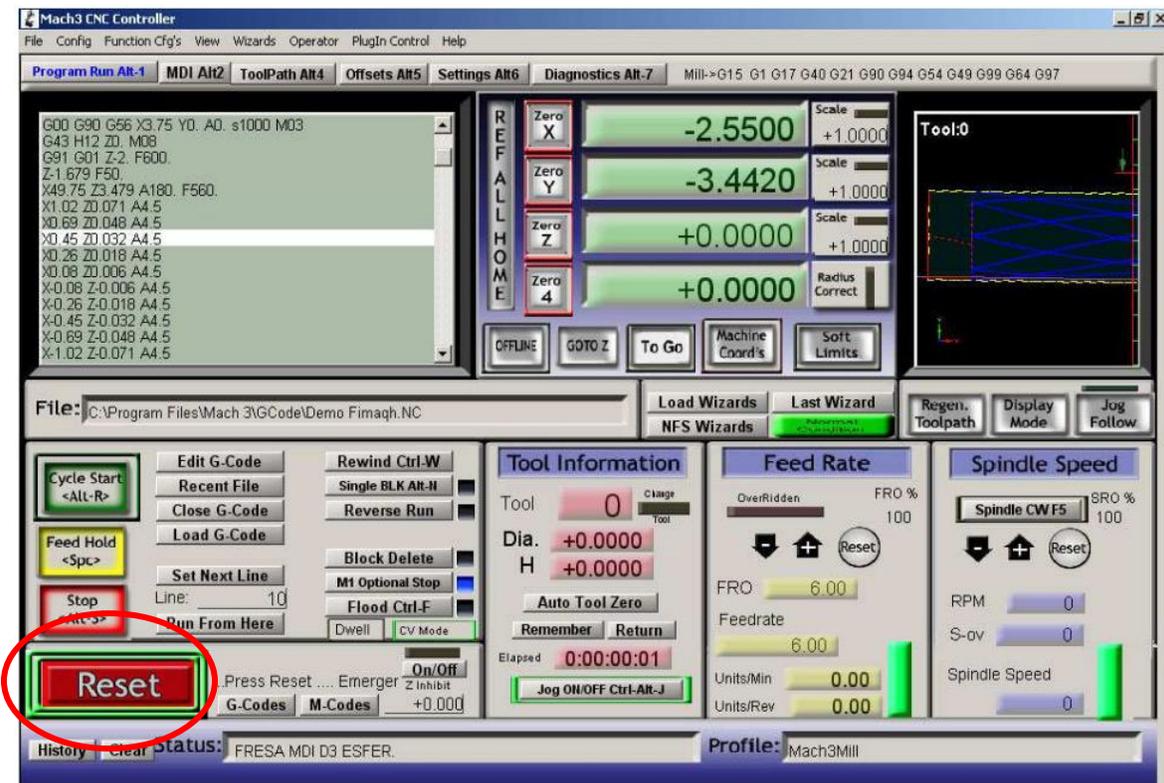


Figura 2.2.3. Pantalla Principal de Mach3 CNC.

El primer botón a describir será el de “RESET”, este al arrancar el programa debería estar titilando, lo que indica que el programa no hará mover la máquina hasta tanto se presione este botón y quede color verde. Para esto la máquina tiene que estar encendida, con el botón rojo de “reset” liberado y con los sensores de fin de carrera sin presionar. Cuando este botón ya está en verde el Mach3 estará listo para usarse.

Se describen ahora cada componente de la pantalla principal:

✚ Sección de control de programa código G: Este conjunto tiene todo lo referente al manejo del programa o código que será ejecutado, encontramos botones de edición, inicio, pausa y otras opciones importantes para un fácil uso del mismo (Véase siguiente figura).

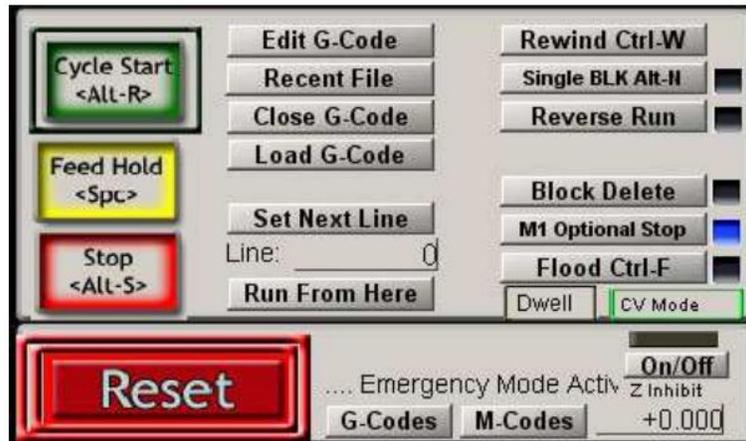


Figura 2.2.4. Sección de control de programa código G

- **“Cycle Start”**: Inicia el programa que se encuentra cargado, o reinicia una que previamente fue pausado/parado.
- **“Feed Hold”**: Pausa el programa sin detenerlo.
- **“Edit G-Code”**: si hay un programa cargado permite editarlo sin salir de Mach3, y en el caso de no haber programa permite crearlo con el bloc de notas.
- **“Recent Files”**: aquí se puede observar la lista de los programa cargados recientemente.
- **“Close G-Code”**: Cierra el programa que se encuentra actualmente cargado.
- **“Load G-Code”**: carga un programa desde el disco duro u otro externo.
- **“Set Next Line”**: este es muy útil, pues le indica al programa Mach3 desde que línea se requiere iniciar un programa, en caso de no especificarse y el programa fue cargado recién entonces lo hará desde la primera línea, pero en caso de que el programa haya sido parado durante su ejecución, en el campo “Line” se mostrara la línea actual, con “Run From Here” se memoriza este valor y con “Cycle Start” se reinicia el programa.
- **“Rewind”**: rebobina el programa como si se cargara de cero.

- **“Single BLK”**: permite ejecutar el programa línea por línea, para pasar a la siguiente línea se debe apretar el botón “Cycle Start”. Ahora para anular esta opción, volver a apretar este botón, y el indicador azul al costado se apagará.
- **“Reverse Run”**: cuando este botón está activado el programa no avanza a la siguiente línea sino a la anterior.
- **“Flood”**: arranca o detiene la bomba de refrigerante.
- **“G-Codes y M-Codes”**: referencia rápida de los códigos G soportados por el control numérico Mach3.

Sección de posición y estado de los ejes: aquí se controla todo lo referente a los ceros de la máquina, los límites físicos y virtuales de la misma (Véase siguiente figura).



**Figura 2.2.5.** Sección de posición y estado de los ejes:

A continuación se describen todos los botones u opciones disponibles en esta sección del programa y que fueron señalados en rojo en la ilustración anterior.

- **“Ref. All Home”**: Este botón referencia todos los ejes a cero, es decir lleva los mismos al extremo indicado por los interruptores de límite de carrera, este constituye el límite físico de la máquina.
- **“Machine Coord's”**: Cuando este botón se encuentra enmarcado en color rojo, significa que estamos viendo la posición absoluta de los ejes.

Es importante diferenciar esta posición del cero de trabajo que se va a realizar en la máquina, estas coordenadas, las de trabajo a realizar, se ven cuando el botón “Machine Coord’s” no se encuentra enmarcado en rojo. Y una vez que estén los ejes referenciados, los botones de cada eje tendrán un recuadro verde.

- **Zero X/Y/Z/4:** Estos permiten ajustar el cero de trabajo a realizar luego de desplazar la tabla hasta la posición deseada. Estos botones no funcionan cuando el botón “Machine Coord’s” se encuentra enmarcado en rojo (posición absoluta de la máquina).
- **“Offline”:** permite ejecutar el programa cargado pero sin mandarle las instrucciones a la máquina, es decir como una simulación del programa cargado.
- **Goto Z:** Mueve automáticamente los ejes del cero de trabajo.
- **“Soft Limits”:** Activa/Desactiva los fines de carrera virtuales, estos son muy útiles como primer aviso de que estamos llegando a los extremos útiles de los ejes y permiten configurar la desaceleración de los ejes hasta llegar a los interruptores de fin de carrera.
- **Scale X/Y/Z:** permite llevar los valores de cada eje a un valor en escala. Un valor de 0.5 divide por dos los valores del programa para el eje en cuestión.

✚ Sección de Avance:



Figura 2.2.6. Sección de Avance

- **“Feedrate”**: permite ingresar un avance para movimientos de corte. Para ingresar un valor marcar este campo con el mouse y luego ingresar el valor deseado, luego apretar retorno en el teclado para confirmarlo, en caso de no hacerlo el valor no quedara registrado.
- **“FRO” (Feed Rate Override)**: este campo muestra el valor del avance actual, en caso que el mismo se haya alterado subiendo o bajando la barra verde mostrada en la ilustración.
- **“Reset”**: lleva nuevamente el avance al valor ajustado en el campo “Feedrate”.
- **“Units/Min”**: mientras se ejecuta un programa, muestra la velocidad actual de avance, este valor varía con las aceleraciones y las desaceleraciones.

✚ Sección de control de Husillo: es muy similar a la descrita anteriormente mas sin embargo refiere al control de velocidad del Husillo o cabezal de la fresa (Véase siguiente figura).

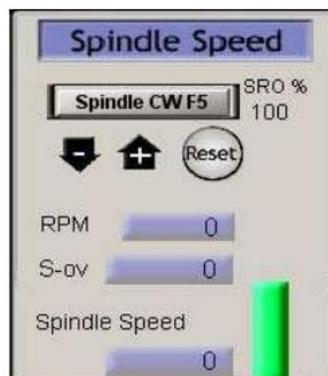


Figura 2.2.7. Sección de control de Husillo

- **“Spindle Speed”**: permite ingresar una velocidad para el husillo. Para realizar esta operación se debe marcar este campo con el mouse y luego ingresar el valor deseado, posteriormente pulsar retorno en el

teclado para confirmarlo en caso de no hacerlo el valor no quedara registrado.

- **“S-ov” (Spindle Override):** este campo muestra la velocidad actual del husillo, en caso que el mismo se haya alterado subiendo o bajando la barra verde.
- **“Reset”:** lleva nuevamente la velocidad al valor ajustado en el campo “Spindle Speed”.

+ Visualización del Programa: en esta parte se verá una representación visual del programa código G que se encuentra cargado (Véase siguiente figura).

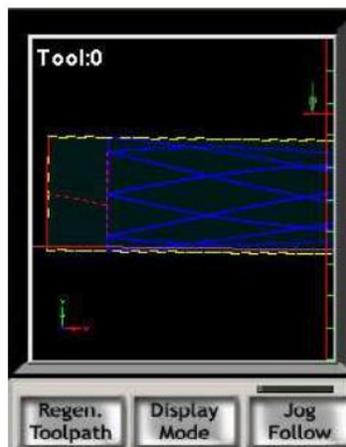


Figura 2.2.8. Visualización del Programa

- **“Regen Toolpath”:** cada vez que modifiquemos el cero de trabajo deberemos apretar este botón para regenerar el dibujo para que se posicione correctamente.
- **“Display Mode”:** alterna entre un detalle del trabajo en particular y la visualización del mismo en la mesa de trabajo.
- **“Jog Follow”:** alterna la forma en que se observa el trabajo o mecanizado mientras se está realizando.

+ Modo MPG: al apretar la tecla TAB en el teclado aparece sobre el margen derecho de la pantalla este control, con el mismo podremos mover todos los

ejes usando las flechas verdes/rojas que se observan en parte inferior. Podremos también alterar el valor, en términos porcentuales, de los movimientos rápidos de posicionamiento mediante el campo “Slow Jog Rate”.

La figura se muestra a continuación:



Figura 2.2.9. Modo MPG

Desarrollo de un plan de actividades tendientes a la reparación, puesta en marcha y diseño de prácticas demostrativas para el Centro de Mecanizado Vertical CNC EMCO VMC-100 en el taller Metalmecánico de la Universidad de Carabobo.

- ✚ Pantalla MDI: se puede acceder a esta pantalla desde cualquier parte del programa apretando en el teclado las teclas ALT-2. Esta pantalla es muy similar a la anterior, la gran utilidad de la misma radica en la posibilidad de ingresar líneas individuales de código G, esto se hace haciendo clic en el campo de entrada "input", cualquier código G que sea ingresado ahí será ejecutado instantáneamente luego de apretar el botón de retorno en el teclado (Véase siguiente figura).

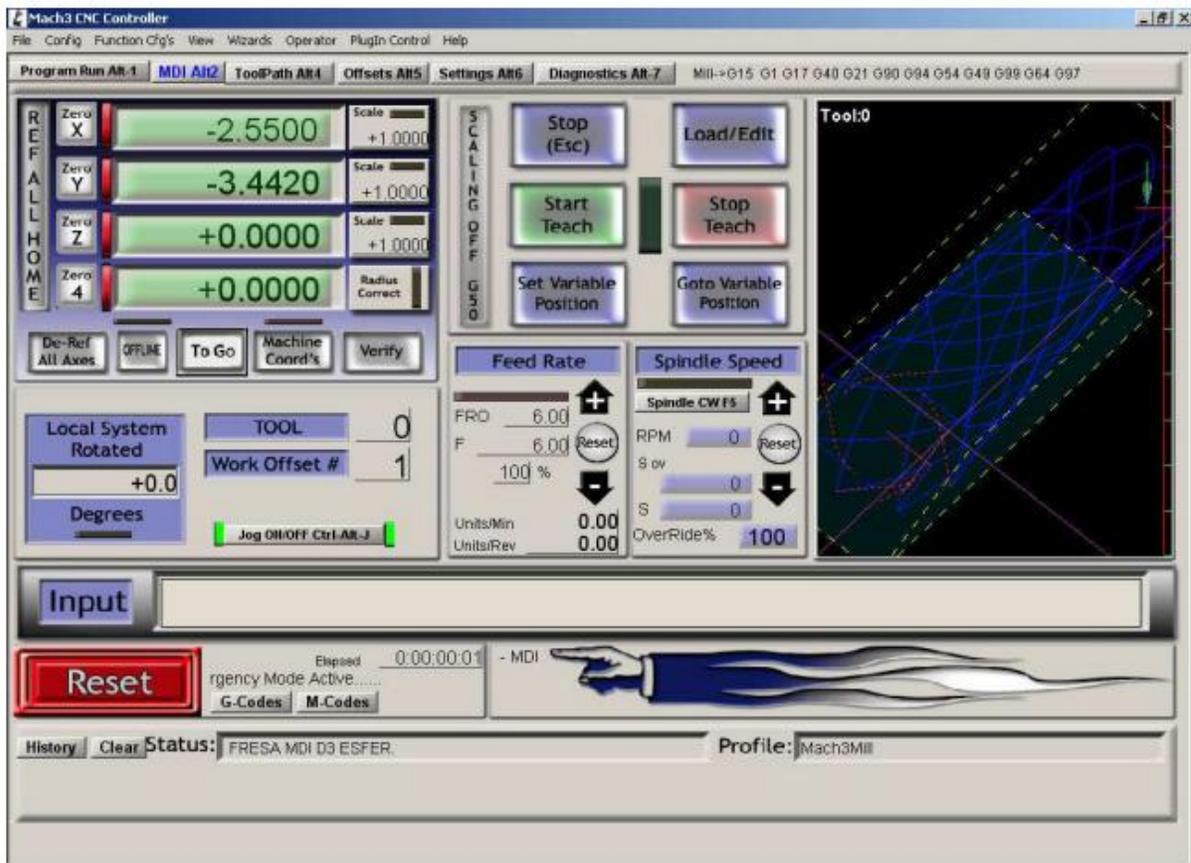


Figura 2.2.10. Pantalla MDI

### 2.3 Selección de Herramientas de Corte.

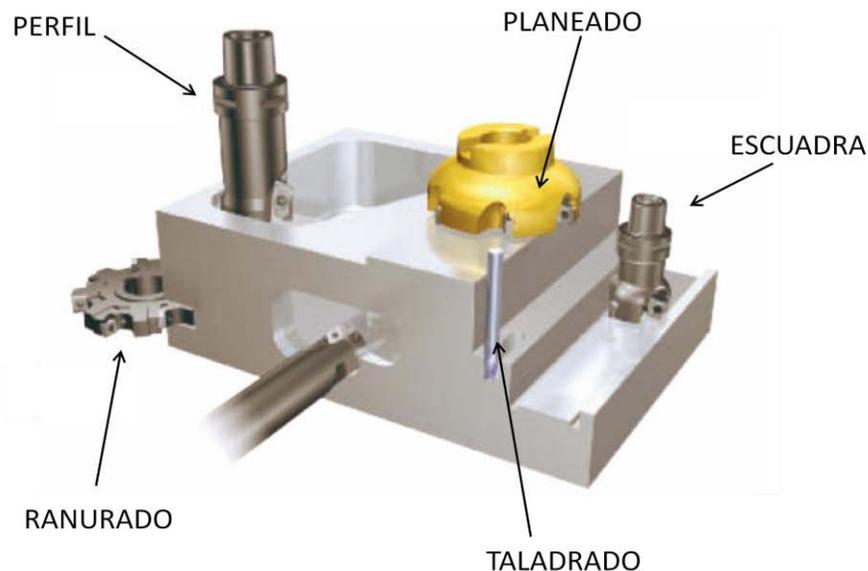
El proceso de selección de herramientas de corte estandarizadas, está regido por aspectos que determinan y definen las herramientas a seleccionar. Este proceso es muy importante pues con la selección adecuada de la herramienta de

corte tendremos mayor vida útil de la herramienta, menores requerimientos de potencia para el equipo y se podrá satisfacer las necesidades del mecanizado, llámese (tolerancias, tipo de mecanizado, entre otros).

Puntualizando estos aspectos tenemos:

### 2.3.1 Tipo de operación:

Debemos recordar que en el fresado existen cinco (5) operaciones mecánicas básicas, podemos mencionar el planeado, ranurado, en escuadra, de perfil y taladrado (Véase siguiente figura).



**Figura 2.3.1.** Tipos de Operaciones en Fresado

#### Definir el material:

Esto se realiza según las áreas ISO para definir la calidad de la herramienta de corte, según este sistema cada calidad ofrecen características en cuanto a resistencia al desgaste y tenacidad y a su vez nos indica para qué materiales a mecanizar es recomendable cada tipo de herramienta de corte. Dicha denominación ISO se presenta de la siguiente manera.

**Tabla 2.3.1.** Denominaciones ISO para herramienta de cortes de corte.

<b>Denominación ISO</b>	<b>Material a Mecanizar</b>
P	Acero, acero fundido, fundición maleable de viruta larga.
M	Acero inoxidable.
K	Fundición.
H	Acero templado (materiales endurecidos).
S	Aleaciones termo resistentes, aleaciones de titanio.
N	Materiales no férricos (aluminio, bronce, plástico, madera entre otros).

Otro aspecto importante en la definición del material de la herramienta de corte, es si se usara herramientas con recubrimientos o sin recubrimientos. Esto lógicamente supone un aumento en los costos sin embargo ofrece propiedades como mayor resistencia al desgaste, aumento de la vida útil de la herramientas de hasta dos (2) o tres (3) veces que su similar sin recubrimiento, cortes más agudos. Por ello este parámetro dependerá de la aplicación y el tipo de materiales a mecanizar.

### 2.3.2 Paso de la fresa:

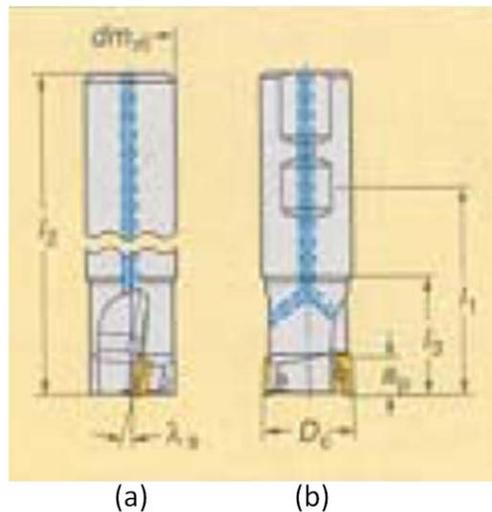
El paso es la distancia o separación entre cada una de las plaquitas o herramienta de cortes en la herramienta seleccionada. Para la selección del tipo de paso de la herramienta de corte, se toman en cuenta los requerimientos del proceso, por ejemplo:

- 1) Paso Normal: se usa para fresado general y producción mixta.
- 2) Paso Reducido: resulta en el máximo número de plaquitas para una productividad óptima en condiciones estables. se usan para materiales de viruta corta y también para los termos resistentes.
- 3) Paso Grande: se trabaja con el menor número de plaquitas con paso diferencial, para una mayor productividad cuando la estabilidad y la

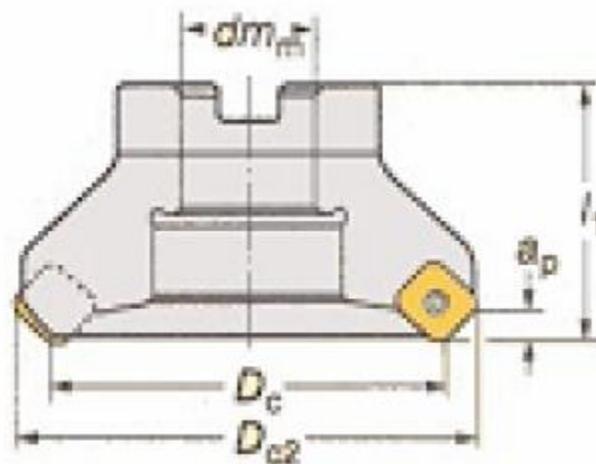
potencia sea limitadas. recomendadas para herramientas con voladizo y máquinas pequeñas.

### 2.3.3 Sistema de sujeción.

Dependerá del porta-plaquitas. Se tienen tres montajes que son los más comunes, el Weldon, Cilíndrico y Modular. Estos pueden variar según el fabricante o proveedor de las herramientas de corte (*Véase siguiente figura*).



**Figura 2.3.2.** Esquemas de Montaje: Cilíndrico (a) Weldon (b).



**Figura 2.3.3.** Esquema de Montaje Modular.



Se puede observar que el catalogo ofrece gran cantidad de información, sobre los tipos de fresas, materiales y condiciones del mecanizado.

A continuación se mostrara otro ejemplo donde se especifican características como diámetros, esquema de montaje, y paso (Véase siguiente figura).

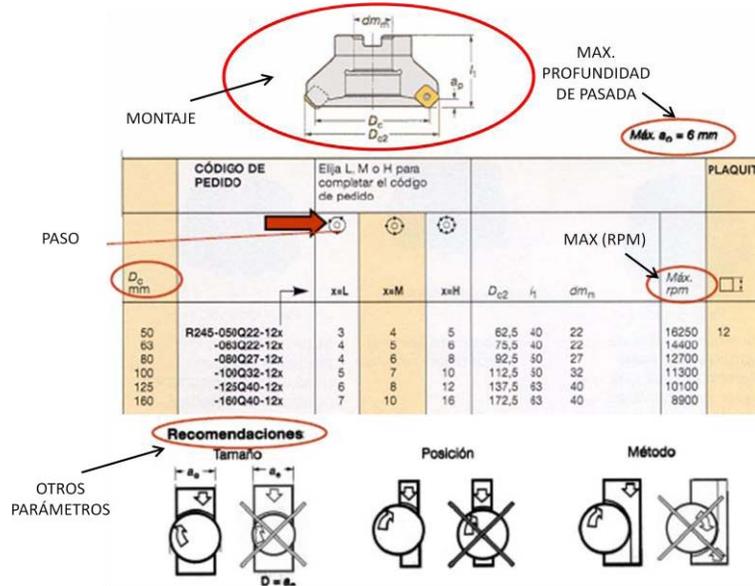


Figura 2.3.5. Catalogo Comercial de Selección de Herramienta de cortes.

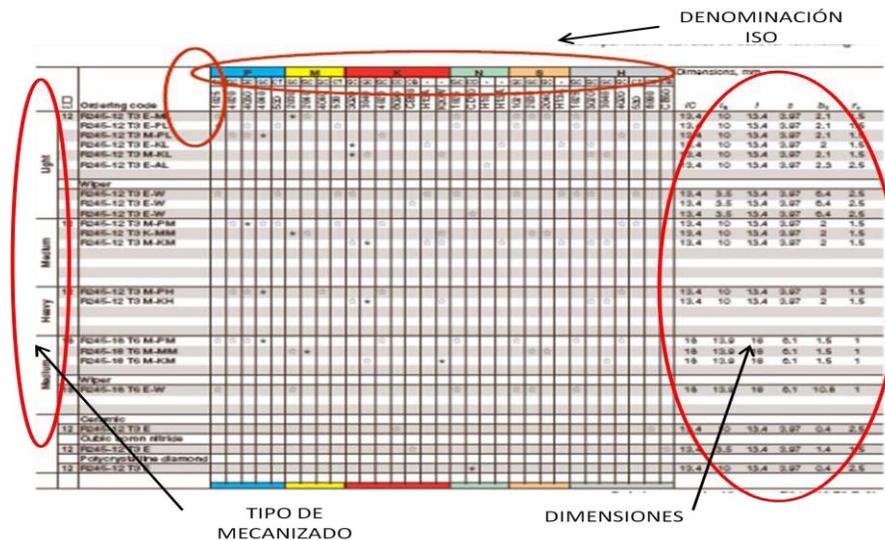


Figura 2.3.6. Catalogo Comercial de Selección de Herramienta de cortes.

# CAPÍTULO III.

## *Marco Metodológico*

---

---

### **3.1 Nivel de la investigación.**

Este tipo de investigación se clasifica como descriptiva, pues busca conocer las causas que ocasionaron las fallas en el centro de mecanizado y por lo tanto la paralización de este equipo desde el año 2003. Y el impacto en el deterioro de la calidad del proceso enseñanza-aprendizaje al no disponer de este recurso para fomentar la articulación teórica-práctica necesaria para el modelado y mecanizado de piezas o partes mecánicas. Se parte de la hipótesis que el uso de este equipo fortalecerá esta articulación entre teoría-práctica por cuanto este centro le proveerá de los medios tecnológicos que permitirán el desarrollo en primera instancia de las habilidades en los estudiantes, así como también al personal técnico y docente vinculados con esta área para el proceso de mecanizado de piezas de alta calidad técnica.

Además, se enmarca en la definición de un proyecto factible y viable ya que se tiene acceso al centro de mecanizado vertical EMCO VMC-100, se cuentan con

los recursos técnicos para el análisis, reparación y puesta en marcha del equipo, se cuenta con los recursos financieros que permitirán la ejecución de las distintas alternativas para la reparación o sustitución de los componentes que afecten el buen funcionamiento del mismo y se cuenta con el tiempo necesario para dar cumplimiento de las acciones que precisas cada uno de los objetivos del proceso de investigación.

### **3.2 Diseño de la Investigación.**

Se presentan a continuación, los pasos y procedimientos que se siguieron para el cumplimiento de los objetivos y supuestos teóricos y prácticos de este trabajo de investigación.

**Objetivo N°1.** Investigar las causas por las cuales, el centro de mecanizado vertical CNC no opera de forma adecuada.

En esta primera etapa de la investigación se efectuaron inspecciones al equipo considerando los siguientes aspectos técnicos: sistema eléctrico, componentes electrónicos, líneas de aire comprimido, sistema de sujeción mecánica y sistema de lubricación. De manera tal que se determinaron la(s) causa(s) que generan fallas en el mismo. Para ello se hizo una revisión del histórico referente a los análisis técnicos previos, así como de sus manuales de uso, diagramas eléctricos y manuales de operación.

#### **Actividades:**

- Se recopiló la información disponible acerca del equipo, que pueda en conjunto con las inspecciones físicas generar posibles causas de fallo. Entre esta información tenemos: manuales de operación, diagramas de componentes eléctricos y electrónicos, y muy importante el registro de los análisis técnicos hechos al equipo en años anteriores.
- Se procedió a la revisión de la información, dirigida a identificar los componentes más sensibles del centro de mecanizado, así como los

elementos que reportaron fallas en análisis anteriores. En esta parte se realizara lectura de informes técnicos, manuales, entrevistas al personal técnico y docente que haya laborado con el equipo.

- Se identificaron de manera general las partes más importantes que conforman el equipo, que tipos de energía requiere (aire comprimido, electricidad) y el status de las mismas.
- Se evaluaron las condiciones en donde se encuentra el equipo actualmente, esto incluye espacio físico, iluminación, accesibilidad, seguridad e integridad física del mismo, chequeo de líneas de aire comprimido, conexiones eléctricas, tableros eléctricos etc.
- Se establecieron los aspectos del equipo que deben ser reparados en primera instancia, esto se logra a través de combinar la información que se tiene de las observaciones realizadas en campo con la disponible de los manuales diagramas y reportes técnicos anteriores.

**Objetivo N°2.** Reparar o sustituir, de ser necesario los diferentes sistemas y componentes que conforman el equipo.

En esta fase se ejecuto el proceso de reparación con base a las acciones cumplidas en la fase anterior.

Actividades:

- Se realizaron visitas por parte de un técnico especialista eléctrico, para la determinación de las causas de fallas eléctricas. Relacionadas a la alimentación, o toma de energía del equipo, estado de los tableros eléctricos, y del cableado ubicación de la toma.
- Se llevan a cabo las acciones pertinentes al sistema eléctrico, bien sea reparación o sustitución de elementos para garantizar una correcta alimentación de energía eléctrica, y que el equipo trabaje con los

parámetros nominales (voltaje, intensidad de corriente, frecuencia) para los cuales fue diseñado.

- Se investigo y contacto a distintas empresas que prestan servicios de reparaciones de equipos CNC, componentes electrónicos, mantenimiento de centros de mecanizado etc.
- Se Coordinaron con las diversas empresas que cumplan con los servicios requeridos, visitas al recinto de la universidad donde está ubicado el centro de mecanizado de manera de realizar análisis in situ de los componentes electrónicos tales como, fuente de poder, tarjetas de monitores, módulos de controladores.
- Luego de determinar las fallas electrónicas que presenta el equipo, se deberá se cotizo por distintos vías, tanto las reparaciones o repuestos (de ser necesarios) que requiere el equipo.
- Se evaluaron los presupuestos considerando los criterios de calidad, tiempo y costos los informes de cada empresa consultada y se seleccionara la que se ajuste a nuestras necesidades y recursos.
- Se implementa las acciones de la propuesta seleccionada.

**Objetivo N°3.** Realizar el mantenimiento de los sistemas hidráulicos, mecánicos y de aire comprimido que conforman el sistema, para un mejor rendimiento del equipo.

Esta fase empezará luego de que las fallas a nivel eléctrico y electrónico están cubiertas, pues se deberá comprobar que los sistemas mecánicos funcionen con total normalidad y ya que debido al tiempo en el que el equipo no estuvo en servicio se necesitan hacer rutinas de mantenimiento. Con ellas se descartaran también daños en otros sistemas.

**Actividades:**

- Se identificaron los sistemas a los cuales se le puede hacer un mantenimiento rutinario y los que sean fundamentales para el funcionamiento del equipo. Dándole prioridad al sistema de aire comprimido, lubricación, componentes neumáticos, sistema de sujeción de herramientas de corte, bombas de fluido refrigerante y sus líneas de distribución.
- Se recopiló información y asesoría por parte del personal técnico que labora en el taller metalmecánico, de cómo se deben de hacer las reparaciones y sustituciones (de ser necesarias) de partes o componentes de los sistemas que conforman el centro de mecanizado.
- Se realizaron labores exhaustivas de inspección del equipo, tomando en cuenta los puntos críticos a partir de esto se toman las decisiones: de reparación o sustitución de algún componente o pieza.

**Objetivo N°4.** Investigar y conocer el lenguaje de programación CNC que es compatible con el centro de mecanizado disponible.

En esta etapa de la investigación se deberán realizar inspecciones al lenguaje de programación que posee el equipo. De manera tal que se determine con exactitud el lenguaje utilizado para la programación de tareas con el centro de mecanizado. Para ello se hará una revisión del histórico, así como de sus manuales de uso.

**Actividades:**

- Se compiló la información disponible acerca del equipo, que puedan en conjunto con las inspecciones en campo orientar el lenguaje de programación utilizado por el centro de mecanizado. Entre esta información tenemos: manuales de operación y muy importante el registro de los análisis técnicos hechos al equipo en años anteriores.

- Se identificaron de manera general los distintos códigos y lenguajes utilizados, para seleccionar un lenguaje de programación en particular.
- Estudiar los códigos y lenguaje de programación CNC previamente identificado y seleccionado, para lograr el correcto desarrollo de introducción de comandos y demás actividades compatible con el centro de mecanizado disponible.

**Objetivo N°5.** Seleccionar y adquirir las herramientas de corte estandarizadas mediante tomando en cuenta la norma ISO, de tal forma que puedan adaptarse al centro de mecanizado CNC disponible.

En esta fase de la investigación, se determinara la capacidad del equipo, tomando en cuenta los manuales de operación y uso, con el fin de ponderar el tipo de pieza que es compatible. Con base a esto se procederá a la adquisición de las distintas herramientas de cortes, para lo cual se cuenta con el financiamiento de los patrocinantes.

**Actividades:**

- Se identificaron de manera detallada las características de los distintos componentes del centro de mecanizado, tales como, portaherramientas o herramienta de cortes ya existentes.
- Se realizaron la toma de las medidas necesarias y pertinentes a los distintos componentes del centro de mecanizado para asegurar la compatibilidad ende las herramientas que serán seleccionados.
- Se seleccionaron las herramientas más adecuadas para la realización de cada operación que va a desarrollar el centro de mecanizado, utilizando en la información ofrecida sobre “selección de herramientas para fresado horas según ISO” de acuerdo a lo impartido en la cátedra de procesos de fabricación tres de la universidad de Carabobo.
- Adquirir desde las herramientas de corte previamente seleccionadas.

**Objetivo N°6.** Probar el centro de mecanizado, para lo cual se proponen un conjunto de prácticas demostrativas para que el estudiantado aplique sus conocimientos teóricos del fresado CNC, en el centro de mecanizado vertical disponible en el taller metalmecánico.

En esta última etapa de la investigación se pondrá a prueba el funcionamiento del centro de mecanizado, para lo cual se realizarán un conjunto de prácticas relacionadas con el mecanizado de piezas, utilizando las herramientas teóricas de control numérico computarizado para fresado, impartida por la cátedra de procesos de fabricación, que permita al estudiantado aplicar de manera experimental. Los conocimientos adquiridos de forma teórica con la utilización del centro de mecanizado vertical disponible en el taller metalmecánico.

**Actividades:**

- Se seleccionaron los tipos de piezas que van ser mecanizadas, tomando en cuenta la geometría y el nivel de complejidad que demanda el código CNC que la modela. Esto permitirá ofrecer al estudiantado la posibilidad de realizar la práctica diversa de mecanización, con el fin de lograr un verdadero repaso de los conocimientos adquiridos de forma teórica sobre estos métodos de lenguaje de control numérico computarizado y de ejercitar de manera práctica estos conocimientos, así como la adquisición de habilidades para el manejo de equipos industriales.
- Se investigo y recopiló documentación existente dentro de la universidad, acerca de elaboración de prácticas de laboratorios, de manera que la propuesta se ajuste a los estándares establecidos por la Universidad de Carabobo.
- Se desarrollo de manera individual cada práctica de manera que se ajusten a los estándares teóricos exigidos, a saber, selección de herramienta de corte, niveles de acabado o rugosidad superficial, código CNC y factibilidad económica; y cualquier otro factor que intervienen en los procesos de mecanizado de esta naturaleza.

- Se implementa la práctica empleando el centro de mecanizado, a los fines de validar el correcto diseño de la misma, así como comprobar el buen funcionamiento del equipo.
- Se presentaron los resultados obtenidos.

### 3.3 Técnicas de recolección de datos.

**Análisis documental:** Se emplea para obtener la información referente a los análisis técnicos previos que se realizaron sobre este centro de mecanizado, además de la normativa, así como las bases teóricas y normativa que fundamente aspectos como la selección de herramientas y parámetros de corte para el fresado. Además se hará una revisión bibliográfica de investigaciones sobre el uso de equipos similares con fines didácticos y de sus impactos positivos sobre los estudiantes. En fin documentos e investigaciones que respalden nuestra investigación.

**Observación:** se aplicó observación directa en campo, en el recinto donde se ubica el centro de mecanizado. Con esta se tendrá un contacto directo con la raíz del problema y se identificara mejor las variables que intervienen en el proceso investigativo.

**Entrevistas:** con el propósito de conocer opiniones y obtener conocimientos de la experticia de profesionales en el área de eléctrica, mecánica, electrónica y en el manejo de equipos con control numérico computarizado, así como también del personal técnico y docente que labora en la universidad de Carabobo. Esto se hizo con el fin de conocer de que manera o mediante que métodos cumplir a cabalidad los objetivos planteados.

Desarrollo de un plan de actividades tendientes a la reparación, puesta en marcha y diseño de prácticas demostrativas para el Centro de Mecanizado Vertical CNC EMCO VMC-100 en el taller Metalmecánico de la Universidad de Carabobo.

### 3.4 Diagrama de Flujo del Proceso Investigativo

A continuación se presenta de forma esquemática, las fases del presente trabajo de investigación, donde se observaran los aspectos más importantes y las relaciones entre cada uno de esos aspectos (Véase siguiente figura).

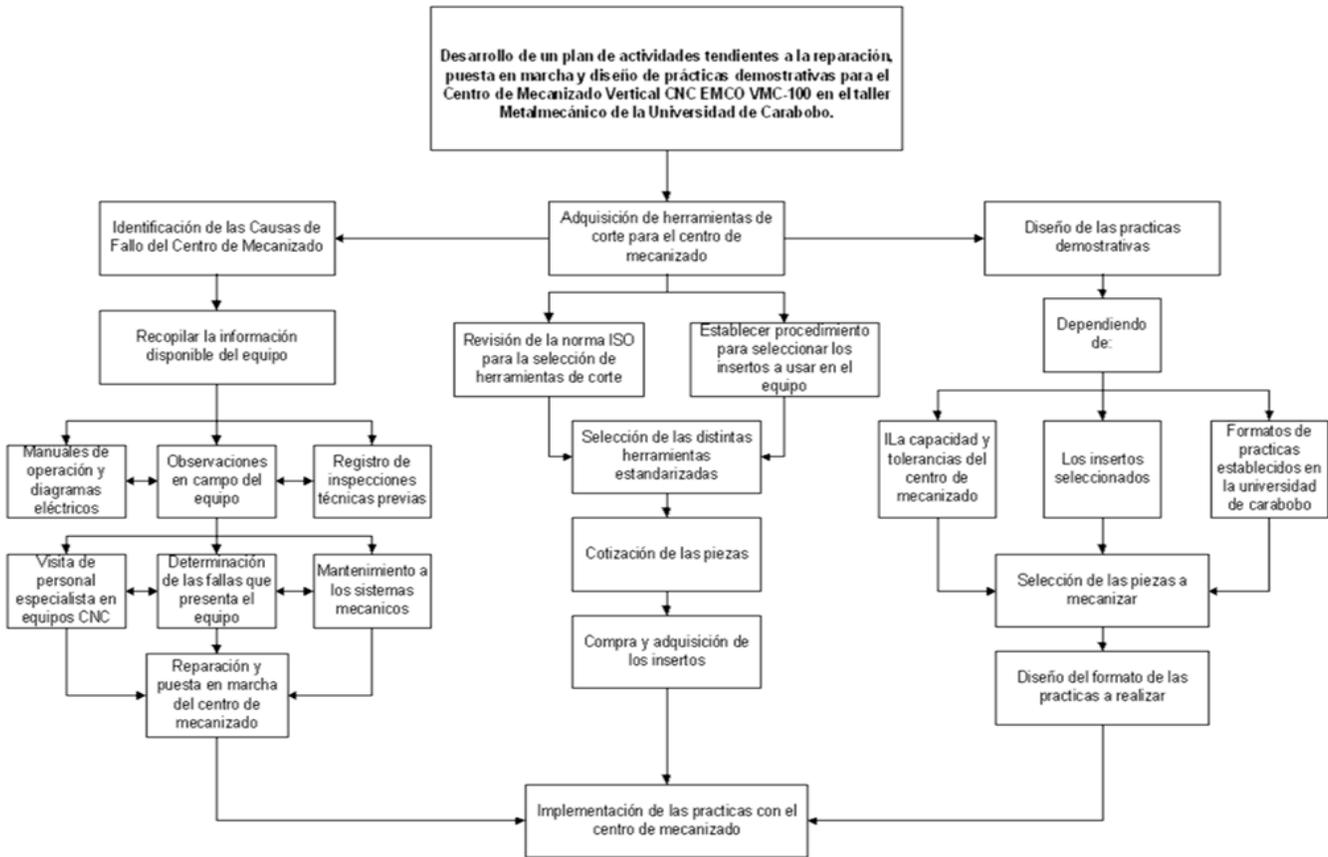


Figura 3.4.1. Diagrama de Flujo del Proceso Investigativo



# CAPÍTULO 4.

## *Desarrollo*

---

---

### 4.1 Identificación De Las Causas De Falla Del Centro De Mecanizado, Reparación Y Puesta En Marcha Del Equipo.

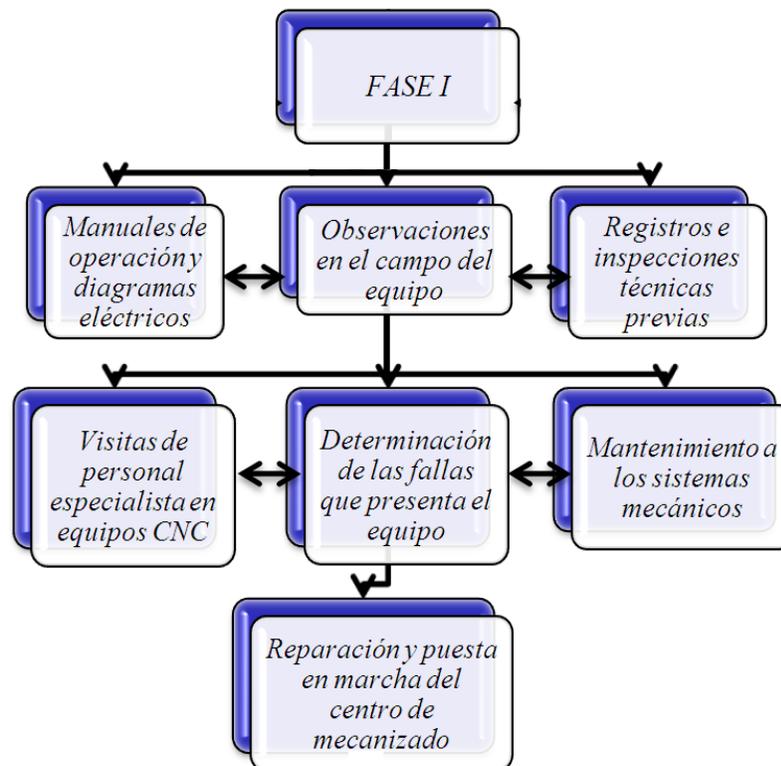


Figura 4.1.1. Diagrama de actividades desarrolladas en la 1ra fase del trabajo de grado.

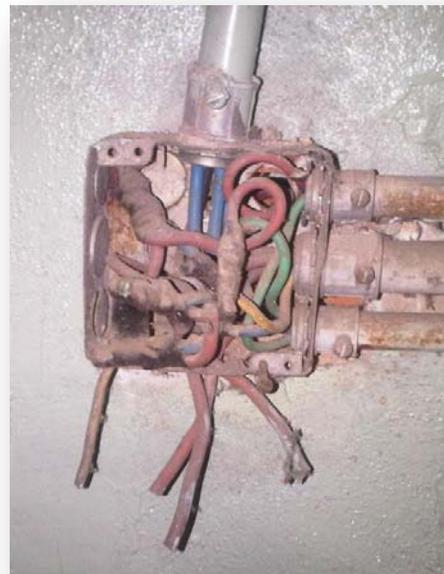
Se presenta a continuación, la descripción detallada de cada uno de las actividades y procedimientos desarrollados para el cumplimiento de los objetivos y supuestos teóricos y prácticos de este trabajo de investigación.

#### 4.1.1 Investigación de las causas por las cuales, el centro de mecanizado vertical CNC no opera de forma adecuada.

##### **Actividades:**

Una vez recopilada toda la información disponible acerca del equipo (tales como manuales de operación, diagramas de componentes eléctricos, electrónicos, y el registro de los análisis técnicos hechos al equipo en años anteriores), en conjunto con las inspecciones físicas se detectaron las siguientes fallas:

- La toma eléctrica a la cual está conectado el equipo, se encuentra sobrecargada con otros equipos del taller, tales como aires acondicionados y compresores, lo que genera una sobrecarga de ese tomo eléctrico, cuando todos los equipos se encuentran encendidos, adicionalmente las condiciones físicas del mismo, se ven bastante deteriorados (*Véase siguiente figura*).



**Figura 4.1.2.** Antiguo toma eléctrica al que se encontraba conectado el equipo.

*Desarrollo de un plan de actividades tendientes a la reparación, puesta en marcha y diseño de prácticas demostrativas para el Centro de Mecanizado Vertical CNC EMCO VMC-100 en el taller Metalmecánico de la Universidad de Carabobo.*

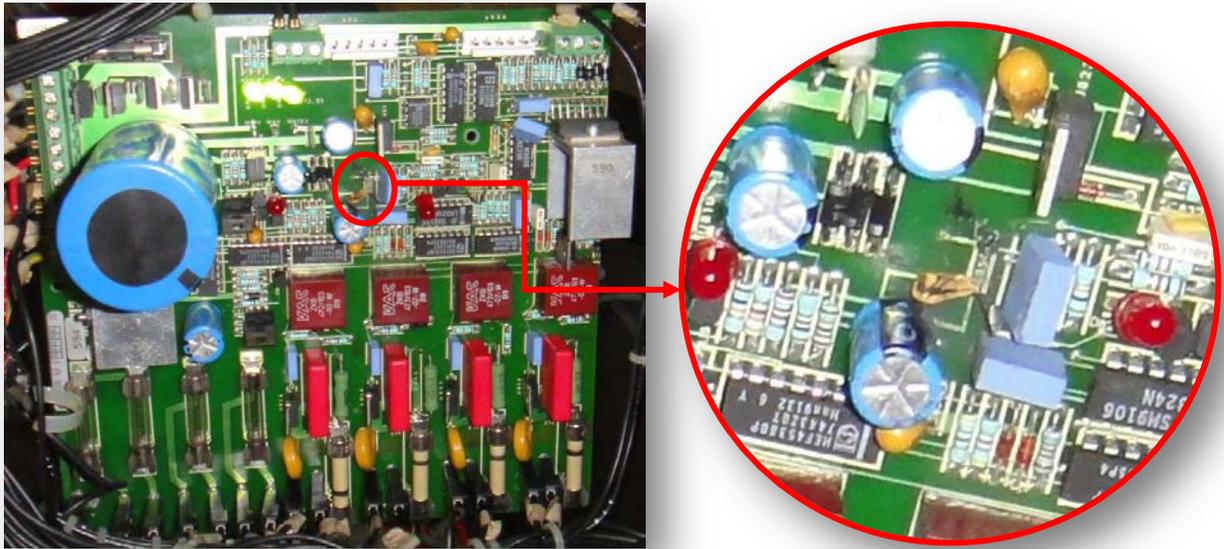
- La condición de los cables que pertenecen al suministro eléctrico del equipo se encontraba en deplorables condiciones, adicionalmente que junto con un equipo de electricista, se determinó que las características del cableado inicial no son apropiadas en función de los valores nominales de voltaje y corriente que maneja la máquina (*Véase siguiente figura*).



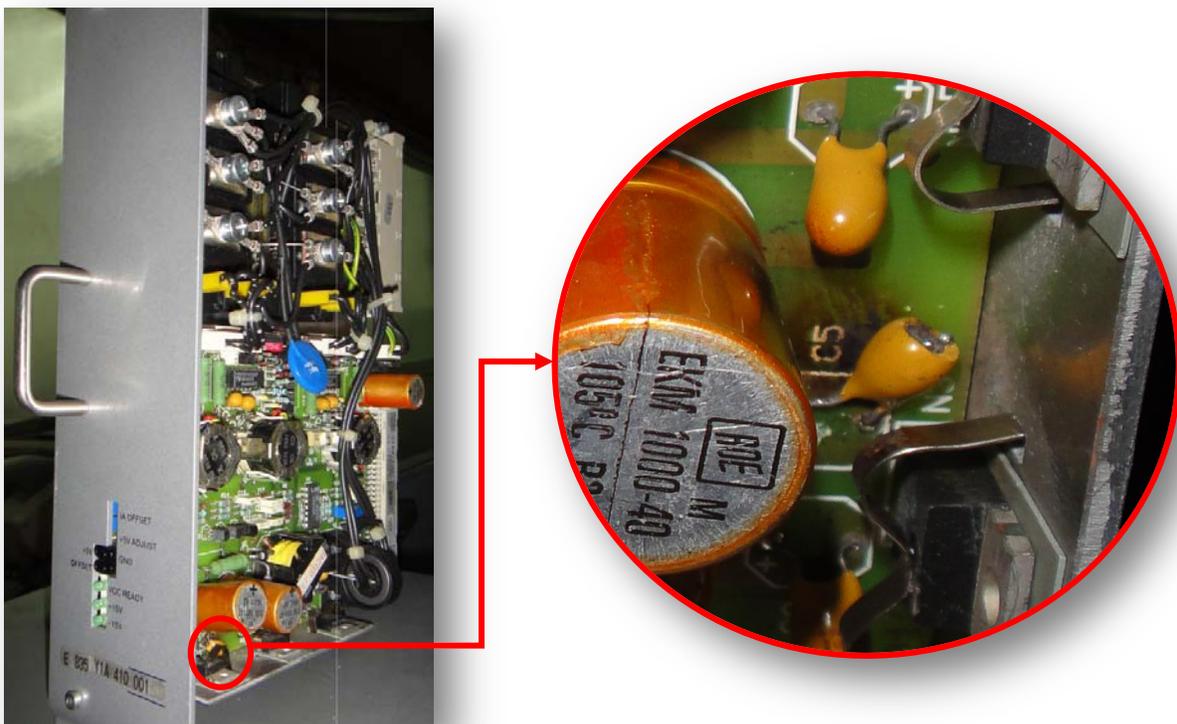
**Figura 4.1.3.** Transformador y antiguas conexiones de las que disponía el equipo para la alimentación eléctrica.

- Junto con la ayuda de un equipo de ingenieros especialistas en el área de electrónica y equipos CNC, se realizaron labores de inspección sobre el controlador del equipo, diagnosticándose así 4 componentes averiados. Más específicamente, sobre la tarjeta de “power supply” del equipo se encontraron condensadores averiados, sobre el “driver” controlador de los ejes del centro de mecanizado de igual manera también se identificaron condensadores averiados, sobre la fuente de poder del equipo también se identificaron varios capacitores dañados y finalmente la tarjeta electrónica que controla el teclado y varios “flex electrónicos” sobre el mismo se encontraban averiados. Adicionalmente el

cableado interno del controlador, no se encontraba debidamente identificado y por ende también se hizo conveniente una labor de identificación de cableado, para realizar las conexiones de manera correcta dentro del equipo (*Véase siguiente figura*).

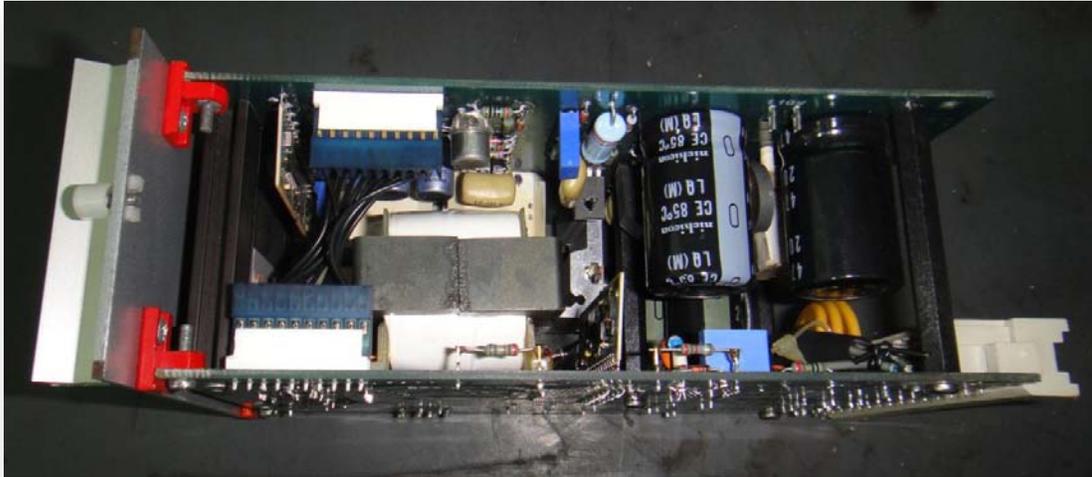


**Figura 4.1.4.** Tarjeta “Power Supply” del controlador con señalización de la falla.

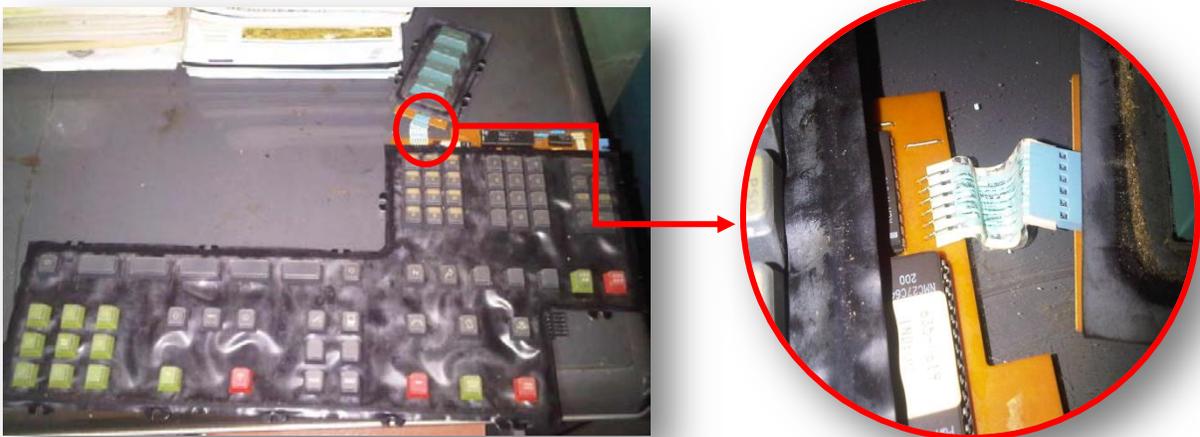


**Figura 4.1.5.** Driver Controlador de ejes del equipo con señalización de la falla presente.

Desarrollo de un plan de actividades tendientes a la reparación, puesta en marcha y diseño de prácticas demostrativas para el Centro de Mecanizado Vertical CNC EMCO VMC-100 en el taller Metalmecánico de la Universidad de Carabobo.



**Figura 4.1.6.** Fuente De Poder del equipo antes de realizarse labores de reparación.



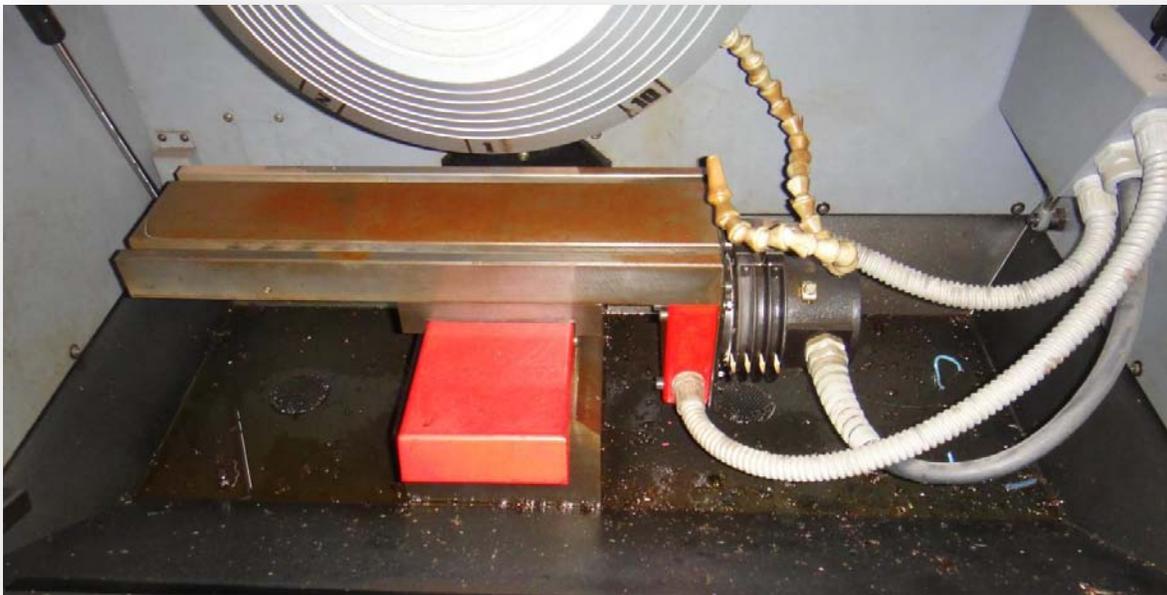
**Figura 4.1.7.** Teclado del equipo con señalización de algunos componentes averiados.

- Una vez realizadas labores de inspección sobre la estación de mecanizado, se determinó la necesidad de hacer trabajos de mantenimiento en general sobre todo el equipo, tales como remoción del polvo, viruta metálica y mugre sobre toda la superficie del mismo. Adicionalmente se detectaron partes y piezas oxidadas, entre estas las tenazas cónicas que sujetan las herramientas. Y finalmente se observó y determinó la necesidad de reemplazar los fluidos de lubricación (taladrina) del equipo junto con el aceite con el que trabajan los

servomotores del equipo, puesto que se encontraban en estados bastante deplorables (Véase siguiente figura).



(A)



(B)

*Desarrollo de un plan de actividades tendientes a la reparación, puesta en marcha y diseño de prácticas demostrativas para el Centro de Mecanizado Vertical CNC EMCO VMC-100 en el taller Metalmecánico de la Universidad de Carabobo.*



(C)



(D)



(E)



(F)

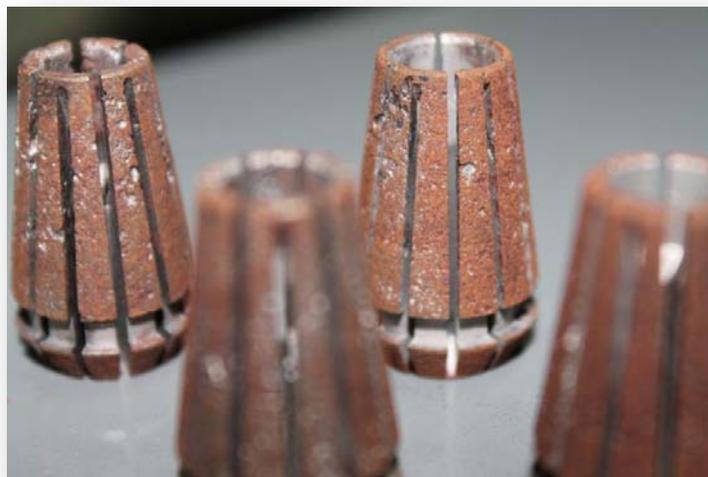
*Desarrollo de un plan de actividades tendientes a la reparación, puesta en marcha y diseño de prácticas demostrativas para el Centro de Mecanizado Vertical CNC EMCO VMC-100 en el taller Metalmecánico de la Universidad de Carabobo.*



(G)



(H)



(I)



(J)

**Figura 4.1.8.** (A) Suciedad acumulada sobre la zona del controlador. (B) Acumulado de suciedad, mugre y aceites sobre la estación de mecanizado. (C) Suciedad acumulada sobre la parte superior de la estación de mecanizado. (D) Suciedad acumulada la parte frontal de la estación de mecanizado. (E) Suciedad acumulada en la compuerta de seguridad de la estación de mecanizado. (F) Suciedad acumulada en la parte posterior de la estación de mecanizado. (G) Líquido de refrigeración descompuesto. (H) Bomba de lubricación con aceite descompuesto. (I) Pinzas de sujeción cónica con superficies oxidadas. (J) Estante para herramientas y demás componentes referentes al equipo.

- De la mano con las labores de mantenimiento mecánico sobre el equipo, se determinó la necesidad de hacer trabajos de limpieza y reacondicionamiento del ambiente donde se encuentre el equipo, con la intención de obtener un ambiente de trabajo más apto para el desarrollo de tareas con el equipo y evitar la presencia de agentes que propician la acumulación de suciedad y demás factores contaminantes (Véase siguiente figura).



(A)



(B)

**Figura 4.1.9.** (A) Suciedad acumulada sobre la habitación acumulada en el equipo. (B) Sistemas de iluminación de la habitación averiados.

*Desarrollo de un plan de actividades tendientes a la reparación, puesta en marcha y diseño de prácticas demostrativas para el Centro de Mecanizado Vertical CNC EMCO VMC-100 en el taller Metalmecánico de la Universidad de Carabobo.*

#### 4.1.2 Reparar o sustituir, de ser necesario los diferentes sistemas y componentes que conforman el equipo.

##### 4.1.2.1 *Recuperación y Acondicionamiento del Controlador EMCOTronic TM02.*

#### **Actividades:**

Una vez reunidos un equipo de especialista en el área eléctrica, electrónica, y personal capacitado en el área de manejo de equipos CNC a nivel nacional, en esta fase se da inicio al proceso de reparación con base a diagnósticos y fallas detectadas en la actividad anterior:

- Se sustituye la toma eléctrica a la cual se encontraba conectado el equipo, por una que se halla más depurada y que actualmente se encuentra sin otros equipos conectados a la misma. Adicionalmente esta toma eléctrica, de acuerdo con lo investigado, proviene de un ramal eléctrico directo desde la calle, lo que sugiere que las condiciones eléctricas proporcionadas por dicho tomo se mantendrían constantes y dentro de los rangos de operación del equipo aún y cuando se encuentren en uso otros equipos del taller. Adicionalmente se realizaron mediciones y pruebas que avalan que los parámetros de trabajo de la línea eléctrica no varían, garantizando que no se repitan las fallas eléctricas que ocasionaron la avería en una primera instancia (*Véase siguiente figura*).



**Figura 4.1.10.** Nueva Toma Eléctrica del Equipo con señalización de las conexiones.

- Los cables que pertenecen al suministro eléctrico del equipo fueron removidos y sustituidos por otro cable nuevo y de mejor calidad que el anterior. Se utilizó cable trifásico número 12, y en total se hizo el reemplazo de aproximadamente 60 metros de cableado, tanto interno del controlador, como la línea que va desde el equipo a la nueva toma eléctrica (Véase siguiente figura).



**Figura 4.1.11.** Cableado nuevo de la línea de alimentación eléctrica del equipo.

- Junto con la ayuda de un equipo de ingenieros especialistas en el área de electrónica y equipos CNC, se realizaron las reparaciones pertinentes sobre cada uno de los componentes averiados de cada una de las tarjetas. Adicionalmente se desarrolló una labor de identificación y señalización de las conexiones con dichas tarjetas y demás drivers de importancia en el controlador, con la intención de que en caso de presentarse en un futuro alguna avería, las labores próximas de reparación sean más sencillas. No obstante, también se organizaron varias conexiones internas del controlador que se encontraban mal

Desarrollo de un plan de actividades tendientes a la reparación, puesta en marcha y diseño de prácticas demostrativas para el Centro de Mecanizado Vertical CNC EMCO VMC-100 en el taller Metalmecánico de la Universidad de Carabobo.

identificadas y conectadas a distintos puertos erróneos. Finalmente, se instalaron de nuevo los diferentes drivers obteniendo con éxito la recuperación de la imagen en el monitor, el encendido de los ventiladores y varias alarmas luminosas se eliminaron instantáneamente (Véase siguiente figura).

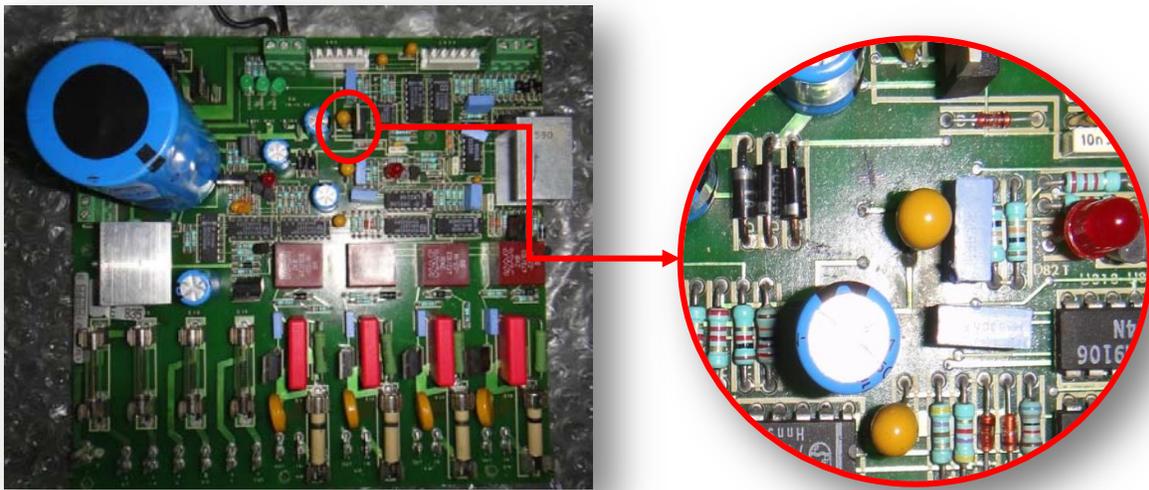


Figura 4.1.12. Tarjeta "Power Supply" del controlador con señalización de componente reparado.

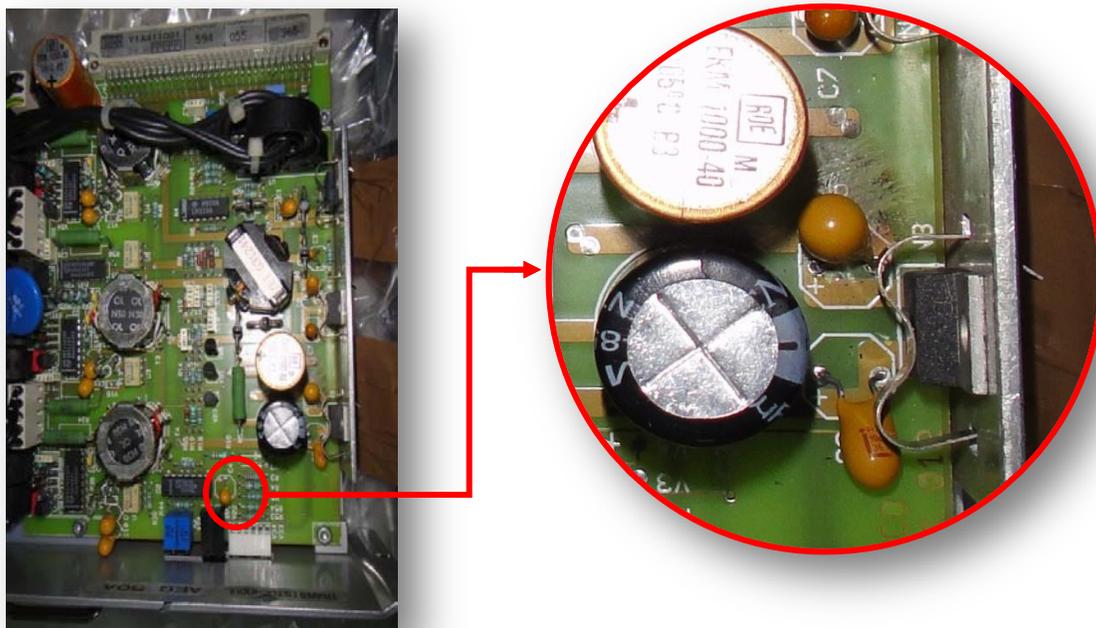
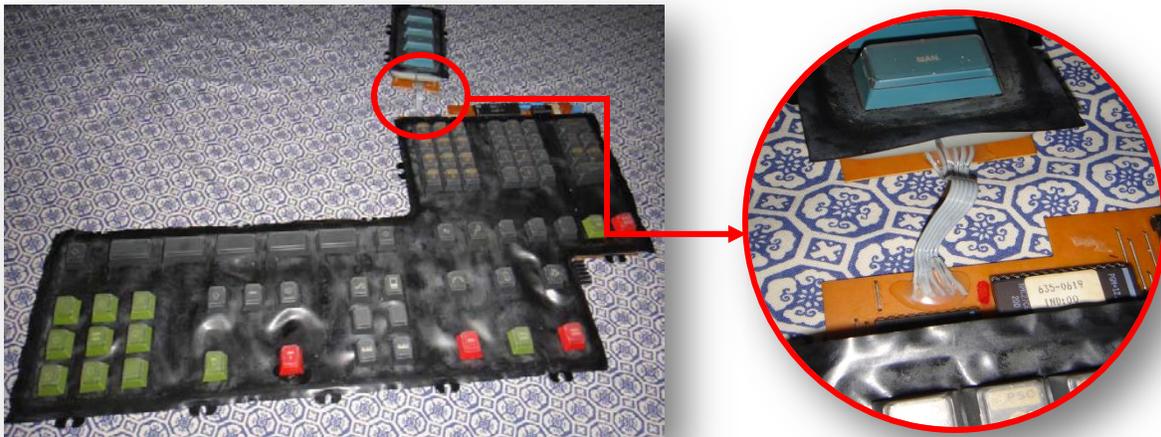


Figura 4.1.13. Driver Controlador de ejes del equipo con señalización de componente reparado.



**Figura 4.1.14.** Fuente De Poder del equipo después de realizarse labores de reparación.



**Figura 4.1.15.** Flex Del Teclado Reparado Junto que el resto de la electrónica.

No obstante, en este punto del desarrollo del trabajo de grado, se presentó un último problema con el teclado del controlador. A pesar de haber recuperado, los componentes electrónicos que se encontraban averiados, tanto en la tarjeta del teclado, como el teclado mismo, e inclusive se reemplazaron los cables de conexiones entre los dos componentes anteriores, la falla del teclado no se corrigió, que puntualmente era que el mismo no respondía ante ningún comando,

*Desarrollo de un plan de actividades tendientes a la reparación, puesta en marcha y diseño de prácticas demostrativas para el Centro de Mecanizado Vertical CNC EMCO VMC-100 en el taller Metalmecánico de la Universidad de Carabobo.*

lo que imposibilita por completo el uso del control como tal, ya que no hay manera de introducir los parámetros y demás información para lograr la puesta en marcha del equipo, lo que abre la posibilidad de pensar que pudiese deberse a un problema con el firmware del mismo o con la electrónica propia del controlador completo como tal. Por esto mismo, se solicitó la asistencia de los únicos agentes autorizados de la marca EMCO en Venezuela, y después de realizar sus inspecciones, la única solución que eran capaces de aportar, era la de enviar el controlador completo a los fabricantes en Austria, lo que implica una logística de transporte considerable, dado a la magnitud en dimensiones y peso del controlador, adicionalmente de que es un equipo bastante frágil y delicado. En adición, de que los tiempos de respuesta, reparación y transporte que se manejaban no eran menores a 4 o 5 meses, y por último, los presupuestos que implicaban la reparación y el transporte del mismo, se escapaban del presupuesto restante con el que se contaba.

Por todo lo anterior, se decide cambiar la estrategia de recuperación del controlador, e incurrir en la actualización y sustitución del mismo, con un equipo más moderno, que implica la utilización de un software capaz de permitir el intercambio de información con la estación de mecanizado, unos equipos computadores, y unas interfaces electrónicas, que garantizan de igual manera la puesta en marcha del equipo.

#### *4.1.2.2 Acondicionamiento y Actualización de estación de control a través de la utilización de Mach3*

- La primera etapa que se desarrolla para realizar dicha adaptación, fue la de remover el controlador del centro de mecanizado, y acondicionar la mesa sobre la que se encontraba el mismo, adicionando una segunda repisa de manera de que se pueda utilizar para colocar todos los equipos necesarios para la puesta en marcha del equipo (*Véase siguiente figura*).



**Figura 4.1.16.** Acondicionamiento de la mesa con 2da repisa, para la estación de control



**Figura 4.1.17.** Controlador EMCOTronic TM02 Desmontado

*Desarrollo de un plan de actividades tendientes a la reparación, puesta en marcha y diseño de prácticas demostrativas para el Centro de Mecanizado Vertical CNC EMCO VMC-100 en el taller Metalmecánico de la Universidad de Carabobo.*

- Acto seguido se adquirió el computador, monitor, teclado, mouse reguladores y protectores eléctricos, necesarios para la instalación y funcionamiento de los distintos software. Dentro de los cuales se destacan, Mach3, Solidworks 2010, Autocad 2004, LazyCam, ArtCam, Mastercam X4, entre otros (Véase siguiente figura).



**Figura 4.1.18.** Equipos instalados para la estación de control

- Luego con la ayuda de un especialista en esta clase de adaptaciones y software, se creó una plataforma que contendrá tres tarjetas encargadas de controlar las señales de los motores de los ejes X, Y y Z respectivamente, junto con la fuente de poder que demanda la electrónica, placas de aluminio y „fancoolers” como medida preventiva de recalentamientos y una adaptación para que conectar toda la interfaz anterior con un equipo CPU. Adicionalmente se construyó una 4ta tarjeta de repuesto, que puede sustituir a cualquiera de las 3

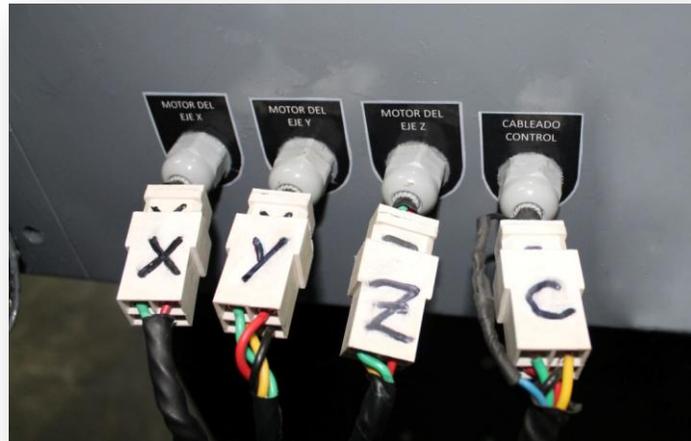
tarjetas anteriores en caso de que se presente alguna falla (*Véase siguiente figura*).



**Figura 4.1.19.** Tarjetas electrónicas controladoras de los motores X, Y y Z

- De mano con lo anterior, se realizó una adaptación del cableado original de los motores del centro de mecanizado con las tarjetas electrónicas controladoras, a través de un sistema de conectores, de fácil acceso, que permita una interfaz eléctrica más práctica (*Véase siguiente figura*).

Desarrollo de un plan de actividades tendientes a la reparación, puesta en marcha y diseño de prácticas demostrativas para el Centro de Mecanizado Vertical CNC EMCO VMC-100 en el taller Metalmecánico de la Universidad de Carabobo.



**Figura 4.1.20.** Conectores sobre los cables de los motores a las tarjetas electrónicas.

- Paralelamente se reemplazó el motor de paso que controla el movimiento en el eje Z. Esto se justifica porque sobre este eje se encuentran una cantidad de mecanismos adicionales que forman parte de los elementos que regulan el cambio de herramientas, adicionalmente de sostener el peso de la torreta, motor del husillo y el peso individual de cada herramienta con su respectivo cono. Por esto mismo, los requerimientos de potencia y torque del motor son mayores para este eje en particular, por lo que resultaba finalmente recomendable la sustitución del original, por uno de mayor potencia, pero que lograra conservar todas las propiedades de precisión del original (*Véase siguiente figura*).



**Figura 4.1.21.** Motor De Paso Nuevo que controla los movimientos en el eje Z.

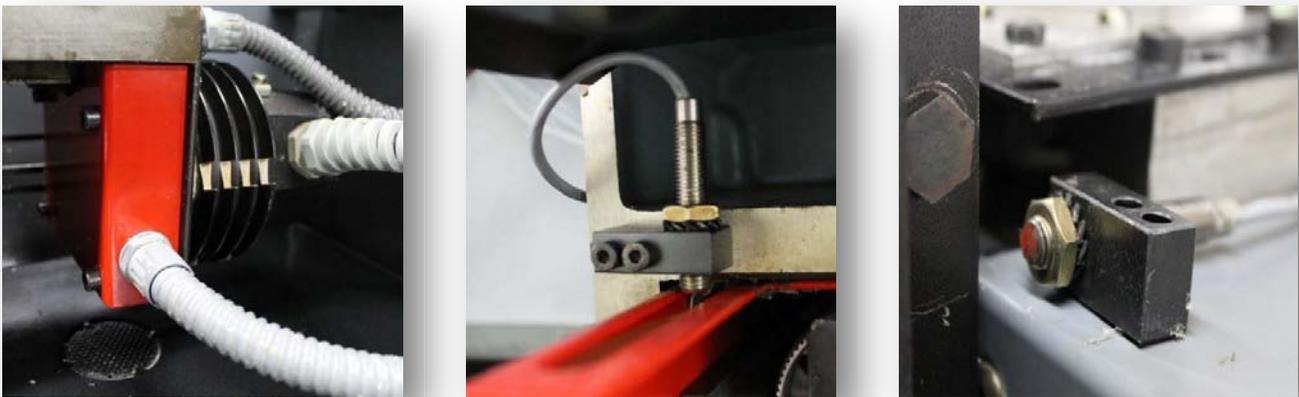
Las especificaciones de dicho motor se tabularon a continuación:

**Tabla 4.1.1.** Especificaciones del Motor De paso del Eje Z.

***Motor de Paso del Eje Z***

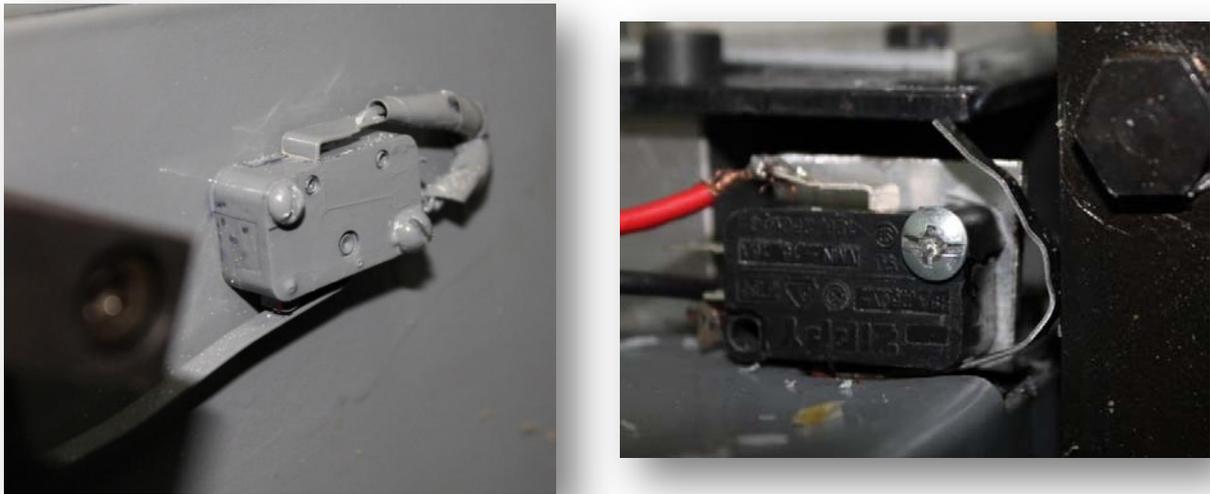
<i>Marca</i>	Motion King
<i>Modelo</i>	34HS5804
<i>Angulo de Paso (Grados)</i>	1.8
<i>Largo del Motor (mm)</i>	150
<i>Corriente Nominal (A)</i>	5.6
<i>Resistencia de Fase (ohm)</i>	0.7
<i>Inductancia de Fase (mH)</i>	9.2
<i>Torque (N.cm Min)</i>	1200
<i>Inercia del Rotor (g.cm<sup>2</sup>)</i>	2500
<i>Numero de Cables</i>	4
<i>Peso del Motor (kg)</i>	5.0

- En adición, se logro recuperar el sistema de sensores original que posee el equipo conformado por sensores de proximidad cuya finalidad es la de medir los inicios y finales de carrera de cada uno de los ejes. No obstante, también se añadió un sistema de sensórica a base de microswitches, cuya finalidad incluye mecanismos de seguridad tales detenciones de los motores y husillo al abrir la puerta, o detención del husillo para el cambio de herramientas, entre otros (Véase siguiente figura).



**Figura 4.1.22.** Sensores de proximidad de los ejes X, Y y Z.

*Desarrollo de un plan de actividades tendientes a la reparación, puesta en marcha y diseño de prácticas demostrativas para el Centro de Mecanizado Vertical CNC EMCO VMC-100 en el taller Metalmecánico de la Universidad de Carabobo.*



**Figura 4.1.23.** Sistema de Microswitches de seguridad.

- Se anexo al sistema, un pulsador de parada de emergencia, como parte de los mecanismos de seguridad que un equipo de esta naturaleza debe poseer (*Véase siguiente figura*).



**Figura 4.1.24.** Botón de Parada de Emergencia anexo a la estación de mecanizado.

- La segunda etapa, consiste en la adquisición y adaptación sobre el motor controlador del husillo un variador de tensión que permitirá al usuario, una regulación directa de la velocidad de giro del motor del husillo y el sentido de giro del mismo, según sean las exigencias y parámetro de mecanizado de su pieza, para de esta manera lograr habilitar los componentes mecánicos principales de la estación de mecanizado. De igual manera, se realizó una adaptación del cableado original del motor del husillo al tablero de interruptores de control, con la intención de facilitar la interfaz física de la estación de control (*Véase siguiente figura*).



(A)



(B)

**Figura 4.1.25.** (A) Variador de Tensión. (B) Adaptación y estación de control para el encendido y apagado del husillo, así como la velocidad y el sentido de giro

Desarrollo de un plan de actividades tendientes a la reparación, puesta en marcha y diseño de prácticas demostrativas para el Centro de Mecanizado Vertical CNC EMCO VMC-100 en el taller Metalmecánico de la Universidad de Carabobo.

Las especificaciones de dicho variador de tensión se tabularon a continuación:

**Tabla 4.1.2.** Especificaciones del variador de tensión instalado al husillo.

### **Variador de Tensión**

<i>Marca</i>	PHC's
<i>Modelo</i>	SC-10M 1000VA Variac
<i>Entrada (VAC)</i>	117
<i>Frecuencia (Hz)</i>	60
<i>Salida (VAC)</i>	0 - 130
<i>Fusible (A)</i>	10
<i>Torque (N.cm Min)</i>	1200

- Igualmente se realizaron adaptaciones al cableado original del equipo y se canalizaron varios componentes tales como las bombas de refrigeración y lubricación, lámparas de iluminación, sistema de aire comprimido y el encendido de los motores a un tablero de interruptores ubicados en la estación de control, para facilitar la interfaz de control al usuario (Véase siguiente figura).



**Figura 4.1.26.** Tablero de interruptores instalado a la estación de control.



Figura 4.1.27. Adaptación al cableado original de las bombas, líneas de aire, iluminación y husillo.

- Luego se procede con la instalación del software Mach3 en su versión de prueba (gratuita) que tiene la limitante que solo permite simular código con no más de 1000 líneas. El programa se instaló en el equipo facilitado por la Universidad y se realizó la configuración de los parámetros propios del equipo, tales como longitud de carrera, parámetros de velocidad, potencia, etc. (Véase siguiente figura).

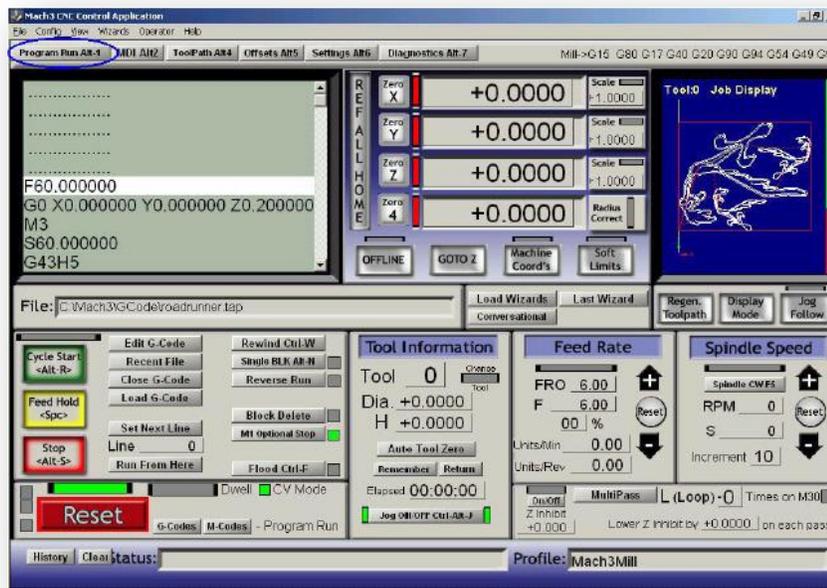


Figura 4.1.28. Pantalla Principal del software Mach3

Desarrollo de un plan de actividades tendientes a la reparación, puesta en marcha y diseño de prácticas demostrativas para el Centro de Mecanizado Vertical CNC EMCO VMC-100 en el taller Metalmecánico de la Universidad de Carabobo.

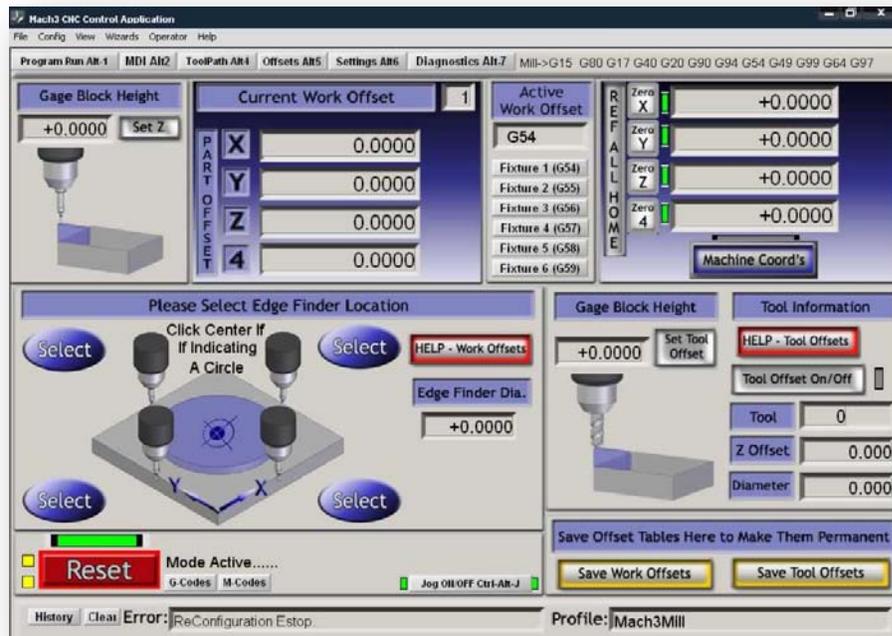


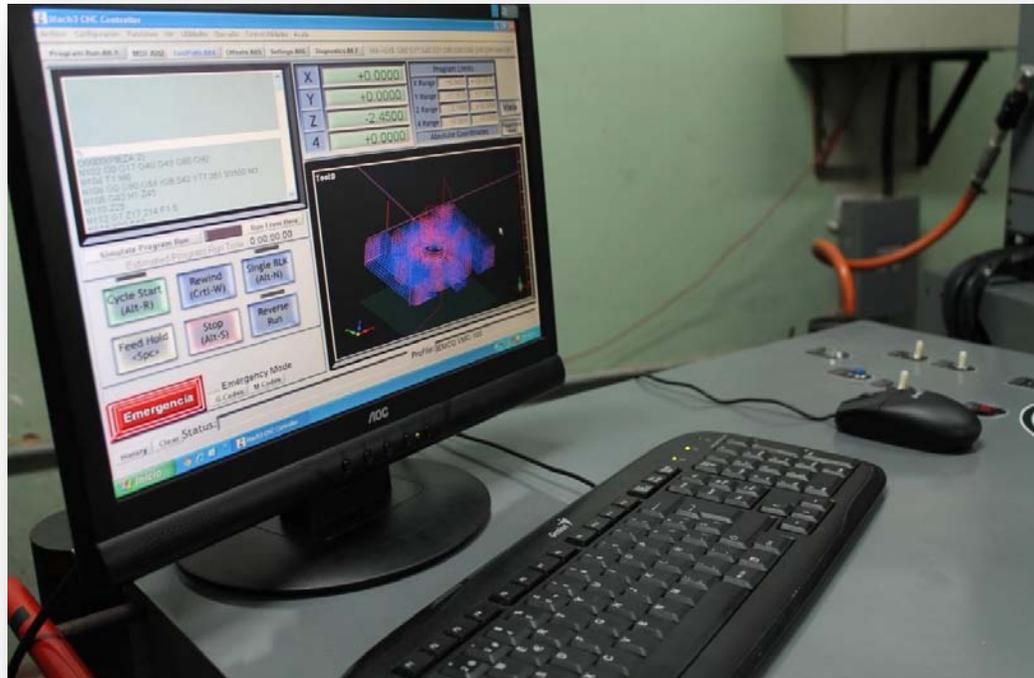
Figura 4.1.29. Pantalla de Configuración de parámetro del equipo.

4.1.3 Realizar el mantenimiento de los sistemas hidráulicos, mecánicos y de aire comprimido que conforman el sistema, para un mejor rendimiento del equipo.

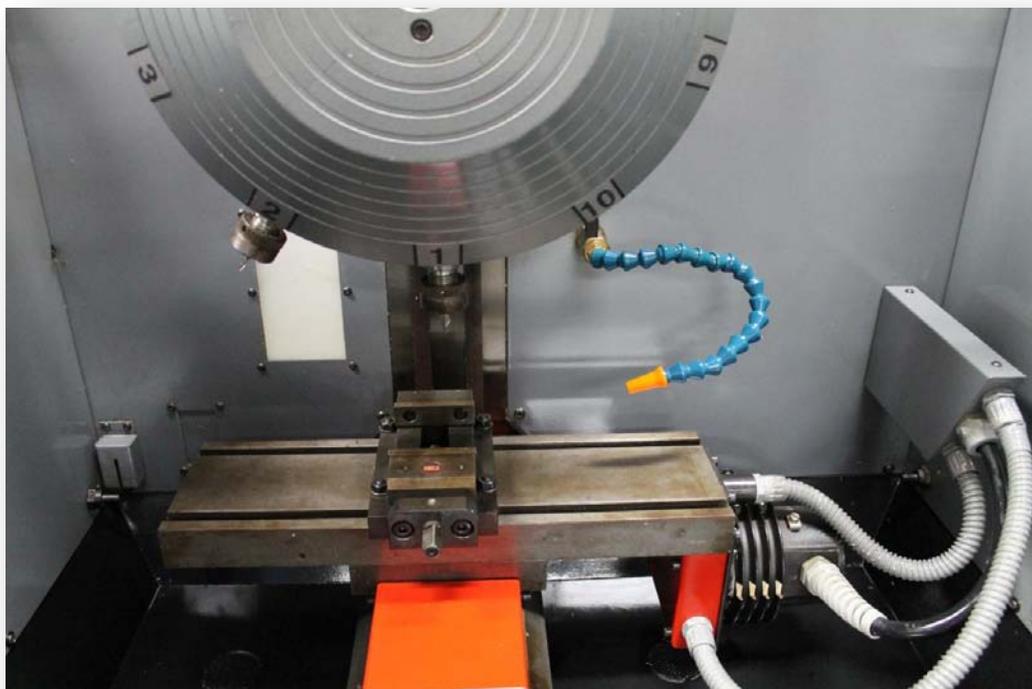
#### Actividades:

Esta fase da a inicio luego de que las fallas a nivel eléctrico y electrónico están cubiertas, pues se debía comprobar que los sistemas mecánicos funcionen con total normalidad ya que debido al tiempo en el que el equipo no estuvo en servicio se necesitan hacer rutinas de mantenimiento. De esta manera, una vez identificados los sistemas a los cuales se les puede hacer un mantenimiento, se da inicio al proceso de reparación con base a diagnósticos y fallas detectadas en la actividad de inspección:

- Se desarrollaron las labores de mantenimiento en general sobre todo el equipo, tales como remoción del polvo, viruta metaliza y mugre sobre toda la superficie del equipo (Véase siguiente figura).



(A)



(B)

*Desarrollo de un plan de actividades tendientes a la reparación, puesta en marcha y diseño de prácticas demostrativas para el Centro de Mecanizado Vertical CNC EMCO VMC-100 en el taller Metalmecánico de la Universidad de Carabobo.*



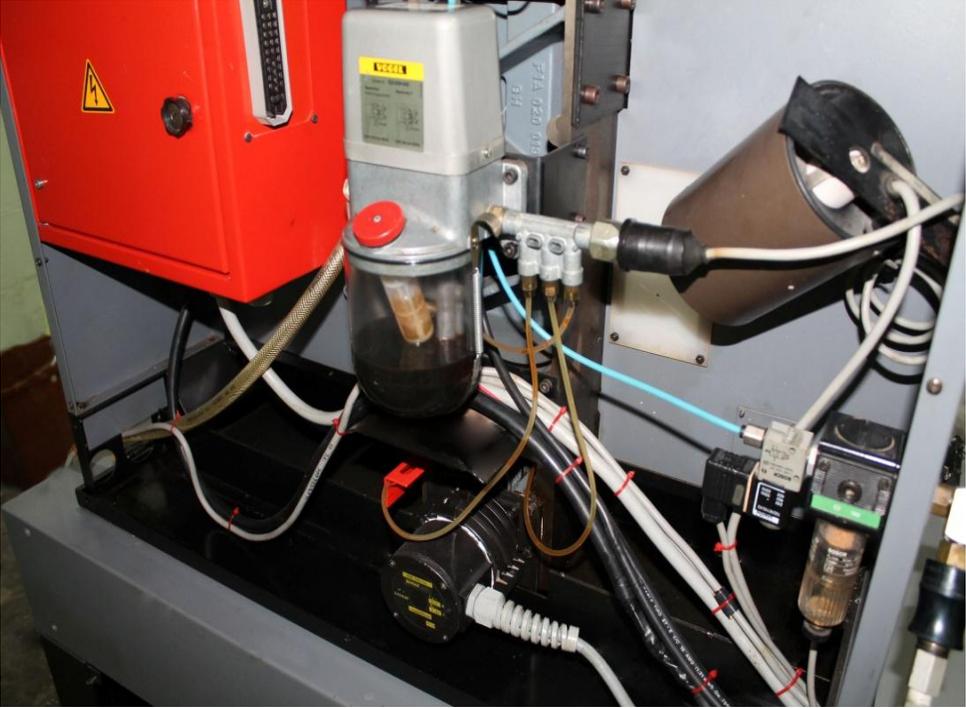
(C)



(D)



(E)



(F)

*Desarrollo de un plan de actividades tendientes a la reparación, puesta en marcha y diseño de prácticas demostrativas para el Centro de Mecanizado Vertical CNC EMCO VMC-100 en el taller Metalmecánico de la Universidad de Carabobo.*



(G)

**Figura 4.1.30.** (A) Zona del controlador después de la remoción polvo y labores de pintura. (B) Estación de mecanizado después de labores de remoción de Suciedad acumulada, mugre y aceites. (C) Parte superior de la estación de mecanizado después de labores de limpieza. (D) Estación de mecanizado después de labores de limpieza. (E) Compartimiento de la estación de mecanizado después de labores de limpieza. (F) Parte posterior de la estación de mecanizado después de labores de limpieza. (G) Forro diseñado para cubrir y proteger al equipo.

- Luego se realizaron labores de remoción de oxido y lubricación sobre cada uno de los componentes móviles que posee el centro de mecanizado, colas de milano, engranes, piñones, correas, sistemas de sujeción, con ayudante mecánico, y demás productos referentes al mantenimiento mecánico de esta clase de maquinaria (*Véase siguiente figura*).



**Figura 4.1.31.** Mordazas y mesa de mecanizado tras labores lubricación y remoción de oxido



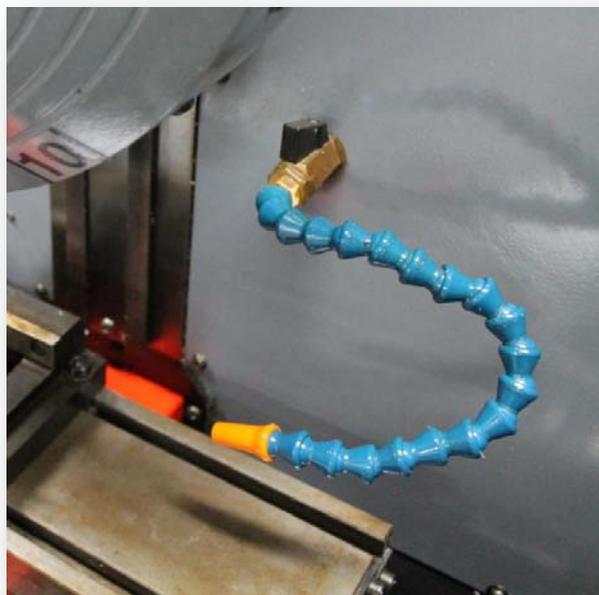
**Figura 4.1.32.** Mesa de trabajo y componentes lubricados.

*Desarrollo de un plan de actividades tendientes a la reparación, puesta en marcha y diseño de prácticas demostrativas para el Centro de Mecanizado Vertical CNC EMCO VMC-100 en el taller Metalmecánico de la Universidad de Carabobo.*

- Se sustituyó la manguera de lubricación que se encontraba dañada, por una nueva y con las mismas dimensiones a la original. Adicionalmente, se sustituyó también por avería, uno de los amortiguadores que sostiene la compuerta de plástico de seguridad de la estación de mecanizado, por uno con las mismas características en cuanto a carga y dimensiones (*Véase siguiente figura*).



**Figura 4.1.33.** Amortiguador nuevo, de las compuertas de la estación de mecanizado.



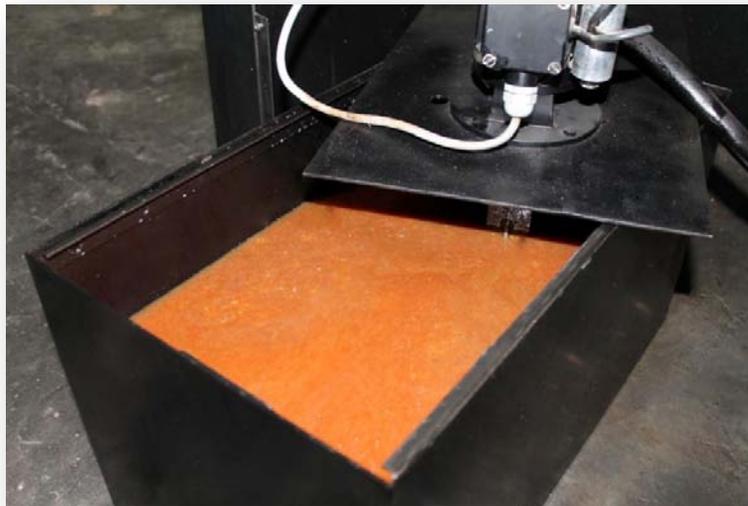
**Figura 4.1.34.** Manguera de Liquido refrigerante.

- Adicionalmente se removió el óxido de la superficie de las tenazas cónicas que sujetan las herramientas, y se les hizo un recubrimiento con micro esfera de vidrio a la superficie que no es más que un agente antioxidante que no altera las propiedades mecánicas de dichas piezas (*Véase siguiente figura*).



**Figura 4.1.35.** Conos de sujeción restaurados, con remoción de óxido aplicado.

- Se vacía el estanque con los líquidos de lubricación descompuestos y se reemplazaron por una mezcla de taladrina nueva, eficiente para las labores de lubricación y de larga duración, junto con el aceite con el que trabajan los servomotores del equipo, puesto que se encontraban en estados bastante deplorables (*Véase siguiente figura*).



**Figura 4.1.36.** Líquido Refrigeración para el mecanizado de las piezas.

Desarrollo de un plan de actividades tendientes a la reparación, puesta en marcha y diseño de prácticas demostrativas para el Centro de Mecanizado Vertical CNC EMCO VMC-100 en el taller Metalmecánico de la Universidad de Carabobo.

- Y Finalmente se recuperó, removió y pintó un estante de 4 compartimientos donde se resguardaran las herramientas de cortes, pinzas, porta herramienta de cortes, material para mecanizar, etc. (Véase siguiente figura).



**Figura 4.1.37.** Estante asignado a las herramientas y demás insumos del equipo tras labores de limpieza y pintura.

- En paralelo con la etapa anterior se realizaron profundas labores de limpieza y reacondicionamiento del ambiente donde se encontraba el equipo, con la intención de hacer un ambiente más agradable y apto para mejorar las condiciones de trabajo a las cuales se someterá al equipo (Véase siguiente figura).



(A)



(B)

*Desarrollo de un plan de actividades tendientes a la reparación, puesta en marcha y diseño de prácticas demostrativas para el Centro de Mecanizado Vertical CNC EMCO VMC-100 en el taller Metalmecánico de la Universidad de Carabobo.*



(C)

**Figura 4.1.38.** A) Habitación donde se encuentra el equipo después de labores de limpieza y reacondicionamiento. (B) Sistemas de iluminación luego de labores de reparación y sustitución de bombillos. (C) Ambiente del centro de mecanizado después de labores de limpieza.

## 4.2 Adquisición de Herramientas de Corte para el Centro de Mecanizado.

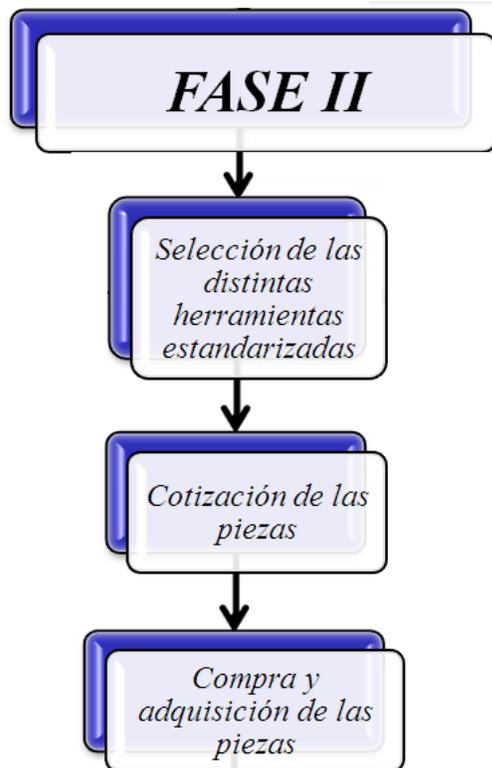


Figura 4.2.1. Diagrama de actividades desarrolladas en la 2da fase del trabajo de grado.

### Actividades:

La segunda fase de este trabajo consiste en la selección de las herramientas de corte necesarias para el desarrollo de las prácticas demostrativas con el centro de mecanizado EMCO VMC-100. Para esta fase de la investigación se tomaron dos (2) proveedores principalmente, IZAR CUTTING TOOLS® y KESTAG COBALT CUTTING TOOLS. Se aplicara un proceso de selección genérico adaptado claro esta las condiciones o información que aporta cada fabricante en particular.

Las condiciones a las cuales se ajustaran las herramientas seleccionadas dependerá del propósito de las practicas a desarrollar, por tanto como son de carácter didáctico se tratara de abarcar los procesos de fresados más comunes y de utilidad en la industria. Se habla entonces de fresado frontal de ranuras, perfiles, cavidades y contornos.

En todos los casos se trabajara sobre materiales de aluminio y los diámetros de las mismas deben abarcar variedad de por ende las herramientas de corte seleccionadas deben satisfacer estas necesidades.

#### 4.2.1 Selección de Herramientas de Corte para Fresado con el Proveedor IZAR CUTTING TOOLS®. (1ra Herramienta de Corte)

##### 4.2.1.1 *Tipo de Herramienta y Material a Mecanizar*

En primer lugar se establece el tipo de herramienta y el material que se mecanizara.

✚ Herramienta de Corte: Fresas de vástago tipo enterizas. Serán de acero extra rápido (HSS), Ya que son muy usadas en herramientas sin plaquitas, brocas y fresas de forma; además presenta buena resistencia al desgaste y buena tenacidad. Ofrecen gran variedad de cortes de desbaste y acabado. También se justifica su uso ya que el material a mecanizar no es tan duro y no se alcanzaran temperaturas de trabajo mayores a 600°C condiciones a las cuales este tipo de herramientas pierden sus propiedades

✚ Material de la pieza: Aluminio o aleaciones de aluminio con silicio. Pues el objetivo de estas prácticas es netamente didáctico y demostrativo, y el aluminio representa un material comercial de fácil accesibilidad en el mercado local y económico.

##### 4.2.1.2 *Parámetros de Corte Iniciales*

Una vez definidos estos aspectos, debemos tomar de las tablas teóricas los parámetros de corte recomendados para mecanizar el material seleccionado

(Véase siguiente figura).

**Tabla 4.2.1. Parámetros de Corte Recomendados (Fresado).**

Material de la Pieza	Herramienta de corte	Condiciones de partida para propósito general		Rango de parámetros para desbaste y acabado	
		Avance mm/diente (in./diente)	Velocidad de corte m/min (ft/min)	Avance mm/diente (in./diente)	Velocidad de corte m/min (ft/min)
Acero de Bajo y medio Carbono	Carburos y Cerámicos	0.13–0.20 (0.005–0.008)	120–180 (400–600)	0.085–0.38 (0.003–0.015)	90–425 (300–1400)
Aceros Aleados Suaves	Cermets revestidos	0.10–0.18 (0.004–0.007)	90–170 (300–550)	0.08–0.30 (0.003–0.012)	60–370 (200–1200)
Duros	Cermets, PCBN	0.10–0.15 (0.004–0.006)	180–210 (600–700)	0.08–0.25 (0.003–0.010)	75–460 (250–1500)
Fundiciones Suaves	Cermets, SiN	0.10–0.20 (0.004–0.008)	120–760 (400–2500)	0.08–0.38 (0.003–0.015)	90–1370 (300–4500)
Duras	Cermets, SiN, PCBN	0.10–0.20 (0.004–0.008)	120–210 (400–700)	0.08–0.38 (0.003–0.015)	90–460 (300–1500)
Aceros inoxidables	Cermets	0.13–0.18 (0.005–0.007)	120–370 (400–1200)	0.08–0.38 (0.003–0.015)	90–500 (300–1800)
Aleaciones de base Nickel para alta temperatura	Cermets, SiN, PCBN	0.10–0.18 (0.004–0.007)	30–370 (100–1200)	0.08–0.38 (0.003–0.015)	30–550 (90–1800)
Aleaciones de Titanio	Cermets	0.13–0.15 (0.005–0.006)	50–60 (175–200)	0.08–0.38 (0.003–0.015)	40–140 (125–450)
Aleaciones de Aluminio					
Bajo Silicio	PCD	0.13–0.23 (0.005–0.009)	610–900 (2000–3000)	0.08–0.46 (0.003–0.018)	300–3000 (1000–10,000)
Alto Silicio	PCD	0.13 (0.005)	610 (2000)	0.08–0.38 (0.003–0.015)	370–910 (1200–3000)
Aleaciones de Cobre	PCD	0.13–0.23 (0.005–0.009)	300–760 (1000–2500)	0.08–0.46 (0.003–0.018)	90–1070 (300–3500)
Plásticos y Termo Plásticos	PCD	0.13–0.23 (0.005–0.009)	270–460 (900–1500)	0.08–0.46 (0.003–0.018)	90–1370 (300–4500)

Fuente: Catálogo de Selección Kennametal ®.

**Parámetros de Desbaste:**

- $f = 0,36 \text{ mm/rev}$
- $d = 5 \text{ mm}$
- $V_c = 370 \text{ m/min}$

**Parámetros de Acabado:**

- $f = 0,12 \text{ mm/rev}$
- $d = 1 \text{ mm}$
- $V_c = 500 \text{ m/min}$

Se tomaran los parámetros para aleaciones de aluminio con alto silicio, pues como se puede observar en la tabla, estos tienen un rango más limitado tanto para avance, como para velocidad de corte y, sin embargo, estar contenidos en los parámetros para aleaciones de bajo silicio.

Respecto a la profundidad, esta tabla nos dice que se toma en general de 1 - 8 mm por pasada, donde lógicamente si hablamos de acabado se toma la menor profundidad y viceversa.

Desarrollo de un plan de actividades tendientes a la reparación, puesta en marcha y diseño de prácticas demostrativas para el Centro de Mecanizado Vertical CNC EMCO VMC-100 en el taller Metalmecánico de la Universidad de Carabobo.

#### 4.2.1.3 Tipo de Operación de Fresado

El siguiente paso en la selección será definir el tipo de operación de fresado, como ya se dijo se pretende diseñar un conjunto de prácticas que abarquen los procesos de fresado más comunes, por tanto el tipo de operación para la cual seleccionaremos nuestra primera herramienta será de fresado en escuadra (Véase siguiente figura).

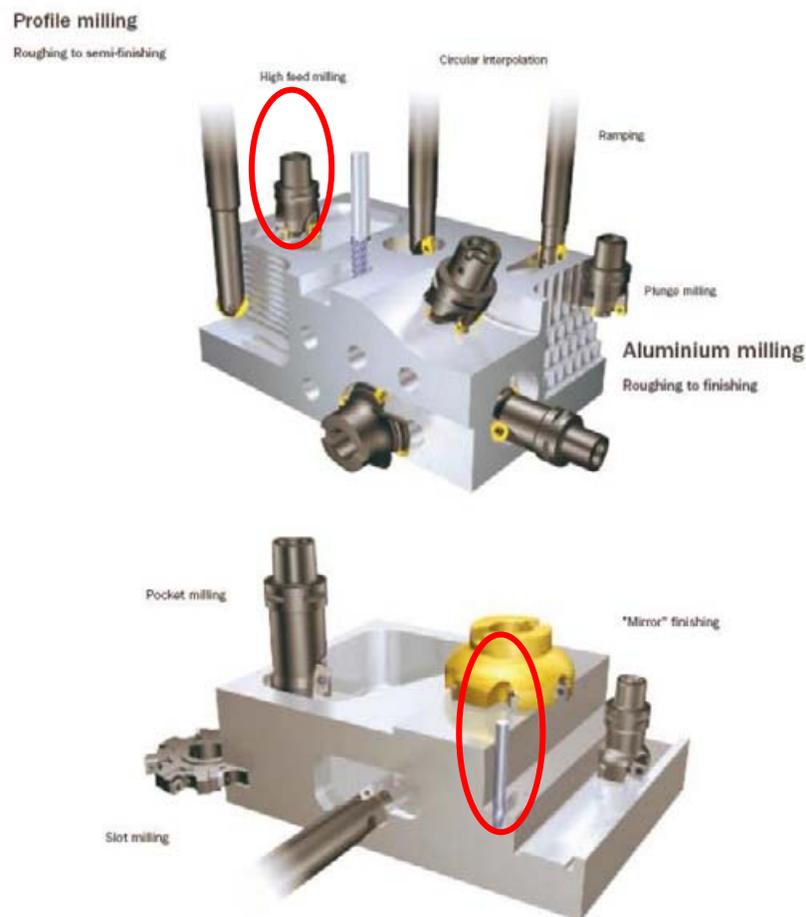


Figura 4.2.2. Representación de la Operación “Fresado Lateral”.

En la siguiente figura, se resalta con un círculo los aspectos importantes sobre la selección de herramientas para los una vez fijado el tipo de operación fijado y demás parámetros teóricos iniciales, sobre el catalogo proporcionado por el fabricante (Véase siguiente figura)..

PROGRAMA FRESAS HSS HSS END MILL PROGRAMME	Ref.	7400	7400	7480	7412	7414	7402	7482	7461	7463	7467	7200	7202	7280	7261	7263	7267		
	Material	HSS	HSS	HSS	HSS	HSS	HSS	HSS	HSS	HSS	HSS	HSS	HSS	HSS	HSS	HSS	HSS		
	Norma Elab./Manuf.	ASME N																	
	Nº Z	4-6 Z	4-8 Z	4 Z	4-8 Z	4-6 Z	4-8 Z						4 Z					2 Z	
	Gama ø ø Range	1/8 - 2	1/8 - 1	1/4 - 1	1/4 - 1 1/2	1/4 - 2	1/4 - 2	1/8 - 1					1/16 - 3/16	1/8 - 2	1/4 - 2	1/8 - 1	1/32 - 3/16	1/16 - 3/16	1/32 - 3/16
	Pag.	63	64	65	66	67	67	68	68	76	77	78	78	78	78	78	79	79	79
	Imagen Picture																		
	Acabado finish	30° Blanca Bright Finish																	
	Tol.	+0,00150 -0,00000																	

Figura 4.2.3. Información de la Serie de Fresas Seleccionada. Fuente: Catálogo de Selección IZAR CUTTING TOOLS®.

Tenemos entonces que según el tipo de operación, se selecciona la serie 7400 porque son las de menor tamaño, y son de serie corta, es decir, que no tienen una longitud libre de vástago grande, que para efectos de este trabajo de investigación se ajusta perfectamente.

Entonces seleccionamos una serie cuyas fresas cumplen con las condiciones de ser de acero (HSS), son recomendadas para el maquinado de aluminio, y se ajustan a la operación de fresado que en este caso sería fresado frontal o de frente parcial o lo que algunos llaman en escuadra.

Desarrollo de un plan de actividades tendientes a la reparación, puesta en marcha y diseño de prácticas demostrativas para el Centro de Mecanizado Vertical CNC EMCO VMC-100 en el taller Metalmecánico de la Universidad de Carabobo.

#### 4.2.1.4 Selección del Paso de la Fresa

Se requiere de un paso de bajo a normal, es decir entre 3-4 dientes, ya que se usa para maquinas pequeñas donde la potencia está limitada.

#### 4.2.1.5 Fresa concreta (Dimensiones, N° Dientes)

Según el programa para fresas, nos dirigimos a la página correspondiente a la serie seleccionada para definir las dimensiones de nuestra herramienta de corte, siendo estas:

Corte Ø Cutter	Mango Ø Shank	Corte Flute	OAL	Z	Nº Art. HSS	HSS €
1/8	3/8	3/8	2 5/16	4	55625	
3/16	3/8	1/2	2 3/8	4	55631	
7/32	3/8	5/8	2 7/16	4	90003	
1/4	3/8	5/8	2 1/2	4	55634	
9/32	3/8	3/4	2 1/2	4	90004	
5/16	3/8	3/4	2 1/2	4	55637	
11/32	3/8	3/4	2 1/2	4	90005	
3/8	3/8	3/4	2 1/2	4	55643	
13/32	3/8	1	2 11/16	4	90006	
7/16	3/8	1	2 11/16	4	15053	
1/2	1/2	1 1/4	3 1/4	4	55652	
9/16	1/2	1 3/8	3 3/8	4	15060	
19/32	1/2	1 3/8	3 3/8	4	15059	
5/8	1/2	1 3/8	3 3/8	4	55658	
5/8	5/8	1 5/8	3 3/4	4	55661	

Figura 4.2.4. Dimensiones de la Fresa. Fuente: Catálogo de Selección

Para tener una mejor comprensión de las dimensiones que se observan en a figura tenemos que el diámetro de corte de la fresa es de 3/16 pulgada, diámetro de mango es 3/8 de pulgada, la longitud de corte seria de 1/2 pulgada, y la longitud total de la herramienta 2 3/8 de pulgada (Véase siguiente figura)..

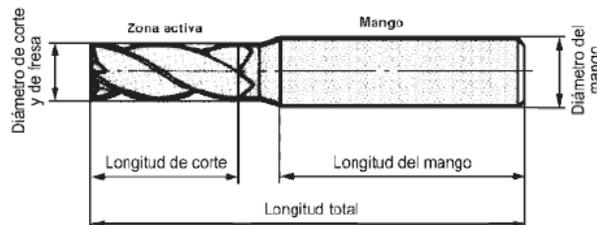
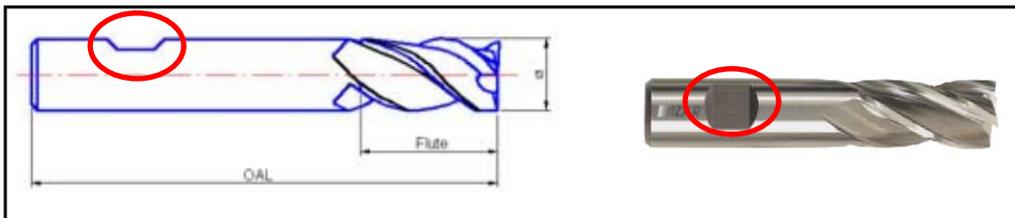


Figura 4.2.5. Dimensiones de la Fresa. Fuente: Catálogo de Selección

También notamos, que todas las herramientas de corte de esta serie tienen un paso normal de 4 dientes.

#### 4.2.1.6 Sistema de Sujeción

El método de sujeción viene definido por el herramienta de corte en este caso presenta sujeción por mango tipo Weldon. Como se puede apreciar en la figura:

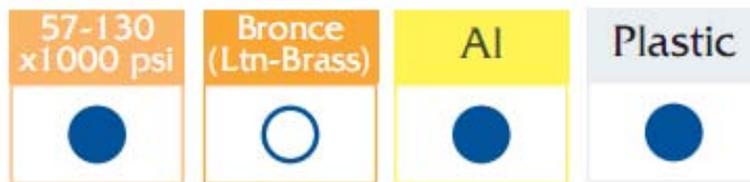


**Figura 4.2.6.** Descripción del mango Weldon. **Fuente:** Catálogo de Selección

#### 4.2.1.7 Características de la herramienta seleccionada.

El proveedor también nos aporta información valiosa sobre la herramienta, como por ejemplo que otros materiales pueden mecanizar, su composición química, la forma de las herramientas de corte, tolerancias, geometrías entre otras.

✚ Materiales a mecanizar: aluminio y plástico altamente recomendado, al igual que acero de baja resistencia de entre  $(57-1300) \times 1000$  psi. Y broce no es tan favorable el mecanizado en este material. Los puntos azules significan “recomendado” y el círculo azul “favorable” (Véase siguiente figura).



**Figura 4.2.7.** Materiales recomendados para mecanizar. **Fuente:** Catálogo de Selección IZAR CUTTING TOOLS®.

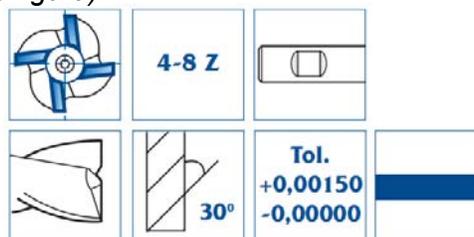
Desarrollo de un plan de actividades tendientes a la reparación, puesta en marcha y diseño de prácticas demostrativas para el Centro de Mecanizado Vertical CNC EMCO VMC-100 en el taller Metalmecánico de la Universidad de Carabobo.

✚ Material de Fabricación: es una fresa de acero extra rápido (HSS) calificada para operaciones con CNC (Véase siguiente figura).



**Figura 4.2.8.** Fabricación de las herramientas de corte Seleccionado y Composición Química.  
Fuente: IZAR CUTTING TOOLS®, Catalogo de Productos en Pulgada (2008).

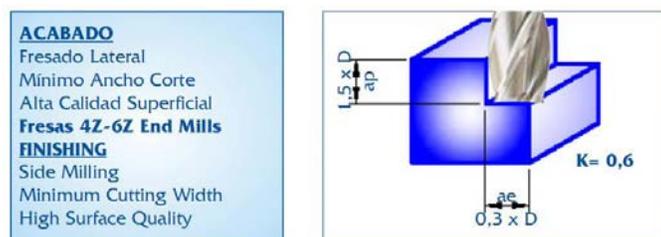
✚ Geometría y uso: siguiendo el orden de los recuadros, la herramienta es de varios dientes sin corte al centro, presenta 4 dientes, tipo de mango Weldon, se caracteriza como una fresa frontal recta, cuyo ángulo de hélice es de 30°, las tolerancias se definen en la figura y que puede ser usada en operaciones de acabado (Véase siguiente figura).



**Figura 4.2.9.** Característica Generales de la Fresa. Fuente: IZAR CUTTING TOOLS®, Catalogo de Productos en Pulgada (2008).

#### 4.2.1.8 Recomendaciones para ajustes.

Se trata del método de trabajo y forma de uso, esto se ilustra con la siguiente imagen:



**Figura 4.2.10.** Recomendaciones en el uso de las herramientas de corte. Fuente: IZAR CUTTING TOOLS®, Catalogo de Productos en Pulgada (2008).

En la imagen su observa o define el tipo de pasada máxima que se puede realizar con esta herramienta y la profundidad máxima a la cual puede trabajar.

Según esto:

**Ecuación 4.2.1.** Profundidad Máxima

$$\begin{aligned}ap &= 1,5 * (D) \\ap &= 1,5 * (4,7625) \\ap &= 7,14 \text{ mm}\end{aligned}$$

Y el parámetro (ae):

**Ecuación 4.2.2.** Pasada Máxima

$$\begin{aligned}ae &= 0,3 * (D) \\ae &= 0,3 * (4,7625) \\ae &= 1,4287 \text{ mm}\end{aligned}$$

#### 4.2.1.9 Datos de corte.

Si conocemos los datos de velocidad de corte, tanto para desbaste como para acabado podemos determinar la velocidad de giro a la cual operara el equipo y la debemos comparar con la máxima permitida Por el centro de mecanizado EMCO VMC-100.

**Ecuación 4.2.3.** Velocidad de Corte.

$$V_c = \frac{\pi * D_f * N}{1000}$$

*Donde:*

V<sub>c</sub> = Velocidad de corte en (m/min)

D<sub>f</sub> = Diámetro de la fresa (de corte en mm)

N = Revoluciones por minuto. (Rpm).

Si despejamos de aquí N y sustituimos los valores respectivos de velocidad de corte tanto para desbaste como para acabado obtenemos que:

Desarrollo de un plan de actividades tendientes a la reparación, puesta en marcha y diseño de prácticas demostrativas para el Centro de Mecanizado Vertical CNC EMCO VMC-100 en el taller Metalmecánico de la Universidad de Carabobo.

$$N = \frac{1000 * Vc}{\pi * Df}$$

$$N_{desbaste} = 24729 \text{ rpm}$$

$$N_{acabado} = 33418 \text{ rpm}$$

Ahora bien, comparando estos valores de velocidad de giro con el máximo que puede entregar el centro de mecanizado se nota que son sustancialmente mayores por ende no se puede establecer como parámetros las velocidades de corte recomendadas. Por ello debemos hacer un ajuste de las RPM para así poder calcular las nuevas velocidades de corte que correspondan a las capacidades del equipo.

El ajuste consiste en tomar el 65% de la capacidad del husillo para la velocidad de giro en desbaste, y el 75% del máximo para la velocidad de giro en acabado.

$$N_{desbaste} = 2600 \text{ rpm}$$

$$N_{acabado} = 3000 \text{ rpm}$$

Ahora con estos parámetros, se calculan las nuevas velocidades de corte aplicando la ecuación 4.2.3, esto queda de la siguiente manera:

$$Vc = \frac{\pi * Df * N}{1000}$$

Teniendo en cuenta que el diámetro de la fresa es 3/16 de pulgada que en milímetros son 4.7625 mm, sustituyendo en la ecuación obtenemos:

$$Vc(\text{desbaste}) = 38.90 \text{ m/min}$$

$$Vc(\text{acabado}) = 44.88 \text{ m/min}$$

Se muestra a continuación una tabla comparativa entre los valores recomendados teóricos de la velocidad e corte con los reales ajustados a la capacidad del centro de mecanizado EMCO VMC-100.

4.2.1.10 *Tabla Comparativa De Velocidades De Corte.*

**Tabla 4.2.2.** Tabla resumen de velocidad de corte

CARACTERÍSTICA	DESBASTE		ACABADO	
	Teórica	Real	Teórica	Real
Vc (m/min)	370	38.90	500	44.88
Velocidad de Giro (RPM)	24729	2600	33418	3000

Ahora bien, para obtener el avance en (mm/min) se necesitan los datos de velocidades de giro real y otros parámetros que aporta el fabricante, y se la siguiente ecuación:

**Ecuación 4.2.4.** Avance de la Herramienta de Corte.

$$F = f_z * Z * N * K$$

*Donde:*

F = Avance en (mm/min)

Fz = Avance en (mm/diente)

N = Revoluciones por minuto. (Rpm).

K = Parámetro previamente establecido por el fabricante (K = 0,6)

Z = Numero de dientes.

El valor del avance en mm/diente lo encontramos en la siguiente tabla:

Desarrollo de un plan de actividades tendientes a la reparación, puesta en marcha y diseño de prácticas demostrativas para el Centro de Mecanizado Vertical CNC EMCO VMC-100 en el taller Metalmecánico de la Universidad de Carabobo.

IZAR CUTTING TOOLS		Avances Fresas HSS End Mill Feed (fz/rev.)											
MATERIAL	Ø	5/32	1/4	5/16	3/8	1/2	5/8	3/4	1"	1 1/4	1 1/2	2"	2 1/2
I	57-130x1000psi	0,0008	0,0012	0,0014	0,0020	0,0024	0,0039	0,0039	0,0039	0,0049	0,0049	0,0049	0,0049
	130-175x1000psi												
	<210,000 psi												
INOX Stainless Steel	Austenítico												
	Martenítico												
Fundición Cast Iron	Gris-Grey												
	Esferoidal												
Bronce (Latón-Brass)	Bronce	0,0007	0,0012	0,0016	0,0020	0,0028	0,0035	0,0043	0,0035	0,0039	0,0047	0,0054	0,0039
	Latón-Brass	0,0007	0,0012	0,0016	0,0020	0,0028	0,0035	0,0043	0,0035	0,0039	0,0047	0,0054	0,0039
	Cu	0,0007	0,0012	0,0016	0,0020	0,0028	0,0035	0,0043	0,0035	0,0039	0,0047	0,0054	0,0039
Al	< 10% Si	0,0009	0,0016	0,0024	0,0028	0,0035	0,0043	0,0051	0,0055	0,0055	0,0055	0,0057	0,0057
	> 10% Si	0,0006	0,0010	0,0014	0,0020	0,0024	0,0031	0,0033	0,0035	0,0037	0,0038	0,0038	0,0038
Ti	Termo-Plastic.	0,0005	0,0009	0,0014	0,0018	0,0022	0,0030	0,0030	0,0033	0,0034	0,00347	0,0033	0,0033
	Duro-Plastic.												

Figura 4.2.11. Avances Fresas HSS End Mill Feed. Fuente: Catálogo de IZAR CUTTING TOOLS®

Tomamos solo los valores de aleaciones con alto silicio, y como se puede observar nuestro diámetro de 3/16 pulgada no se encuentra tabulado para lo cual se requiere de una interpolación entre 1/4 y 5/32 de pulgada. Se selecciona como material aluminio y los valores entre los cuales interpolar están enmarcados en el recuadro rojo.

El resultado para el avance sería:

$$F_z = 0,0008 \text{ (mm/diente)}$$

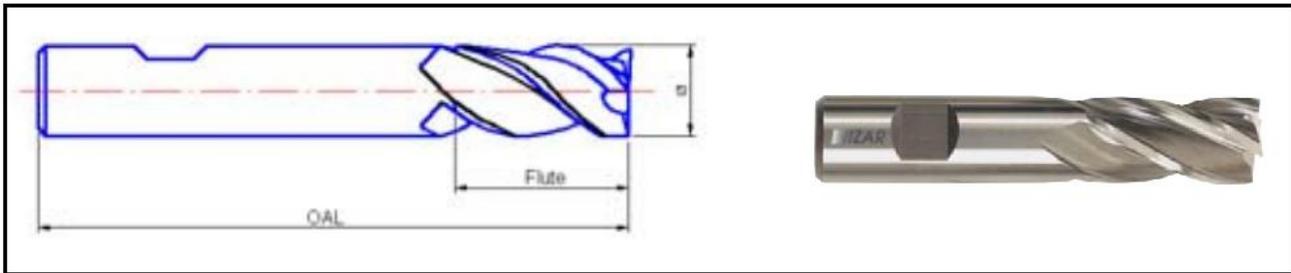
Sustituyendo en la ecuación nos queda que:

Para desbaste:

$$F_{desbaste} = 2.496 \text{ mm/min}$$

$$F_{acabado} = 2.88 \text{ mm/min}$$

A continuación, una imagen demostrativa de como se vería la herramienta seleccionado.



**Figura 4.2.12.** Representación Visual de la Herramienta Seleccionada. **Fuente:** IZAR CUTTING TOOLS®, Catalogo de Productos en Pulgada (2008).

4.2.1.11 *Tabla Resumen De Los Parámetros Seleccionados:*

**Tabla 4.2.3.** Tabla resumen de los parámetros seleccionados.

CARACTERÍSTICAS	DESBASTE	ACABADO
Fabricante	IZAR CUTTING TOOLS®	IZAR CUTTING TOOLS®
Tipo de fresa	De vástago enteriza	De vástago enteriza
Material a mecanizar	Aleación de Aluminio	Aleación de Aluminio
Operación fresado	Lateral o en escuadra	Lateral o en escuadra
Paso de la fresa	Normal: 4 dientes	Normal: 4 dientes
Diámetro de corte (pulgadas)	3/16	3/16
Longitud Total (pulgadas)	2 3/8	2 3/8
Diámetro de mango (pulgadas)	3/8	3/8
Longitud Corte (pulgadas)	1/2	1/2
Sujeción	Weldon	Weldon
Método	Para fresado frontal recto	Para fresado frontal recto
Angulo de hélice	30°	30°
Profundidad máxima (mm)	5	1
Vc (m/min)	38.90	44.88
F (mm/min)	2.496	2.88

*Desarrollo de un plan de actividades tendientes a la reparación, puesta en marcha y diseño de prácticas demostrativas para el Centro de Mecanizado Vertical CNC EMCO VMC-100 en el taller Metalmecánico de la Universidad de Carabobo.*

#### 4.2.2 Selección de Herramientas de Corte para Fresado según el Proveedor KESTAG COBALT CUTTING TOOLS ®. (2da, 3ra y 4ta Herramienta de Corte).

En esta sección seleccionaremos tres (3) herramientas de corte de las mismas características, pero que varíen en diámetro, a fin de tener disponible variedad de herramientas y mecanizar diversas geometrías pero simplificando el proceso de selección de las herramientas de corte.

##### 4.2.2.1 *Tipo de Herramienta y Material a Mecanizar*

✚ Herramienta de Corte: Fresas de vástago tipo enterizas. Se seleccionaran herramienta de corte de corte de acero extra rápido HSS con 8% de cobalto, compuesto que a su vez mejora las tolerancias y la resistencia de las herramientas de corte de corte a condiciones variables de mecanizado, vibraciones, mecanizado interrumpido entre otros. A parte de todas las ventajas ya mencionadas de las herramientas de acero extra rápido (HSS).

✚ Material de la pieza: Aluminio o aleaciones de aluminio con silicio. Pues el objetivo de estas prácticas es netamente didáctico y demostrativo, y el aluminio representa un material comercial de fácil accesibilidad en el mercado local y económico.

##### 4.2.2.2 *Parámetros de Corte Iniciales*

Una vez definidos estos aspectos, debemos tomar de las tablas teóricas los parámetros de corte recomendados para mecanizar el material seleccionado (*Véase siguiente tabla*).

Material de la Pieza	Herramienta de corte	Condiciones de partida para propósito general		Rango de parámetros para desbaste y acabado	
		Avance mm/diente (in./diente)	Velocidad de corte m/min (ft/min)	Avance mm/diente (in./tdiente)	Velocidad de corte m/min (ft/min)
Aceero de Bajo y medio Carbono	Carburos y Cerámicos	0.13–0.20 (0.005–0.008)	120–180 (400–600)	0.085–0.38 (0.003–0.015)	90–425 (300–1400)
Aceros Aleados Suaves	Cermets revestidos	0.10–0.18 (0.004–0.007)	90–170 (300–550)	0.08–0.30 (0.003–0.012)	60–370 (200–1200)
Duros	Cermets, PCBN	0.10–0.15 (0.004–0.006)	180–210 (600–700)	0.08–0.25 (0.003–0.010)	75–460 (250–1500)
Fundiciones Suaves	Cermets, SiN	0.10–0.20 (0.004–0.008)	120–760 (400–2500)	0.08–0.38 (0.003–0.015)	90–1370 (300–4500)
Duras	Cermets, SiN, PCBN	0.10–0.20 (0.004–0.008)	120–210 (400–700)	0.08–0.38 (0.003–0.015)	90–460 (300–1500)
Aceros inoxidables	Cermets	0.13–0.18 (0.005–0.007)	120–370 (400–1200)	0.08–0.38 (0.003–0.015)	90–500 (300–1800)
Aleaciones de base Nickel para alta temperatura	Cermets, SiN, PCBN	0.10–0.18 (0.004–0.007)	30–370 (100–1200)	0.08–0.38 (0.003–0.015)	30–550 (90–1800)
Aleaciones de Titanio	Cermets	0.13–0.15 (0.005–0.006)	50–60 (175–200)	0.08–0.38 (0.003–0.015)	40–140 (125–450)
Aleaciones de Aluminio					
Bajo Silicio	PCD	0.13–0.23 (0.005–0.009)	610–900 (2000–3000)	0.08–0.46 (0.003–0.018)	300–3000 (1000–10,000)
Alto Silicio	PCD	0.13 (0.005)	610 (2000)	0.08–0.38 (0.003–0.015)	370–910 (1200–3000)
Aleaciones de Cobre	PCD	0.13–0.23 (0.005–0.009)	300–760 (1000–2500)	0.08–0.46 (0.003–0.018)	90–1070 (300–3500)
Plásticos y Termo Plásticos	PCD	0.13–0.23 (0.005–0.009)	270–460 (900–1500)	0.08–0.46 (0.003–0.018)	90–1370 (300–4500)

**Tabla 4.2.4.** Parámetros de Corte Recomendados (Fresado). **Fuente:** Catálogo de Selección Kennametal®.

**Parámetros de Desbaste:**

- $f = 0,36 \text{ mm/rev}$
- $d = 5 \text{ mm}$
- $V_c = 370 \text{ m/min}$

**Parámetros de Acabado:**

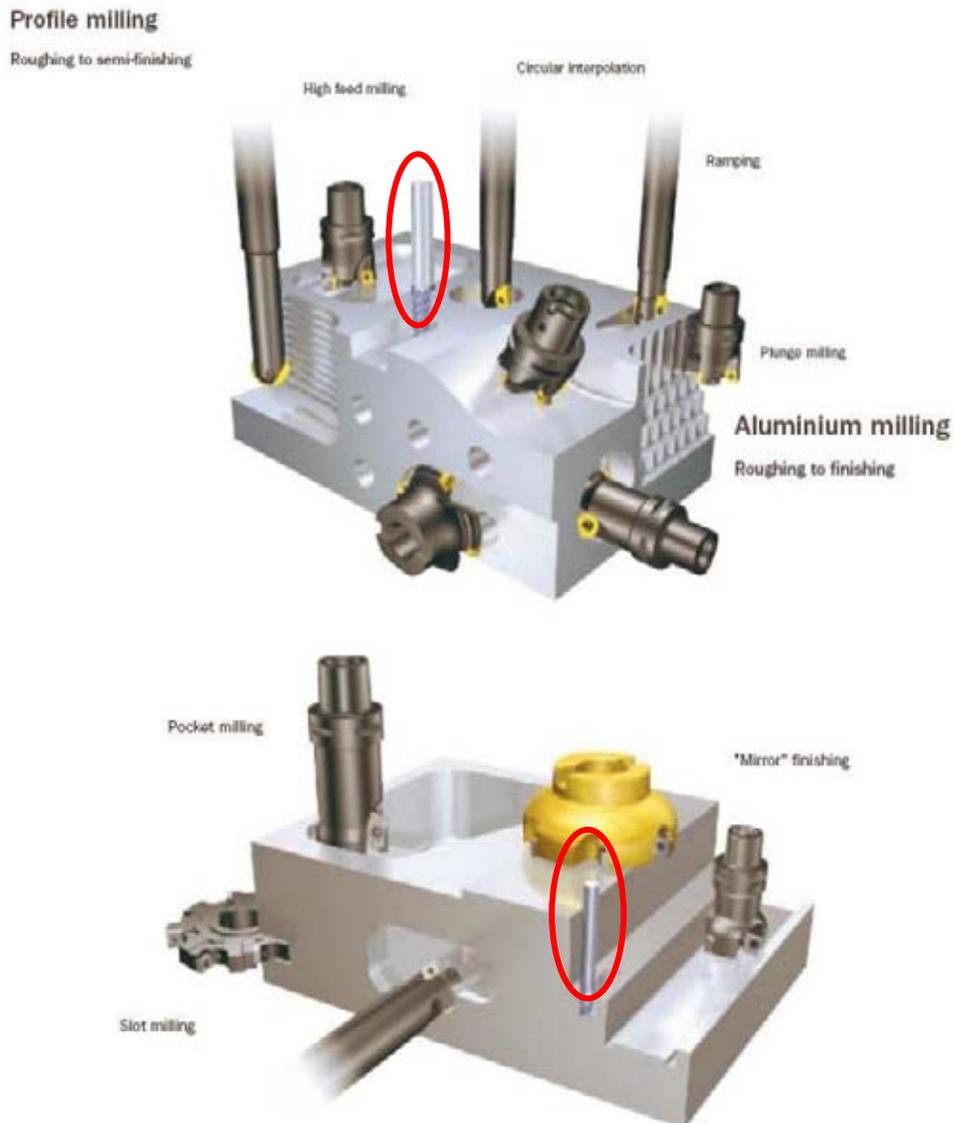
- $f = 0,12 \text{ mm/rev}$
- $d = 1 \text{ mm}$
- $V_c = 800 \text{ m/min}$

Se tomaran los parámetros para aleaciones de aluminio con alto silicio, pues como se puede observar en la tabla, estos tienen un rango más limitado tanto para avance, como para velocidad de corte y sin embargo estar contenidos en los parámetros para aleaciones de bajo silicio.

**4.2.2.3 Tipo de Operación de Fresado**

El tipo de fresado que se requiere, será el de ranurado convencional o fresado terminal, esta es otra operación muy común en este tipo de proceso de fabricación (Véase siguiente figura)..

Desarrollo de un plan de actividades tendientes a la reparación, puesta en marcha y diseño de prácticas demostrativas para el Centro de Mecanizado Vertical CNC EMCO VMC-100 en el taller Metalmecánico de la Universidad de Carabobo.



**Tabla 4.2.5.** Representación de la Operación “Fresado Terminal”.

El fabricante clasifica las herramientas según el material a mecanizar, si ya definimos que será aluminio aleado, entonces en la siguiente tabla se ubica el tipo de herramienta de corte que corresponda a las necesidades (*Véase siguiente tabla*).

**Tabla 4.2.6.** Tabla De Selección para la Geometría de la Herramienta de Corte.

Material to be Machined	Finishing			Roughing		
	N	H	W	NR	HR	WR
Steel up to 1000 N/mm <sup>2</sup>	●			●		
Steel over 1000 N/mm <sup>2</sup>		●			●	
Cast Iron up to 240 HB	●			●		
Cast Iron over 240 HB		●		●		
Malleable Cast Iron	●			●		
Stainless Steel up to 850 N/mm <sup>2</sup>	●			●		
Stainless Steel over 850 N/mm <sup>2</sup>		●			●	
Titanium up to 700 N/mm <sup>2</sup>	●			●		
Titanium over 700 N/mm <sup>2</sup>		●			●	
Inconel & Nimonic		●			●	
Aluminium < 10% Silicon			●			●
Aluminium > 10% Silicon	●		●			●
Brass	●			●		
Copper			●			●
Copper Alloys	●			●		
Copper Plus Pb - Ph - Te		●			●	
Magnesium Alloys	●			●		
Plastics (Soft)			●			●

**Fuente:** Catálogo de Selección Kestag Cobalt Cutting Tools.

Se observa que las geometrías (N) y (W) cumplen con los requerimientos iniciales. Pero sabemos que las herramientas de tipo N, se aplican para todos los materiales normales hasta 1000N/mm<sup>2</sup> de resistencia de corte, y para un fresado de propósito general.

Ahora, según el tipo de operación tenemos un índice que indica las fresas que se ajustan a las necesidades, como se eligió geometrías tipo (N) entonces:

KESTAG		Tool Index		KESTAG	
	<b>BLUE SECTION:</b>	Application: All Normal Materials.			
	Discard 'throwaway' cutters			Page 36-37	
	Slot Drills			Page 38-41	
	End Mills			Page 42-55	
	T Slot			Page 56-57	
	Dovetail			Page 58-59	
	Corner Rounding			Page 60	
	Woodruff			Page 61	
		I.S.O. Taper Shank		Page 62-67	

**Figura 4.2.13.** Índice para la selección de Fresas según el tipo de operación.

Desarrollo de un plan de actividades tendientes a la reparación, puesta en marcha y diseño de prácticas demostrativas para el Centro de Mecanizado Vertical CNC EMCO VMC-100 en el taller Metalmecánico de la Universidad de Carabobo.

Por sus siglas en ingles “Slot Drills” encontramos que entre las paginas 38-41 del catalogo se cumple las condiciones.

#### 4.2.2.4 Selección del Paso de la Fresa

Se requiere de un paso de bajo, es decir hasta 2 dientes, ya que se recomienda para condiciones de potencia limitada y para operaciones de ranurado profundo.

#### 4.2.2.5 Fresa concreta (Dimensiones, N° Dientes)

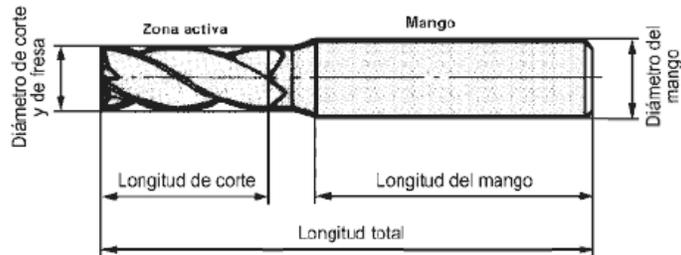
Según el programa para fresas, se ubica la página correspondiente a la serie seleccionada para definir las dimensiones de las herramientas, se selecciono la serie estándar y se muestra una tabla como la que sigue:

Tool Ø e8	Lengths		Shank Ø h6	No of teeth	Price £ each
	Flute	Total			
2.0	4	48	6	2	5.60
2.5	5	49	6	2	5.90
3.0	5	49	6	2	5.60
3.5	6	50	6	2	5.90
4.0	7	51	6	2	5.60
4.5	7	51	6	2	5.90
5.0	8	52	6	2	5.60
5.5	8	52	6	2	5.90
6.0	8	52	6	2	5.60
6.5	10	60	10	2	6.60
7.0	10	60	10	2	6.80
7.5	10	60	10	2	7.40
8.0	11	61	10	2	6.80

**Figura 4.2.14.** Dimensiones de la Fresa. **Fuente:** Catálogo de Selección Kestag Cobalt Cutting Tools.

Para tener una mejor comprensión de las dimensiones que se observan en a figura tenemos que el diámetro de corte de la fresa es de 3 mm, diámetro de

mango es 6 mm, la longitud de corte sería de 5mm, y la longitud total de la herramienta 49 mm (Véase siguiente figura)..

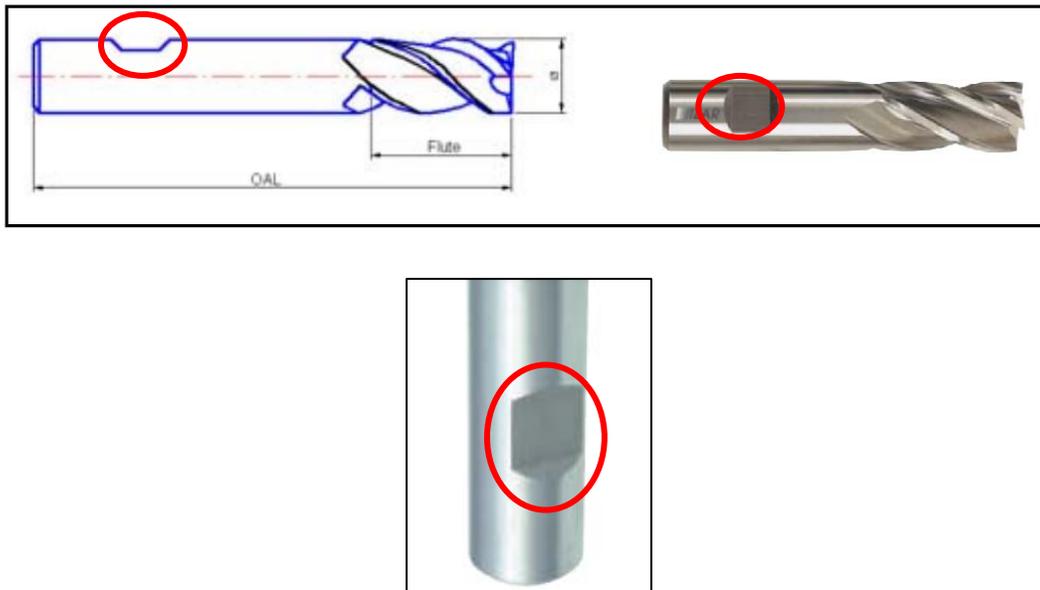


**Figura 4.2.15.** Dimensiones de la Fresa. **Fuente:** Catálogo de Selección Kestag Cobalt Cutting Tools.

También notamos, que todos las herramientas de corte de esta serie tienen un paso bajo de 2 dientes.

#### 4.2.2.6 Sistemas de Sujeción

El método de sujeción viene definido por la herramienta en este caso presenta sujeción por mango tipo Weldon. Como se puede apreciar en la figura:



**Figura 4.2.16.** Descripción del Mango Weldon. **Fuente:** Catálogo de Selección Kestag Cobalt Cutting Tools.

Desarrollo de un plan de actividades tendientes a la reparación, puesta en marcha y diseño de prácticas demostrativas para el Centro de Mecanizado Vertical CNC EMCO VMC-100 en el taller Metalmecánico de la Universidad de Carabobo.

#### 4.2.2.7 Características de la herramienta seleccionada.

✚ Materiales a mecanizar: Como se puede observar en la figura, esta serie se aplica perfectamente a materiales como aluminio, latón, hierro fundido, y aceros suaves. El proveedor define estos materiales y los enmarca entre los grupos A,B Y C del catalogo (Véase siguiente figura).

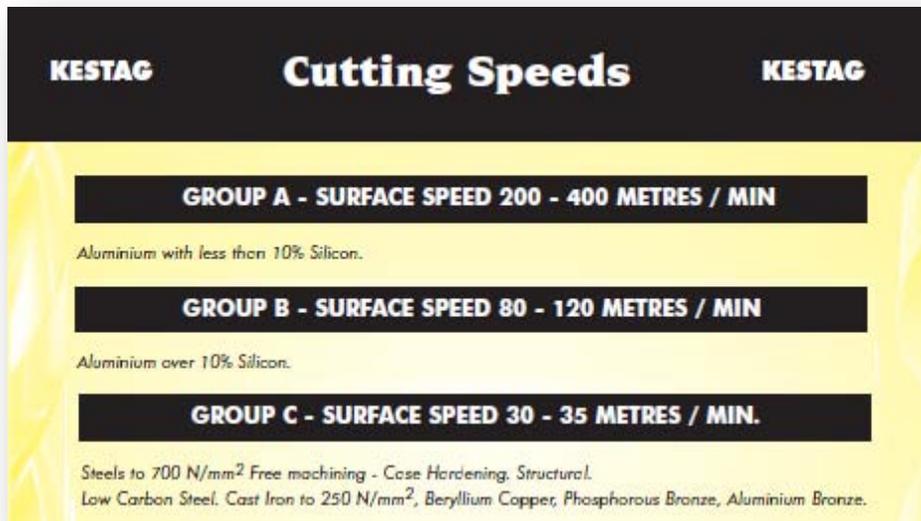


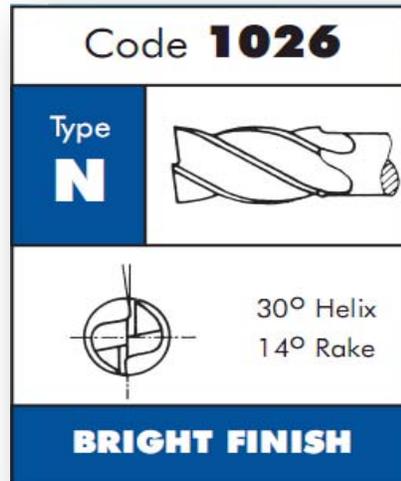
Figura 4.2.17. Clasificación de materiales. Fuente: Catálogo de Selección Kestag Cobalt Cutting Tools.

✚ Material de Fabricación: es una fresa de acero extra rápido (HSS) aleado con cobalto en un 8% (Véase siguiente figura).

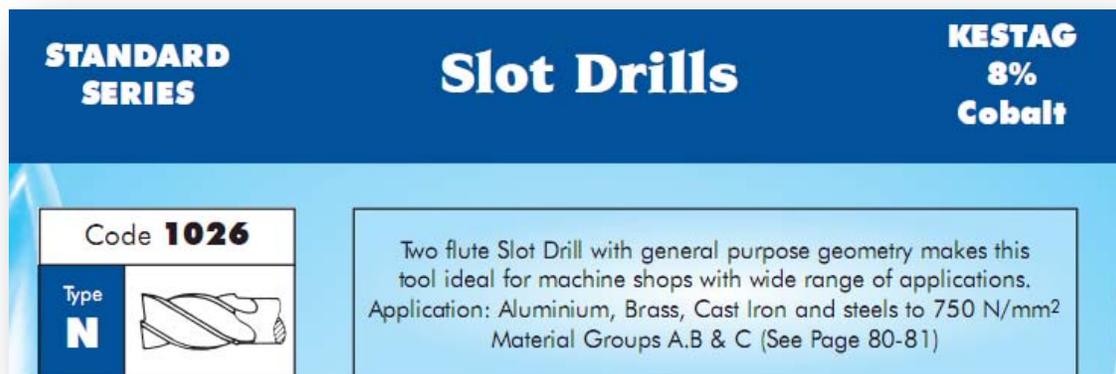


Figura 4.2.18. Características de la herramienta seleccionada. Fuente: Catálogo de Selección Kestag Cobalt Cutting Tools.

✚ Geometría y uso: Herramienta de dos dientes, con un ángulo de hélice de  $30^\circ$ , recomendada para fresado de propósito general, y para diversos materiales (Véase siguiente figura).



**Figura 4.2.19.** Características de la herramienta seleccionada. **Fuente:** Catálogo de Selección Kestag Cobalt Cutting Tools.



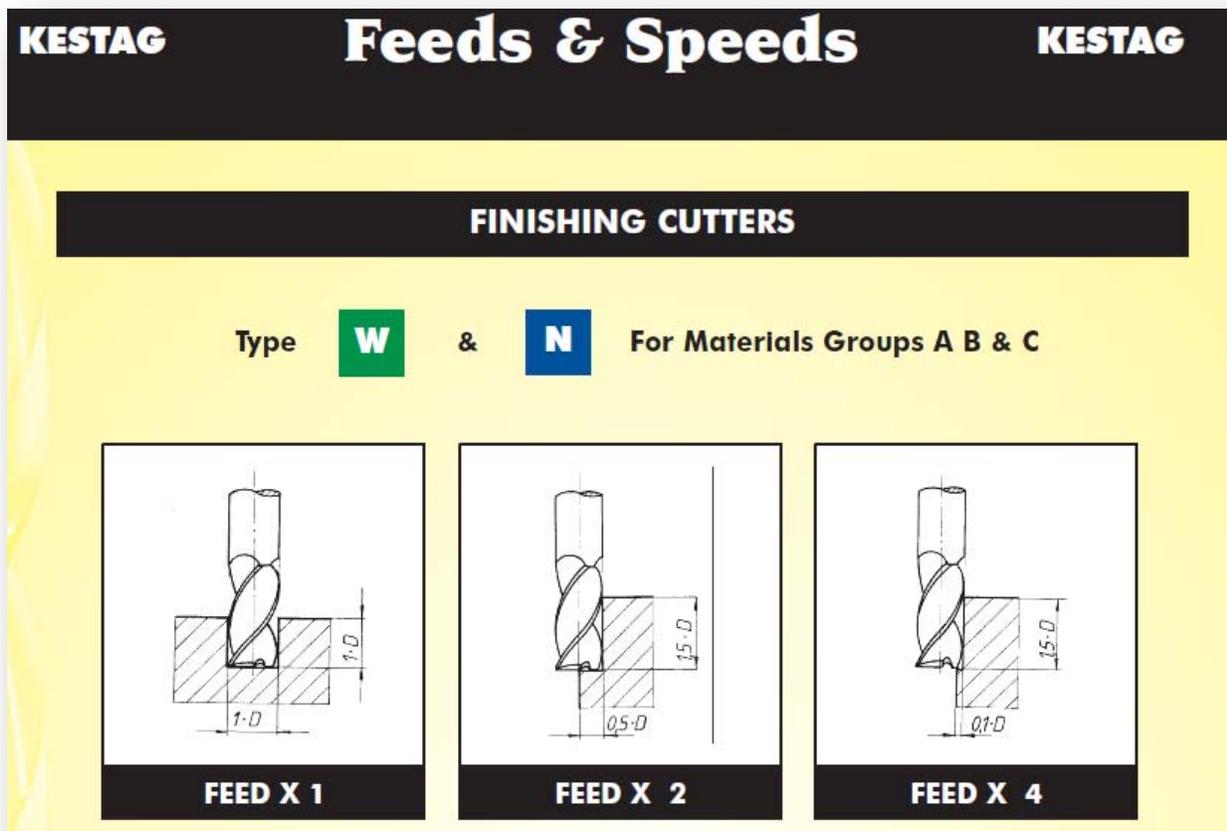
**Figura 4.2.20.** Descripción general y características de la serie seleccionada. **Fuente:** Catálogo Kestag Cobalt Cutting Tools.

Desarrollo de un plan de actividades tendientes a la reparación, puesta en marcha y diseño de prácticas demostrativas para el Centro de Mecanizado Vertical CNC EMCO VMC-100 en el taller Metalmecánico de la Universidad de Carabobo.

#### 4.2.2.8 Recomendaciones para ajustes.

Se trata del método de trabajo y forma de uso. Como se habla de un herramienta de corte para propósito general puede ser usado principalmente para ranuras, y también puede ser usado para fresado en escuadra.

Entonces según el tipo de operación a realizar, tendremos variables en los parámetros de profundidad lateral y vertical. En las figura a continuación, se observa que esos parámetros están en función del diámetro de la herramienta y son para herramientas de tipo (N) y materiales de los grupos A,B y C .



**Figura 4.2.21.** Recomendaciones en el uso de las herramientas de corte. **Fuente:** Catalogo Kestag Cobalt Cutting Tools.

En la imagen su observa o define el tipo de pasada máxima que se puede realizar con esta herramienta y la profundidad máxima a la cual puede trabajar.

#### 4.2.2.9 Datos de corte.

Para los valores de velocidad de corte, se toman los recomendados por el fabricante para materiales del grupo (B) es decir aleaciones de aluminio. La velocidad de corte para este grupo se comprende entre 80-120 m/min.

- **V desbaste** = 80 m/min.
- **V acabado** = 120 m/min.

Si conocemos los datos de velocidad de corte, tanto para desbaste como para acabado podemos determinar la velocidad de giro a la cual operara el equipo y la debemos comparar con la máxima permitida Por el centro de mecanizado EMCO VMC-100.

$$V_c = \frac{\pi * D_f * N}{1000}$$

Donde:

$V_c$  = Velocidad de corte en (m/min)

$D_f$  = Diámetro de la fresa (de corte en mm)

$N$  = Revoluciones por minuto. (Rpm).

Si despejamos de  $N$  obtenemos la siguiente expresión:

$$N = \frac{1000 * V_c}{\pi * D_f}$$

Y sustituyendo los valores recomendados de velocidad de corte y el diámetro de corte para cada herramienta de corte por separado, se calcula el valor de velocidad de giro en RPM de cada herramienta de corte los cuales se resumen en la siguiente tabla:

**Tabla 4.2.7.** Velocidades de giro Teóricas.

DIÁMETRO DE LAS HERRAMIENTAS DE CORTE (mm)	V. DE DESBASTE (rpm)	V. DE ACABADO (rpm)
3	8.488	12.732
4	6.366	9.549
6	4.244	6.366

Se nota que las velocidades de giro son mucho mayores que las que aporta el motor del husillo operando a máxima velocidad por ende se aplica un ajuste en función de las capacidades máxima del motor del centro de mecanizado y se define que se toma el 65% de la capacidad del husillo para la velocidad de giro en desbaste, y el 75% del máximo para la velocidad de giro en acabado; por tanto:

$$N_{desbaste} = 2600 \text{ rpm}$$

$$N_{acabado} = 3000 \text{ rpm}$$

Ahora con estos parámetros, se calculan las nuevas velocidades de corte aplicando la primera ecuación mostrada:

$$V_c = \frac{\pi * D_f * N}{1000}$$

Los resultados se presentan de la siguiente forma:

**Tabla 4.2.8.** Velocidades de corte Ajustadas.

DIÁMETRO DE LAS HERRAMIENTAS DE CORTE (mm)	V. DE DESBASTE (m/min)	V. DE ACABADO (m/min)
3	24.50	28.27
4	32.67	37.69
6	49	56.54

En la siguiente tabla comparativa, se observa tanto los parámetros reales como los teóricos esto para cada velocidad de corte y giro de las herramientas seleccionadas:

**Tabla 4.2.9.** Parámetros reales y teóricos para cada velocidad de corte y giro de las herramientas seleccionadas.

CARACTERÍSTICA	DIÁMETRO DE LAS HERRAMIENTAS DE CORTE	DESBASTE		ACABADO	
		Teórica	Real	Teórica	Real
Vc (m/min)	3	80	24.50	120	28.27
	4	80	32.67	120	37.69
	6	80	49	120	56.54
Velocidad de Giro (RPM)	3	8488	2600	12732	3000
	4	6366	2600	9549	3000
	6	4244	2600	6366	3000

Ahora bien, para obtener el avance en (mm/min) empleamos estas velocidades de giro y la usamos en la siguiente ecuación:

$$F = fz * Z * N$$

Donde:

F = Avance en (mm/min)

Fz = Avance en (mm/diente)

N = Revoluciones por minuto. (Rpm).

Z = Numero de dientes.

El valor del avance en mm/diente lo encontramos en la siguiente tabla:

Desarrollo de un plan de actividades tendientes a la reparación, puesta en marcha y diseño de prácticas demostrativas para el Centro de Mecanizado Vertical CNC EMCO VMC-100 en el taller Metalmecánico de la Universidad de Carabobo.

**Tabla 4.2.10.** Avance en mm/diente recomendado.

Ø mm	GROUP A		GROUP B		GROUP C	
	200 - 400 Metres / min		80 - 120 Metres / min		30 - 35 Metres / min	
	R.P.M.	Feed / Tooth	R.P.M.	Feed / Tooth.	R.P.M.	Feed / Tooth
6	15900	.03	5300	.015	1700	.008
8	11900	.04	3980	.015	1275	.008
10	9540	.05	3185	.015	1020	.009
12	7960	.06	2650	.015	850	.012
14	6820	.07	2275	.016	725	.015
16	5970	.08	1990	.017	635	.019
18	5310	.09	1770	.020	565	.021
20	4780	.10	1600	.025	510	.025
22	4340	.11	1440	.03	465	.025
25	3820	.12	1270	.04	405	.027
28	3410	.13	1130	.05	365	.030
30	3190	.14	1060	.05	340	.035
32	2990	.15	1000	.055	315	.037
36	2660	.15	885	.065	285	.037
40	2380	.16	400	.07	255	.037
45					225	.037
50					200	.037
	Calc @ 300 Metres		Calc @ 100 Metres		Calc @ 32 Metres	

**Fuente:** Catálogos Kestag Cobalt Cutting Tools.

Se toma el valor más cercano por encima, es decir para una fresa de 6mm de diámetro.

El resultado para el avance queda:

- $F_z = 0,015$  (mm/diente)

Sustituyendo en la ecuación 4.2.4, queda para cada herramienta de corte:

**Tabla 4.2.11.** Parámetro de Desbaste y Acabado para las herramientas de corte seleccionados

DIÁMETRO DE LAS HERRAMIENTAS DE CORTE	AVANCE (mm/min) DESBASTE	AVANCE (mm/min) ACABADO
3	78	90
4	78	90
6	78	90

A continuación, una imagen demostrativa de como se vería la herramienta seleccionada.



**Figura 4.2.22.** Representación Visual de las herramientas de corte Seleccionado. Fuente: Catálogos Kestag Cobalt Cutting Tools.

**4.2.2.10 Tabla Resumen De Los Parámetros Seleccionados**

**Tabla 4.2.12.** Tabla resumen de los parámetros seleccionados para la herramienta de corte N° 2.

<b>HERRAMIENTA DE CORTE N°2</b>		
<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>DESBASTE</b>	<b>ACABADO</b>
Fabricante	Kestag Cobalt Cutting Tools	Kestag Cobalt Cutting Tools
Tipo de fresa	De vástago enteriza	De vástago enteriza
Material a mecanizar	Aleación de Aluminio	Aleación de Aluminio
Operación fresado	Fresa para Ranurar	Fresa para Ranurar
Paso de la fresa	Bajo: 2 Dientes	Bajo: 2 Dientes
Diámetro de corte (mm)	3	3
Longitud Total (mm)	49	49
Diámetro de mango (mm)	6	6
Longitud Corte (mm)	5	5
Sujeción	Weldon	Weldon
Método	Para fresado frontal recto	Para fresado frontal recto
Angulo de hélice	30°	30°
Profundidad máxima (mm)	5	1
Vc (m/min)	24.50	28.27
F (mm/min)	78	90

Desarrollo de un plan de actividades tendientes a la reparación, puesta en marcha y diseño de prácticas demostrativas para el Centro de Mecanizado Vertical CNC EMCO VMC-100 en el taller Metalmecánico de la Universidad de Carabobo.

**Tabla 4.2.13.** Tabla resumen de los parámetros seleccionados para la herramienta de corte N° 3.

**HERRAMIENTA DE CORTE N°3**

<i>CARACTERÍSTICAS</i>	<i>DESBASTE</i>	<i>ACABADO</i>
Fabricante	Kestag Cobalt Cutting Tools	Kestag Cobalt Cutting Tools
Tipo de fresa	De vástago enteriza	De vástago enteriza
Material a mecanizar	Aleación de Aluminio	Aleación de Aluminio
Operación fresado	Fresa para Ranurar	Fresa para Ranurar
Paso de la fresa	Bajo: 2 Dientes	Bajo: 2 Dientes
Diámetro de corte (mm)	4	4
Longitud Total (mm)	51	51
Diámetro de mango (mm)	6	6
Longitud Corte (mm)	7	7
Sujeción	Weldon	Weldon
Método	Para fresado frontal recto	Para fresado frontal recto
Angulo de hélice	30°	30°
Profundidad máxima (mm)	5	1
Vc (m/min)	32.67	37.69
F (mm/min)	78	90

**Tabla 4.2.14.** Tabla resumen de los parámetros seleccionados para la herramienta de corte N° 4.

**HERRAMIENTA DE CORTE N° 4**

<i>CARACTERÍSTICAS</i>	<i>DESBASTE</i>	<i>ACABADO</i>
Fabricante	Kestag Cobalt Cutting Tools	Kestag Cobalt Cutting Tools
Tipo de fresa	De vástago enteriza	De vástago enteriza
Material a mecanizar	Aleación de Aluminio	Aleación de Aluminio
Operación fresado	Fresa para Ranurar	Fresa para Ranurar
Paso de la fresa	Bajo: 2 Dientes	Bajo: 2 Dientes
Diámetro de corte (mm)	6	6
Longitud Total (mm)	52	52
Diámetro de mango (mm)	6	6
Longitud Corte (mm)	8	8
Sujeción	Weldon	Weldon
Método	Para fresado frontal recto	Para fresado frontal recto
Profundidad máxima (mm)	5	1
Vc (m/min)	49	54.54
F (mm/min)	78	90

4.2.3 Selección de Herramientas de Corte para Fresado según el Proveedor KESTAG COBALT CUTTING TOOLS ®. (5ta y 6ta Herramienta de Corte).

4.2.3.1 Tipo de Herramienta y Material a Mecanizar

✚ Herramienta de Corte: Fresas de vástago tipo enterizas. Se seleccionaran herramienta de corte de corte de acero extra rápido HSS con 8% de cobalto, compuesto que a su vez mejora las tolerancias y la resistencia de la herramienta de corte a condiciones variables de mecanizado, vibraciones, mecanizado interrumpido entre otros. A parte de todas las ventajas ya mencionadas de las herramientas de acero extra rápido (HSS).

✚ Material de la pieza: Aluminio o aleaciones de aluminio con silicio. Pues el objetivo de estas prácticas es netamente didáctico y demostrativo, y el aluminio representa un material comercial de fácil accesibilidad en el mercado local y económico.

4.2.3.2 Parámetros de Corte Iniciales

Una vez definidos estos aspectos, debemos tomar de las tablas teóricas los parámetros de corte recomendados para mecanizar el material seleccionado.

Material de la Pieza	Herramienta de corte	Condiciones de partida para propósito general		Rango de parámetros para desbaste y acabado	
		Avance mm/diente (in./diente)	Velocidad de corte m/min (ft/min)	Avance mm/diente (in./diente)	Velocidad de corte m/min (ft/min)
Acero de Bajo y medio Carbono	Carburos y Cerámicos	0.13-0.20 (0.005-0.008)	120-180 (400-600)	0.085-0.38 (0.003-0.015)	90-425 (300-1400)
	Aceros Aleados				
Suaves	Cermets revestidos	0.10-0.18 (0.004-0.007)	90-170 (300-550)	0.08-0.30 (0.003-0.012)	60-370 (200-1200)
Duros	Cermets, PCBN	0.10-0.15 (0.004-0.006)	180-210 (600-700)	0.08-0.25 (0.003-0.010)	75-460 (250-1500)
Funciones					
Suaves	Cermets, SIN	0.10-0.20 (0.004-0.008)	120-760 (400-2500)	0.08-0.38 (0.003-0.015)	90-1370 (300-4500)
Duras	Cermets, SiN, PCBN	0.10-0.20 (0.004-0.008)	120-210 (400-700)	0.08-0.38 (0.003-0.015)	90-460 (300-1500)
Aceros inoxidables	Cermets	0.13-0.18 (0.005-0.007)	120-370 (400-1200)	0.08-0.38 (0.003-0.015)	90-500 (300-1800)
Aleaciones de base Nickel para alta temperatura	Cermets, SiN, PCBN	0.10-0.18 (0.004-0.007)	30-370 (100-1200)	0.08-0.38 (0.003-0.015)	30-550 (90-1800)
Aleaciones de Titanio	Cermets	0.13-0.15 (0.005-0.006)	50-60 (175-200)	0.08-0.38 (0.003-0.015)	40-140 (125-450)
Aleaciones de Aluminio					
Bajo Silicio	PCD	0.13-0.23 (0.005-0.009)	610-900 (2000-3000)	0.08-0.46 (0.003-0.018)	300-3000 (1000-10,000)
Alto Silicio	PCD	0.13 (0.005)	610 (2000)	0.08-0.38 (0.003-0.015)	370-910 (1200-3000)
Aleaciones de Cobre	PCD	0.13-0.23 (0.005-0.009)	300-760 (1000-2500)	0.08-0.46 (0.003-0.018)	90-1070 (300-3500)
Plásticos y Termo Plásticos	PCD	0.13-0.23 (0.005-0.009)	270-460 (900-1500)	0.08-0.46 (0.003-0.018)	90-1370 (300-4500)

Tabla 4.2.15. Parámetros de Corte Recomendados (Fresado). Fuente: Catálogo de Selección Kennametal ®.

Desarrollo de un plan de actividades tendientes a la reparación, puesta en marcha y diseño de prácticas demostrativas para el Centro de Mecanizado Vertical CNC EMCO VMC-100 en el taller Metalmecánico de la Universidad de Carabobo.

### Parámetros de Desbaste:

- $f = 0,36 \text{ mm/rev}$
- $d = 5 \text{ mm}$
- $V_c = 370 \text{ m/min}$

### Parámetros de Acabado:

- $f = 0,12 \text{ mm/rev}$
- $d = 1 \text{ mm}$
- $V_c = 800 \text{ m/min}$

Se tomaran los parámetros para aleaciones de aluminio con alto silicio, pues como se puede observar en la tabla, estos tienen un rango más limitado tanto para avance, como para velocidad de corte y sin embargo estar contenidos en los parámetros para aleaciones de bajo silicio.

#### 4.2.3.3      4.2.5.3 Tipo de Operación de Fresado

El tipo de fresado que se requiere será de perfil, es decir se puede hacer ranuras pero la punta redondeada de la fresa es ideal para perfiles sencillos como se ve en la figura. Es decir se puede mover también en el eje (Z) (Véase siguiente figura).

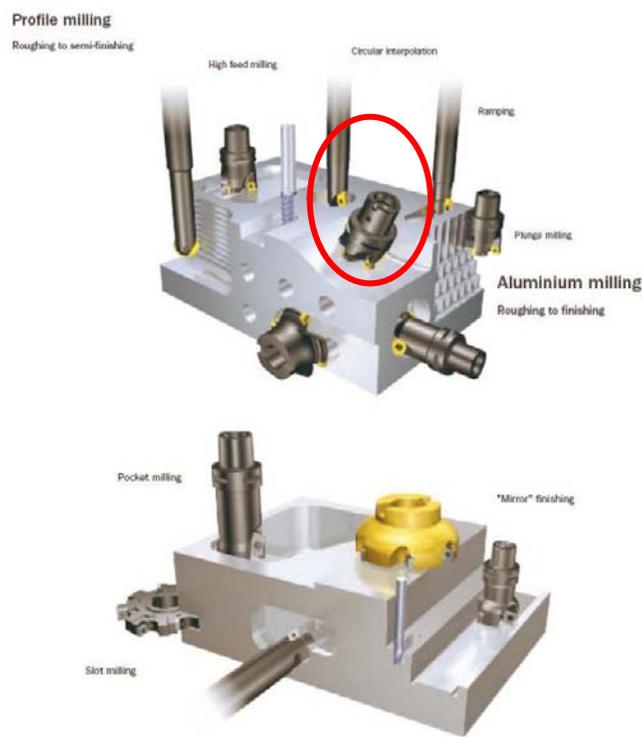


Figura 4.2.23. Representación de la Operación "Fresado de Perfil".

El fabricante clasifica las herramientas según el material a mecanizar, si

El fabricante clasifica las herramientas según el material a mecanizar y si ya definimos que será aluminio aleado, entonces en la siguiente tabla se ubica el tipo de herramienta de corte que corresponda a las necesidades.

**Tabla 4.2.16.** Tabla De Selección para la Geometría de la Herramienta de Corte.

Material to be Machined	Finishing			Roughing		
	N	H	W	NR	HR	WR
Steel up to 1000 N/mm <sup>2</sup>	●			●		
Steel over 1000 N/mm <sup>2</sup>		●			●	
Cast Iron up to 240 HB	●			●		
Cast Iron over 240 HB		●		●		
Malleable Cast Iron	●			●		
Stainless Steel up to 850 N/mm <sup>2</sup>	●			●		
Stainless Steel over 850 N/mm <sup>2</sup>		●			●	
Titanium up to 700 N/mm <sup>2</sup>	●			●		
Titanium over 700 N/mm <sup>2</sup>		●			●	
Inconel & Nimonic		●			●	
Aluminium < 10% Silicon			●			●
Aluminium > 10% Silicon	●		●			●
Brass	●			●		
Copper			●			●
Copper Alloys	●			●		
Copper Plus Pb - Ph - Te		●			●	
Magnesium Alloys	●			●		
Plastics (Soft)			●			●

**Fuente:** Catálogo de Selección Kestag Cobalt Cutting Tools.

Se observa que las geometrías (N) y (W) cumplen con los requerimientos iniciales. Pero sabemos que las herramientas de tipo N, se aplican para todos los materiales normales hasta 1000N/mm<sup>2</sup> de resistencia de corte, y para un fresado de propósito general.

Ahora, según el tipo de operación tenemos un índice que indica las fresas que se ajustan a las necesidades, como se eligió geometrías tipo (N) entonces:

Desarrollo de un plan de actividades tendientes a la reparación, puesta en marcha y diseño de prácticas demostrativas para el Centro de Mecanizado Vertical CNC EMCO VMC-100 en el taller Metalmecánico de la Universidad de Carabobo.



KESTAG		Tool Index		KESTAG	
	<b>BLUE SECTION:</b>	Application: All Normal Materials.			
		Discard 'throwaway' cutters		Page 36-37	
		Slot Drills		Page 38-41	
		End Mills		Page 42-55	
		T Slot		Page 56-57	
		Dovetail		Page 58-59	
		Corner Rounding		Page 60	
		Woodruff		Page 61	
		I.S.O. Taper Shank		Page 62-67	

**Figura 4.2.24.** Índice para la selección de Fresas según el tipo de operación. **Fuente:** Catalogo de Selección Kestag Cobalt Cutting Tools.

Por sus siglas en ingles “Slot Drills” encontramos que entre las paginas 38-41 del catalogo se cumple las condiciones, además dentro de este rango se debe buscar las fresas adecuadas para el maquinado de perfiles.

#### 4.2.3.4 Selección del Paso de la Fresa

Se requiere de un paso de bajo, es decir hasta 2 dientes, ya que se recomienda para condiciones de potencia limitada y para operaciones de ranurado profundo.

#### 4.2.3.5 Fresa concreta (Dimensiones, N° Dientes)

Según el programa para fresas, nos dirigimos a la página correspondiente a la serie seleccionada para definir las dimensiones de nuestra herramienta, se selecciono la serie estándar y se muestra una tabla como la que sigue:

**Tabla 4.2.17.** Dimensiones de la Fresa (Nº 5).

Tool Ø e8	Lengths		Shank Ø h6	No of teeth
	Flute	Total		
2	4	48	6	2
3	5	49	6	2
4	7	51	6	2
5	8	52	6	2
6	8	52	6	2
7	10	60	10	2
8	11	61	10	2
9	11	61	10	2

**Fuente:** Catálogo de Selección Kestag Cobalt Cutting Tools

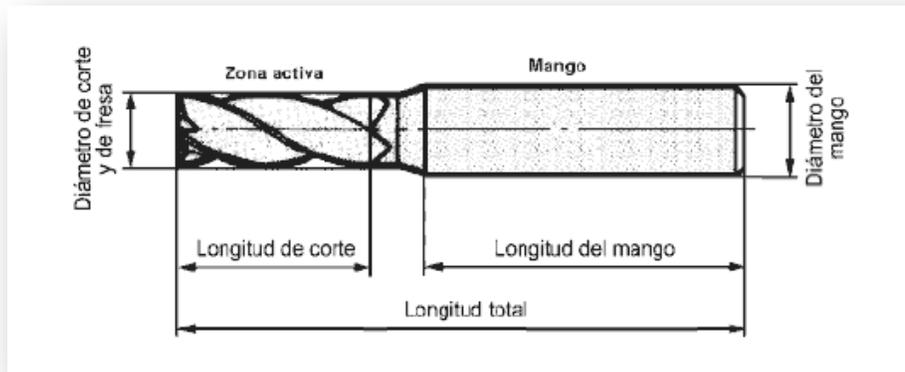
**Tabla 4.2.18.** Dimensiones de la Fresa (Nº 6).

Tool Ø e8	Lengths		Shank Ø h6	No of teeth
	Flute	Total		
11	13	70	12	2
12	16	73	12	2
13	16	73	12	2
14	16	73	12	2
15	16	73	12	2
16	19	79	16	2
18	19	79	16	2
20	22	88	20	2
22	22	88	20	2
24	26	102	25	2
25	26	102	25	2

**Fuente:** Catálogo de Selección Kestag Cobalt Cutting Tools.

Para tener una mejor comprensión de las dimensiones que se observan en a figura tenemos que el diámetro de corte de la fresa es de 6 mm, diámetro de mango es 6 mm, la longitud de corte seria de 8mm, y la longitud total de la herramienta 52 mm (*Véase siguiente figura*).

Desarrollo de un plan de actividades tendientes a la reparación, puesta en marcha y diseño de prácticas demostrativas para el Centro de Mecanizado Vertical CNC EMCO VMC-100 en el taller Metalmecánico de la Universidad de Carabobo.

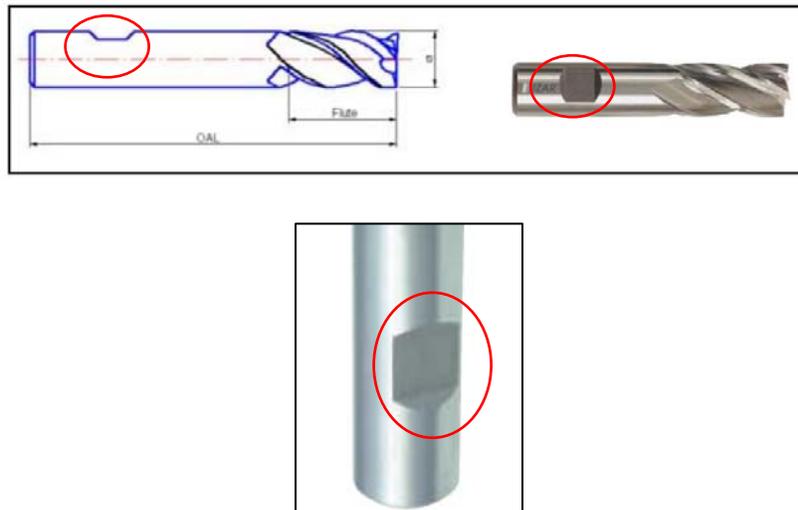


**Figura 4.2.25.** Dimensiones de una Fresa.

También notamos, que todos las herramientas de corte de esta serie tienen un paso bajo de 2 dientes.

#### 4.2.3.6 Sistema de Sujeción

El método de sujeción viene definido por la herramienta en este caso presenta sujeción por mango tipo Weldon. Como se puede apreciar en la figura:



**Figura 4.2.26.** Descripción del mango Weldon. **Fuente:** Catálogo de Selección Kestag Cobalt Cutting Tools.

#### 4.2.3.7 Características de la herramienta seleccionada.

✚ Materiales a mecanizar: Como se puede apreciar en la figura, esta serie se aplica perfectamente a materiales como aluminio, latón, hierro fundido, y aceros suaves. El proveedor define estos materiales y los enmarca entre los grupos A,B Y C del catalogo (Véase siguiente figura).

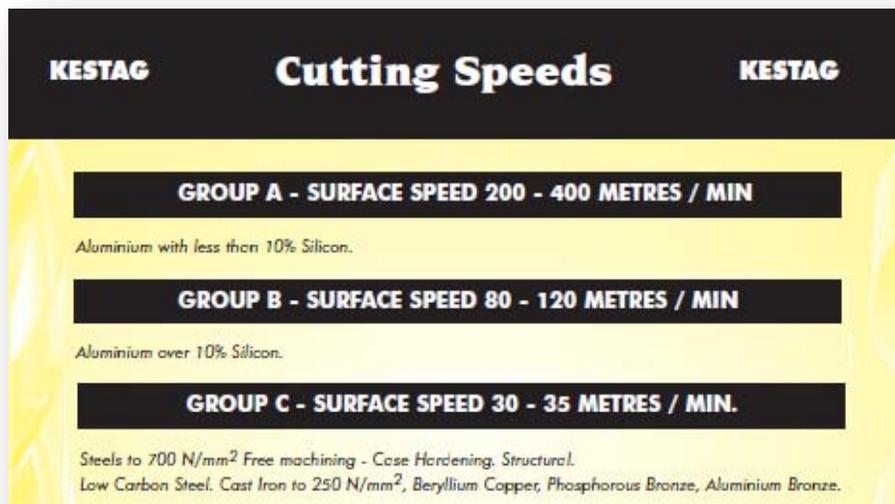


Figura 4.2.27. Clasificación de materiales. Fuente: Catálogo de Selección Kestag Cobalt Cutting Tools.

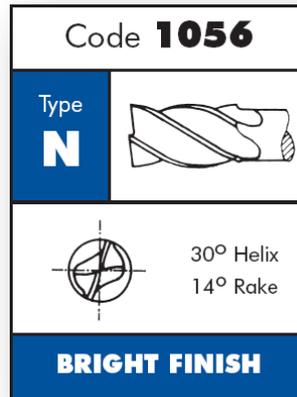
✚ Material de Fabricación: es una fresa de acero extra rápido (HSS) aleado con cobalto en un 8%.



Figura 4.2.28. Características de la herramienta seleccionada. Fuente: Catálogo de Selección Kestag Cobalt Cutting Tools.

Desarrollo de un plan de actividades tendientes a la reparación, puesta en marcha y diseño de prácticas demostrativas para el Centro de Mecanizado Vertical CNC EMCO VMC-100 en el taller Metalmecánico de la Universidad de Carabobo.

✚ Geometría y uso: Herramienta de dos dientes, con un ángulo de hélice de 30°, recomendada para fresado de propósito general, y para diversos materiales (Véase siguiente figura).



**Figura 4.2.29.** Características de la herramienta seleccionada. **Fuente:** Catálogo de Selección Kestag Cobalt Cutting Tools.

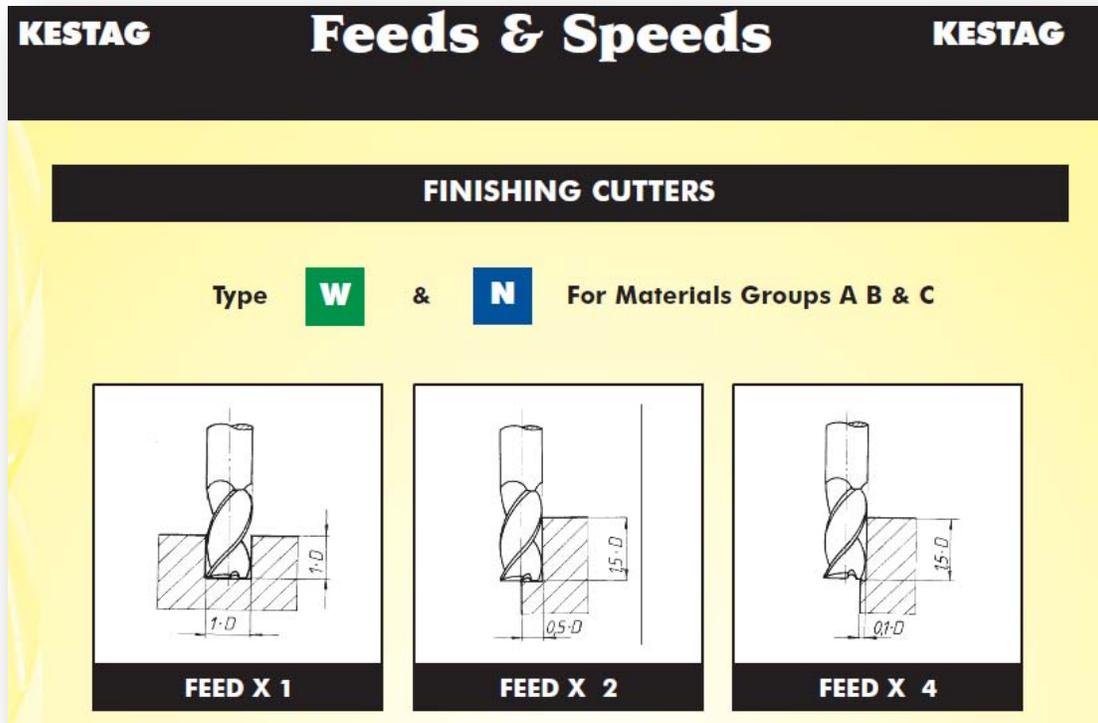
<b>KESTAG</b> 8% <b>Cobalt</b>	<b>Ball Nose Slot Drills</b>	<b>STANDARD SERIES</b>
<p>Two Flute Ball Nose Slot Drill with general purpose geometry, makes this tool ideal for machine shops with a wide range of applications. Application: Aluminium, Brass, Cast Iron and Steels to 750 N/mm<sup>2</sup> Material Groups A, B, C &amp; D (See Page 80-81)</p>		<p>Code <b>1056</b></p> <p>Type <b>N</b></p>

**Figura 4.2.30.** Descripción general y características de la serie seleccionada

#### 4.2.3.8 *Recomendaciones para ajustes.*

Se trata del método de trabajo y forma de uso. Como se habla de una herramienta para propósito general puede ser usado principalmente para ranuras, y también puede ser usado para fresado en escuadra.

Entonces según el tipo de operación a realizar, tendremos variables en los parámetros de profundidad lateral y vertical. En las figura a continuación, se observa que esos parámetros están en función del diámetro de la herramienta y son para herramientas de tipo (N) y materiales de los grupos A, B y C (Véase siguiente figura).



**Figura 4.2.31.** Recomendaciones en el uso de las herramientas de corte. **Fuente:** Catálogo Kestag Cobalt Cutting Tools.

En la imagen se observa o define el tipo de pasada máxima que se puede realizar con esta herramienta y la profundidad máxima a la cual puede trabajar. Parámetros que dependen netamente del diámetro de la fresa.

#### 4.2.3.9 Datos de corte.

Para los valores de velocidad de corte, se toman los recomendados por el fabricante para materiales del grupo (B) es decir aleaciones de aluminio. La velocidad de corte para este grupo se comprende entre 80-120 m/min.

Desarrollo de un plan de actividades tendientes a la reparación, puesta en marcha y diseño de prácticas demostrativas para el Centro de Mecanizado Vertical CNC EMCO VMC-100 en el taller Metalmecánico de la Universidad de Carabobo.

✚ V desbaste = 80 m/min.

✚ V acabado = 120 m/min.

Si conocemos los datos de velocidad de corte, tanto para desbaste como para acabado podemos determinar la velocidad de giro a la cual operara el equipo y la debemos comparar con la máxima permitida Por el centro de mecanizado EMCO VMC-100.

$$V_c = \frac{\pi * D_f * N}{1000}$$

Donde:

V<sub>c</sub> = Velocidad de corte en (m/min)

D<sub>f</sub> = Diámetro de la fresa (de corte en mm)

N = Revoluciones por minuto. (Rpm).

Si despejamos de N obtenemos la siguiente expresión:

$$N = \frac{1000 * V_c}{\pi * D_f}$$

Y sustituyendo los valores recomendados de velocidad de corte y el diámetro de corte para cada herramienta de corte por separado, se calcula el valor de velocidad de giro en RPM de cada herramienta de corte los cuales se resumen en la siguiente tabla:

**Tabla 4.2.19.** Velocidades de giro Teóricas.

DÍAMETRO DE LAS HERRAMIENTAS DE CORTE (mm)	V. DE DESBASTE (rpm)	V. DE ACABADO (rpm)
6	4244	6366
12	2122	3183

Se nota que las velocidades de giro son mucho mayores (en el caso de las herramientas de corte de diámetro 6mm) que las que aporta el motor del husillo operando a máxima velocidad por ende se aplica un ajuste en función de las capacidades máxima del motor del centro de mecanizado y se define que se toma el 65% de la capacidad del husillo para la velocidad de giro en desbaste, y el 75% del máximo para la velocidad de giro en acabado; por tanto:

$$N_{desbaste} = 2600 \text{ rpm}$$

$$N_{acabado} = 3000 \text{ rpm}$$

Ahora con estos parámetros, se calculan las nuevas velocidades de corte aplicando la primera ecuación mostrada:

$$V_c = \frac{\pi * D_f * N}{1000}$$

Los resultados se presentan de la siguiente forma:

**Tabla 4.2.20.** Velocidades de corte Ajustadas.

DIÁMETRO DE LAS HERRAMIENTAS DE CORTE (mm)	V. DE DESBASTE (m/min)	V. DE ACABADO (m/min)
6	49	56.54
12	80	120

En la siguiente tabla comparativa, se observa tanto los parámetros reales como los teóricos esto para cada velocidad de corte y giro de las herramientas de corte seleccionados:

Desarrollo de un plan de actividades tendientes a la reparación, puesta en marcha y diseño de prácticas demostrativas para el Centro de Mecanizado Vertical CNC EMCO VMC-100 en el taller Metalmecánico de la Universidad de Carabobo.

**Tabla 4.2.21.** Parámetros reales y teóricos para cada velocidad de corte y giro de las herramientas de corte seleccionados

CARACTERÍSTICA	DIÁMETRO DE LAS HERRAMIENTAS DE CORTE	DESBASTE		ACABADO	
		Teórica	Real	Teórica	Real
Vc (m/min)	6	80	49	120	56.54
	12	80	80	120	120
Velocidad de Giro (RPM)	6	4244	2600	6366	3000
	12	2122	2122	3183	3183

Ahora bien, para obtener el avance en (mm/min) empleamos estas velocidades de giro y la usamos en la siguiente ecuación:

$$F = fz * Z * N$$

Donde:

F = Avance en (mm/min)

Fz = Avance en (mm/diente)

N = Revoluciones por minuto. (Rpm).

Z = Numero de dientes.

El valor del avance en mm/diente lo encontramos en la siguiente tabla:

**Tabla 4.2.22.** Avance en mm/diente recomendado

Ø mm	GROUP A		GROUP B		GROUP C	
	200 - 400 Metres / min		80 - 120 Metres / min		30 - 35 Metres / min	
	R.P.M.	Feed / Tooth	R.P.M.	Feed / Tooth	R.P.M.	Feed / Tooth
6	15900	.03	5300	.015	1700	.008
8	11900	.04	3980	.015	1275	.008
10	9540	.05	3185	.015	1020	.009
12	7960	.06	2650	.015	850	.012
14	6820	.07	2275	.016	725	.015
16	5970	.08	1990	.017	635	.019
18	5310	.09	1770	.020	565	.021
20	4780	.10	1600	.025	510	.025
22	4340	.11	1440	.03	465	.025
25	3820	.12	1270	.04	405	.027
28	3410	.13	1130	.05	365	.030
30	3190	.14	1060	.05	340	.035
32	2990	.15	1000	.055	315	.037
36	2660	.15	885	.065	285	.037
40	2380	.16	400	.07	255	.037
45					225	.037
50					200	.037

Calc @ 300 Metres      Calc @ 100 Metres      Calc @ 32 Metres

**Fuente:** Catálogos Kestag Cobalt Cutting Tools.

Se toma el valor más cercano por encima, es decir para una fresa de 6mm de diámetro.

El resultado para el avance queda:

$$F_z = 0,015 \text{ (mm/diente)}$$

Sustituyendo en la ecuación, queda para cada herramienta de corte:

**Tabla 4.2.23.** Parámetro de Desbaste y Acabado para las herramientas de corte seleccionados

<i>DIÁMETRO DE LAS HERRAMIENTAS DE CORTE</i>	<i>AVANCE (mm/min) DESBASTE</i>	<i>AVANCE (mm/min) ACABADO</i>
6	78	90
12	63.66	95.49

A continuación, una imagen demostrativa de como se vería la herramienta seleccionada.



**Figura 4.2.32.** Representación Visual de las herramientas de corte Seleccionado. **Fuente:** Catálogos Kestag Cobalt Cutting Tools.

Desarrollo de un plan de actividades tendientes a la reparación, puesta en marcha y diseño de prácticas demostrativas para el Centro de Mecanizado Vertical CNC EMCO VMC-100 en el taller Metalmecánico de la Universidad de Carabobo.

#### 4.2.3.10 Tabla Resumen De Los Parámetros Seleccionados

**Tabla 4.2.24.** Tabla resumen de los parámetros seleccionados para el Herramienta de corte N° 6.

<b>HERRAMIENTA DE CORTE N° 6</b>		
<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>DESBASTE</b>	<b>ACABADO</b>
Fabricante	Kestag Cobalt Cutting Tools	Kestag Cobalt Cutting Tools
Tipo de fresa	De vástago enteriza	De vástago enteriza
Material a mecanizar	Aleación de Aluminio	Aleación de Aluminio
Operación fresado	Ranurado de Perfil	Fresa para Ranurar
Paso de la fresa	Bajo: 2 Dientes	Bajo: 2 Dientes
Diámetro de corte (mm)	6	6
Longitud Total (mm)	52	52
Diámetro de mango (mm)	6	6
Longitud Corte (mm)	8	8
Método	Para fresado frontal recto	Para fresado frontal recto
Profundidad máxima (mm)	5	1
Vc (m/min)	49	56.54
F (mm/min)	78	90

**Tabla 4.2.25.** Tabla resumen de los parámetros seleccionados para el Herramienta de corte N° 7.

<b>HERRAMIENTA DE CORTE N° 7</b>		
<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>DESBASTE</b>	<b>ACABADO</b>
Fabricante	Kestag Cobalt Cutting Tools	Kestag Cobalt Cutting Tools
Tipo de fresa	De vástago enteriza	De vástago enteriza
Material a mecanizar	Aleación de Aluminio	Aleación de Aluminio
Operación fresado	Ranurado de Perfil	Fresa para Ranurar
Paso de la fresa	Bajo: 2 Dientes	Bajo: 2 Dientes
Diámetro de corte (mm)	12	12
Longitud Total (mm)	73	73
Diámetro de mango (mm)	12	12
Longitud Corte (mm)	16	16
Método	Para fresado frontal recto	Para fresado frontal recto
Angulo de hélice	30°	30°
Profundidad máxima (mm)	5	1
Vc (m/min)	80	120
F (mm/min)	63.66	95.49

#### 4.2.4 Tabla Resumen De Todas Las Herramientas de Cortes Seleccionadas

**Tabla 4.2.26.** Tabla Resumen De Todas Las Herramientas de Cortes Seleccionadas

N° de Herramienta	Marca	Modelo	Ø de Corte (mm)	N° de Cortes	Material
1	Izar Cutting Tools	End Mill 7400 Series	4.7625	4	Acero Extra Rápido (HSS)
2	Kestag	Slot Drills Standard Series	3	2	(HSS) con 8% de Cobalto
3	Kestag	Slot Drills Standard Series	4	2	(HSS) con 8% de Cobalto
4	Kestag	Slot Drills Standard Series	6	2	(HSS) con 8% de Cobalto
5	Kestag	Ball Nose Slot Drills Standard Series	6	2	(HSS) con 8% de Cobalto
6	Kestag	Ball Nose Slot Drills Standard Series	12	2	(HSS) con 8% de Cobalto

Desarrollo de un plan de actividades tendientes a la reparación, puesta en marcha y diseño de prácticas demostrativas para el Centro de Mecanizado Vertical CNC EMCO VMC-100 en el taller Metalmecánico de la Universidad de Carabobo.

### 4.3 Desarrollo del conjunto de prácticas demostrativas para que el estudiantado aplique sus conocimientos teóricos del fresado CNC, en el centro de mecanizado vertical disponible en el taller metalmecánico.

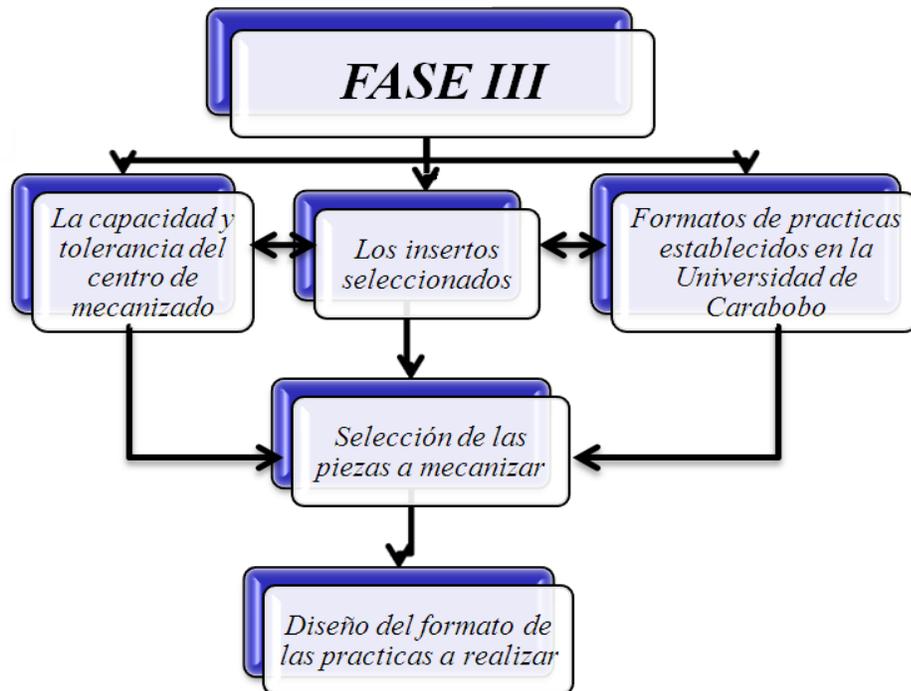


Figura 4.3.1. Diagrama de actividades desarrolladas en la 3ra fase del trabajo de grado

#### Actividades:

En esta etapa de la investigación se pondrá a prueba el funcionamiento del centro de mecanizado, a través de la realización de un conjunto de prácticas relacionadas con el mecanizado de piezas, utilizando las herramientas teóricas de control numérico computarizado para fresado, impartida por la cátedra de procesos de fabricación, que permita al estudiantado aplicar de manera experimental, los conocimientos adquiridos de forma teórica con la utilización del centro de mecanizado vertical disponible en el taller metalmecánico.

- 4.3.1 Elaboración de un conjunto de prácticas relacionadas con el mecanizado de piezas para un centro de mecanizado vertical de tres ejes.

4.3.1.1 *Práctica #1*

## **PRÁCTICA # 1**

### **Aplicación de la Programación CNC para el Mecanizado de Piezas**

#### **OBJETIVO GENERAL:**

- Realizar el mecanizado de piezas partiendo de un código CNC realizado por el estudiante, empleando el Centro de Mecanizado Vertical EMCO VMC-100.

#### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

- Definir los parámetros de corte apropiados para el proceso de mecanizado de partes empleando una fresadora CNC.
- Aplicar los conocimientos de la selección de herramientas de corte apropiada según el material y el tipo de operaciones a realizar durante el mecanizado.
- Practicar los conceptos de reglaje y corrección de herramientas de corte en equipos CNC.
- Aplicar aspectos como sintaxis de programación CNC, códigos G y M estandarizados y sistemas coordenados usados en máquinas con control numérico computarizado.
- Adquirir destrezas en la generación de códigos CNC, para el mecanizado de piezas.
- Aprender el funcionamiento y manejo de máquinas de herramienta con control numérico.

## **PROCEDIMIENTO:**

Dados los planos de la pieza, características del material a mecanizar y herramientas de corte disponibles en el laboratorio, el estudiante deberá seleccionar la herramienta de corte más apropiada para el mecanizado, tomando en cuenta las capacidades del equipo EMCO VMC-100, material a mecanizar y definiendo los parámetros de corte necesarios (Velocidad de Corte, Velocidad de Giro del Husillo, Avance).

Luego debe generar el código CNC siguiendo los estándares de la ISO, y teniendo en cuenta menor tiempo de mecanizado, colisiones, sistemas de portaherramientas del centro de mecanizado, capacidad de movimiento en los ejes y volumen inicial del material de trabajo.

## **RECOMENDACIONES:**

- Simular el código CNC en software como winunisoft, el cual está disponible para los estudiantes de procesos de fabricación III y es una herramienta didáctica en donde se podrán chequear, recorridos, colisiones, errores en el código y dimensiones de la pieza.
- Tomar en cuenta todas las medidas de seguridad pertinentes a la hora de manipular el centro de mecanizado y estar bajo la supervisión correspondiente.
- Leer el manual de usuario del centro de mecanizado EMCO VMC-100, antes de operar el mismo.

### ACTIVIDAD N°1.

Se requiere mecanizar la pieza que se muestra en el plano de la Figura anexa, a partir de una plancha rectangular de **Aluminio 6061**, de **65 mm de ancho, 65 mm de largo y 20 mm de alto**. Empleando herramienta de cortes y brocas de acero extra rápido HSS, en el centro de mecanizado vertical EMCO VMC-100.

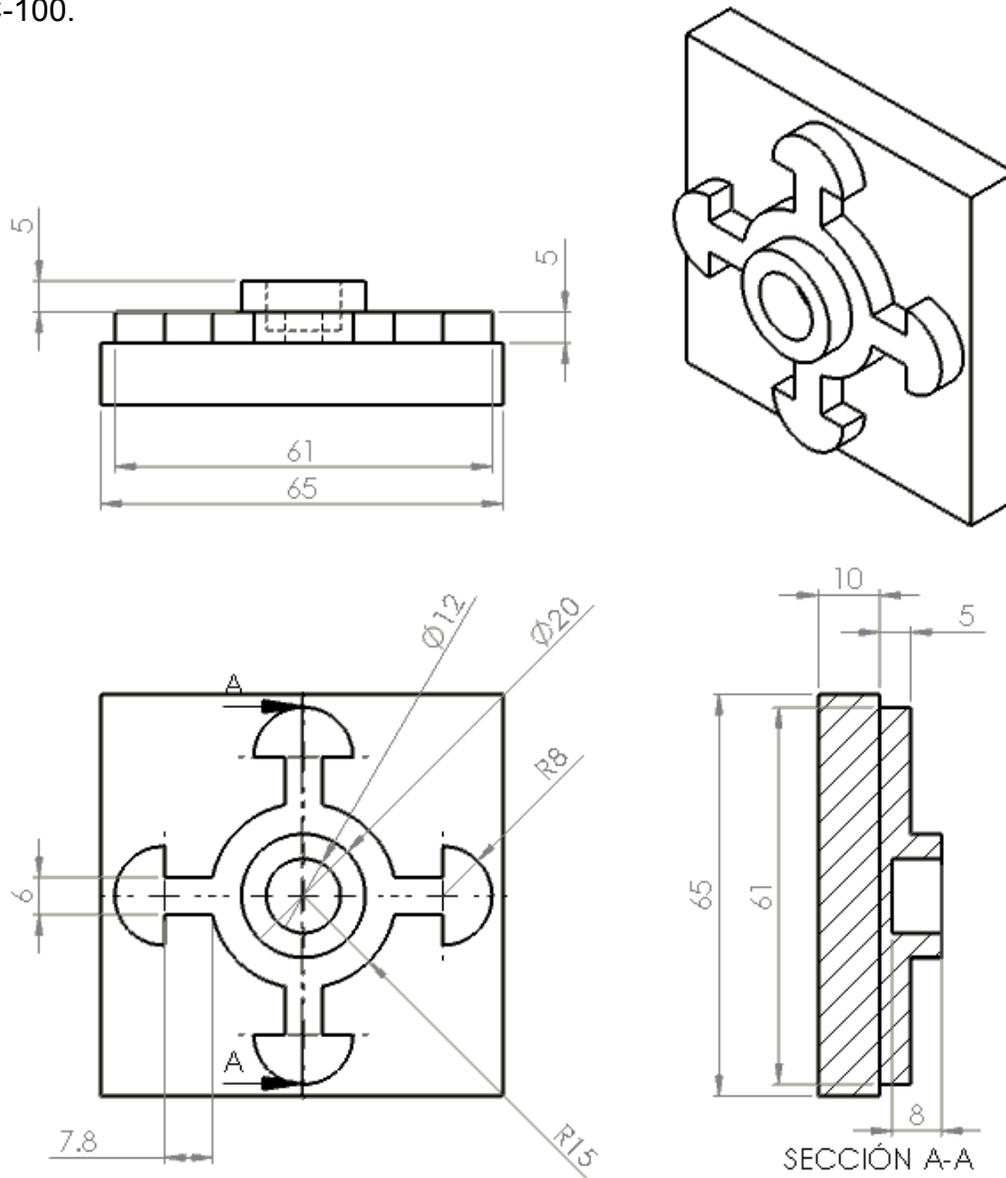


Ilustración 1. Plano de la Pieza 1

*Desarrollo de un plan de actividades tendientes a la reparación, puesta en marcha y diseño de prácticas demostrativas para el Centro de Mecanizado Vertical CNC EMCO VMC-100 en el taller Metalmecánico de la Universidad de Carabobo.*

### **1.1 Selección de Parámetros de Corte**

<b>Parámetro</b>	<b>Desbaste</b>	<b>Acabado</b>
Velocidad de Corte (mm/min)		
Profundidad Máxima (mm)		
Velocidad de Corte (m/min)		

### **1.2 Selección de Herramientas de Corte a utilizar**

**1.2.1 Herramientas Seleccionadas:**

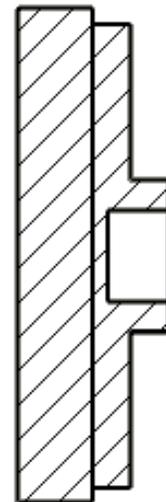
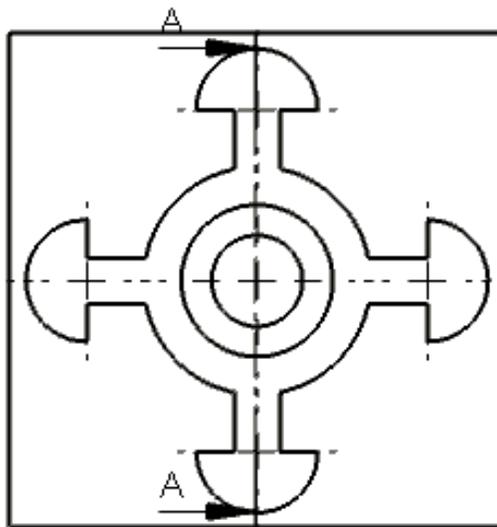
- Herramienta de cortes:

Parámetro	Desbaste	Acabado
Diámetro (mm)		
Número de Dientes		
Código Fabricante		

- Brocas:

Proveedor	Diámetro

**1.3 Etapas para el mecanizado.**



SECCIÓN A-A

**Ilustración 2.** Etapas de Mecanizado para la pieza 1.



**1.4 Código CNC Para el mecanizado.**

--	--	--

*Desarrollo de un plan de actividades tendientes a la reparación, puesta en marcha y diseño de prácticas demostrativas para el Centro de Mecanizado Vertical CNC EMCO VMC-100 en el taller Metalmecánico de la Universidad de Carabobo.*

**CONCLUSIONES:**

A large, empty rectangular box with a dashed border, intended for writing conclusions.

**RECOMENDACIONES:**

A large, empty rectangular box with a dashed border, intended for writing recommendations.

4.3.1.2 Práctica #2

## **PRÁCTICA # 2**

### **Aplicación de la Programación CNC para el Mecanizado de Piezas**

#### **OBJETIVO GENERAL:**

- Realizar el mecanizado de piezas partiendo de un código CNC realizado por el estudiante, empleando el Centro de Mecanizado Vertical EMCO VMC-100.

#### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

- Definir los parámetros de corte apropiados para el proceso de mecanizado de partes empleando una fresadora CNC.
- Aplicar los conocimientos de la selección de herramientas de corte apropiada según el material y el tipo de operaciones a realizar durante el mecanizado.
- Practicar los conceptos de reglaje y corrección de herramientas de corte en equipos CNC.
- Aplicar aspectos como sintaxis de programación CNC, códigos G y M estandarizados y sistemas coordinados usados en máquinas con control numérico computarizado.
- Adquirir destrezas en la generación de códigos CNC, para el mecanizado de piezas.
- Aprender el funcionamiento y manejo de máquinas de herramienta con control numérico.

#### **PROCEDIMIENTO:**

Dados los planos de la pieza, características del material a mecanizar y herramientas de corte disponibles en el laboratorio, el estudiante deberá

*Desarrollo de un plan de actividades tendientes a la reparación, puesta en marcha y diseño de prácticas demostrativas para el Centro de Mecanizado Vertical CNC EMCO VMC-100 en el taller Metalmecánico de la Universidad de Carabobo.*

seleccionar la herramienta de corte más apropiada para el mecanizado, tomando en cuenta las capacidades del equipo EMCO VMC-100, material a mecanizar y definiendo los parámetros de corte necesarios (Velocidad de Corte, Velocidad de Giro del Husillo, Avance).

Luego debe generar el código CNC siguiendo los estándares de la ISO, y teniendo en cuenta menor tiempo de mecanizado, colisiones, sistemas de portaherramientas del centro de mecanizado, capacidad de movimiento en los ejes y volumen inicial del material de trabajo.

### **RECOMENDACIONES:**

- Simular el código CNC en software como winunisoft, el cual está disponible para los estudiantes de procesos de fabricación III y es una herramienta didáctica en donde se podrán chequear, recorridos, colisiones, errores en el código y dimensiones de la pieza.
- Tomar en cuenta todas las medidas de seguridad pertinentes a la hora de manipular el centro de mecanizado y estar bajo la supervisión correspondiente.
- Leer el manual de usuario del centro de mecanizado EMCO VMC-100, antes de operar el mismo.



*Desarrollo de un plan de actividades tendientes a la reparación, puesta en marcha y diseño de prácticas demostrativas para el Centro de Mecanizado Vertical CNC EMCO VMC-100 en el taller Metalmecánico de la Universidad de Carabobo.*

### **1.1 Selección de Parámetros de Corte**

<b>Parámetro</b>	<b>Desbaste</b>	<b>Acabado</b>
Velocidad de Corte (mm/min)		
Profundidad Máxima (mm)		
Velocidad de Corte (m/min)		

### **1.2 Selección de Herramientas de Corte a utilizar**

**1.2.1 Herramientas Seleccionadas:**

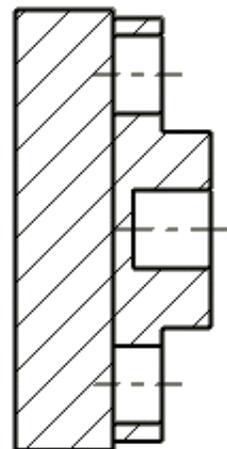
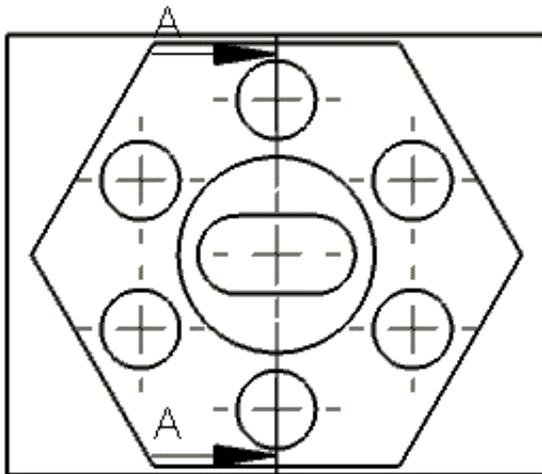
- Herramienta de cortes:

Parámetro	Desbaste	Acabado
Diámetro (mm)		
Número de Dientes		
Código Fabricante		

- Brocas:

Proveedor	Diámetro

**1.3 Etapas para el mecanizado.**



SECCIÓN A-A

Ilustración 2. Etapas de Mecanizado de la pieza 2



**1.4 Código CNC Para el mecanizado.**

--	--	--

*Desarrollo de un plan de actividades tendientes a la reparación, puesta en marcha y diseño de prácticas demostrativas para el Centro de Mecanizado Vertical CNC EMCO VMC-100 en el taller Metalmecánico de la Universidad de Carabobo.*

**CONCLUSIONES:**

A large, empty rectangular box with a dashed border, intended for writing conclusions.

**RECOMENDACIONES:**

A large, empty rectangular box with a dashed border, intended for writing recommendations.

4.3.1.3 Práctica #3

### **PRÁCTICA # 3**

#### **Aplicación de la Programación CNC para el Mecanizado de Piezas**

##### **OBJETIVO GENERAL:**

- Realizar el mecanizado de piezas partiendo de un código CNC realizado por el estudiante, empleando el Centro de Mecanizado Vertical EMCO VMC-100.

##### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

- Definir los parámetros de corte apropiados para el proceso de mecanizado de partes empleando una fresadora CNC.
- Aplicar los conocimientos de la selección de herramientas de corte apropiada según el material y el tipo de operaciones a realizar durante el mecanizado.
- Practicar los conceptos de reglaje y corrección de herramientas de corte en equipos CNC.
- Aplicar aspectos como sintaxis de programación CNC, códigos G y M estandarizados y sistemas coordinados usados en máquinas con control numérico computarizado.
- Adquirir destrezas en la generación de códigos CNC, para el mecanizado de piezas.
- Aprender el funcionamiento y manejo de máquinas de herramienta con control numérico.

##### **PROCEDIMIENTO:**

Dados los planos de la pieza, características del material a mecanizar y herramientas de corte disponibles en el laboratorio, el estudiante deberá

*Desarrollo de un plan de actividades tendientes a la reparación, puesta en marcha y diseño de prácticas demostrativas para el Centro de Mecanizado Vertical CNC EMCO VMC-100 en el taller Metalmecánico de la Universidad de Carabobo.*

seleccionar la herramienta de corte más apropiada para el mecanizado, tomando en cuenta las capacidades del equipo EMCO VMC-100, material a mecanizar y definiendo los parámetros de corte necesarios (Velocidad de Corte, Velocidad de Giro del Husillo, Avance).

Luego debe generar el código CNC siguiendo los estándares de la ISO, y teniendo en cuenta menor tiempo de mecanizado, colisiones, sistemas de portaherramientas del centro de mecanizado, capacidad de movimiento en los ejes y volumen inicial del material de trabajo.

### **RECOMENDACIONES:**

- Simular el código CNC en software como winunisoft, el cual está disponible para los estudiantes de procesos de fabricación III y es una herramienta didáctica en donde se podrán chequear, recorridos, colisiones, errores en el código y dimensiones de la pieza.
- Tomar en cuenta todas las medidas de seguridad pertinentes a la hora de manipular el centro de mecanizado y estar bajo la supervisión correspondiente.
- Leer el manual de usuario del centro de mecanizado EMCO VMC-100, antes de operar el mismo.

### ACTIVIDAD N°1.

Se requiere mecanizar la pieza que se muestra en el plano de la Figura anexa, a partir de una plancha rectangular de **Aluminio 6061**, de **75 mm de ancho**, **45 mm de largo** y **20 mm de alto**. Empleando herramienta de cortes y brocas de acero extra rápido HSS, en el centro de mecanizado vertical EMCO VMC-100.

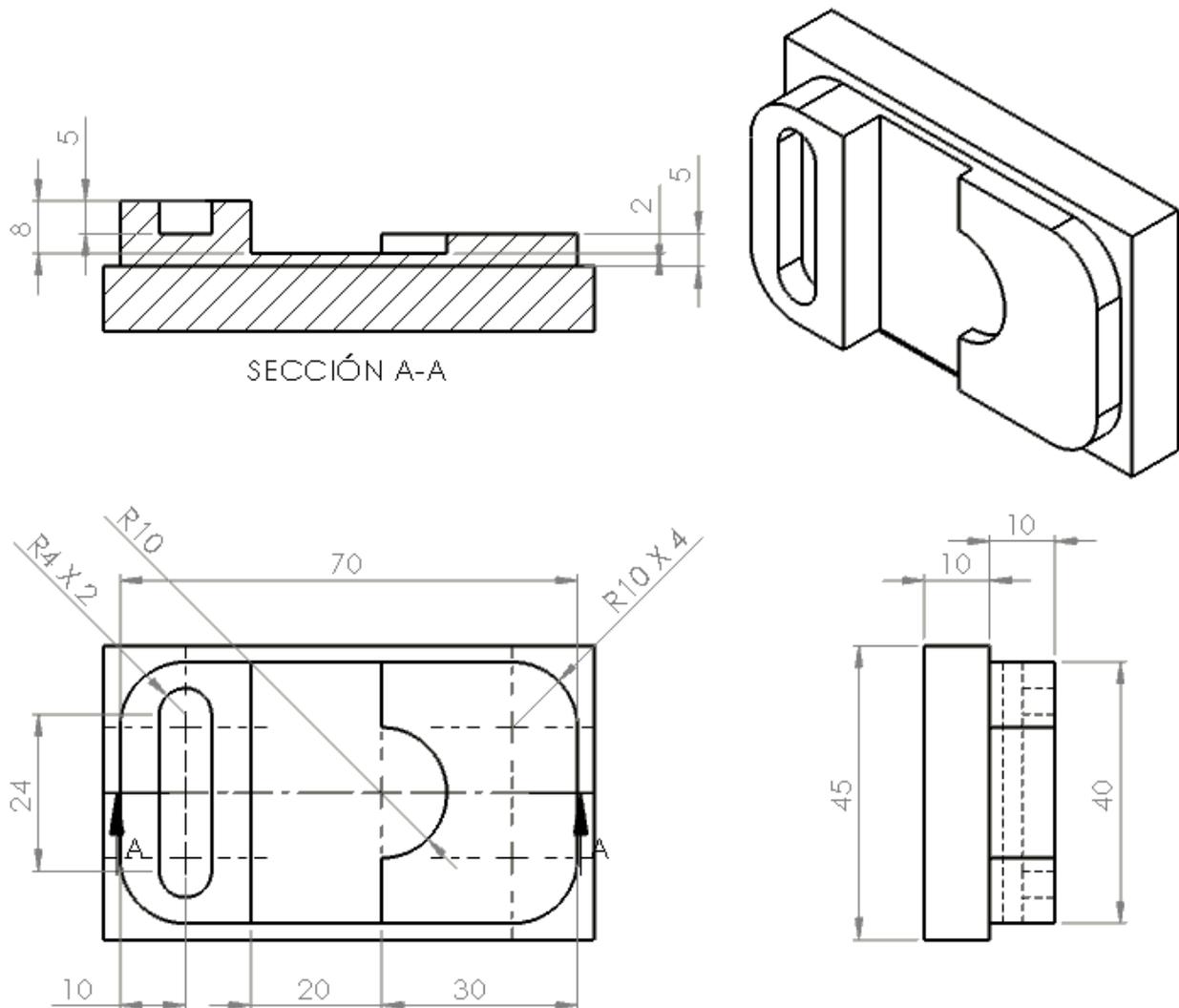


Ilustración 1. Plano de la Pieza 3

*Desarrollo de un plan de actividades tendientes a la reparación, puesta en marcha y diseño de prácticas demostrativas para el Centro de Mecanizado Vertical CNC EMCO VMC-100 en el taller Metalmecánico de la Universidad de Carabobo.*

### **1.1 Selección de Parámetros de Corte**

<b>Parámetro</b>	<b>Desbaste</b>	<b>Acabado</b>
Velocidad de Corte (mm/min)		
Profundidad Máxima (mm)		
Velocidad de Corte (m/min)		

### **1.2 Selección de Herramientas de Corte a utilizar**

1.2.1 Herramientas Seleccionadas:

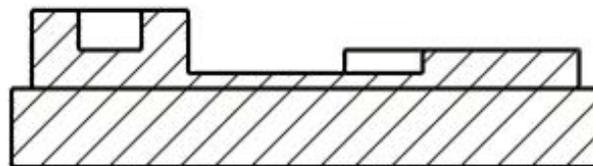
- Herramienta de cortes:

Parámetro	Desbaste	Acabado
Diámetro (mm)		
Número de Dientes		
Código Fabricante		

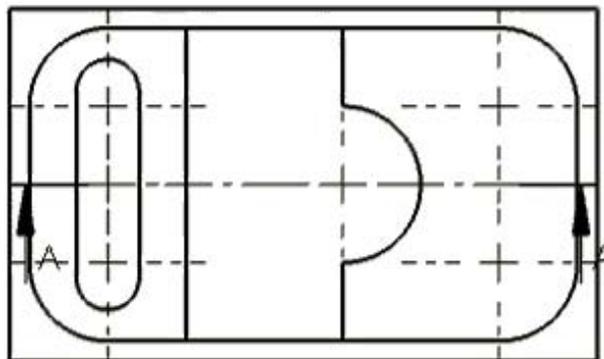
- Brocas:

Proveedor	Diámetro

**1.3 Etapas para el mecanizado.**



SECCIÓN A-A



**Ilustración 2.** Etapas de Mecanizado para la pieza 3.

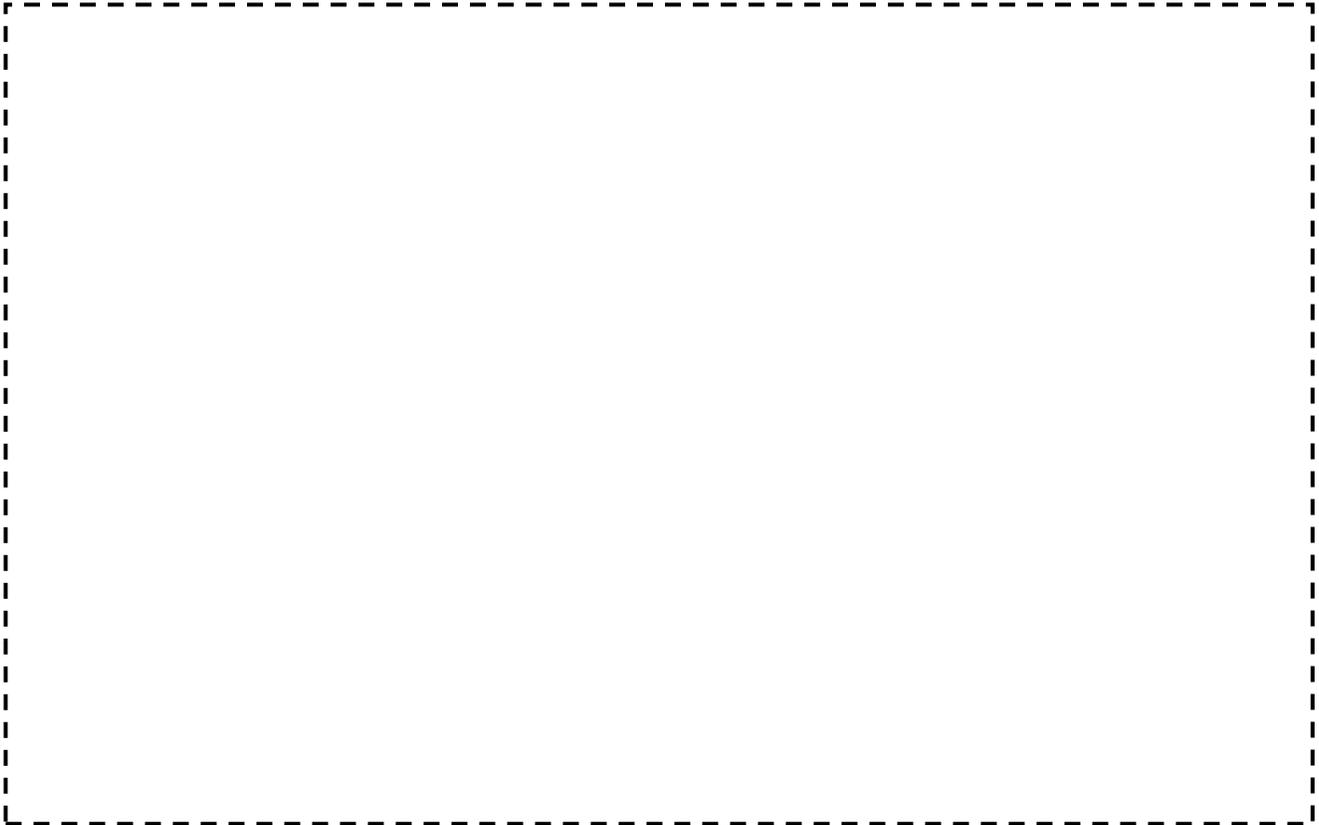


**1.4 Código CNC Para el mecanizado.**

--	--	--

*Desarrollo de un plan de actividades tendientes a la reparación, puesta en marcha y diseño de prácticas demostrativas para el Centro de Mecanizado Vertical CNC EMCO VMC-100 en el taller Metalmecánico de la Universidad de Carabobo.*

**CONCLUSIONES:**

A large, empty rectangular box with a dashed border, intended for writing conclusions.

**RECOMENDACIONES:**

A large, empty rectangular box with a dashed border, intended for writing recommendations.

4.3.2 Implementación de la práctica empleando el centro de mecanizado, con la finalidad de validar el correcto diseño de la misma.

4.3.2.1 Práctica #1:

PLANOS:

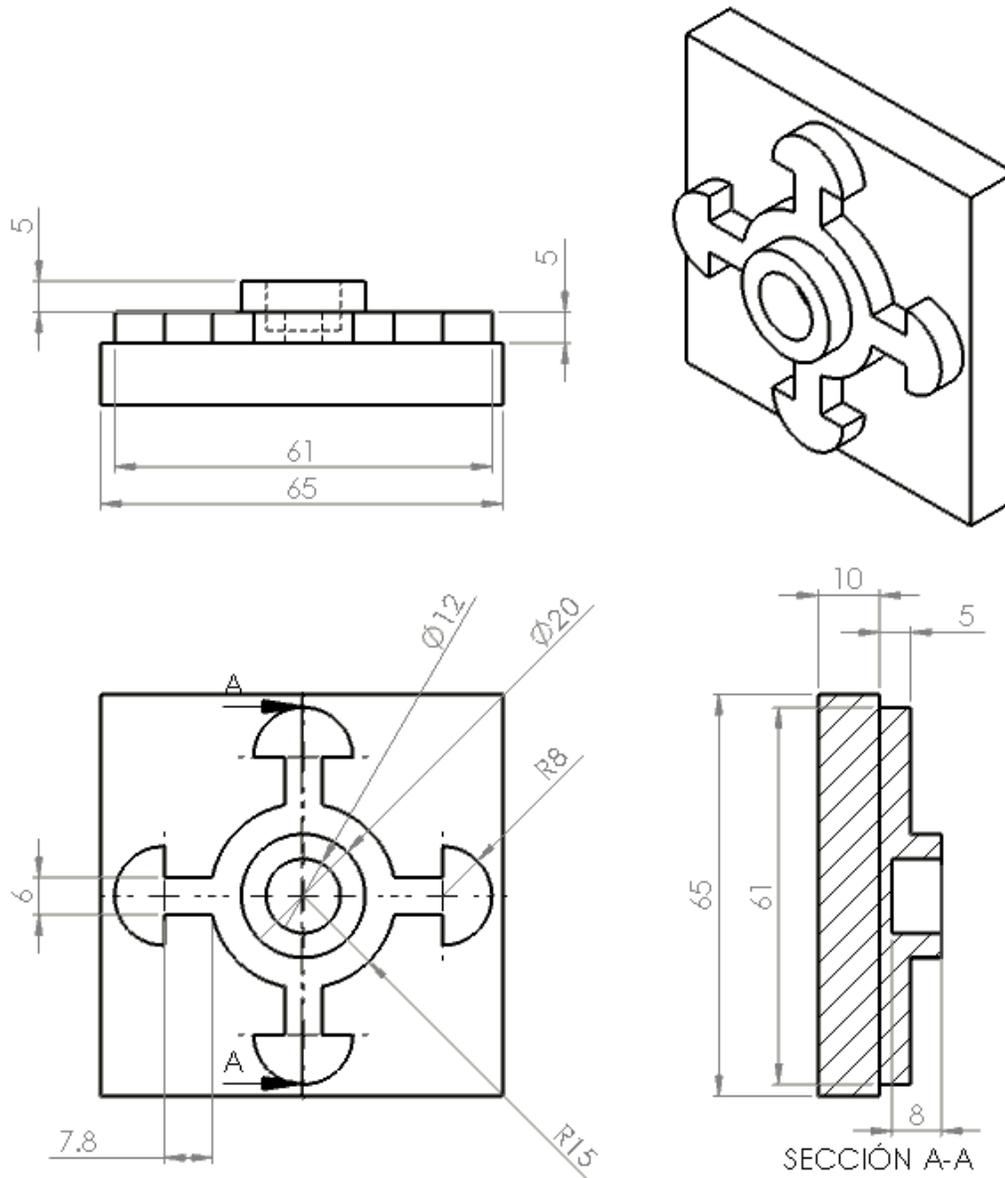


Figura 4.3.2. Planos de la pieza #1

Desarrollo de un plan de actividades tendientes a la reparación, puesta en marcha y diseño de prácticas demostrativas para el Centro de Mecanizado Vertical CNC EMCO VMC-100 en el taller Metalmecánico de la Universidad de Carabobo.

CÓDIGO CNC:

Nota: El siguiente código fue generado con la ayuda de un software CAM.

%	N286 X58.089 Y69.262 Z5.025	N476 X69.851 Y49.7 Z5.218	N688 X69.235 Y39.755 Z5.025
O0000(Pieza #1)	N288 X58.069 Y68.95 Z5.	N478 X70.117 Y49.733 Z5.382	N670 X69.513 Y39.881 Z5.098
N100 G21	N290 X58.015 Y68.11	N480 X70.354 Y49.762 Z5.586	N672 X69.776 Y40.001 Z5.258
N102 G0 G17 G40 G49 G80 G90	N292 G3 X58.014 Y68.078 I.499 J-.032	N482 X70.556 Y49.787 Z5.824	N674 X70.02 Y40.112 Z5.382
N104 T1 M6	N294 X58.015 Y68.043 I.5 J0	N484 X70.719 Y49.807 Z6.092	N676 X70.237 Y40.211 Z5.586
N106 G0 G90 G54 X68.02 Y69.257 A0. S3500	N296 X58.024 Y67.976 I.499 J.035	N486 X70.838 Y49.822 Z6.382	N678 X70.423 Y40.296 Z5.824
M3	N298 X58.042 Y67.912 I.49 J.102	N488 X70.91 Y49.831 Z6.687	N680 X70.572 Y40.363 Z6.092
N108 G43 H0 Z21.	N300 X58.069 Y67.85 I.472 J.166	N490 X70.935 Y49.834 Z7.	N682 X70.681 Y40.413 Z6.382
N110 Z15.	N302 G2 X60.705 Y60.364 I-26.255 J-13.454	N492 G0 Z16.	N684 X70.748 Y40.444 Z6.687
N112 G1 Z6.687 F100.	F400.	N494 X45.826 Y70.879	N686 X70.77 Y40.454 Z7.
N114 X67.968 Y69.206 Z6.382	N304 X67.85 Y57.919 I5.703 J-28.329	N496 Z15.	N688 G0 Z16.
N116 X67.882 Y69.121 Z6.092	N306 G3 X67.91 Y57.894 I.222 J.448	N498 G1 Z6.687 F100.	N690 X69.227 Y-3.049
N118 X67.766 Y69.006 Z5.824	N308 X67.973 Y57.876 I.162 J.473	N500 X45.81 Y70.808 Z6.382	N692 Z15.
N120 X67.621 Y68.862 Z5.586	N310 X68.037 Y57.868 I.099 J.491	N502 X45.784 Y70.69 Z6.092	N694 G1 Z6.687 F100.
N122 X67.452 Y68.694 Z5.382	N312 X68.072 Y57.867 I.035 J.499	N504 X45.749 Y70.53 Z5.824	N696 X69.174 Y-2.998 Z6.382
N124 X67.261 Y68.506 Z5.218	N314 G1 X68.087	N506 X45.705 Y70.331 Z5.586	N698 X69.087 Y-2.915 Z6.092
N126 X67.056 Y68.302 Z5.098	N316 X68.102 Y57.868	N508 X45.654 Y70.098 Z5.382	N700 X68.969 Y-2.802 Z5.824
N128 X66.839 Y68.087 Z5.218	N318 X68.95 Y57.919	N510 X45.596 Y69.837 Z5.218	N702 X68.821 Y-2.661 Z5.586
N130 X66.617 Y67.867 Z5.	N320 X69.262 Y57.938 Z5.025	N512 X45.534 Y69.554 Z5.098	N704 X68.649 Y-2.496 Z5.382
N132 G3 X66.569 Y67.812 I.352 J-.356	N322 X69.567 Y57.956 Z5.098	N514 X45.468 Y69.256 Z5.025	N706 X68.455 Y-2.312 Z5.218
N134 X66.53 Y67.752 I.4 J-.301	N324 X69.856 Y57.973 Z5.218	N516 X45.401 Y68.95 Z5.	N708 X68.246 Y-2.111 Z5.098
N136 X66.5 Y67.686 I.439 J-.241	N326 X70.123 Y57.99 Z5.382	N518 X45.262 Y68.316	N710 X68.025 Y-1.9 Z5.025
N138 X66.48 Y67.617 I.469 J-.175	N328 X70.362 Y58.004 Z5.586	N520 G3 X45.252 Y68.253 I.488 J-.108	N712 X67.799 Y-1.684 Z5.
N140 X66.47 Y67.545 I.489 J-.106	N330 X70.565 Y58.015 Z5.824	N522 X45.25 Y68.208 I.498 J-.045	N714 G3 X67.745 Y-1.64 I-.346 J-362
N142 X66.469 Y67.511 I.499 J-.034	N332 X70.729 Y58.026 Z6.092	N524 G1 Y68.19	N716 X67.686 Y-1.603 I-.292 J-.406
N144 X66.47 Y67.473 I.5 J0.	N334 X70.849 Y58.033 Z6.382	N526 G3 X45.257 Y68.127 I.5 J0.18	N718 X67.622 Y-1.575 I-.233 J-.443
N146 X66.481 Y67.402 I.499 J.038	N336 X70.922 Y58.038 Z6.687	N528 X45.271 Y68.065 I.493 J.081	N720 X67.555 Y-1.556 I-.169 J-.471
N148 X66.502 Y67.332 I.488 J.109	N338 X70.946 Y58.039 Z7.	N530 X45.293 Y68.005 I.479 J.143	N722 X67.487 Y-1.547 I-.102 J-.499
N150 G2 X66.818 Y66.476 I-35.744 J-13.698	N340 G0 Z16.	N532 X45.322 Y67.949 I.457 J.203	N724 X67.453 Y-1.546 I-.034 J-.499
F400.	N342 X54.087 Y70.918	N534 X45.359 Y67.897 I.428 J.259	N726 X67.417 Y-1.547 I0. J-5
N152 X67.508 Y66.23 I-11.975 J-34.588	N344 Z15.	N536 X45.401 Y67.85 I.391 J.311	N728 X67.348 Y-1.557 I.036 J-.499
N154 G3 X67.586 Y66.208 I.173 J.469	N346 G1 Z6.687 F100.	N538 G2 X48.531 Y63.827 I-12.959 J-13.311	N730 X67.281 Y-1.576 I.105 J-.489
N156 X67.666 Y66.199 I.095 J.491	N348 X54.081 Y70.845 Z6.382	F400.	N732 G2 X66.814 Y-1.744 I-12.911 J35.167
N158 G1 X67.681	N350 X54.07 Y70.725 Z6.092	N540 X50.839 Y55.693 I-13.178 J-8.134	F400.
N160 G3 X67.747 Y66.203 I0. J.5	N352 X54.056 Y70.562 Z5.824	N542 X50.004 Y50.675 I-15.486 J0.	N734 X66.636 Y-2.245 I-34.847 J12.146
N162 X67.826 Y66.22 I-.069 J.496	N354 X54.038 Y70.359 Z5.586	N544 G1 X51.017 Y49.662	N736 G3 X66.617 Y-2.311 I.469 J-.172
N164 X67.901 Y66.249 I-.145 J.479	N356 X54.016 Y70.121 Z5.382	N546 X54.324 Y50.515	N738 X66.607 Y-2.377 I.489 J-.107
N166 X67.97 Y66.29 I-22 J.45	N358 X53.993 Y69.854 Z5.218	N548 G2 X55.133 Y50.533 I.809 J-18.425	N740 X66.605 Y-2.417 I.498 J-.04
N168 X68.032 Y66.342 I-.289 J.409	N360 X53.967 Y69.566 Z5.098	N550 X67.85 Y45.446 I0. J-18.443	N742 X66.606 Y-2.444 I5 J0.
N170 X68.085 Y66.403 I-.351 J.357	N362 X53.94 Y69.262 Z5.025	N552 G3 X67.945 Y45.375 I.345 J.362	N744 X66.614 Y-2.511 I.499 J.027
N172 G1 X68.27 Y66.655 Z5.025	N364 X53.912 Y68.95 Z5.	N554 X68.055 Y45.328 I.25 J.433	N746 X66.631 Y-2.576 I.491 J.094
N174 X68.45 Y66.902 Z5.098	N366 X53.841 Y68.154	N556 X68.172 Y45.309 I.14 J.48	N748 X66.657 Y-2.639 I.474 J.159
N176 X68.622 Y67.135 Z5.218	N368 G3 X53.839 Y68.11 I.498 J-.044	N558 X68.195 Y45.308 I.023 J.499	N750 X66.691 Y-2.697 I.448 J.222
N178 X68.78 Y67.351 Z5.382	N370 X53.84 Y68.075 I.5 J0.	N560 X68.291 Y45.317 I0. J.5	N752 X66.733 Y-2.75 I.414 J.28
N180 X68.921 Y67.544 Z5.586	N372 X53.852 Y67.996 I.499 J.035	N562 G1 X68.95 Y45.446	N754 G1 X66.94 Y-2.983 Z5.025
N182 X69.041 Y67.708 Z5.824	N374 X53.876 Y67.921 I.487 J.114	N564 X69.257 Y45.506 Z5.025	N756 X67.145 Y-3.211 Z5.098
N184 X69.138 Y67.84 Z6.092	N376 X53.912 Y67.85 I.463 J.189	N566 X69.557 Y45.564 Z5.098	N758 X67.338 Y-3.427 Z5.218
N186 X69.209 Y67.937 Z6.382	N378 G2 X57.48 Y67.138 I-21.623 J-13.153	N568 X69.841 Y45.62 Z5.218	N760 X67.517 Y-3.626 Z5.382
N188 X69.252 Y67.996 Z6.687	F400.	N570 X70.104 Y45.671 Z5.382	N762 X67.676 Y-3.804 Z5.586
N190 X69.267 Y68.016 Z7.	N380 X67.85 Y53.776 I-2.371 J-24.987	N572 X70.338 Y45.717 Z5.586	N764 X67.812 Y-3.956 Z5.824
N192 G0 Z16.	N382 G3 X67.919 Y53.742 I.254 J.431	N574 X70.538 Y45.756 Z5.824	N766 X67.921 Y-4.078 Z6.092
N194 X62.337 Y70.916	N384 X67.993 Y53.719 I.185 J.465	N576 X70.699 Y45.787 Z6.092	N768 X68.002 Y-4.167 Z6.382
N196 Z15.	N386 X68.069 Y53.708 I.111 J.488	N578 X70.817 Y45.81 Z6.382	N770 X68.05 Y-4.222 Z6.687
N198 G1 Z6.687 F100.	N388 X68.104 Y53.707 I.035 J.499	N580 X70.889 Y45.824 Z6.687	N772 X68.067 Y-4.24 Z7.
N200 X62.332 Y70.843 Z6.382	N390 X68.146 Y53.709 I0. J.5	N582 X70.913 Y45.829 Z7.	N774 G0 Z16.
N202 X62.323 Y70.723 Z6.092	N392 G1 X68.95 Y53.776	N584 G0 Z16.	N776 X70.915 Y2.584
N204 X62.312 Y70.559 Z5.824	N394 X69.262 Y53.802 Z5.025	N586 X40.237 Y70.706	N778 Z15.
N206 X62.297 Y70.356 Z5.586	N396 X69.566 Y53.828 Z5.098	N588 Z15.	N780 G1 Z6.687 F100.
N208 X62.281 Y70.118 Z5.382	N398 X69.855 Y53.852 Z5.218	N590 G1 Z6.687 F100.	N782 X70.842 Y2.589 Z6.382
N210 X62.262 Y69.851 Z5.218	N400 X70.121 Y53.874 Z5.382	N592 X40.204 Y70.641 Z6.382	N784 X70.722 Y2.597 Z6.092
N212 X62.241 Y69.562 Z5.098	N402 X70.359 Y53.894 Z5.586	N594 X40.149 Y70.534 Z6.092	N786 X70.558 Y2.608 Z5.824
N214 X62.22 Y69.257 Z5.025	N404 X70.562 Y53.911 Z5.824	N596 X40.074 Y70.388 Z5.824	N788 X70.355 Y2.622 Z5.586
N216 X62.198 Y68.945 Z5.	N406 X70.726 Y53.925 Z6.092	N598 X39.98 Y70.207 Z5.586	N790 X70.117 Y2.638 Z5.382
N218 X62.137 Y68.089	N408 X70.845 Y53.935 Z6.382	N600 X39.871 Y69.995 Z5.382	N792 X69.85 Y2.656 Z5.218
N220 G3 X62.136 Y68.054 I.499 J-.035	N410 X70.918 Y53.941 Z6.687	N602 X39.748 Y69.757 Z5.218	N794 X69.56 Y2.675 Z5.098
N222 G1 Y68.041	N412 X70.943 Y53.943 Z7.	N604 X39.616 Y69.499 Z5.098	N796 X69.256 Y2.696 Z5.025
N224 Y68.028	N414 G0 Z16.	N606 X39.476 Y69.228 Z5.025	N800 X68.944 Y2.717 Z5.
N226 G3 X62.143 Y67.967 I.5 J0.26	N416 X49.937 Y70.908	N608 X39.332 Y68.95 Z5.	N802 X68.082 Y2.775
N228 X62.157 Y67.907 I.493 J.087	N418 Z15.	N610 X39.114 Y68.525	N804 G3 X68.048 Y2.776 I-0.34 J-.499
N230 X62.179 Y67.85 I.479 J.147	N420 G1 Z6.687 F100.	N612 G3 X39.077 Y68.434 I.444 J-.229	N806 X67.964 Y2.769 I0. J-5
N232 G2 X63.786 Y63.443 I-30.707 J-13.692	N422 X49.927 Y70.836 Z6.382	N614 X39.06 Y68.337 I.481 J-.138	N808 X67.85 Y2.736 I.084 J-.493
F400.	N424 X49.911 Y70.716 Z6.092	N616 X39.058 Y68.296 I.498 J-.041	N810 G2 X63.787 Y1.289 I-13.103 J30.367
N234 X67.85 Y62.009 I-8.795 J-31.404	N426 X49.89 Y70.554 Z5.824	N618 X39.061 Y68.238 I.5 J0.	F400.
N236 G3 X67.963 Y61.976 I.197 J.46	N428 X49.863 Y70.352 Z5.586	N620 X39.082 Y68.142 I.497 J.058	N810 X62.312 Y-2.85 I-31.628 J8.941
N238 X68.047 Y61.969 I.084 J.493	N430 X49.831 Y70.115 Z5.382	N622 X39.122 Y68.052 I.476 J.154	N812 G3 X62.278 Y-2.964 I.458 J-.199
N240 X68.081 Y61.97 I0. J.5	N432 X49.796 Y69.85 Z5.218	N624 X39.178 Y67.971 I.436 J.244	N814 X62.271 Y-3.049 I.492 J-.085
N242 G1 X68.948 Y62.028	N434 X49.758 Y69.563 Z5.098	N626 X39.249 Y67.903 I.38 J.325	N816 X62.272 Y-3.083 I.499 J0.
N244 X69.26 Y62.049 Z5.025	N436 X49.718 Y69.26 Z5.025	N628 X39.332 Y67.85 I.309 J.393	N818 G1 X62.33 Y-3.943
N246 X69.565 Y62.069 Z5.098	N438 X49.677 Y68.95 Z5.	N630 G2 X42.921 Y65.325 I-6.85 J-13.551	N820 X62.352 Y-4.255 Z5.025
N248 X69.854 Y62.089 Z5.218	N440 X49.579 Y68.218	F400.	N822 X62.372 Y-4.56 Z5.098
N250 X70.121 Y62.106 Z5.382	N442 G3 X49.575 Y68.152 I.502 J-.066	N632 X47.121 Y57.309 I-11.429 J-11.097	N824 X62.392 Y-4.849 Z5.218
N252 X70.359 Y62.122 Z5.586	N444 X49.576 Y68.121 I.5 J0.	N634 X47.334 Y55.466 I-7.848 J-1.843	N826 X62.41 Y-5.116 Z5.382
N254 X70.563 Y62.136 Z5.824	N446 X49.591 Y68.024 I.499 J.031	N636 X45.207 Y50.009 I-8.061 J0.	N828 X62.427 Y-5.354 Z5.586
N256 X70.726 Y62.147 Z6.092	N448 X49.625 Y67.933 I.484 J.128	N638 X50.351 Y44.865 I-17.323 J-22.468	N830 X62.44 Y-5.557 Z5.824
N258 X70.846 Y62.155 Z6.382	N450 X49.677 Y67.85 I.45 J.219	N640 X44.666 Y46.957 I6.812 J-8.553	N832 X62.452 Y-5.721 Z6.092
N260 X70.919 Y62.16 Z6.687	N452 G2 X54.06 Y54.819 I-17.179 J-13.031	N642 X55.082 Y46.963 I.416 J-14.978	N834 X62.46 Y-5.841 Z6.382
N262 X70.944 Y62.161 Z7.	F400.	N644 X66.535 Y42.714 I0. J-14.984	N836 X62.465 Y-6.014 Z6.687
N264 G0 Z16.	N454 X54.03 Y53.688 I-21.562 J0.	N646 X67.85 Y39.625 I-10.927 J-10.6	N838 X62.466 Y-6.038 Z7.
N266 X58.195 Y70.921	N456 X55.158 Y53.718 I1.128 J-21.54	N648 G3 X67.903 Y39.55 I.435 J.242	N840 G0 Z16.
N268 Z15.	N458 X67.85 Y49.589 I0. J-21.57	N650 X67.969 Y39.485 I.382 J.327	N842 X70.922 Y6.698
N270 G1 Z6.687 F100.	N460 G3 X67.931 Y49.541 I.294 J.404	N652 X68.046 Y39.433 I.316 J.387	N844 Z15.
N272 X58.191 Y70.848 Z6.382	N462 X68.019 Y49.509 I.213 J.452	N654 X68.131 Y39.397 I.239 J.439	N846 G1 Z6.687 F100.
N274 X58.183 Y70.728 Z6.092	N464 X68.112 Y49.494 I.125 J.484	N656 X68.221 Y39.376 I.154 J.475	N848 X70.849 Y6.703 Z6.382
N276 X58.172 Y70.565 Z5.824	N466 X68.144 Y49.493 I.032 J.499	N658 X68.285 Y39.372 I.064 J.496	N850 X70.729 Y6.71 Z6.092
N278 X58.159 Y70.361 Z5.586	N468 X68.205 Y49.497 I0. J.5	N660 X68.313 Y39.373 I0. J.5	N852 X70.565 Y6.72 Z5.824
N280 X58.144 Y70.123 Z5.382	N470 G1 X68.95 Y49.589	N662 X68.405 Y39.387 I-.028 J.499	N854 X70.362 Y6.732 Z5.586
N282 X58.127 Y69.856 Z5.218	N472 X69.261 Y49.627 Z5.025	N664 X68.492 Y39.417 I-.12 J.485	N856 X70.123 Y6.746 Z5.382
N284 X58.108 Y69.567 Z5.098	N474 X69.563 Y49.664 Z5.098	N666 G1 X68.95 Y39.625	N858 X69.856 Y6.763 Z5.218

Capítulo IV. Desarrollo

N860 X69.567 Y6.78 Z5.098  
 N862 X69.262 Y6.798 Z5.025  
 N864 X68.95 Y6.817 Z5  
 N866 X68.102 Y6.868  
 N868 G3 X68.072 Y6.869 I-.03 J-.499  
 N870 X68.037 Y6.868 I0. J-.5  
 N872 X67.973 Y6.859 I.035 J-.499  
 N874 X67.91 Y6.842 I.099 J-.499  
 N876 X67.85 Y6.817 I.162 J-.473  
 N878 G2 X60.708 Y4.371 I-12.884 J25.968 F400.  
 N880 X58.219 Y-2.85 I-28.423 J5.758  
 N882 G3 X58.194 Y-2.91 I.447 J-.224  
 N884 X58.176 Y-2.974 I.472 J-.164  
 N886 X58.168 Y-3.039 I.49 J-.1  
 N888 X58.167 Y-3.074 I.498 J-.035  
 N890 G1 Y-3.089  
 N892 X58.168 Y-3.104  
 N894 X58.219 Y-3.95  
 N896 X58.238 Y-4.262 Z5.025  
 N898 X58.257 Y-4.567 Z5.098  
 N900 X58.275 Y-4.856 Z5.218  
 N902 X58.291 Y-5.123 Z5.382  
 N904 X58.306 Y-5.382 Z5.586  
 N906 X58.318 Y-5.565 Z5.824  
 N908 X58.328 Y-5.729 Z6.092  
 N910 X58.336 Y-5.849 Z6.382  
 N912 X58.34 Y-5.922 Z6.687  
 N914 X58.342 Y-5.946 Z7.  
 N916 G0 Z16.  
 N918 X70.918 Y10.786  
 N920 Z15.  
 N922 G1 Z6.687 F100.  
 N924 X70.845 Y10.792 Z6.382  
 N926 X70.726 Y10.802 Z6.092  
 N928 X70.562 Y10.815 Z5.824  
 N930 X70.359 Y10.832 Z5.586  
 N932 X70.121 Y10.852 Z5.382  
 N934 X69.855 Y10.875 Z5.218  
 N936 X69.566 Y10.899 Z5.098  
 N938 X69.262 Y10.924 Z5.025  
 N940 X68.95 Y10.951 Z5.  
 N942 X68.145 Y11.018  
 N944 G3 X68.104 Y11.021 I-.041 J-.498  
 N946 X68.069 Y11.018 I0. J-.5  
 N948 X67.992 Y11.007 I.035 J-.498  
 N950 X67.919 Y10.984 I.112 J-.487  
 N952 X67.85 Y10.951 I.185 J-.464  
 N954 G2 X57.48 Y7.595 I-12.713 J21.589 F400.  
 N956 X54.078 Y-2.85 I-24.955 J2.351  
 N958 G3 X54.044 Y-2.92 I.43 J-.255  
 N960 X54.021 Y-2.993 I.464 J-.185  
 N962 X54.01 Y-3.071 I.487 J-.112  
 N964 X54.009 Y-3.105 I.498 J-.035  
 N966 X54.01 Y-3.148 I.499 J0.  
 N968 G1 X54.078 Y-3.95  
 N970 X54.105 Y-4.262 Z5.025  
 N972 X54.131 Y-4.566 Z5.098  
 N974 X54.155 Y-4.855 Z5.218  
 N976 X54.178 Y-5.121 Z5.382  
 N978 X54.198 Y-5.359 Z5.586  
 N980 X54.216 Y-5.562 Z5.824  
 N982 X54.23 Y-5.726 Z6.092  
 N984 X54.24 Y-5.845 Z6.382  
 N986 X54.246 Y-5.918 Z6.687  
 N988 X54.248 Y-5.943 Z7.  
 N990 G0 Z16.  
 N992 X70.91 Y14.903  
 N994 Z15.  
 N996 G1 Z6.687 F100.  
 N998 X70.838 Y14.912 Z6.382  
 N1000 X70.718 Y14.927 Z6.092  
 N1002 X70.556 Y14.947 Z5.824  
 N1004 X70.353 Y14.972 Z5.586  
 N1006 X70.117 Y15.002 Z5.382  
 N1008 X69.851 Y15.034 Z5.218  
 N1010 X69.563 Y15.07 Z5.098  
 N1012 X69.26 Y15.108 Z5.025  
 N1014 X68.95 Y15.146 Z5.  
 N1016 X68.206 Y15.239  
 N1018 G3 X68.145 Y15.243 I-.061 J-.497  
 N1020 X68.112 Y15.241 I0. J-.501  
 N1022 X68.019 Y15.226 I.033 J-.499  
 N1024 X67.931 Y15.194 I.126 J-.484  
 N1026 X67.85 Y15.146 I.214 J-.452  
 N1028 G2 X65.18 Y11.014 I-12.67 J17.36 F400.  
 N1030 X54.041 Y11.044 I0. J21.492  
 N1032 X54.091 Y9.899 I-13.034 J-1.145  
 N1034 X54.076 Y9.274 I-13.084 J0.  
 N1036 X49.862 Y-2.85 I-21.633 J.726  
 N1038 G3 X49.813 Y-2.931 I.402 J-.297  
 N1040 X49.78 Y-3.021 I.451 J-.216  
 N1042 X49.765 Y-3.115 I.484 J-.126  
 N1044 X49.764 Y-3.147 I.499 J-.032  
 N1046 X49.768 Y-3.21 I5. J0.  
 N1048 G1 X49.862 Y-3.95  
 N1050 X49.901 Y-4.26 Z5.025  
 N1052 X49.939 Y-4.563 Z5.098  
 N1054 X49.976 Y-4.851 Z5.218  
 N1056 X50.009 Y-5.116 Z5.382  
 N1058 X50.039 Y-5.353 Z5.586  
 N1060 X50.065 Y-5.555 Z5.824  
 N1062 X50.085 Y-5.718 Z6.092  
 N1064 X50.101 Y-5.837 Z6.382  
 N1066 X50.11 Y-5.91 Z6.687  
 N1068 X50.113 Y-5.934 Z7.

N1070 G0 Z16.  
 N1072 X70.886 Y18.911  
 N1074 Z15.  
 N1076 G1 Z6.687 F100.  
 N1078 X70.814 Y18.926 Z6.382  
 N1080 X70.696 Y18.95 Z6.092  
 N1082 X70.536 Y18.982 Z5.824  
 N1084 X70.336 Y19.023 Z5.586  
 N1086 X70.102 Y19.07 Z5.382  
 N1088 X69.84 Y19.124 Z5.218  
 N1090 X69.556 Y19.181 Z5.098  
 N1092 X69.257 Y19.242 Z5.025  
 N1094 X68.95 Y19.304 Z5.  
 N1096 X68.299 Y19.437  
 N1098 G3 X68.199 Y19.447 I-1. J-.49  
 N1100 X68.178 Y19.446 I0. J-.5  
 N1102 X68.058 Y19.426 I.021 J-.499  
 N1104 X67.947 Y19.378 I.141 J-.479  
 N1106 X67.85 Y19.304 I.252 J-.431  
 N1108 G2 X66.366 Y18.003 I-12.876 J13.185 F400.  
 N1110 X60.028 Y14.835 I-13.003 J18.091  
 N1112 X55.874 Y14.21 I-4.154 J13.498  
 N1114 X51.018 Y15.072 I0. J14.123  
 N1116 G1 X49.993 Y14.047  
 N1118 G2 X50.828 Y9.075 I-14.377 J-4.972  
 N1120 X49.28 Y2.387 I-15.212 J0.  
 N1122 X45.696 Y-2.85 I-16.583 J7.504  
 N1124 G3 X45.622 Y-2.947 I.357 J-.35  
 N1126 X45.574 Y-3.059 I.431 J-.253  
 N1128 X45.554 Y-3.179 I.479 J-.141  
 N1130 G1 Y-3.2  
 N1132 G3 X45.563 Y-3.3 I.499 J0.  
 N1134 G1 X45.696 Y-3.95  
 N1136 X45.759 Y-4.257 Z5.025  
 N1138 X45.82 Y-4.556 Z5.098  
 N1140 X45.878 Y-4.84 Z5.218  
 N1142 X45.931 Y-5.102 Z5.382  
 N1144 X45.979 Y-5.336 Z5.586  
 N1146 X46.02 Y-5.535 Z5.824  
 N1148 X46.053 Y-5.696 Z6.092  
 N1150 X46.077 Y-5.814 Z6.382  
 N1152 X46.092 Y-5.885 Z6.687  
 N1154 X46.097 Y-5.91 Z7.  
 N1156 G0 Z16.  
 N1158 X70.752 Y24.28  
 N1160 Z15.  
 N1162 G1 Z6.687 F100.  
 N1164 X70.685 Y24.31 Z6.382  
 N1166 X70.576 Y24.359 Z6.092  
 N1168 X70.426 Y24.426 Z5.824  
 N1170 X70.24 Y24.509 Z5.586  
 N1172 X70.023 Y24.607 Z5.382  
 N1174 X69.778 Y24.717 Z5.218  
 N1176 X69.514 Y24.835 Z5.098  
 N1178 X69.235 Y24.96 Z5.025  
 N1180 X68.95 Y25.088 Z5.  
 N1182 X68.488 Y25.295  
 N1184 G3 X68.401 Y25.325 I-.204 J-.456  
 N1186 X68.311 Y25.338 I-.117 J-.486  
 N1188 X68.284 Y25.339 I-.027 J-.499  
 N1190 X68.219 Y25.335 I0. J-.5  
 N1192 X68.129 Y25.315 I.065 J-.496  
 N1194 X68.045 Y25.279 I.155 J-.476  
 N1196 X67.969 Y25.227 I.239 J-.44  
 N1198 X67.903 Y25.163 I.315 J-.388  
 N1200 X67.85 Y25.088 I.381 J-.324  
 N1202 G2 X64.095 Y20.762 I-12.918 J7.421 F400.  
 N1204 X55.766 Y17.767 I-9.315 J12.824  
 N1206 X55.484 Y17.762 I-.282 J7.282  
 N1208 X50.354 Y19.873 I0. J7.287  
 N1210 X45.206 Y14.728 I-22.687 J17.555  
 N1212 X47.352 Y9.451 I-5.415 J-5.277  
 N1214 X47.193 Y7.909 I-7.561 J0.  
 N1216 X43.364 Y-.132 I-15.679 J2.535  
 N1218 X39.842 Y-2.85 I-10.851 J10.42  
 N1220 G3 X39.765 Y-2.903 I.243 J-.437  
 N1222 X39.699 Y-2.969 I.32 J-.384  
 N1224 X39.647 Y-3.047 I.386 J-.318  
 N1226 X39.61 Y-3.102 I.438 J-.24  
 N1228 X39.589 Y-3.223 I.475 J-.155  
 N1230 X39.585 Y-3.287 I.496 J-.064  
 N1232 X39.586 Y-3.317 I.5 J0.  
 N1234 X39.601 Y-3.409 I.499 J.03  
 N1236 X39.632 Y-3.497 I.484 J.122  
 N1238 G1 X39.842 Y-3.95  
 N1240 X39.973 Y-4.234 Z5.025  
 N1242 X40.102 Y-4.511 Z5.098  
 N1244 X40.224 Y-4.774 Z5.218  
 N1246 X40.336 Y-5.017 Z5.382  
 N1248 X40.437 Y-5.233 Z5.586  
 N1250 X40.522 Y-5.418 Z5.824  
 N1252 X40.591 Y-5.567 Z6.092  
 N1254 X40.642 Y-5.676 Z6.382  
 N1256 X40.673 Y-5.742 Z6.687  
 N1258 X40.683 Y-5.764 Z7.  
 N1260 G0 Z16.  
 N1262 X-3.067 Y-4.115  
 N1264 Z15.  
 N1266 G1 Z6.687 F100.  
 N1268 X-3.003 Y-4.08 Z6.382  
 N1270 X-2.897 Y-4.023 Z6.092  
 N1272 X-2.753 Y-3.945 Z5.824  
 N1274 X-2.573 Y-3.848 Z5.586  
 N1276 X-2.363 Y-3.735 Z5.382  
 N1278 X-2.128 Y-3.608 Z5.218  
 N1280 X-1.873 Y-3.471 Z5.098

N1282 X-1.604 Y-3.326 Z5.025  
 N1284 X-1.329 Y-3.177 Z5.  
 N1286 G3 X-1.254 Y-3.128 I-.237 J.44  
 N1288 X-1.189 Y-3.066 I-.312 J.391  
 N1290 X-1.136 Y-2.993 I-.377 J.329  
 N1292 X-1.097 Y-2.912 I-.43 J.256  
 N1294 X-1.074 Y-2.826 I-.469 J.175  
 N1296 X-1.066 Y-2.737 I-.492 J.089  
 N1298 X-1.074 Y-2.647 I-.5 J-.001  
 N1300 X-1.098 Y-2.56 I-.492 J-.09  
 N1302 G2 X-1.398 Y-1.74 I35.246 J13.338 F400.  
 N1304 X-2.429 Y-1.368 I11.847 J34.379  
 N1306 G3 X-2.501 Y-1.346 I-.177 J-.467  
 N1308 X-2.576 Y-1.336 I-.105 J-.489  
 N1310 X-2.606 Y-1.335 I-.03 J-.499  
 N1312 X-2.651 Y-1.337 I0. J-.5  
 N1314 X-2.726 Y-1.35 I.045 J-.498  
 N1316 X-2.797 Y-1.373 I.12 J-.485  
 N1318 X-2.865 Y-1.407 I.191 J-.462  
 N1320 X-2.926 Y-1.451 I.259 J-.428  
 N1322 X-2.98 Y-1.503 I.32 J-.384  
 N1324 G1 X-3.188 Y-1.737 Z5.025  
 N1326 X-3.39 Y-1.966 Z5.098  
 N1328 X-3.582 Y-2.183 Z5.218  
 N1330 X-3.76 Y-2.383 Z5.382  
 N1332 X-3.918 Y-2.561 Z5.586  
 N1334 X-4.054 Y-2.714 Z5.824  
 N1336 X-4.162 Y-2.837 Z6.092  
 N1338 X-4.242 Y-2.927 Z6.382  
 N1340 X-4.291 Y-2.981 Z6.687  
 N1342 X-4.307 Y-3. Z7.  
 N1344 G0 Z16.  
 N1346 X3.024 Y-5.923  
 N1348 Z15.  
 N1350 G1 Z6.687 F100.  
 N1352 X3.027 Y-5.85 Z6.382  
 N1354 X3.033 Y-5.73 Z6.092  
 N1356 X3.041 Y-5.566 Z5.824  
 N1358 X3.05 Y-5.363 Z5.586  
 N1360 X3.061 Y-5.124 Z5.382  
 N1362 X3.074 Y-4.857 Z5.218  
 N1364 X3.087 Y-4.567 Z5.098  
 N1366 X3.101 Y-4.263 Z5.025  
 N1368 X3.116 Y-3.95 Z5.  
 N1370 X3.157 Y-3.073  
 N1372 G3 X3.158 Y-3.049 I-.499 J.024  
 N1374 X3.149 Y-2.959 I-.5 J0.  
 N1376 X3.116 Y-2.85 I-.491 J-.09  
 N1378 G2 X1.631 Y1.289 I30.674 J13.342 F400.  
 N1380 X-2.85 Y2.908 I8.833 J31.457  
 N1382 G3 X-2.907 Y2.929 I-.204 J-.457  
 N1384 X-2.967 Y2.944 I-.147 J-.478  
 N1386 X-3.028 Y2.951 I-.087 J-.493  
 N1388 X-3.054 Y2.952 I-.026 J-.5  
 N1390 X-3.089 Y2.95 I0. J-.501  
 N1392 G1 X-3.947 Y2.889  
 N1394 X-4.259 Y2.867 Z5.025  
 N1396 X-4.563 Y2.846 Z5.098  
 N1398 X-4.852 Y2.825 Z5.218  
 N1400 X-5.119 Y2.806 Z5.382  
 N1402 X-5.357 Y2.789 Z5.586  
 N1404 X-5.561 Y2.775 Z5.824  
 N1406 X-5.724 Y2.763 Z6.092  
 N1408 X-5.844 Y2.755 Z6.382  
 N1410 X-5.917 Y2.75 Z6.687  
 N1412 X-5.942 Y2.748 Z7.  
 N1414 G0 Z16.  
 N1416 X7.086 Y-5.922  
 N1418 Z15.  
 N1420 G1 Z6.687 F100.  
 N1422 X7.09 Y-5.849 Z6.382  
 N1424 X7.097 Y-5.729 Z6.092  
 N1426 X7.107 Y-5.565 Z5.824  
 N1428 X7.12 Y-5.362 Z5.586  
 N1430 X7.134 Y-5.123 Z5.382  
 N1432 X7.151 Y-4.856 Z5.218  
 N1434 X7.169 Y-4.567 Z5.098  
 N1436 X7.187 Y-4.262 Z5.025  
 N1438 X7.206 Y-3.95 Z5.  
 N1440 X7.258 Y-3.104  
 N1442 G3 X7.259 Y-3.073 I-.499 J.031  
 N1444 X7.258 Y-3.039 I-.5 J0.  
 N1446 X7.249 Y-2.974 I-.499 J-.034  
 N1448 X7.232 Y-2.91 I-.49 J-.099  
 N1450 X7.206 Y-2.85 I-.473 J-.163  
 N1452 G2 X4.71 Y4.368 I26.264 J13.122 F400.  
 N1454 X-2.85 Y7.027 I5.724 J28.353  
 N1456 G3 X-2.912 Y7.054 I-.23 J-.444  
 N1458 X-2.977 Y7.072 I-.168 J-.471  
 N1460 X-3.045 Y7.082 I-.103 J-.489  
 N1462 X-3.08 Y7.083 I-.035 J-.499  
 N1464 X-3.112 Y7.082 I0. J-.5  
 N1466 G1 X-3.95 Y7.027  
 N1468 X-4.262 Y7.007 Z5.025  
 N1470 X-4.567 Y6.987 Z5.098  
 N1472 X-4.856 Y6.968 Z5.218  
 N1474 X-5.123 Y6.95 Z5.382  
 N1476 X-5.361 Y6.935 Z5.586  
 N1478 X-5.565 Y6.922 Z5.824  
 N1480 X-5.728 Y6.911 Z6.092  
 N1482 X-5.848 Y6.903 Z6.382  
 N1484 X-5.921 Y6.898 Z6.687  
 N1486 X-5.946 Y6.897 Z7.  
 N1488 G0 Z16.  
 N1490 X11.182 Y-5.918

N1492 Z15.  
 N1494 G1 Z6.687 F100.  
 N1496 X11.188 Y-5.845 Z6.382  
 N1498 X11.198 Y-5.726 Z6.092  
 N1500 X11.212 Y-5.562 Z5.824  
 N1502 X11.229 Y-5.359 Z5.586  
 N1504 X11.249 Y-5.121 Z5.382  
 N1506 X11.271 Y-4.855 Z5.218  
 N1508 X11.296 Y-4.566 Z5.098  
 N1510 X11.321 Y-4.262 Z5.025  
 N1512 X11.348 Y-3.95 Z5.  
 N1514 X11.416 Y-3.147  
 N1516 G3 X11.418 Y-3.105 I-.499 J.042  
 N1518 X11.416 Y-3.069 I-.501 J0.  
 N1520 X11.405 Y-2.993 I-.499 J-.036  
 N1522 X11.382 Y-2.919 I-.488 J-.112  
 N1524 X11.348 Y-2.85 I-.465 J-.186  
 N1526 G2 X7.938 Y7.995 I21.809 J12.9 F400.  
 N1528 X-2.85 Y11.208 I2.363 J24.968  
 N1530 G3 X-2.922 Y11.245 I-.262 J-.425  
 N1532 X-2.998 Y11.269 I-.19 J-.462  
 N1534 X-3.077 Y11.281 I-.114 J-.486  
 N1536 X-3.112 Y11.282 I-.035 J-.498  
 N1538 X-3.158 Y11.281 I0. J-.499  
 N1540 G1 X-3.95 Y11.208  
 N1542 X-4.262 Y11.18 Z5.025  
 N1544 X-4.565 Y11.152 Z5.098  
 N1546 X-4.854 Y11.126 Z5.218  
 N1548 X-5.121 Y11.102 Z5.382  
 N1550 X-5.358 Y11.08 Z5.586  
 N1552 X-5.561 Y11.062 Z5.824  
 N1554 X-5.725 Y11.047 Z6.092  
 N1556 X-5.844 Y11.036 Z6.382  
 N1558 X-5.917 Y11.029 Z6.687  
 N1560 X-5.942 Y11.027 Z7.  
 N1562 G0 Z16.  
 N1564 X15.3 Y-5.91  
 N1566 Z15.  
 N1568 G1 Z6.687 F100.  
 N1570 X15.309 Y-5.837 Z6.382  
 N1572 X15.324 Y-5.718 Z6.092  
 N1574 X15.345 Y-5.555 Z5.824  
 N1576 X15.37 Y-5.353 Z5.586  
 N1578 X15.4 Y-5.116 Z5.382  
 N1580 X15.433 Y-4.851 Z5.218  
 N1582 X15.469 Y-4.563 Z5.098  
 N1584 X15.508 Y-4.26 Z5.025  
 N1586 X15.547 Y-3.95 Z5.  
 N1588 X15.64 Y-3.209  
 N1590 G3 X15.644 Y-3.146 I-.496 J.063  
 N1592 X15.643 Y-3.114 I-.5 J0.  
 N1594 X15.628 Y-3.02 I-.499 J-.032  
 N1596 X15.595 Y-2.931 I-.484 J-.126  
 N1598 X15.547 Y-2.85 I-.451 J-.215  
 N1600 G2 X11.349 Y9.943 I17.392 J12.783 F400.  
 N1602 X11.376 Y11.034 I21.59 J0.  
 N1604 X10.238 Y10.984 I-.138 J13.034  
 N1606 X9.562 Y11.002 I0. J13.084  
 N1608 X-2.85 Y15.457 I.676 J21.399  
 N1610 G3 X-2.934 Y15.51 I-.306 J-.396  
 N1612 X-3.027 Y15.545 I-.222 J-.449  
 N1614 X-3.125 Y15.56 I-.129 J-.484  
 N1616 X-3.156 Y15.561 I-.031 J-.499  
 N1618 X-3.224 Y15.557 I0. J-.5  
 N1620 G1 X-3.95 Y15.457  
 N1622 X-4.26 Y15.415 Z5.025  
 N1624 X-4.562 Y15.373 Z5.098  
 N1626 X-4.85 Y15.334 Z5.218  
 N1628 X-5.115 Y15.297 Z5.382  
 N1630 X-5.351 Y15.265 Z5.586  
 N1632 X-5.553 Y15.237 Z5.824  
 N1634 X-5.715 Y15.215 Z6.092  
 N1636 X-5.834 Y15.199 Z6.382  
 N1638 X-5.907 Y15.189 Z6.687  
 N1640 X-5.931 Y15.185 Z7.  
 N1642 G0 Z16.  
 N1644 X19.348 Y-5.885  
 N1646 Z15.  
 N1648 G1 Z6.687 F100.  
 N1650 X19.363 Y-5.810 Z6.382  
 N1652 X19.387 Y-5.695 Z6.092  
 N1654 X19.42 Y-5.535 Z5.824  
 N1656 X19.462 Y-5.335 Z5.586  
 N1658 X19.51 Y-5.101 Z5.382  
 N1660 X19.564 Y-4.839 Z5.218  
 N1662 X19.623 Y-4.555 Z5.098  
 N1664 X19.684 Y-4.256 Z5.025  
 N1666 X19.748 Y-3.95 Z5.  
 N1668 X19.822 Y-3.302  
 N1670 G3 X19.819 Y-3.242 I-.49 J.108  
 N1672 X19.892 Y-3.201 I-.498 J.041  
 N1674 X19.891 Y-3.18 I-.5 J0.  
 N1676 X19.885 Y-3.119 I-.499 J-.021  
 N1678 X19.871 Y-3.059 I-.493 J-.082  
 N1680 X19.85 Y-3.002 I-.479 J-.142  
 N1682 X19.822 Y-2.947 I-.458 J-.199  
 N1684 X19.788 Y-2.896 I-.43 J-.254  
 N1686 X19.748 Y-2.85 I-.396 J-.305  
 N1688 G2 X16.805 Y1.046 I13.197 J13.028 F400.  
 N1690 X14.892 Y6.234 I20.577 J10.532  
 N1692 X14.595 Y9.188 I14.551 Z2.954  
 N1694 X15.416 Y14.055 I14.848 J0.  
 N1696 G1 X14.397 Y15.075  
 N1698 G2 X9.431 Y14.248 I-4.966 J14.504  
 N1700 X2.662 Y15.824 I0. J15.331  
 N1702 X-2.85 Y19.747 I7.788 J16.772

Desarrollo de un plan de actividades tendientes a la reparación, puesta en marcha y diseño de prácticas demostrativas para el Centro de Mecanizado Vertical CNC EMCO VMC-100 en el taller Metalmecánico de la Universidad de Carabobo.

N2552 G1 X43.045 Y12.477  
 N2554 G2 X43.854 Y11.383 I-2.114 J-2.409  
 N2556 G1 X43.93 Y11.214  
 N2558 G2 X44.212 Y9.899 I-2.923 J-1.315  
 N2560 X44.208 Y9.746 I-3.205 J0.  
 N2562 X33.005 Y-1.626 I-11.503 J.129  
 N2564 X32.726 Y-1.629 I-2.79 J11.545  
 N2566 X28.819 Y-.948 I0. J11.548  
 N2568 X24.625 Y1.682 I3.978 J10.999  
 N2570 X22.344 Y4.891 I8.425 J8.406  
 N2572 X21.209 Y9.746 I10.546 J5.024  
 N2574 X21.205 Y9.899 I3.202 J.153  
 N2576 X21.395 Y10.984 I3.206 J0.  
 N2578 G1 X21.443 Y11.117  
 N2580 G2 X21.927 Y11.997 I3.015 J-1.085  
 N2582 G1 X21.955 Y12.033  
 N2584 G2 X22.801 Y12.794 I2.532 J-1.965  
 N2586 G1 X22.942 Y12.881  
 N2588 G2 X24.416 Y11.354 I1.886 J-2.725  
 N2590 G1 X26.204 Y13.372  
 N2592 Y15.065  
 N2594 G2 X15.408 Y25.862 I6.386 J17.183  
 N2596 G1 X13.714  
 N2598 X13.698 Y24.097  
 N2600 G2 X13.222 Y22.599 I-3.199 J.192  
 N2602 G1 X13.13 Y22.451  
 N2604 G2 X12.379 Y21.615 I-2.723 J1.69  
 N2606 G1 X12.351 Y21.953  
 N2608 G2 X11.479 Y21.109 I-1.972 J2.527  
 N2610 G1 X11.337 Y21.058  
 N2612 G2 X10.238 Y20.864 I-1.099 J3.01  
 N2614 X10.072 Y20.867 I0. J3.204  
 N2616 X-.656 Y28.611 I1.46 J11.505  
 N2618 G0 Z16.  
 N2620 X68.02 Y69.257  
 N2622 Z10.  
 N2624 G1 Z1.687 F100.  
 N2626 X67.968 Y69.206 Z1.382  
 N2628 X67.882 Y69.121 Z1.092  
 N2630 X67.766 Y69.006 Z.824  
 N2632 X67.621 Y68.862 Z.586  
 N2634 X67.452 Y68.694 Z.382  
 N2636 X67.261 Y68.506 Z.218  
 N2638 X67.056 Y68.302 Z.098  
 N2640 X66.839 Y68.087 Z.025  
 N2642 X66.617 Y67.867 Z0.  
 N2644 G3 X66.569 Y67.812 I.352 J-.356  
 N2646 X66.53 Y67.752 I.4 J-.301  
 N2648 X66.5 Y67.686 I.439 J-.241  
 N2650 X66.48 Y67.617 I.469 J-.175  
 N2652 X66.47 Y67.545 I.489 J-.106  
 N2654 X66.469 Y67.511 I.499 J-.034  
 N2656 X66.47 Y67.473 I.5 J0.  
 N2658 X66.481 Y67.402 I.499 J.038  
 N2660 X66.502 Y67.332 I.488 J.109  
 N2662 G2 X66.816 Y66.476 I-35.744 J-13.698 F400.  
 N2664 X67.508 Y66.23 I-11.975 J-34.588  
 N2666 G3 X67.586 Y66.208 I-1.73 J4.69  
 N2668 X67.666 Y66.199 I.095 J.193  
 N2670 G1 X67.681  
 N2672 G3 X67.747 Y66.203 I0. J.5  
 N2674 X67.826 Y66.22 I-.066 J.496  
 N2676 X67.901 Y66.249 I-.145 J.479  
 N2678 X67.97 Y66.29 I-.22 J.45  
 N2680 X68.032 Y66.342 I-.289 J.409  
 N2682 X68.085 Y66.403 I-.351 J.325  
 N2684 G1 X68.27 Y66.655 I-.205  
 N2686 X68.45 Y66.902 Z.098  
 N2688 X68.622 Y67.135 Z.218  
 N2690 X68.78 Y67.351 Z.382  
 N2692 X68.921 Y67.544 Z.586  
 N2694 X69.041 Y67.708 Z.824  
 N2696 X69.138 Y67.84 Z1.092  
 N2698 X69.209 Y67.937 Z1.382  
 N2700 X69.252 Y67.996 Z1.687  
 N2702 X69.267 Y68.016 Z.  
 N2704 G0 Z11.  
 N2706 X62.337 Y70.916  
 N2708 Z10.  
 N2710 G1 Z1.687 F100.  
 N2712 X62.332 Y70.843 Z1.382  
 N2714 X62.323 Y70.723 Z1.092  
 N2716 X62.312 Y70.589 Z.824  
 N2718 X62.297 Y70.356 Z.586  
 N2720 X62.281 Y70.119 Z.382  
 N2722 X62.262 Y69.851 Z.218  
 N2724 X62.241 Y69.562 Z.098  
 N2726 X62.22 Y69.257 Z.025  
 N2728 X62.198 Y68.945 Z0.  
 N2730 X62.137 Y68.089  
 N2732 G3 X62.136 Y68.054 I.499 J-0.035  
 N2734 G1 Y68.041  
 N2736 Y68.028  
 N2738 G3 X62.143 Y67.967 I.5 J.026  
 N2740 X62.157 Y67.907 I.493 J.087  
 N2742 X62.179 Y67.85 I.479 J.147  
 N2744 G2 X63.786 Y63.443 I-30.707 J-13.692 F400.  
 N2746 X67.85 Y62.009 I-8.795 J-31.404  
 N2748 G3 X67.963 Y61.976 I.197 J.46  
 N2750 X68.047 Y61.969 I.084 J.493  
 N2752 X68.081 Y61.97 I0. J.5  
 N2754 G1 X68.948 Y62.028  
 N2756 X69.26 Y62.049 Z.025  
 N2758 X69.565 Y62.069 Z.098  
 N2760 X69.854 Y62.089 Z.218  
 N2762 X70.121 Y62.106 Z.382

N2764 X70.359 Y62.122 Z.586  
 N2766 X70.563 Y62.136 Z.824  
 N2768 X70.726 Y62.147 Z1.092  
 N2770 X70.846 Y62.155 Z1.382  
 N2772 X70.919 Y62.16 Z1.687  
 N2774 X70.944 Y62.161 Z2.  
 N2776 G0 Z11.  
 N2778 X58.195 Y70.921  
 N2780 Z10.  
 N2782 G1 Z1.687 F100.  
 N2784 X58.191 Y70.848 Z1.382  
 N2786 X58.183 Y70.728 Z1.092  
 N2788 X58.172 Y70.565 Z.824  
 N2790 X58.159 Y70.361 Z.586  
 N2792 X58.144 Y70.123 Z.382  
 N2794 X58.127 Y69.856 Z.218  
 N2796 X58.108 Y69.567 Z.098  
 N2798 X58.089 Y69.262 Z.025  
 N2800 X58.069 Y68.95 Z0.  
 N2802 X58.015 Y68.11  
 N2804 G3 X58.014 Y68.078 I.499 J-0.032  
 N2806 X58.015 Y68.043 I.5 J0.  
 N2808 X58.024 Y67.976 I.499 J.035  
 N2810 X58.042 Y67.912 I.49 J.102  
 N2812 X58.069 Y67.85 I.472 J.166  
 N2814 G2 X60.705 Y60.364 I-26.255 J-13.454 F400.  
 N2816 X67.85 Y57.919 I-5.703 J-28.329  
 N2818 G3 X67.91 Y57.894 I.222 J.448  
 N2820 X67.973 Y57.876 I.162 J.473  
 N2822 X68.037 Y57.868 I.099 J.491  
 N2824 X68.072 Y57.867 I.035 J.499  
 N2826 G1 X68.087  
 N2828 X68.102 Y57.868  
 N2830 X68.95 Y57.919  
 N2832 X69.262 Y57.938 Z.025  
 N2834 X69.567 Y57.956 Z.098  
 N2836 X69.856 Y57.973 Z.218  
 N2838 X70.123 Y57.99 Z.382  
 N2840 X70.362 Y58.004 Z.586  
 N2842 X70.565 Y58.016 Z.824  
 N2844 X70.729 Y58.026 Z1.092  
 N2846 X70.849 Y58.033 Z1.382  
 N2848 X70.922 Y58.038 Z1.687  
 N2850 X70.946 Y58.039 Z2.  
 N2852 G0 Z11.  
 N2854 X54.087 Y70.918  
 N2856 Z10.  
 N2858 G1 Z1.687 F100.  
 N2860 X54.081 Y70.845 Z1.382  
 N2862 X54.07 Y70.725 Z1.092  
 N2864 X54.056 Y70.562 Z.824  
 N2866 X54.038 Y70.359 Z.586  
 N2868 X54.016 Y70.121 Z.382  
 N2870 X53.993 Y69.854 Z.218  
 N2872 X53.967 Y69.566 Z.098  
 N2874 X53.94 Y69.262 Z.025  
 N2876 X53.912 Y68.95 Z0.  
 N2878 X53.841 Y68.154  
 N2880 G3 X53.839 Y68.11 I.498 J-0.44  
 N2882 X53.84 Y68.075 I.5 J0.  
 N2884 X53.852 Y67.996 I.499 J.035  
 N2886 X53.876 Y67.921 I.487 J.114  
 N2888 X53.912 Y67.85 I.463 J.189  
 N2890 G2 X57.48 Y57.138 I-21.623 J-13.153 F400.  
 N2892 X67.85 Y53.776 I-2.371 J-24.987  
 N2894 G3 X67.919 Y53.742 I.254 J.431  
 N2896 X67.993 Y53.719 I.185 J.465  
 N2898 X68.069 Y53.708 I.111 J.488  
 N2900 X68.104 Y53.707 I.035 J.499  
 N2902 X68.146 Y53.709 I0. J.5  
 N2904 G1 X68.95 Y53.776  
 N2906 X69.262 Y53.802 Z.025  
 N2908 X69.566 Y53.828 Z.098  
 N2910 X69.855 Y53.852 Z.218  
 N2912 X70.121 Y53.874 Z.382  
 N2914 X70.359 Y53.894 Z.586  
 N2916 X70.562 Y53.911 Z.824  
 N2918 X70.726 Y53.925 Z1.092  
 N2920 X70.845 Y53.935 Z1.382  
 N2922 X70.918 Y53.941 Z1.687  
 N2924 X70.943 Y53.943 Z2.  
 N2926 G0 Z11.  
 N2928 X49.937 Y70.908  
 N2930 Z10.  
 N2932 G1 Z1.687 F100.  
 N2934 X49.927 Y70.836 Z1.382  
 N2936 X49.911 Y70.716 Z1.092  
 N2938 X49.89 Y70.554 Z.824  
 N2940 X49.863 Y70.352 Z.586  
 N2942 X49.831 Y70.115 Z.382  
 N2944 X49.796 Y69.85 Z.218  
 N2946 X49.758 Y69.563 Z.098  
 N2948 X49.718 Y69.262 Z.025  
 N2950 X49.677 Y68.95 Z0.  
 N2952 X49.579 Y68.218  
 N2954 G3 X49.575 Y68.152 I.496 J-.066  
 N2956 X49.576 Y68.121 I.5 J0.  
 N2958 X49.591 Y68.024 I.499 J.031  
 N2960 X49.625 Y67.933 I.484 J.128  
 N2962 X49.677 Y67.85 I.45 J.219  
 N2964 G2 X54.06 Y54.819 I-17.179 J-13.031 F400.  
 N2966 X54.03 Y53.688 I-21.562 J0.  
 N2968 X55.158 Y53.718 I.128 J-21.54  
 N2970 X67.85 Y49.589 I0. J-21.57  
 N2972 G3 X67.931 Y49.541 I.294 J.404

N2974 X68.019 Y49.509 I.213 J.452  
 N2976 X68.112 Y49.494 I.125 J.484  
 N2978 X68.144 Y49.493 I.032 J.499  
 N2980 X68.205 Y49.497 I0. J.5  
 N2982 G1 X68.95 Y49.589  
 N2984 X69.261 Y49.627 Z.025  
 N2986 X69.563 Y49.664 Z.098  
 N2988 X69.851 Y49.7 Z.218  
 N2990 X70.117 Y49.733 Z.382  
 N2992 X70.354 Y49.762 Z.586  
 N2994 X70.566 Y49.787 Z.824  
 N2996 X70.719 Y49.807 Z1.092  
 N2998 X70.838 Y49.822 Z1.382  
 N3000 X70.91 Y49.831 Z1.687  
 N3002 X70.935 Y49.834 Z2.  
 N3004 G0 Z11.  
 N3006 X45.826 Y70.879  
 N3008 Z10.  
 N3010 G1 Z1.687 F100.  
 N3012 X45.81 Y70.808 Z1.382  
 N3014 X45.784 Y70.69 Z1.092  
 N3016 X45.749 Y70.53 Z.824  
 N3018 X45.705 Y70.331 Z.586  
 N3020 X45.654 Y70.098 Z.382  
 N3022 X45.596 Y69.837 Z.218  
 N3024 X45.534 Y69.554 Z.098  
 N3026 X45.468 Y69.256 Z.025  
 N3028 X45.401 Y68.95 Z0.  
 N3030 X45.262 Y68.316  
 N3032 G3 X45.252 Y68.253 I.488 J-1.08  
 N3034 X45.25 Y68.208 I.498 J-.045  
 N3036 G1 Y68.19  
 N3038 G3 X45.257 Y68.127 I.5 J0.18  
 N3040 X45.271 Y68.065 I.493 J.081  
 N3042 X45.293 Y68.005 I.479 J.143  
 N3044 X45.322 Y67.949 I.457 J.203  
 N3046 X45.359 Y67.897 I.428 J.259  
 N3048 X45.401 Y67.85 I.391 J.311  
 N3050 G2 X48.531 Y67.827 I-12.959 J-13.311 F400.  
 N3052 X50.839 Y55.693 I-13.178 J-8.134  
 N3054 X50.004 Y50.675 I-15.486 J0.  
 N3056 G1 X51.017 Y49.662  
 N3058 X54.324 Y50.515  
 N3060 G2 X55.133 Y50.533 I.809 J-18.425  
 N3062 X67.85 Y45.446 I0. J-18.443  
 N3064 G3 X67.945 Y45.375 I.345 J.362  
 N3066 X68.055 Y45.328 I.25 J.433  
 N3068 X68.172 Y45.309 I.14 J.48  
 N3070 X68.195 Y45.308 I.023 J.499  
 N3072 X68.291 Y45.317 I0. J.5  
 N3074 G1 X68.95 Y45.446  
 N3076 X69.257 Y45.506 Z.025  
 N3078 X69.557 Y45.564 Z.098  
 N3080 X69.841 Y45.62 Z.218  
 N3082 X70.104 Y45.671 Z1.382  
 N3084 X70.338 Y45.717 Z.586  
 N3086 X70.538 Y45.756 Z.824  
 N3088 X70.699 Y45.787 Z1.092  
 N3090 X70.817 Y45.81 Z1.382  
 N3092 X70.889 Y45.824 Z1.687  
 N3094 X70.913 Y45.829 Z2.  
 N3096 G0 Z11.  
 N3098 X40.237 Y70.706  
 N3100 Z10.  
 N3102 G1 Z1.687 F100.  
 N3104 X40.204 Y70.641 Z1.382  
 N3106 X40.149 Y70.534 Z1.092  
 N3108 X40.074 Y70.388 Z.824  
 N3110 X39.98 Y70.207 Z.586  
 N3112 X39.871 Y69.995 Z.382  
 N3114 X39.748 Y69.757 Z.218  
 N3116 X39.616 Y69.499 Z.098  
 N3118 X39.476 Y69.228 Z.025  
 N3120 X39.332 Y68.95 Z0.  
 N3122 X39.114 Y68.525  
 N3124 G3 X39.077 Y68.434 I.444 J-229  
 N3126 X39.06 Y68.337 I.481 J-138  
 N3128 X39.058 Y68.296 I.498 J-.041  
 N3130 X39.061 Y68.238 I.5 J0.  
 N3132 X39.082 Y68.142 I.497 J.058  
 N3134 X39.122 Y68.052 I.476 J.154  
 N3136 X39.178 Y67.971 I.436 J.244  
 N3138 X39.249 Y67.903 I.38 J.325  
 N3140 X39.332 Y67.85 I.309 J.393  
 N3142 G2 X42.921 Y65.325 I-6.85 J-13.551 F400.  
 N3144 X47.121 Y57.309 I-11.429 J-11.097  
 N3146 X47.334 Y55.466 I-7.848 J-1.843  
 N3148 X45.207 Y50.009 I-8.061 J0.  
 N3150 X50.351 Y44.865 I-17.323 J-22.468  
 N3152 X54.666 Y46.957 I.612 J-8.553  
 N3154 X55.082 Y46.963 I.416 J-14.978  
 N3156 X65.535 Y42.714 I0. J-14.984  
 N3158 X67.85 Y39.625 I-10.927 J-10.6  
 N3160 X67.903 Y39.55 I.435 J.247  
 N3162 X67.969 Y39.485 I.382 J.322  
 N3164 X68.046 Y39.433 I.316 J.387  
 N3166 X68.131 Y39.397 I.239 J.439  
 N3168 X68.221 Y39.376 I.154 J.475  
 N3170 X68.285 Y39.372 I.064 J.496  
 N3172 X68.313 Y39.373 I0. J.5  
 N3174 X68.405 Y39.387 I-.028 J.499  
 N3176 X68.492 Y39.417 I-.12 J.485  
 N3178 G1 X68.95 Y39.625  
 N3180 X68.235 Y39.755 Z.025  
 N3182 X69.513 Y39.881 Z.098  
 N3184 X69.776 Y40.001 Z.218

N3186 X70.02 Y40.112 Z.382  
 N3188 X70.237 Y40.211 Z.586  
 N3190 X70.423 Y40.296 Z.824  
 N3192 X70.572 Y40.363 Z1.092  
 N3194 X70.681 Y40.413 Z1.382  
 N3196 X70.748 Y40.444 Z1.687  
 N3198 X70.77 Y40.454 Z2.  
 N3200 G0 Z11.  
 N3202 X69.227 Y-3.049  
 N3204 Z10.  
 N3206 G1 Z1.687 F100.  
 N3208 X69.174 Y-2.998 Z1.382  
 N3210 X69.087 Y-2.915 Z1.092  
 N3212 X68.969 Y-2.802 Z.824  
 N3214 X68.821 Y-2.661 Z.586  
 N3216 X68.649 Y-2.496 Z.382  
 N3218 X68.455 Y-2.312 Z.218  
 N3220 X68.246 Y-2.111 Z.098  
 N3222 X68.025 Y-1.9 Z.025  
 N3224 X67.799 Y-1.684 Z0.  
 N3226 G3 X67.745 Y-1.64 I-.346 J-.362  
 N3228 X67.686 Y-1.603 I-.292 J-.406  
 N3230 X67.622 Y-1.575 I-.233 J-.443  
 N3232 X67.555 Y-1.556 I-.169 J-.471  
 N3234 X67.487 Y-1.547 I-.102 J-.49  
 N3236 X67.453 Y-1.546 I-.034 J-.499  
 N3238 X67.417 Y-1.547 I0. J-.5  
 N3240 X67.348 Y-1.557 I.036 J-.499  
 N3242 X67.281 Y-1.576 I.105 J-.489  
 N3244 G2 X66.814 Y-1.744 I-12.911 J35.167 F400.  
 N3246 X66.636 Y-2.245 I-34.847 J12.146  
 N3248 G3 X66.617 Y-2.31 I.469 J-1.72  
 N3250 X66.607 Y-2.377 I.488 J-.107  
 N3252 X66.605 Y-2.417 I.498 J-.04  
 N3254 X66.606 Y-2.444 I.5 J0.  
 N3256 X66.614 Y-2.511 I.499 J.027  
 N3258 X66.631 Y-2.576 I.491 J.094  
 N3260 X66.657 Y-2.639 I.474 J.159  
 N3262 X66.691 Y-2.697 I.448 J.222  
 N3264 X66.733 Y-2.75 I.414 J.28  
 N3266 G1 X66.941 Y-2.983 Z.025  
 N3268 X67.145 Y-3.211 Z.098  
 N3270 X67.338 Y-3.427 Z.218  
 N3272 X67.517 Y-3.626 Z.382  
 N3274 X67.676 Y-3.804 Z.586  
 N3276 X67.812 Y-3.956 Z.824  
 N3278 X67.921 Y-4.078 Z1.092  
 N3280 X68.002 Y-4.167 Z1.382  
 N3282 X68.05 Y-4.222 Z1.687  
 N3284 X68.067 Y-4.24 Z2.  
 N3286 G0 Z11.  
 N3288 X70.915 Y2.584  
 N3290 Z10.  
 N3292 G1 Z1.687 F100.  
 N3294 X70.842 Y2.589 Z1.382  
 N3296 X70.722 Y2.597 Z1.092  
 N3298 X70.558 Y2.608 Z.824  
 N3300 X70.355 Y2.622 Z.586  
 N3302 X70.117 Y2.638 Z.382  
 N3304 X69.85 Y2.656 Z.218  
 N3306 X69.56 Y2.675 Z.098  
 N3308 X69.256 Y2.696 Z.025  
 N3310 X68.944 Y2.717 Z0.  
 N3312 X68.082 Y2.775  
 N3314 G3 X68.048 Y2.776 I-.034 J-4.99  
 N3316 X67.964 Y2.769 I0. J-.5  
 N3318 X67.85 Y2.736 I.084 J-.493  
 N3320 G2 X63.787 Y1.289 I-13.103 J30.367 F400.  
 N3322 X62.312 Y-2.85 I-31.628 J8.941  
 N3324 G3 X62.278 Y-2.964 I.458 J-.199  
 N3326 X62.271 Y-3.049 I.492 J-.085  
 N3328 X62.272 Y-3.083 I.499 J0.  
 N3330 G1 X62.33 Y-3.943  
 N3332 X62.352 Y-4.255 Z.025  
 N3334 X62.372 Y-4.456 Z.098  
 N3336 X62.392 Y-4.849 Z.218  
 N3338 X62.41 Y-5.116 Z.382  
 N3340 X62.427 Y-5.354 Z.586  
 N3342 X62.44 Y-5.557 Z.824  
 N3344 X62.452 Y-5.721 Z1.092  
 N3346 X62.46 Y-5.841 Z1.382  
 N3348 X62.465 Y-5.914 Z1.687  
 N3350 X62.466 Y-5.938 Z2.  
 N3352 G0 Z11.  
 N3354 X70.922 Y6.698  
 N3356 Z10.  
 N3358 G1 Z1.687 F100.  
 N3360 X70.849 Y6.703 Z1.382  
 N3362 X70.729 Y6.71 Z1.092  
 N3364 X70.565 Y6.72 Z.824  
 N3366 X70.362 Y6.732 Z.586  
 N3368 X70.123 Y6.746 Z.382  
 N3370 X69.856 Y6.763 Z.218  
 N3372 X69.567 Y6.778 Z.098  
 N3374 X69.262 Y6.798 Z.025  
 N3376 X68.95 Y6.817 Z0.  
 N3378 X68.102 Y6.868  
 N3380 G3 X68.072 Y6.869 I-0.03 J-4.99  
 N3382 X68.037 Y6.868 I0. J-.5  
 N3384 X67.973 Y6.859 I.035 J-.499  
 N3386 X67.91 Y6.842 I.099 J-.47  
 N3388 X67.85 Y6.817 I.162 J-.493  
 N3390 G2 X60.708 Y4.371 I-12.884 J25.968 F400.  
 N3392 X58.219 Y-2.85 I-28.423 J5.758  
 N3394

N6202 X11.709 Y40.367 I-.191 J-1.488  
 N6314 X27.713 Y62.942  
 N6316 X27.878 Y63.042  
 N6318 X28.046 Y63.139  
 N6320 X28.216 Y63.232  
 N6322 X28.387 Y63.322  
 N6324 X28.56 Y63.408  
 N6326 X28.735 Y63.491  
 N6328 X28.912 Y63.57  
 N6330 X29.09 Y63.646  
 N6332 X29.27 Y63.718  
 N6334 X29.451 Y63.786  
 N6336 X29.634 Y63.85  
 N6338 X29.818 Y63.911  
 N6340 X30.003 Y63.968  
 N6342 X30.189 Y64.021  
 N6344 X30.376 Y64.071  
 N6346 X30.564 Y64.116  
 N6348 X30.753 Y64.158  
 N6350 X30.  
 N7010 G3 X32.708 Y27.869 I3.177 J3.183  
 N7012 X37.206 Y32.327 I0. J4.497  
 N7014 G1 X37.112 Y33.282  
 N7016 G3 X32.708 Y36.865 I-4.404 J-.915  
 N7018 X28.21 Y32.367 I0. J-4.498  
 N7020 X28.296 Y31.493 I4.498 J0.  
 N7022 X29.531 Y29.183 I4.412 J.873  
 N7024 G1 Z2.  
 N7026 G3 X32.708 Y27.869 I3.177 J3.183  
 N7028 X37.206 Y32.327 I0. J4.497  
 N7030 G1 X37.112 Y33.282  
 N7032 G3 X32.708 Y36.865 I-4.404 J-.915  
 N7034 X28.21 Y32.367 I0. J-4.498  
 N7036 X28.296 Y31.493 I4.498 J0.  
 N7038 X29.531 Y29.183 I4.412 J.873  
 N7040 G0 Z7.  
 N7042 Z13.  
 N7044 X28.897 Y2.836 Z11.  
 N7046 Z10.  
 N7048 G1 Z5. F100.  
 N7050 X36.521 F400.  
 N7052 X38.903 Y4.804  
 N7054 X28.515  
 N7056 X25.333 Y6.773  
 N7098 X44.025  
 N7100 G0 Z10.  
 N7102 Z11.  
 N7104 X56.576 Y24.492  
 N7106 Z10.  
 N7108 G1 Z5. F100.  
 N7110 X55.209 F400.  
 N7112 G0 Z10.

N7114 Z11.  
 N7116 X45.469  
 N7118 Z10.  
 N7120 G1 Z5. F100.  
 N7122 X41.088 F400.  
 N7124 Z10.  
 N7126 X24.33  
 N7128 Z5.  
 N7130 X19.949  
 N7132 G0 Z10.  
 N7134 Z11.  
 N7136 X10.209  
 N7138 Z10.  
 N7140 G1 Z5. F100.  
 N7142 X8.842 F400.  
 N7144 X4.827 Y26.461  
 N7146 X10.209  
 N7148 G0 Z10.  
 N7150 Z11.  
 N7152 X18.928  
 N7154 Z10.  
 N7156 G1 Z5. F100.  
 N7158 X22.842 F400.  
 N7160 Z10.  
 N7162 X42.576  
 N7164 Z5.  
 N7166 X46.49  
 N7168 G0 Z10.  
 N7170 Z11.  
 N7172 X55.209  
 N7174 Z10.  
 N7176 G1 Z5. F100.  
 N7178 X60.591 F400.  
 N7180 X62.165 Y28.429  
 N7182 X43.514  
 N7184 Z10.  
 N7186 X34.879  
 N7188 Z2.  
 N7190 X30.539  
 N7192 Z10.  
 N7194 X21.904  
 N7196 Z5.  
 N7198 X3.253  
 N7200 X2.465 Y30.398  
 N7202 X21.379  
 N7204 Z10.  
 N7206 X28.67  
 N7208 Z2.  
 N7210 X36.748  
 N7212 Z10.  
 N7214 X44.039  
 N7216 Z5.

N7218 X62.953  
 N7220 X63.209 Y32.367  
 N7222 X44.209  
 N7224 Z10.  
 N7226 X37.202  
 N7228 Z2.  
 N7230 X28.211  
 N7232 Z10.  
 N7234 X21.209  
 N7236 Z5.  
 N7238 X2.209  
 N7240 X2.465 Y34.336  
 N7242 X21.379  
 N7244 Z10.  
 N7246 X28.67  
 N7248 Z2.  
 N7250 X36.748  
 N7252 Z10.  
 N7254 X44.039  
 N7256 Z5.  
 N7258 X62.953  
 N7260 X62.165 Y36.304  
 N7262 X43.514  
 N7264 Z10.  
 N7266 X34.879  
 N7268 Z2.  
 N7270 X30.539  
 N7272 Z10.  
 N7274 X21.904  
 N7276 Z5.  
 N7278 X3.253  
 N7280 X4.827 Y38.273  
 N7282 X10.209  
 N7284 G0 Z10.  
 N7286 Z11.  
 N7288 X18.928  
 N7290 Z10.  
 N7292 G1 Z5. F100.  
 N7294 X22.842 F400.  
 N7296 Z10.  
 N7298 X42.576  
 N7300 Z5.  
 N7302 X46.49  
 N7304 G0 Z10.  
 N7306 Z11.  
 N7308 X55.209  
 N7310 Z10.  
 N7312 G1 Z5. F100.  
 N7314 X60.591 F400.  
 N7316 X56.576 Y40.242  
 N7318 X55.209  
 N7320 G0 Z10.

N7322 Z11.  
 N7324 X45.469  
 N7326 Z10.  
 N7328 G1 Z5. F100.  
 N7330 X41.088 F400.  
 N7332 Z10.  
 N7334 X24.33  
 N7336 Z5.  
 N7338 X19.949  
 N7340 G0 Z10.  
 N7342 Z11.  
 N7344 X10.209  
 N7346 Z10.  
 N7348 G1 Z5. F100.  
 N7350 X8.842 F400.  
 N7352 G0 Z10.  
 N7354 Z11.  
 N7356 X21.393 Y42.211  
 N7358 Z10.  
 N7360 G1 Z5. F100.  
 N7362 X26.764 F400.  
 N7364 Z10.  
 N7366 X38.654  
 N7368 Z5.  
 N7370 X44.025  
 N7372 X41.939 Y44.179  
 N7374 X23.479  
 N7376 X26.803 Y46.148  
 N7378 X38.615  
 N7380 X35.709 Y48.117  
 N7382 X29.709  
 N7384 Y50.086  
 N7386 X35.709  
 N7388 Y52.054  
 N7390 X29.709  
 N7392 Y54.023  
 N7394 X35.709  
 N7396 X40.62 Y55.992  
 N7398 X24.798  
 N7400 X25.333 Y57.961  
 N7402 X40.085  
 N7404 X38.903 Y59.929  
 N7406 X26.515  
 N7408 X28.897 Y61.898  
 N7410 X36.521  
 N7412 G0 Z10.  
 N7414 Z11.  
 N7416 M5  
 N7418 G91 G28 Z0.  
 N7420 G28 X0. Y0. A0.  
 N7422 M30  
 %

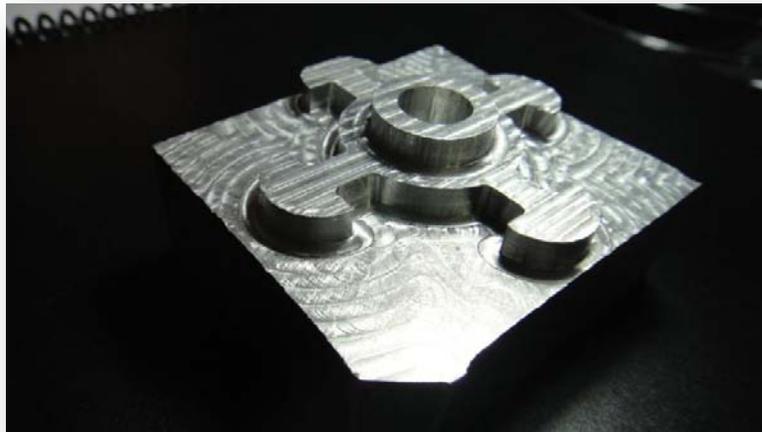
Tabla 4.3.1. Datos de Mecanizado de la Pieza 1.

**PIEZA 1**

<i>Tiempo De Mecanizado</i>	25 minutos 24 segundos
<i>Herramientas Utilizadas</i>	T1: Enteriza de Ø6mm (Desbaste) T2: Enteriza de Ø3mm (Acabado)
<i>Velocidades de Avance</i>	Ejes X y Y = 400 mm/min Eje Z = 100 mm/min
<i>Material Mecanizado</i>	Ultraleno Temperaturas: -200 °C a +90 °C Dureza: D65-70

*Desarrollo de un plan de actividades tendientes a la reparación, puesta en marcha y diseño de prácticas demostrativas para el Centro de Mecanizado Vertical CNC EMCO VMC-100 en el taller Metalmecánico de la Universidad de Carabobo.*

*PIEZA MECANIZADA:*



(A)



(B)



(C)

**Figura 4.3.3.** (A) Vista en Isometría de la Pieza 1 Mecanizada. (B) Vista Superior de la Pieza 1 Mecanizada. (C) Vista Frontal de la Pieza 1 Mecanizada.

4.3.2.2 Practica #2:

PLANOS:

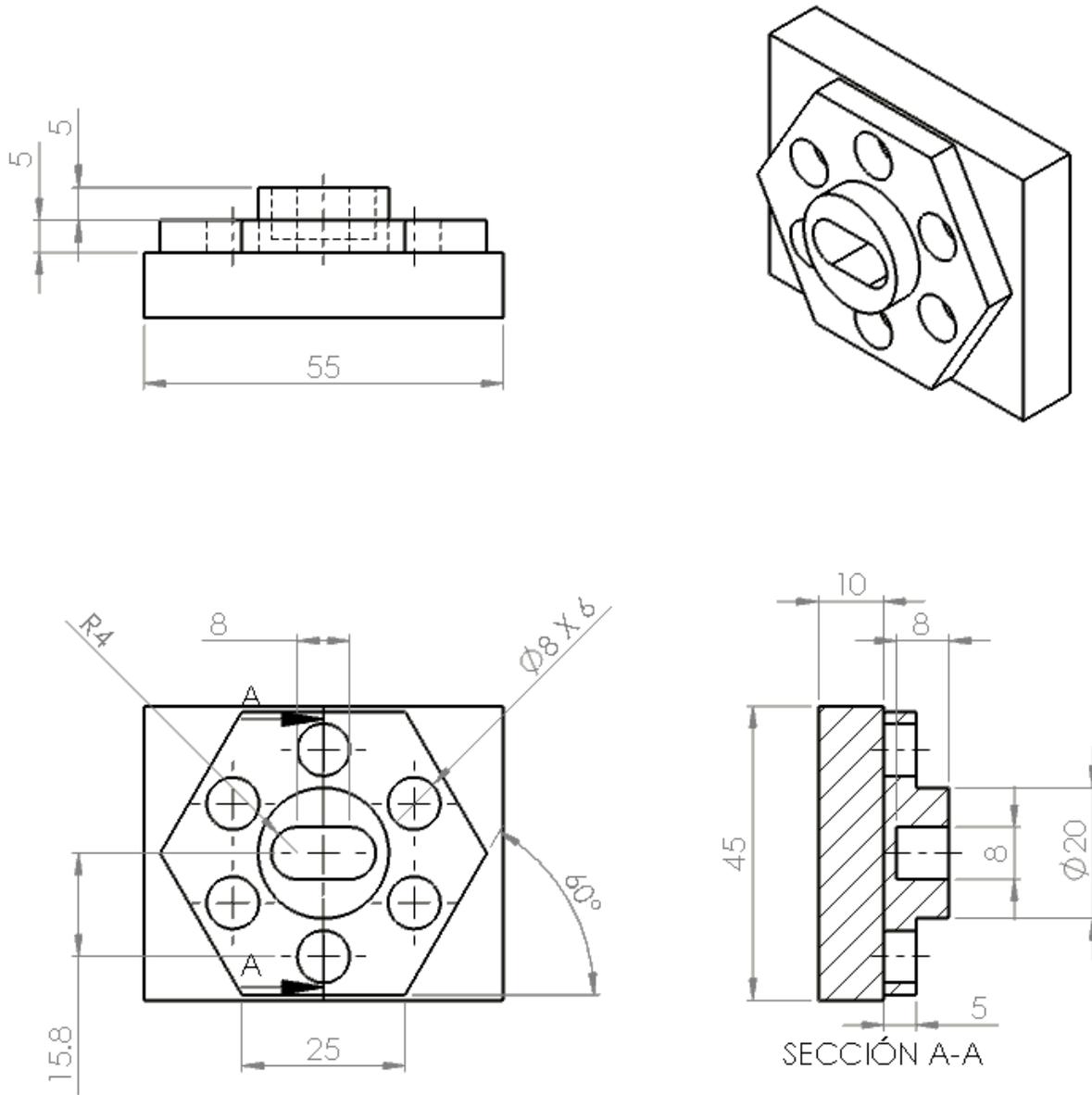


Figura 4.3.4. Planos de la Pieza 2

Desarrollo de un plan de actividades tendientes a la reparación, puesta en marcha y diseño de prácticas demostrativas para el Centro de Mecanizado Vertical CNC EMCO VMC-100 en el taller Metalmecánico de la Universidad de Carabobo.

## CÓDIGO CNC:

Nota: El siguiente código fue generado con la ayuda de un software CAM.

O0000(PIEZA 2)	N292 G3 X-3.4 Y28.005 R.5	N488 X60.429 Y36.831 Z5.824	N684 G3 X58.4 Y8.995 R.5
N100 G21	N294 X-3.309 Y27.992 R.5	N490 X60.579 Y36.898 Z6.092	N686 X58.309 Y9.008 R.5
N102 G0 G17 G40 G49 G80 G90	N296 X-3.218 Y27.995 R.5	N492 X60.688 Y36.946 Z6.382	N688 X58.218 Y9.005 R.5
N104 T1 M6	N298 X-3.129 Y28.016 R.5	N494 X60.755 Y36.976 Z6.687	N690 X58.129 Y8.985 R.5
N106 G0 G90 G54 X-5.593 Y45.274 S3500	N300 X-3.045 Y28.052 R.499	N496 X60.778 Y36.986 Z7.018	N692 X58.045 Y8.949 R.5
M3	N302 X-2.968 Y28.103 R.499	N498 G0 Z16.	N694 X57.968 Y8.898 R.5
N108 G43 H0 Z21.	N304 X-2.903 Y28.166 R.5	N500 X46.645 Y50.919	N696 X57.903 Y8.834 R.501
N110 Z15.	N306 X-2.85 Y28.241 R.5	N502 Z15.	N698 X57.85 Y8.759 R.5
N112 G1 Z6.687 F100.	N308 G1 X8.465 Y47.84 F400.	N504 G1 Z6.687 F100.	N700 G1 X51.147 Y-2.85 F400.
N114 X-5.53 Y45.237 Z6.382	N310 G3 X8.498 Y47.908 R.5	N506 X46.639 Y50.846 Z6.382	N702 G3 X51.115 Y-2.918 R.5
N116 X-5.426 Y45.176 Z6.092	N312 X8.52 Y47.98 R.5	N508 X46.629 Y50.726 Z6.092	N704 X51.093 Y-2.99 R.499
N118 X-5.285 Y45.093 Z5.824	N314 X8.531 Y48.054 R.5	N510 X46.616 Y50.563 Z5.824	N706 X51.062 Y-3.065 R.499
N120 X-5.11 Y44.989 Z5.586	N316 Y48.13 R.5	N512 X46.599 Y50.36 Z5.586	N708 Y-3.14 R.499
N122 X-4.904 Y44.868 Z5.382	N318 G1 X8.465 Y48.95	N514 X46.58 Y50.122 Z5.382	N710 G1 X51.147 Y-3.95
N124 X-4.674 Y44.731 Z5.218	N320 X8.44 Y49.262 Z5.025	N516 X46.558 Y49.855 Z5.218	N712 X51.173 Y-4.262 Z5.025
N126 X-4.424 Y44.584 Z5.098	N322 X8.416 Y49.566 Z5.098	N518 X46.535 Y49.566 Z5.098	N714 X51.197 Y-4.566 Z5.098
N128 X-4.162 Y44.429 Z5.025	N324 X8.393 Y49.855 Z5.218	N520 X46.51 Y49.262 Z5.025	N716 X51.221 Y-4.855 Z5.218
N130 X-3.892 Y44.27 Z5.	N326 X8.372 Y50.122 Z5.382	N522 X46.485 Y48.95 Z5.	N718 X51.242 Y-5.122 Z5.382
N132 X-3.537 Y44.06	N328 X8.353 Y50.36 Z5.586	N524 X46.419 Y48.141	N720 X51.261 Y-5.36 Z5.586
N134 G3 X-3.448 Y44.018 R.499	N330 X8.337 Y50.563 Z5.824	N526 G3 X48.065 R.501	N722 X51.278 Y-5.563 Z5.824
N136 X-3.352 Y43.995 R.5	N332 X8.324 Y50.726 Z6.092	N528 X46.43 Y47.99 R.5	N724 X51.291 Y-5.726 Z6.092
N138 X-3.253 Y43.991 R.5	N334 X8.314 Y50.846 Z6.382	N530 X46.452 Y47.918 R.5	N726 X51.3 Y-5.846 Z6.382
N140 X-3.156 Y44.007 R.5	N336 X8.308 Y50.919 Z6.687	N532 X46.485 Y47.85 R.5	N728 X51.306 Y-5.919 Z6.687
N142 X-3.064 Y44.041 R.499	N338 X8.306 Y50.944 Z7.	N534 G1 X57.85 Y28.213 F400.	N730 X51.308 Y-5.944 Z7.
N144 X-2.98 Y44.093 R.5	N340 G0 Z16.	N536 G3 X57.903 Y28.139 R.5	N732 G0 Z16.
N146 X-2.908 Y44.16 R.499	N342 X58.077 Y48.716	N538 X57.968 Y28.075 R.5	N734 X60.754 Y15.954
N148 X-2.85 Y44.24 R.5	N344 Z15.	N540 X58.044 Y28.024 R.501	N736 Z15.
N150 G1 X-.865 Y47.678 F400.	N346 G1 Z6.687 F100.	N542 X58.128 Y27.988 R.501	N738 G1 Z6.687 F100.
N152 G3 X-.822 Y47.777 R.5	N348 X58.005 Y48.706 Z6.382	N544 X58.218 Y27.968 R.501	N740 X60.687 Y15.984 Z6.382
N154 X-.8 Y47.883 R.499	N350 X57.886 Y48.69 Z6.092	N546 X58.309 Y27.964 R.5	N742 X60.577 Y16.033 Z6.092
N156 X-.802 Y47.991 R.5	N352 X57.723 Y48.667 Z5.824	N548 X58.399 Y27.977 R.501	N744 X60.428 Y16.1 Z5.824
N158 X-.827 Y48.096 R.5	N354 X57.521 Y48.639 Z5.586	N550 X58.486 Y28.007 R.501	N746 X60.242 Y16.183 Z5.586
N160 X-.874 Y48.193 R.5	N356 X57.285 Y48.606 Z5.382	N552 G1 X58.95 Y28.213	N748 X60.024 Y16.28 Z5.382
N162 X-.941 Y48.278 R.5	N358 X57.02 Y48.57 Z5.218	N554 X59.236 Y28.34 Z5.025	N750 X59.779 Y16.389 Z5.218
N164 X-1.025 Y48.346 R.5	N360 X56.733 Y48.53 Z5.098	N556 X59.515 Y28.464 Z5.098	N752 X59.514 Y16.507 Z5.098
N166 X-1.121 Y48.395 R.499	N362 X56.43 Y48.499 Z5.025	N558 X59.78 Y28.592 Z5.218	N754 X59.236 Y16.631 Z5.025
N168 G1 X-1.114 Y48.506 Z5.025	N364 X56.121 Y48.445 Z5.	N560 X60.024 Y28.691 Z5.382	N756 X58.95 Y16.759 Z5.
N170 X-1.699 Y48.615 Z5.098	N366 G3 X56.003 Y48.413 R.501	N562 X60.242 Y28.788 Z5.586	N758 X58.487 Y16.985 R.5
N172 X-1.97 Y48.717 Z5.218	N368 X55.896 Y48.354 R.5	N564 X60.428 Y28.871 Z5.824	N760 G3 X58.4 Y16.995 R.5
N174 X-2.22 Y48.812 Z5.382	N370 X55.806 Y48.271 R.5	N566 X60.578 Y28.937 Z6.092	N762 X58.309 Y17.008 R.5
N176 X-2.443 Y48.897 Z5.586	N372 X55.74 Y48.168 R.5	N568 X60.688 Y28.986 Z6.382	N764 X58.218 Y17.005 R.5
N178 X-2.634 Y48.969 Z5.824	N374 X55.7 Y48.053 R.5	N570 X60.755 Y29.016 Z6.687	N766 X58.129 Y16.984 R.5
N180 X-2.787 Y49.027 Z6.092	N376 X55.69 Y47.931 R.5	N572 X60.777 Y29.026 Z7.	N768 X58.045 Y16.948 R.499
N182 X-2.9 Y49.07 Z6.382	N378 X55.709 Y47.811 R.499	N574 G0 Z16.	N770 X57.968 Y16.897 R.499
N184 X-2.968 Y49.096 Z6.687	N380 X55.757 Y47.698 R.499	N576 X60.593 Y-274	N772 X57.903 Y16.834 R.5
N186 X-2.991 Y49.105 Z7.	N382 G1 X57.85 Y44.093 F400.	N578 Z15.	N774 X57.85 Y16.759 R.5
N188 G0 Z16.	N384 G3 X57.907 Y44.014 R.5	N580 G1 Z6.687 F100.	N776 G1 X46.535 Y-2.84 F400.
N190 X-5.754 Y37.045	N386 X57.979 Y43.947 R.5	N582 X60.53 Y-.237 Z6.382	N778 G3 X46.502 Y-2.908 R.5
N192 Z15.	N388 X58.062 Y43.896 R.499	N584 X60.426 Y-.176 Z6.092	N780 X46.48 Y-2.98 R.5
N194 G1 Z6.687 F100.	N390 X58.154 Y43.861 R.499	N586 X60.285 Y-.093 Z5.824	N782 X46.469 Y-3.054 R.5
N196 X-5.687 Y37.016 Z6.382	N392 X58.251 Y43.845 R.5	N588 X60.11 Y0.11 Z5.586	N784 Y-3.13 R.5
N198 X-5.577 Y36.967 Z6.092	N394 X58.349 Y43.849 R.5	N590 X59.904 Y.132 Z5.382	N786 G1 X46.535 Y-3.95
N200 X-5.428 Y36.9 Z5.824	N396 X58.444 Y43.871 R.5	N592 X59.674 Y.269 Z5.218	N788 X46.56 Y-4.262 Z5.025
N202 X-5.242 Y36.817 Z5.586	N398 X58.533 Y43.912 R.5	N594 X59.424 Y.416 Z5.098	N790 X46.584 Y-4.566 Z5.098
N204 X-5.024 Y36.72 Z5.382	N400 G1 X58.896 Y44.123	N596 X59.162 Y.571 Z5.025	N792 X46.607 Y-4.855 Z5.218
N206 X-4.779 Y36.611 Z5.218	N402 X59.167 Y44.28 Z5.025	N598 X58.892 Y.73 Z5.	N794 X46.628 Y-5.122 Z5.382
N208 X-4.514 Y36.523 Z5.098	N404 X59.431 Y44.433 Z5.098	N600 X58.537 Y.94	N796 X46.647 Y-5.36 Z5.586
N210 X-4.236 Y36.368 Z5.025	N406 X59.682 Y44.579 Z5.218	N602 G3 X58.448 Y.982 R.499	N798 X46.663 Y-5.563 Z5.824
N212 X-3.95 Y36.241 Z5.	N408 X59.913 Y44.713 Z5.382	N604 X58.352 Y1.005 R.5	N800 X46.676 Y-5.726 Z6.092
N214 X-3.487 Y36.054	N410 X60.119 Y44.833 Z5.586	N606 X58.253 Y1.009 R.5	N802 X46.686 Y-5.846 Z6.382
N216 G3 X-3.4 Y36.005 R.5	N412 X60.296 Y44.935 Z5.824	N608 X58.158 Y.993 R.5	N804 X46.692 Y-5.919 Z6.687
N218 X-3.309 Y35.902 R.5	N414 X60.437 Y45.017 Z6.092	N610 X58.064 Y.959 R.499	N806 X46.694 Y-5.944 Z7.
N220 X-3.218 Y35.995 R.5	N416 X60.541 Y45.078 Z6.382	N612 X57.98 Y.907 R.5	N808 G0 Z16.
N222 X-3.129 Y36.015 R.5	N418 X60.605 Y45.114 Z6.687	N614 X57.908 Y.84 R.499	N810 X-3.077 Y-3.716
N224 X-3.045 Y36.051 R.5	N420 X60.626 Y45.127 Z7.	N616 X57.85 Y.76 R.5	N812 Z15.
N226 X-2.968 Y36.102 R.5	N422 G0 Z16.	N618 G1 X55.865 Y-2.678 F400.	N814 G1 Z6.687 F100.
N228 X-2.903 Y36.166 R.501	N424 X51.244 Y50.919	N620 G3 X55.822 Y-2.777 R.5	N816 X-3.005 Y-3.706 Z6.382
N230 X-2.85 Y36.241 R.5	N426 Z15.	N622 X55.8 Y-2.883 R.499	N818 X-2.886 Y-3.69 Z6.092
N232 G1 X3.853 Y47.85 F400.	N428 G1 Z6.687 F100.	N624 X55.802 Y-2.991 R.5	N820 X-2.723 Y-3.667 Z5.824
N234 G3 X3.885 Y47.918 R.5	N430 X51.238 Y50.846 Z6.382	N626 X55.827 Y-3.096 R.5	N822 X-2.521 Y-3.639 Z5.586
N236 X3.907 Y47.99 R.499	N432 X51.228 Y50.726 Z6.092	N628 X55.874 Y-3.193 R.5	N824 X-2.285 Y-3.606 Z5.382
N238 X3.918 Y48.065 R.499	N434 X51.215 Y50.563 Z5.824	N630 X55.941 Y-3.278 R.5	N826 X-2.02 Y-3.57 Z5.218
N240 Y48.14 R.499	N436 X51.199 Y50.36 Z5.586	N632 X56.025 Y-3.346 R.5	N828 X-1.733 Y-3.53 Z5.098
N242 G1 X3.853 Y48.95	N438 X51.179 Y50.122 Z5.382	N634 X56.121 Y-3.395 R.499	N830 X-1.43 Y-3.488 Z5.025
N244 X3.827 Y49.262 Z5.025	N440 X51.158 Y49.855 Z5.218	N636 G1 X56.414 Y-3.506 Z5.025	N832 X-1.121 Y-3.445 Z5.
N246 X3.803 Y49.566 Z5.098	N442 X51.134 Y49.566 Z5.098	N638 X56.699 Y-3.615 Z5.098	N834 G3 X-1.003 Y-3.413 R.501
N248 X3.779 Y49.855 Z5.218	N444 X51.109 Y49.262 Z5.025	N640 X56.97 Y-3.717 Z5.218	N836 X-.896 Y-3.354 R.5
N250 X3.758 Y50.122 Z5.382	N446 X51.084 Y48.95 Z5.	N642 X57.22 Y-3.812 Z5.382	N838 X-.806 Y-3.271 R.5
N252 X3.739 Y50.36 Z5.586	N448 X51.018 Y48.141	N644 X57.443 Y-3.897 Z5.586	N840 X-.74 Y-3.168 R.5
N254 X3.722 Y50.563 Z5.824	N450 G3 Y48.065 R.501	N646 X57.634 Y-3.969 Z5.824	N842 X-.7 Y-3.053 R.5
N256 X3.709 Y50.726 Z6.092	N452 X51.029 Y47.991 R.5	N648 X57.787 Y-4.027 Z6.092	N844 X-.69 Y-2.931 R.5
N258 X3.7 Y50.846 Z6.382	N454 X51.051 Y47.918 R.5	N650 X57.9 Y-4.07 Z6.382	N846 X-.709 Y-2.811 R.499
N260 X3.694 Y50.919 Z6.687	N456 X51.084 Y47.85 R.501	N652 X57.968 Y-4.096 Z6.687	N848 X-.757 Y-2.698 R.499
N262 X3.692 Y50.944 Z7.	N458 G1 X57.85 Y36.174 F400.	N654 X57.991 Y-4.105 Z7.	N850 G1 X-2.85 Y.907 F400.
N264 G0 Z16.	N460 G3 X57.903 Y36.1 R.5	N656 G0 Z15.	N852 G3 X-2.907 Y.986 R.5
N266 X-5.754 Y29.046	N462 X57.968 Y36.036 R.5	N658 X60.754 Y7.955	N854 X-2.979 Y1.053 R.5
N268 Z15.	N464 X58.044 Y35.986 R.501	N660 Z15.	N856 X-3.062 Y1.104 R.499
N270 G1 Z6.687 F100.	N466 X58.128 Y35.949 R.5	N662 G1 Z6.687 F100.	N858 X-3.154 Y1.139 R.499
N272 X-5.687 Y29.016 Z6.382	N468 X58.217 Y35.929 R.501	N664 X60.687 Y7.984 Z6.382	N860 X-3.251 Y1.155 R.5
N274 X-5.577 Y28.967 Z6.092	N470 X58.309 Y35.926 R.5	N666 X60.577 Y8.033 Z6.092	N862 X-3.349 Y1.151 R.5
N276 X-5.428 Y28.9 Z5.824	N472 X58.399 Y35.939 R.5	N668 X60.428 Y8.1 Z5.824	N864 X-3.444 Y1.129 R.5
N278 X-5.242 Y28.817 Z5.586	N474 X58.486 Y35.968 R.5	N670 X60.242 Y8.183 Z5.586	N866 X-3.533 Y1.088 R.5
N280 X-5.024 Y28.72 Z5.382	N476 G1 X58.95 Y36.174	N672 X60.024 Y8.28 Z5.382	N868 G1 X-3.896 Y.877
N282 X-4.779 Y28.611 Z5.218	N478 X59.236 Y36.301 Z5.025	N674 X59.779 Y8.389 Z5.218	N870 X-4.167 Y.72 Z5.025
N284 X-4.514 Y28.493 Z5.098	N480 X59.515 Y36.425 Z5.098	N676 X59.514 Y8.507 Z5.098	N872 X-4.431 Y.567 Z5.098
N286 X-4.236 Y28.369 Z5.025	N482 X59.78 Y36.543 Z5.218	N678 X59.236 Y8.632 Z5.025	N874 X-4.682 Y.421 Z5.218
N288 X-3.95 Y28.241 Z5.	N484 X60.024 Y36.652 Z5.382	N680 X58.95 Y8.759 Z5.	N876 X-4.913 Y.287 Z5.382
N290 X-3.487 Y28.035	N486 X60.242 Y36.748 Z5.586	N682 X58.487 Y8.966	N878 X-5.119 Y.167 Z5.586

Capítulo IV. Desarrollo

N880 X-5.296 Y.065 Z5.824  
N882 X-5.437 Y-.017 Z6.092  
N884 X-5.541 Y-.078 Z6.382  
N886 X-5.605 Y-.114 Z6.687  
N888 X-5.626 Y-.127 Z7.  
N890 G0 Z16.  
N892 X3.756 Y-5.919  
N894 Z15.  
N896 G1 Z6.687 F100.  
N898 X3.762 Y-5.846 Z6.382  
N900 X3.772 Y-5.726 Z6.092  
N902 X3.785 Y-5.565 Z5.824  
N904 X3.801 Y-5.36 Z5.586  
N906 X3.821 Y-5.122 Z5.382  
N908 X3.842 Y-4.855 Z5.218  
N910 X3.865 Y-4.566 Z5.098  
N912 X3.891 Y-4.262 Z5.025  
N914 X3.916 Y-3.95 Z5.  
N916 X3.982 Y-3.141  
N918 G3 Y-3.065 R.501  
N920 X3.971 Y-2.991 R.5  
N922 X3.949 Y-2.918 R.5  
N924 X3.916 Y-2.85 R.501  
N926 G1 X-2.85 Y8.826 F400.  
N928 G3 X-2.903 Y8.9 R.5  
N930 X-2.968 Y8.964 R.5  
N932 X-3.044 Y9.014 R.501  
N934 X-3.128 Y9.051 R.5  
N936 X-3.217 Y9.071 R.501  
N938 X-3.309 Y9.074 R.5  
N940 X-3.399 Y9.061 R.5  
N942 X-3.486 Y9.032 R.5  
N944 G1 X-3.95 Y8.826  
N946 X-4.236 Y8.699 Z5.025  
N948 X-4.515 Y8.575 Z5.098  
N950 X-4.78 Y8.457 Z5.218  
N952 X-5.024 Y8.348 Z5.382  
N954 X-5.242 Y8.252 Z5.586  
N956 X-5.429 Y8.169 Z5.824  
N958 X-5.579 Y8.102 Z6.092  
N960 X-5.688 Y8.054 Z6.382  
N962 X-5.755 Y8.024 Z6.687  
N964 X-5.778 Y8.014 Z7.  
N966 G0 Z16.  
N968 X8.355 Y-5.919  
N970 Z15.  
N972 G1 Z6.687 F100.  
N974 X8.361 Y-5.846 Z6.382  
N976 X8.371 Y-5.726 Z6.092  
N978 X8.384 Y-5.565 Z5.824  
N980 X8.401 Y-5.36 Z5.586  
N982 X8.42 Y-5.122 Z5.382  
N984 X8.442 Y-4.855 Z5.218  
N986 X8.465 Y-4.566 Z5.098  
N988 X8.49 Y-4.262 Z5.025  
N990 X8.515 Y-3.95 Z5.  
N992 X8.581 Y-3.141  
N994 G3 Y-3.065 R.501  
N996 X8.57 Y-2.99 R.5  
N998 X8.548 Y-2.918 R.5  
N1000 X8.515 Y-2.85 R.5  
N1002 G1 X-2.85 Y16.787 F400.  
N1004 G2 X-2.734 Y17.425 R.5  
N1006 G1 X-2.85 Y12.442  
N1008 G3 X-.148 Y20.079 R.5  
N1010 G1 X-.495 Y20.679  
N1012 X-.648 Y20.971  
N1014 G2 X-.992 Y22.415 R3.204  
N1016 G1 Y22.585  
N1018 G2 X-.648 Y24.029 R3.204  
N1020 G1 X-.495 Y24.321  
N1022 X11.933 Y45.846  
N1024 X12.212 Y46.26  
N1026 G2 X12.982 Y47.013 R3.203  
N1028 G1 X13.031 Y47.047  
N1030 G2 X13.923 Y47.479 R3.204  
N1032 G1 X14.043 Y47.515  
N1034 G2 X14.954 Y47.654 R3.204  
N1036 G1 X27.5 Y47.655  
N1038 X39.866  
N1040 X40.046 Y47.654  
N1042 G2 X40.957 Y47.515 R3.204  
N1044 G1 X41.077 Y47.479  
N1046 G2 X41.969 Y47.047 R3.205  
N1048 G1 X42.018 Y47.013  
N1050 G2 X42.788 Y46.26 R3.203  
N1052 G1 X43.067 Y45.846  
N1054 X55.495 Y24.321  
N1056 X55.648 Y24.029  
N1058 G2 X55.992 Y22.585 R3.204  
N1060 G1 Y22.415  
N1062 G2 X55.648 Y20.971 R3.204  
N1064 G1 X55.495 Y20.679  
N1066 X43.067 Y-.846  
N1068 X42.788 Y-1.26  
N1070 G2 X42.018 Y-2.013 R3.203  
N1072 G1 X41.969 Y-2.048  
N1074 G2 X41.076 Y-2.479 R3.205  
N1076 G1 X40.957 Y-2.515  
N1078 G2 X40.046 Y-2.654 R3.204  
N1080 G1 X39.876 Y-2.655  
N1082 X15.144  
N1084 X14.954 Y-2.654  
N1086 G2 X14.043 Y-2.515 R3.204  
N1088 G1 X13.923 Y-2.479  
N1090 G2 X13.031 Y-2.047 R3.205  
N1092 G1 X12.982 Y-2.013  
N1094 G2 X12.212 Y-1.26 R3.203

N1096 G1 X11.933 Y-.846  
N1098 X-.148 Y20.079  
N1100 X-.305 Y20.35 Z5.025  
N1102 X-.457 Y20.614 Z5.098  
N1104 X-.602 Y20.865 Z5.218  
N1106 X-.736 Y21.097 Z5.382  
N1108 X-.855 Y21.304 Z5.586  
N1110 X-.957 Y21.48 Z5.824  
N1112 X-1.039 Y21.622 Z6.092  
N1114 X-1.099 Y21.726 Z6.382  
N1116 X-1.136 Y21.79 Z6.687  
N1118 X-1.148 Y21.811 Z7.  
N1120 G0 Z16.  
N1122 X-5.593 Y45.274  
N1124 Z10.  
N1126 G1 Z1.687 F100.  
N1128 X-5.53 Y45.237 Z1.382  
N1130 X-5.426 Y45.176 Z1.092  
N1132 X-5.285 Y45.093 Z.824  
N1134 X-5.11 Y44.989 Z.586  
N1136 X-4.904 Y44.868 Z.382  
N1138 X-4.674 Y44.731 Z.218  
N1140 X-4.424 Y44.584 Z.098  
N1142 X-4.162 Y44.429 Z.025  
N1144 X-3.892 Y44.27 Z0.  
N1146 X-3.537 Y44.06  
N1148 G3 X-3.448 Y44.018 R.499  
N1150 X-3.352 Y43.995 R.5  
N1152 X-3.253 Y43.991 R.5  
N1154 X-3.156 Y44.007 R.5  
N1156 X-3.064 Y44.041 R.499  
N1158 X-2.98 Y44.093 R.5  
N1160 X-2.908 Y44.16 R.499  
N1162 X-2.85 Y44.24 R.5  
N1164 G1 X-.865 Y47.678 F400.  
N1166 G3 X-.822 Y47.777 R.5  
N1168 X-.8 Y47.883 R.499  
N1170 X-.802 Y47.991 R.5  
N1172 X-.827 Y48.098 R.5  
N1174 X-.874 Y48.193 R.5  
N1176 X-.941 Y48.278 R.5  
N1178 X-1.025 Y48.346 R.5  
N1180 X-1.121 Y48.395 R.499  
N1182 G1 X-1.414 Y48.506 Z.025  
N1184 X-1.699 Y48.615 Z.098  
N1186 X-1.97 Y48.717 Z.218  
N1188 X-2.22 Y48.812 Z.382  
N1190 X-2.443 Y48.897 Z.586  
N1192 X-2.634 Y48.969 Z.824  
N1194 X-2.787 Y49.027 Z1.092  
N1196 X-2.9 Y49.07 Z1.382  
N1198 X-2.968 Y49.096 Z1.687  
N1200 X-2.991 Y49.105 Z2.  
N1202 G0 Z11.  
N1204 X-5.754 Y37.045  
N1206 Z10.  
N1208 G1 Z1.687 F100.  
N1210 X-5.687 Y37.016 Z1.382  
N1212 X-5.577 Y36.967 Z1.092  
N1214 X-5.428 Y36.9 Z.824  
N1216 X-5.242 Y36.817 Z.586  
N1218 X-5.024 Y36.72 Z.382  
N1220 X-4.779 Y36.611 Z.218  
N1222 X-4.514 Y36.493 Z.098  
N1224 X-4.236 Y36.368 Z.025  
N1226 X-3.95 Y36.241 Z0.  
N1228 X-3.487 Y36.034  
N1230 G3 X-3.4 Y36.005 R.5  
N1232 X-3.309 Y35.992 R.5  
N1234 X-3.218 Y35.995 R.5  
N1236 X-3.129 Y36.015 R.5  
N1238 X-3.045 Y36.051 R.5  
N1240 X-2.968 Y36.102 R.5  
N1242 X-2.903 Y36.166 R.501  
N1244 X-2.85 Y36.241 R.5  
N1246 G1 X3.853 Y47.85 F400.  
N1248 G3 X3.885 Y47.918 R.5  
N1250 X3.907 Y47.99 R.499  
N1252 X3.918 Y48.065 R.499  
N1254 Y48.14 R.499  
N1256 G1 X3.853 Y48.95  
N1258 X3.827 Y49.262 Z.025  
N1260 X3.803 Y49.566 Z.098  
N1262 X3.779 Y49.855 Z.218  
N1264 X3.758 Y50.122 Z.382  
N1266 X3.739 Y50.36 Z.586  
N1268 X3.722 Y50.563 Z.824  
N1270 X3.709 Y50.726 Z1.092  
N1272 X3.7 Y50.846 Z1.382  
N1274 X3.694 Y50.919 Z1.687  
N1276 X3.692 Y50.944 Z2.  
N1278 G0 Z11.  
N1280 X-5.754 Y29.046  
N1282 Z10.  
N1284 G1 Z1.687 F100.  
N1286 X-5.687 Y29.016 Z1.382  
N1288 X-5.577 Y28.967 Z1.092  
N1290 X-5.428 Y28.9 Z.824  
N1292 X-5.242 Y28.817 Z.586  
N1294 X-5.024 Y28.72 Z.382  
N1296 X-4.779 Y28.611 Z.218  
N1298 X-4.514 Y28.493 Z.098  
N1300 X-4.236 Y28.369 Z.025  
N1302 X-3.95 Y28.241 Z0.  
N1304 X-3.487 Y28.035  
N1306 G3 X-3.4 Y28.005 R.5  
N1308 X-3.309 Y27.992 R.5  
N1310 X-3.218 Y27.995 R.5

N1312 X-3.129 Y28.016 R.5  
N1314 X-3.045 Y28.052 R.499  
N1316 X-2.968 Y28.103 R.499  
N1318 X-2.903 Y28.166 R.5  
N1320 X-2.85 Y28.241 R.5  
N1322 G1 X8.465 Y47.84 F400.  
N1324 G3 X8.498 Y47.908 R.5  
N1326 X8.52 Y47.98 R.5  
N1328 X8.531 Y48.054 R.5  
N1330 Y48.13 R.5  
N1332 G1 X8.465 Y48.95  
N1334 X8.44 Y49.262 Z.025  
N1336 X8.416 Y49.566 Z.098  
N1338 X8.393 Y49.855 Z.218  
N1340 X8.372 Y50.122 Z.382  
N1342 X8.353 Y50.36 Z.586  
N1344 X8.337 Y50.563 Z.824  
N1346 X8.324 Y50.726 Z1.092  
N1348 X8.314 Y50.846 Z1.382  
N1350 X8.308 Y50.919 Z1.687  
N1352 X8.306 Y50.944 Z2.  
N1354 G0 Z11.  
N1356 X58.077 Y48.716  
N1358 Z10.  
N1360 G1 Z1.687 F100.  
N1362 X58.005 Y48.706 Z1.382  
N1364 X57.886 Y48.69 Z1.092  
N1366 X57.723 Y48.667 Z.824  
N1368 X57.521 Y48.639 Z.586  
N1370 X57.285 Y48.606 Z.382  
N1372 X57.02 Y48.57 Z.218  
N1374 X56.733 Y48.53 Z.098  
N1376 X56.43 Y48.488 Z.025  
N1378 X56.121 Y48.445 Z0.  
N1380 G3 X56.003 Y48.413 R.501  
N1382 X55.896 Y48.354 R.5  
N1384 X55.806 Y48.271 R.5  
N1386 X55.714 Y48.168 R.5  
N1388 X55.7 Y48.053 R.5  
N1390 X55.69 Y47.931 R.5  
N1392 X55.709 Y47.811 R.499  
N1394 X55.757 Y47.698 R.499  
N1396 G1 X57.85 Y44.093 F400.  
N1398 G3 X57.907 Y44.014 R.5  
N1400 X57.979 Y43.947 R.5  
N1402 X58.062 Y43.896 R.499  
N1404 X58.154 Y43.861 R.499  
N1406 X58.251 Y43.845 R.5  
N1408 X58.349 Y43.849 R.5  
N1410 X58.444 Y43.871 R.5  
N1412 X58.533 Y43.912 R.5  
N1414 G1 X58.896 Y44.123  
N1416 X59.167 Y44.28 Z.025  
N1418 X59.431 Y44.433 Z.098  
N1420 X59.682 Y44.579 Z.218  
N1422 X59.913 Y44.713 Z.382  
N1424 X60.119 Y44.833 Z.586  
N1426 X60.296 Y44.935 Z.824  
N1428 X60.437 Y45.017 Z1.092  
N1430 X60.541 Y45.078 Z1.382  
N1432 X60.605 Y45.114 Z1.687  
N1434 X60.626 Y45.127 Z2.  
N1436 G0 Z11.  
N1438 X51.244 Y50.919  
N1440 Z10.  
N1442 G1 Z1.687 F100.  
N1444 X51.238 Y50.846 Z1.382  
N1446 X51.228 Y50.726 Z1.092  
N1448 X51.215 Y50.563 Z.824  
N1450 X51.199 Y50.36 Z.586  
N1452 X51.179 Y50.122 Z.382  
N1454 X51.158 Y49.855 Z.218  
N1456 X51.134 Y49.566 Z.098  
N1458 X51.109 Y49.262 Z.025  
N1460 X51.084 Y48.95 Z0.  
N1462 X51.018 Y48.141  
N1464 G3 Y48.065 R.501  
N1466 X51.029 Y47.991 R.5  
N1468 X51.051 Y47.918 R.5  
N1470 X51.084 Y47.85 R.501  
N1472 G1 X57.85 Y36.174 F400.  
N1474 G3 X57.903 Y36.1 R.5  
N1476 X57.968 Y36.036 R.5  
N1478 X58.044 Y35.986 R.501  
N1480 X58.128 Y35.949 R.5  
N1482 X58.217 Y35.929 R.501  
N1484 X58.309 Y35.926 R.5  
N1486 X58.399 Y35.939 R.5  
N1488 X58.486 Y35.968 R.5  
N1490 G1 X58.95 Y36.174  
N1492 X59.236 Y36.301 Z.025  
N1494 X59.515 Y36.425 Z.098  
N1496 X59.78 Y36.543 Z.218  
N1498 X60.024 Y36.652 Z.382  
N1500 X60.242 Y36.748 Z.586  
N1502 X60.429 Y36.831 Z.824  
N1504 X60.579 Y36.898 Z1.092  
N1506 X60.688 Y36.946 Z1.382  
N1508 X60.755 Y36.976 Z1.687  
N1510 X60.778 Y36.986 Z2.  
N1512 G0 Z11.  
N1514 X46.645 Y50.919  
N1516 Z10.  
N1518 G1 Z1.687 F100.  
N1520 X46.639 Y50.846 Z1.382  
N1522 X46.629 Y50.726 Z1.092  
N1524 X46.616 Y50.563 Z.824  
N1526 X46.599 Y50.36 Z.586

N1528 X46.58 Y50.122 Z.382  
N1530 X46.558 Y49.855 Z.218  
N1532 X46.535 Y49.566 Z.098  
N1534 X46.51 Y49.262 Z.025  
N1536 X46.485 Y48.95 Z0.  
N1538 X46.419 Y48.141  
N1540 G3 Y48.065 R.501  
N1542 X46.43 Y47.99 R.5  
N1544 X46.452 Y47.918 R.5  
N1546 X46.485 Y47.85 R.5  
N1548 G1 X57.85 Y28.213 F400.  
N1550 G3 X57.903 Y28.139 R.5  
N1552 X57.968 Y28.075 R.5  
N1554 X58.044 Y28.024 R.501  
N1556 X58.128 Y27.968 R.501  
N1558 X58.218 Y27.968 R.501  
N1560 X58.309 Y27.964 R.5  
N1562 X58.399 Y27.977 R.501  
N1564 X58.486 Y28.007 R.501  
N1566 G1 X58.95 Y28.213  
N1568 X59.236 Y28.34 Z.025  
N1570 X59.515 Y28.464 Z.098  
N1572 X59.78 Y28.582 Z.218  
N1574 X60.024 Y28.691 Z.382  
N1576 X60.242 Y28.788 Z.586  
N1578 X60.428 Y28.871 Z.824  
N1580 X60.578 Y28.937 Z1.092  
N1582 X60.688 Y28.986 Z1.382  
N1584 X60.755 Y29.016 Z1.687  
N1586 X60.777 Y29.026 Z2.  
N1588 G0 Z11.  
N1590 X60.593 Y-.274  
N1592 Z10.  
N1594 G1 Z1.687 F100.  
N1596 X60.53 Y-.237 Z1.382  
N1598 X60.426 Y-.176 Z1.092  
N1600 X60.285 Y-.093 Z.824  
N1602 X60.11 Y0.11 Z.586  
N1604 X59.904 Y0.132 Z.382  
N1606 X59.674 Y0.262 Z.218  
N1608 X59.424 Y0.416 Z.098  
N1610 X59.162 Y0.571 Z.025  
N1612 X58.892 Y0.73 Z0.  
N1614 X58.537 Y0.94  
N1616 X63 X58.448 Y.982 R.499  
N1618 X58.352 Y1.005 R.5  
N1620 X58.253 Y1.009 R.5  
N1622 X58.156 Y.993 R.5  
N1624 X58.064 Y.959 R.499  
N1626 X57.98 Y.907 R.5  
N1628 X57.908 Y.84 R.499  
N1630 X57.85 Y.76 R.5  
N1632 G1 X55.865 Y-2.677 F400.  
N1634 G3 X55.822 Y-2.777 R.5  
N1636 X55.8 Y-2.883 R.499  
N1638 X55.802 Y-2.991 R.5  
N1640 X55.827 Y-3.096 R.5  
N1642 X55.874 Y-3.193 R.5  
N1644 X55.941 Y-3.278 R.5  
N1646 X56.025 Y-3.346 R.5  
N1648 X56.121 Y-3.395 R.499  
N1650 G1 X56.414 Y-3.506 Z.025  
N1652 X56.699 Y-3.615 Z.098  
N1654 X56.97 Y-3.717 Z.218  
N1656 X57.22 Y-3.812 Z.382  
N1658 X57.443 Y-3.897 Z.586  
N1660 X57.634 Y-3.969 Z.824  
N1662 X57.787 Y-4.027 Z1.092  
N1664 X57.9 Y-4.07 Z1.382  
N1666 X57.968 Y-4.096 Z1.687  
N1668 X57.991 Y-4.105 Z2.  
N1670 G0 Z11.  
N1672 X60.754 Y7.955  
N1674 Z10.  
N1676 G1 Z1.687 F100.  
N1678 X60.687 Y7.984 Z1.382  
N1680 X60.577 Y8.033 Z1.092  
N1682 X60.428 Y8.1 Z.824  
N1684 X60.242 Y8.183 Z.586  
N1686 X60.024 Y8.28 Z.382  
N1688 X59.779 Y8.389 Z.218  
N1690 X59.514 Y8.507 Z.098  
N1692 X59.236 Y8.632 Z.025  
N1694 X58.95 Y8.759 Z0.  
N1696 X58.487 Y8.966  
N1698 G3 X58.4 Y8.995 R.5  
N1700 X58.309 Y9.008 R.5  
N1702 X58.218 Y9.005 R.5  
N1704 X58.129 Y8.985 R.5  
N1706 X58.045 Y8.949 R.5  
N1708 X57.968 Y8.898 R.5  
N1710 X57.903 Y8.834 R.501  
N1712 X57.85 Y8.759 R.5  
N1714 G1 X51.147 Y-2.85 F400.  
N1716 X63 X51.115 Y-2.918 R.5  
N1718 X51.093 Y-2.99 R.499  
N1720 X51.082 Y-3.065 R.499  
N1722 Y-3.14 R.499  
N1724 G1 X51.147 Y-3.95  
N1726 X51.173 Y-4.262 Z.025  
N1728 X51.197 Y-4.566 Z.098  
N1730 X51.221 Y-4.855 Z.218  
N1732 X51.242 Y-5.122 Z.382  
N1734 X51.261 Y-5.36 Z.586  
N1736 X51.278 Y-5.563 Z.824  
N1738 X51.291 Y-5.726 Z1.092  
N1740 X51.3 Y-5.846 Z1.382  
N1742 X51.306 Y-5.919 Z1.687

Desarrollo de un plan de actividades tendientes a la reparación, puesta en marcha y diseño de prácticas demostrativas para el Centro de Mecanizado Vertical CNC EMCO VMC-100 en el taller Metalmecánico de la Universidad de Carabobo.

N1744 X51.308 Y-5.944 Z2.	N2822 X30.845 Y23. R4.005	N3038 G3 X41.923 Y30.911 R.984	S3500 M3
N2608 X46.64 Y1.551	N2824 G1 X31.348 Y23.5	N3040 G0 Z10.	N3254 G43 H0 Z18.5
N2610 Z15.	N2826 X23.651	N3042 Z11.	N3256 Z12.5
N2612 G1 Z6.687 F100.	N2828 G3 X22.954 Y23.321 R1.299	N3044 X41.76 Y14.911	N3258 G1 Z7.5 F100.
N2614 X46.613 Y1.619 Z6.382	N2830 X23.307 Y21.534 R.986	N3046 G1 Z2. F100.	N3260 G2 X35.599 Y30.664 R11.5 F400.
N2616 X46.569 Y1.73 Z6.092	N2832 G1 X23.653 Y21.499	N3048 G3 X41.703 Y15.263 R1.125 F400.	N3262 X19.401 Y14.336 R11.5
N2618 X46.508 Y1.883 Z5.824	N2834 X31.347	N3050 X40.916 Y15.051 R.48	N3264 X19.376 Y14.361 R11.5
N2620 X46.433 Y2.072 Z5.586	N2836 G3 X32.046 Y21.679 R1.305	N3052 G1 X41.005 Y14.603	N3266 G1 X19.367 Y14.369
N2622 X46.345 Y2.294 Z5.382	N2838 X31.693 Y23.466 R.986	N3054 G3 X41.777 Y15.178 R.482	N3268 Z5.
N2624 X46.246 Y2.543 Z5.218	N2840 G1 X31.348 Y23.5	N3056 G1 X41.703 Y15.263	N3270 G2 X35.599 Y30.664 R11.5
N2626 X46.139 Y2.812 Z5.098	N2842 G0 Z13.	N3058 X42.072 Y15.607	N3272 X19.561 Y14.181 R11.5
N2628 X46.026 Y3.096 Z5.025	N2844 Z16.	N3060 G3 X40.404 Y15.06 R.983	N3274 G1 X19.367 Y14.369
N2630 X45.91 Y3.386 Z5.	N2846 X13.99 Y14.907	N3062 G1 X40.556 Y14.361	N3276 Z10.
N2632 X45.764 Y3.766	N2848 G1 Z2. F100.	N3064 G3 X42.196 Y15.457 R.986	N3278 Z5.
N2634 G3 X45.705 Y3.862 R.5	N2850 G3 X13.925 Y15.285 R1.125 F400.	N3066 G1 X42.072 Y15.607	N3280 X16.096 Y14.691
N2636 X45.623 Y3.951 R.5	N2852 X13.284 Y14.567 R.482	N3068 G0 Z10.	N3282 Y16.692 Z2.
N2638 X45.522 Y4.018 R.499	N2854 X14.084 Y14.768 R.481	N3070 Z16.	N3284 X16.111 Y14.834
N2640 X45.408 Y4.059 R.5	N2856 G1 X13.995 Y15.216	N3072 X13.99 Y14.907	N3286 X15.892 Y15.929
N2642 X45.288 Y4.071 R.5	N2858 G3 X13.925 Y15.285 R.252	N3074 G1 Z0. F100.	N3288 X15.696 Y16.295
N2644 X45.168 Y4.053 R.5	N2860 G1 X14.172 Y15.729	N3076 G3 X13.925 Y15.285 R1.125 F400.	N3290 X15.387 Y16.672
N2646 X45.056 Y4.008 R.499	N2862 G3 X13.077 Y14.089 R.986	N3078 X13.284 Y14.567 R.482	N3292 X15.011 Y16.981
N2648 X44.958 Y3.936 R.5	N2864 X14.596 Y14.759 R.982	N3080 X14.084 Y14.768 R.481	N3294 X14.576 Y17.214
N2650 G2 X34.469 Y-2.001 R25.772 F400.	N2866 G1 X14.443 Y15.457	N3082 G1 X13.995 Y15.216	N3296 X14.114 Y17.354
N2652 X33.881 Y-1.736 R.5	N2868 G3 X14.172 Y15.729 R.983	N3084 G3 X13.925 Y15.285 R.252	N3298 X13.623 Y17.402
N2654 G1 X32.466 Y1.211	N2870 G0 Z10.	N3086 G1 X14.172 Y15.729	N3300 X13.138 Y17.354
N2656 G3 X31.911 Y1.484 R.5	N2872 Z11.	N3088 G3 X13.077 Y14.089 R.986	N3302 X12.671 Y17.213
N2658 G2 X27.754 Y1.005 R21.831	N2874 X14.008 Y30.093	N3090 X14.596 Y14.759 R.982	N3304 X12.237 Y16.981
N2660 X6.027 Y21.51 R21.525	N2876 G1 Z2. F100.	N3092 G1 X14.443 Y15.457	N3306 X11.864 Y16.674
N2662 X11.782 Y37.164 R21.804	N2878 G3 X13.952 Y30.444 R1.125 F400.	N3094 G3 X14.172 Y15.729 R.983	N3308 X11.551 Y16.293
N2664 X27.363 Y43.988 R21.755	N2880 X13.165 Y30.232 R.48	N3096 G0 Z8.	N3310 X11.321 Y15.864
N2666 X42.363 Y38.035 R21.804	N2882 G1 X13.254 Y29.784	N3098 Z11.	N3312 X11.18 Y15.396
N2668 X48.999 Y22.585 R21.76	N2884 G3 X14.026 Y30.36 R.482	N3100 X14.008 Y30.093	N3314 X11.131 Y14.908
N2670 X42.574 Y7.188 R21.733	N2886 G1 X13.952 Y30.444	N3102 G1 Z0. F100.	N3316 X11.179 Y14.424
N2672 X31.911 Y1.484 R21.832	N2888 X14.32 Y30.789	N3104 G3 X13.952 Y30.444 R1.125 F400.	N3318 X11.322 Y13.952
N2674 X31.342 Y1.787 R.499	N2890 G3 X12.653 Y30.241 R.983	N3106 X13.165 Y30.232 R.48	N3320 X11.55 Y13.527
N2676 G1 X30.121 Y4.835	N2892 G1 X12.805 Y29.543	N3108 G1 X13.254 Y29.784	N3322 X11.862 Y13.146
N2678 G3 X29.593 Y5.145 R.5	N2894 G3 X14.443 Y30.637 R.986	N3110 G3 X14.026 Y30.36 R.482	N3324 X12.239 Y12.836
N2680 G2 X27.754 Y5.005 R17.93	N2896 G1 X14.443 Y30.639	N3112 G1 X13.952 Y30.444	N3326 X12.669 Y12.606
N2682 X15.309 Y9.955 R17.87	N2898 X14.32 Y30.789	N3114 X14.32 Y30.789	N3328 X13.141 Y12.463
N2684 X16.024 Y21.652 R17.92	N2900 G0 Z10.	N3116 G3 X12.653 Y30.241 R.983	N3330 X13.621 Y12.416
N2686 X14.762 Y34.496 R17.857	N2902 Z16.	N3118 G1 X12.805 Y29.543	N3332 X14.112 Y12.464
N2688 X27.503 Y39.991 R17.815	N2904 X27.875 Y22.5	N3120 G3 X14.443 Y30.637 R.986	N3334 X14.578 Y12.606
N2690 X39.555 Y35.177 R17.913	N2906 G1 Z2. F100.	N3122 G1 X14.443 Y30.639	N3336 X15.009 Y12.836
N2692 X44.999 Y22.585 R17.812	N2908 G3 X27.758 Y23. R1.125 F400.	N3124 X14.32 Y30.789	N3338 X15.389 Y13.148
N2694 X39.697 Y9.966 R17.786	N2910 G1 X25.742	N3126 G0 Z8.	N3340 X15.696 Y13.522
N2696 X29.593 Y5.145 R17.93	N2912 G3 X25.625 Y22.5 R1.125	N3128 Z11.	N3342 X15.928 Y13.956
N2698 X29.045 Y5.517 R.5	N2914 X25.673 Y21.999 R2.625	N3130 X27.866 Y38.324	N3344 X16.069 Y14.423
N2700 G1 X28.248 Y8.629	N2916 G1 X30.827	N3132 G1 Z0. F100.	N3346 X16.096 Y14.692
N2702 G3 X27.754 Y9.005 R.501	N2918 G3 X30.845 Y23. R3.213	N3134 G3 X27.801 Y38.701 R1.125 F400.	N3348 Z0.
N2704 G2 X17.985 Y12.928 R13.506	N2920 G1 X23.676	N3136 X27.159 Y37.983 R.482	N3350 X16.111 Y14.834
N2706 X14.022 Y21.794 R13.492	N2922 G3 X23.233 Y22.903 R.835	N3138 X27.96 Y38.184 R.481	N3352 X15.892 Y15.929
N2708 X17.742 Y31.828 R13.521	N2924 X23.405 Y22.026 R.483	N3140 G1 X27.871 Y38.632	N3354 X15.696 Y16.295
N2710 X27.642 Y35.993 R13.509	N2926 G1 X23.678 Y21.999	N3142 G3 X27.801 Y38.701 R.252	N3356 X15.387 Y16.672
N2712 X36.756 Y32.319 R13.451	N2928 X31.323	N3144 G1 X28.048 Y39.145	N3358 X15.011 Y16.981
N2714 X40.999 Y22.585 R13.483	N2930 G3 X31.767 Y22.097 R.841	N3146 G3 X26.952 Y37.505 R.986	N3360 X14.576 Y17.214
N2716 X36.819 Y12.745 R13.468	N2932 X31.595 Y22.974 R.483	N3148 X28.471 Y38.175 R.982	N3362 X14.114 Y17.354
N2718 X27.754 Y9.005 R13.455	N2934 X30.845 Y23. R4.005	N3150 G1 X28.319 Y38.873	N3364 X13.623 Y17.402
N2720 G1 X27.441 Y8.999 Z5.025	N2936 G1 X31.348 Y23.5	N3152 G3 X28.048 Y39.145 R.984	N3366 X13.138 Y17.354
N2722 X27.136 Y8.993 Z5.098	N2938 X23.651	N3154 G0 Z8.	N3368 X12.671 Y17.213
N2724 X26.846 Y8.988 Z5.218	N2940 G3 X22.954 Y23.321 R1.299	N3156 Z16.	N3370 X12.237 Y16.981
N2726 X26.579 Y8.983 Z5.382	N2942 X23.307 Y21.534 R.986	N3158 X27.884 Y6.676	N3372 X11.864 Y16.674
N2728 X26.34 Y8.979 Z5.586	N2944 G1 X23.653 Y21.499	N3160 G1 Z0. F100.	N3374 X11.551 Y16.293
N2730 X26.136 Y8.975 Z5.824	N2946 X31.347	N3162 G3 X27.827 Y7.028 R1.125 F400.	N3376 X11.321 Y15.864
N2732 X26.972 Y8.972 Z6.092	N2948 G3 X32.046 Y21.679 R1.305	N3164 X27.04 Y6.816 R.479	N3378 X11.18 Y15.396
N2734 X26.852 Y8.97 Z6.382	N2950 X31.693 Y23.466 R.986	N3166 G1 X27.129 Y6.368	N3380 X11.131 Y14.908
N2736 X25.779 Y8.968 Z6.687	N2952 G1 X31.348 Y23.5	N3168 G3 X27.901 Y6.944 R.482	N3382 X11.179 Y14.424
N2738 X25.754 Z7.	N2954 G0 Z10.	N3170 G1 X27.827 Y7.028	N3384 X11.322 Y13.952
N2740 G0 Z21.	N2956 Z16.	N3172 X28.196 Y7.373	N3386 X11.55 Y13.527
N2742 X27.875 Y22.5 Z15.5	N2958 X27.866 Y38.324	N3174 G3 X26.529 Y6.825 R.983	N3388 X11.862 Y13.146
N2744 G1 Z7.5 F100.	N2960 G1 Z2. F100.	N3176 G1 X26.681 Y6.127	N3390 X12.239 Y12.836
N2746 G3 X27.758 Y23. R1.125 F400.	N2962 G3 X27.801 Y38.701 R1.125 F400.	N3178 G3 X28.319 Y7.221 R.985	N3392 X12.669 Y12.606
N2748 G1 X25.742	N2964 X27.159 Y37.983 R.482	N3180 G1 X28.318 Y7.222	N3394 X13.141 Y12.463
N2750 G3 X25.625 Y22.5 R1.125	N2966 X27.96 Y38.184 R.481	N3182 X28.196 Y7.373	N3396 X13.621 Y12.416
N2752 X25.673 Y21.999 R2.625	N2968 G1 X27.871 Y38.632	N3184 G0 Z8.	N3398 X14.112 Y12.464
N2754 G1 X30.827	N2970 G3 X27.801 Y38.701 R.252	N3186 Z16.	N3400 X14.578 Y12.606
N2756 G3 X30.845 Y23. R3.213	N2972 G1 X28.048 Y39.145	N3188 X41.742 Y30.089	N3402 X15.009 Y12.836
N2758 G1 X23.676	N2974 G3 X26.952 Y37.505 R.986	N3190 G1 Z0. F100.	N3404 X15.389 Y13.148
N2760 G3 X23.233 Y22.903 R.835	N2976 X28.471 Y38.175 R.982	N3192 G3 X41.677 Y30.466 R1.125 F400.	N3406 X15.696 Y13.522
N2762 X23.405 Y22.026 R.483	N2978 G1 X28.319 Y38.873	N3194 X41.035 Y29.748 R.482	N3408 X15.928 Y13.956
N2764 G1 X23.678 Y21.999	N2980 G3 X28.048 Y39.145 R.984	N3196 X41.835 Y29.949 R.481	N3410 X16.069 Y14.423
N2766 X31.323	N2982 G0 Z10.	N3198 G1 X41.746 Y30.397	N3412 X16.096 Y14.692
N2768 G3 X31.767 Y22.097 R.841	N2984 Z16.	N3200 G3 X41.677 Y30.466 R.251	N3414 X12.573 Y12.658 Z.868
N2770 X31.595 Y22.974 R.483	N2986 X27.884 Y6.676	N3202 G1 X41.923 Y30.911	N3416 Z5.
N2772 X30.845 Y23. R4.005	N2988 G1 Z2. F100.	N3204 G3 X40.829 Y29.271 R.986	N3418 X7.982 Y10.007
N2774 G1 X31.348 Y23.5	N2990 G3 X27.827 Y7.028 R1.125 F400.	N3206 X42.347 Y29.941 R.983	N3420 Z2.
N2776 X23.651	N2992 X27.04 Y6.816 R.479	N3208 G1 X42.195 Y30.639	N3422 X1.142 Y21.864
N2778 G3 X22.954 Y23.321 R1.299	N2994 G1 X27.129 Y6.368	N3210 G3 X41.923 Y30.911 R.984	N3424 G2 X1.212 Y23.269 R1.499
N2780 X23.307 Y21.534 R.986	N2996 G3 X27.901 Y6.944 R.482	N3212 G0 Z8.	N3426 X1 X13.763 Y44.999
N2782 G1 X23.653 Y21.499	N2998 G1 X27.827 Y7.028	N3214 Z11.	N3428 G2 X15.018 Y45.851 R1.5
N2784 X31.347	N3000 X28.196 Y7.373	N3216 X41.76 Y14.911	N3430 G1 X40.104 Y45.847
N2786 G3 X32.046 Y21.679 R1.305	N3002 G3 X26.529 Y6.825 R.983	N3218 G1 Z0. F100.	N3432 G2 X41.302 Y44.895 R1.5
N2788 X31.693 Y23.466 R.986	N3004 G1 X26.681 Y6.127	N3220 G3 X41.703 Y15.263 R1.125 F400.	N3434 G1 X53.843 Y23.168
N2790 G1 X31.348 Y23.5	N3006 G3 X28.319 Y7.221 R.985	N3222 X40.916 Y15.051 R.48	N3436 G2 X53.809 Y21.768 R1.5
N2792 X27.875 Y22.5	N3008 G1 X28.318 Y7.222	N3224 G1 X41.005 Y14.603	N3438 G1 X41.265 Y.043
N2794 Z5. F100.	N3010 X28.196 Y7.373	N3226 G3 X41.777 Y15.178 R.482	N3440 G2 X40.033 Y-.65 R1.5
N2796 G3 X27.758 Y23. R1.125 F400.	N3012 G0 Z10.	N3228 G1 X41.703 Y15.263	N3442 G1 X14.946
N2798 G1 X25.742	N3014 Z16.	N3230 X42.072 Y15.607	N3444 G2 X13.724 Y.061 R1.5
N2800 G3 X25.625 Y22.5 R1.125	N3016 X41.742 Y30.089	N3232 G3 X40.404 Y15.06 R.983	N3446 G1 X7.982 Y10.007
N2802 X25.673 Y21.999 R2.625	N3018 G1 Z2. F100.	N3234 G1 X40.556 Y14.361	N3448 G0 Z7.
N2804 G1 X30.827	N3020 G3 X41.677 Y30.466 R1.125 F400.	N3236 G3 X42.196 Y15.457 R.986	N3450 Z13.
N2806 G3 X30.845 Y23. R3.213	N3022 X41.035 Y29.748 R.482	N3238 G1 X42.072 Y15.607	N3452 Z16.
N2808 G1 X23.676	N3024 X41.835 Y29.949 R.481	N3240 G0 Z5.	N3454 X25.055 Y7.162
N2810 G3 X23.233 Y22.903 R.835	N3026 G1 X41.746 Y30.397	N3242 Z6.	N3456 Z13.
N2812 X23.405 Y22.026 R.483	N3028 G3 X41.677 Y30.466 R.251	N3244 M5	N3458 Z7.
N2814 G1 X23.678 Y21.999	N3030 G1 X41.923 Y30.911	N3246 G91 G28 Z0.	N3460 G1 Z2. F100.
N2816 X31.323	N3032 G3 X40.829 Y29.271 R.986	N3248 M01	N3462 X25.014 Y6.748 F400.
N2818 G3 X31.767 Y22.097 R.841	N3034 X42.347 Y29.941 R.983	N3250 T2 M6	N3464 X25.232 Y5.654
N2820 X31.595 Y22.974 R.483	N3036 G1 X42.195 Y30.639	N3252 G0 G90 G54 X19.367 Y14.369	N3466 X25.425 Y5.292

.853	N4556 Z10.	N4654 X50.227 Y26.436	N4752 X21.551 F400.
N4066 X15.01 Y32.163	N4558 G1 Z5. F100.	N4656 X38.305	N4754 Z10.
N4068 X14.576 Y32.395	N4560 X17.633 F400.	N4658 Z10.	N4756 X33.449
N4070 X14.114 Y32.535	N4562 Z10.	N4660 X16.695	N4758 Z5.
N4072 X13.623 Y32.584	N4564 X37.367	N4662 Z5.	N4760 X38.073
N4074 X13.138 Y32.536	N4566 Z5.	N4664 X4.773	N4762 G0 Z10.
N4076 X12.671 Y32.394	N4568 X37.763	N4666 X5.909 Y28.405	N4764 Z12.
N4078 X12.237 Y32.162	N4570 G0 Z10.	N4668 X10.012	N4766 X44.678
N4474 X8.182 Y12.659	N4572 Z12.	N4670 G0 Z10.	N4768 Z10.
N4476 X10.322	N4574 X44.988	N4672 Z12.	N4770 G1 Z5. F100.
N4478 G0 Z10.	N4576 Z10.	N4674 X17.237	N4772 X46.818 F400.
N4480 Z12.	N4578 G1 Z5. F100.	N4676 Z10.	N4774 X45.682 Y34.309
N4482 X16.927	N4580 X49.091 F400.	N4678 G1 Z5. F100.	N4776 X9.318
N4484 Z10.	N4582 X50.227 Y18.564	N4680 X17.633 F400.	N4778 X10.455 Y36.278
N4486 G1 Z5. F100.	N4584 X38.305	N4682 Z10.	N4780 X24.081
N4488 X21.551 F400.	N4586 Z10.	N4684 X37.367	N4782 G0 Z10.
N4490 Z10.	N4588 X16.695	N4686 Z5.	N4784 Z12.
N4492 X33.449	N4590 Z5.	N4688 X37.763	N4786 X30.919
N4494 Z5.	N4592 X4.773	N4690 G0 Z10.	N4788 Z10.
N4496 X38.073	N4594 X3.636 Y20.532	N4692 Z12.	N4790 G1 Z5. F100.
N4498 G0 Z10.	N4596 X16.17	N4694 X44.988	N4792 X44.545 F400.
N4500 Z12.	N4598 Z10.	N4696 Z10.	N4794 X43.409 Y38.246
N4502 X44.678	N4600 X21.988	N4698 G1 Z5. F100.	N4796 X31.492
N4504 Z10.	N4602 Z2.	N4700 X49.091 F400.	N4798 G0 Z10.
N4506 G1 Z5. F100.	N4604 X33.012	N4702 X47.955 Y30.373	N4800 Z12.
N4508 X46.818 F400.	N4606 Z10.	N4704 X45.32	N4802 X23.508
N4510 X47.955 Y14.627	N4608 X38.83	N4706 G0 Z10.	N4804 Z10.
N4512 X45.348	N4610 Z5.	N4708 Z12.	N4806 G1 Z5. F100.
N4514 G0 Z10.	N4612 X51.364	N4710 X37.403	N4808 X11.591 F400.
N4516 Z12.	N4614 X52.5 Y22.5	N4712 Z10.	N4810 X12.727 Y40.214
N4518 X37.432	N4616 X39.	N4714 G1 Z5. F100.	N4812 X23.996
N4520 Z10.	N4618 Z10.	N4716 X35.881 F400.	N4814 G0 Z10.
N4522 G1 Z5. F100.	N4620 X33.993	N4718 Z10.	N4816 Z12.
N4524 X35.881 F400.	N4622 Z2.	N4720 X19.119	N4818 X31.004
N4526 Z10.	N4624 X21.007	N4722 Z5.	N4820 Z10.
N4528 X19.119	N4626 Z10.	N4724 X17.597	N4822 G1 Z5. F100.
N4530 Z5.	N4628 X16.	N4726 G0 Z10.	N4824 X42.273 F400.
N4532 X17.597	N4630 Z5.	N4728 Z12.	N4826 X41.136 Y42.182
N4534 G0 Z10.	N4632 X2.5	N4730 X9.652	N4828 X13.864
N4536 Z12.	N4634 X3.636 Y24.468	N4732 Z10.	N4830 X15. Y44.151
N4538 X9.652	N4636 X16.17	N4734 G1 Z5. F100.	N4832 X40.
N4540 Z10.	N4638 Z10.	N4736 X7.045 F400.	N4834 G0 Z10.
N4542 G1 Z5. F100.	N4640 X21.988	N4738 X8.182 Y32.341	N4836 Z12.
N4544 X7.045 F400.	N4642 Z2.	N4740 X10.322	N4838 M5.
N4546 X5.909 Y16.595	N4644 X33.012	N4742 G0 Z10.	N4840 G91 G28 Z0.
N4548 X10.012	N4646 Z10.	N4744 Z12.	N4842 G28 X0. Y0.
N4550 G0 Z10.	N4648 X38.83	N4746 X16.927	N4844 M30
N4552 Z12.	N4650 Z5.	N4748 Z10.	%
N4554 X17.237	N4652 X51.364	N4750 G1 Z5. F100.	

Tabla 4.3.2. Datos de Mecanizado de la Pieza 2

**PIEZA 2**

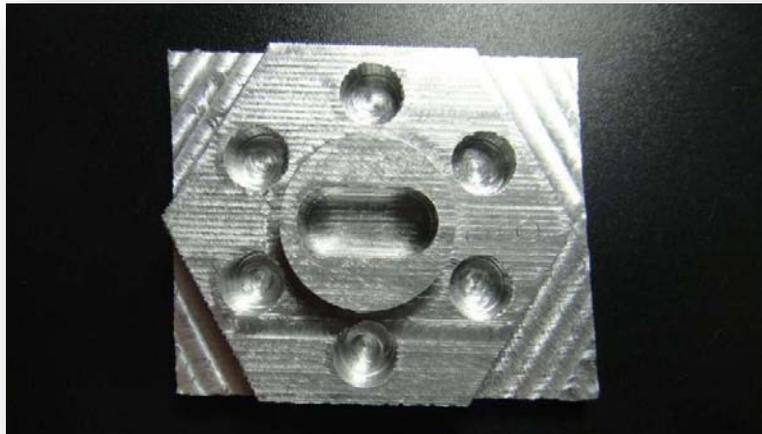
<i>Tiempo De Mecanizado</i>	21 minutos 32 segundos
<i>Herramientas Utilizadas</i>	T1: Enteriza de Ø6mm (Desbaste) T2: Enteriza de Ø3mm (Acabado)
<i>Velocidades de Avance</i>	Ejes X y Y = 400 mm/min Eje Z = 100 mm/min
<i>Material Mecanizado</i>	Ultraleno Temperaturas: -200 °C a +90 °C Dureza: D65-70

*Desarrollo de un plan de actividades tendientes a la reparación, puesta en marcha y diseño de prácticas demostrativas para el Centro de Mecanizado Vertical CNC EMCO VMC-100 en el taller Metalmecánico de la Universidad de Carabobo.*

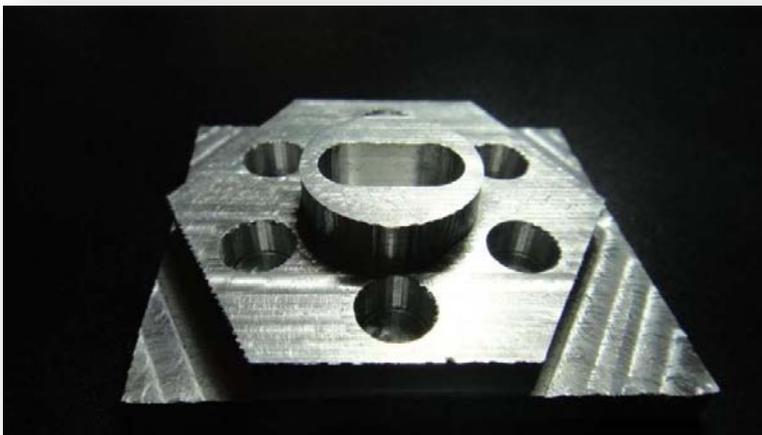
**PIEZA MECANIZADA:**



(A)



(B)

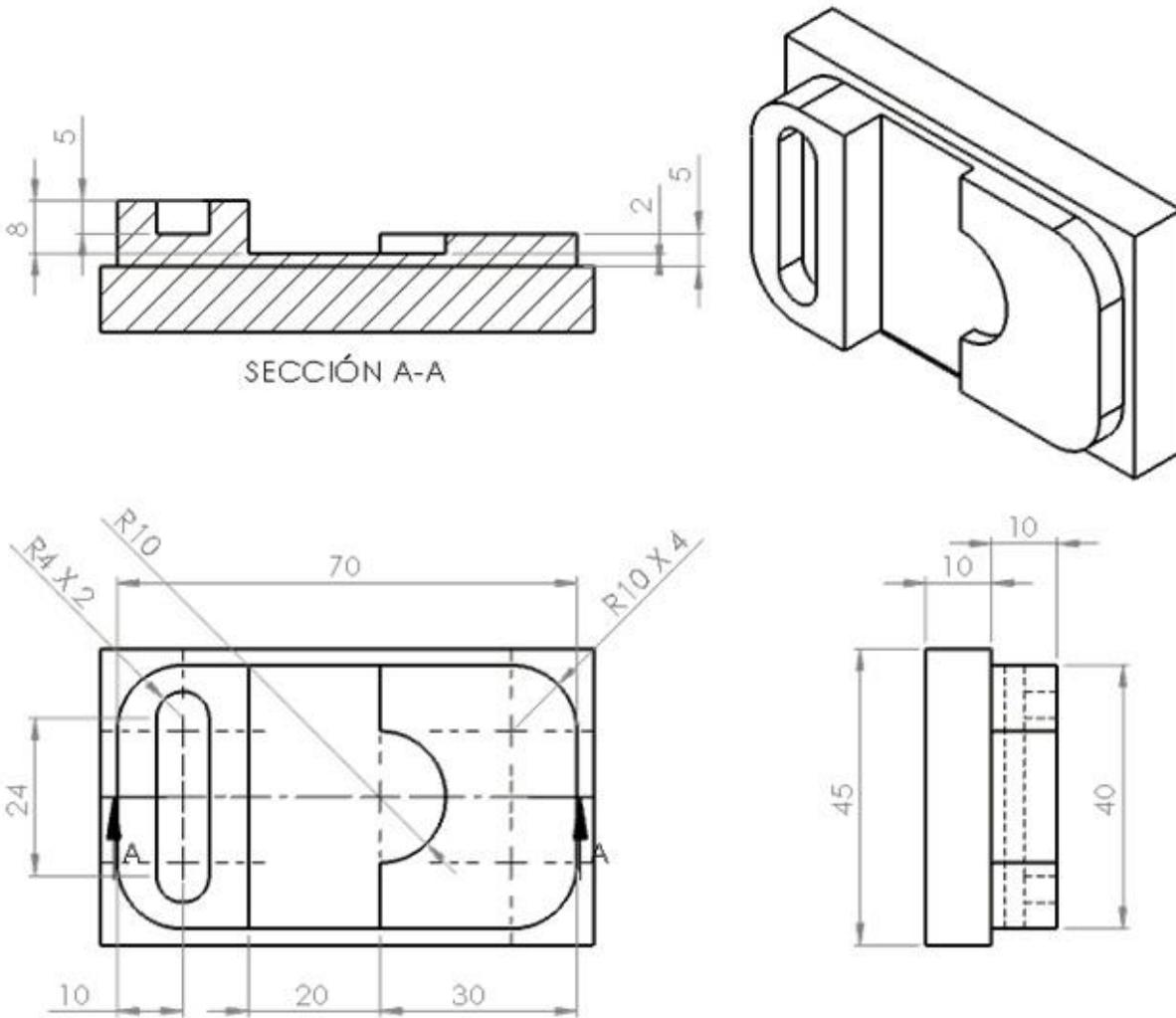


(C)

**Figura 4.3.5.** (A) Vista en Isometría de la Pieza 2 Mecanizada. (B) Vista Superior de la Pieza 2 Mecanizada. (C) Vista Frontal de la Pieza 2 Mecanizada.

4.3.2.3 Practica #3:

PLANOS:



**Figura 4.3.6.** Planos de la Pieza 3

Desarrollo de un plan de actividades tendientes a la reparación, puesta en marcha y diseño de prácticas demostrativas para el Centro de Mecanizado Vertical CNC EMCO VMC-100 en el taller Metalmecánico de la Universidad de Carabobo.

## CÓDIGO CNC:

Nota: El siguiente código fue generado con la ayuda de un software CAM.

%	N290 X3.631 Y-5.012 Z5.382	N486 X70.667 Y48.048 R.501	N682 X-4.233 Y3.982 Z.025
O0000(PIEZA 3)	N292 X3.746 Y-4.77 Z5.218	N488 X70.72 Y47.97 R.5	N684 X-4.509 Y3.852 Z.098
N100 G21	N294 X3.87 Y-4.508 Z5.098	N490 X70.787 Y47.903 R.5	N686 X-4.771 Y3.728 Z.218
N102 G0 G17 G40 G49 G80 G90	N296 X4.001 Y-4.233 Z5.025	N492 X70.865 Y47.85 R.5	N688 X-5.014 Y3.614 Z.382
N104 T1 M6	N298 X4.135 Y-3.95 Z5.	N494 G2 X77.85 Y40.885 R17.603 F400.	N690 X-5.229 Y3.512 Z.586
N106 G0 G90 G54 X71.712 Y50.735 S3500	N300 X4.347 Y-3.503	N496 G3 X77.903 Y40.807 R.5	N692 X-5.414 Y3.426 Z.824
M3	N302 G3 X4.379 Y-3.414 R.5	N498 X77.969 Y40.741 R.5	N694 X-5.562 Y3.356 Z1.092
N108 G43 H0 Z21.	N304 X4.394 Y-3.321 R.5	N500 X78.047 Y40.688 R.5	N696 X-5.671 Y3.305 Z1.382
N110 Z15.	N306 X4.392 Y-3.227 R.5	N502 X78.134 Y40.65 R.5	N698 X-5.737 Y3.273 Z1.687
N112 G1 Z6.687 F100.	N308 X4.371 Y-3.134 R.501	N504 X78.226 Y40.63 R.5	N700 X-5.759 Y3.263 Z2.
N114 X71.68 Y50.668 Z6.382	N310 X4.333 Y-3.048 R.501	N506 X78.32 Y40.627 R.5	N702 G0 Z11.
N116 X71.629 Y50.56 Z6.092	N312 X4.28 Y-2.97 R.5	N508 X78.413 Y40.642 R.5	N704 X-5.735 Y41.715
N118 X71.559 Y50.412 Z5.824	N314 X4.213 Y-2.903 R.5	N510 X78.501 Y40.674 R.5	N706 Z10.
N120 X71.471 Y50.228 Z5.586	N316 X4.135 Y-2.85 R.5	N512 G1 X78.95 Y40.885	N708 G1 Z1.687 F100.
N122 X71.369 Y50.012 Z5.382	N318 G2 X-2.85 Y4.115 R17.603 F400.	N514 X79.233 Y41.018 Z.025	N710 X-5.669 Y41.683 Z1.382
N124 X71.254 Y49.77 Z5.218	N320 G3 X-2.903 Y4.193 R.5	N516 X79.509 Y41.148 Z.098	N712 X-5.56 Y41.632 Z1.092
N126 X71.13 Y49.508 Z5.098	N322 X-2.969 Y4.259 R.5	N518 X79.771 Y41.272 Z.218	N714 X-5.412 Y41.561 Z.824
N128 X70.999 Y49.233 Z5.025	N324 X-3.047 Y4.312 R.5	N520 X80.014 Y41.386 Z.382	N716 X-5.228 Y41.474 Z.586
N130 X70.865 Y48.95 Z5.	N326 X-3.134 Y4.35 R.5	N522 X80.229 Y41.488 Z.586	N718 X-5.012 Y41.372 Z.382
N132 X70.653 Y48.503.	N328 X-3.226 Y4.37 R.5	N524 X80.414 Y41.574 Z.824	N720 X-4.77 Y41.257 Z.218
N134 G3 X70.621 Y48.414 R.5	N330 X-3.32 Y4.373 R.5	N526 X80.562 Y41.644 Z1.092	N722 X-4.508 Y41.133 Z.098
N136 X70.606 Y48.321 R.5	N332 X-3.413 Y4.358 R.5	N528 X80.671 Y41.695 Z1.382	N724 X-4.233 Y41.002 Z.025
N138 X70.609 Y48.227 R.5	N334 X-3.501 Y4.326 R.5	N530 X80.737 Y41.727 Z1.687	N726 X-3.95 Y40.868 Z0.
N140 X70.629 Y48.134 R.5	N336 G1 X-3.95 Y4.115	N532 X80.759 Y41.737 Z2.	N728 X-3.503 Y40.656
N142 X70.667 Y48.048 R.501	N338 X-4.233 Y3.982 Z5.025	N534 G0 Z11.	N730 G3 X-3.414 Y40.624 R.5
N144 X70.72 Y47.97 R.5	N340 X-4.509 Y3.852 Z5.098	N536 X80.735 Y3.277	N732 X-3.321 Y40.609 R.5
N146 X70.787 Y47.903 R.5	N342 X-4.771 Y3.728 Z5.218	N538 Z10.	N734 X-3.227 Y40.611 R.5
N148 X70.865 Y47.85 R.5	N344 X-5.014 Y3.614 Z5.382	N540 G1 Z1.687 F100.	N736 X-3.134 Y40.632 R.501
N150 G2 X77.85 Y40.885 R17.603 F400.	N346 X-5.229 Y3.512 Z5.586	N542 X80.669 Y3.309 Z1.382	N738 X-3.048 Y40.67 R.501
N152 G3 X77.903 Y40.807 R.5	N348 X-5.414 Y3.426 Z5.824	N544 X80.56 Y3.36 Z1.092	N740 X-2.97 Y40.723 R.5
N154 X77.969 Y40.741 R.5	N350 X-5.562 Y3.356 Z6.092	N546 X80.412 Y3.43 Z.824	N742 X-2.903 Y40.79 R.5
N156 X78.047 Y40.688 R.5	N352 X-5.671 Y3.305 Z6.382	N548 X80.228 Y3.518 Z.586	N744 X-2.85 Y40.868 R.5
N158 X78.134 Y40.65 R.5	N354 X-5.737 Y3.273 Z6.687	N550 X80.012 Y3.62 Z.382	N746 G2 X4.112 Y47.85 R17.599 F400.
N160 X78.226 Y40.63 R.5	N356 X-5.759 Y3.263 Z7.	N552 X79.771 Y3.735 Z.218	N748 X4.744 Y47.723 R.5
N162 X78.32 Y40.627 R.5	N358 G0 Z16.	N554 X79.508 Y3.859 Z.098	N750 G1 X6.799 Y45.141
N164 X78.413 Y40.642 R.5	N360 X-5.735 Y41.715	N556 X79.233 Y3.989 Z.025	N752 G3 X7.38 Y44.99 R.5
N166 X78.501 Y40.674 R.5	N362 Z10.	N558 X78.95 Y4.123 Z0.	N754 G2 X7.554 Y45.06 R13.487
N168 G1 X78.95 Y40.885	N364 G1 Z6.687 F100.	N560 X78.503 Y4.335	N756 X12.379 Y46.001 R13.731
N170 X79.233 Y41.018 Z5.025	N366 X-5.669 Y41.683 Z6.382	N562 G3 X78.414 Y4.367 R.5	N758 G1 X37.5 Y46.005
N172 X79.509 Y41.148 Z5.098	N368 X-5.56 Y41.632 Z6.092	N564 X78.321 Y4.382 R.5	N760 X62.39
N174 X79.771 Y41.272 Z5.218	N370 X-5.412 Y41.561 Z5.824	N566 X78.226 Y4.38 R.5	N762 G2 X69.511 Y44.032 R13.579
N176 X80.014 Y41.386 Z5.382	N372 X-5.228 Y41.474 Z5.586	N568 X78.134 Y4.359 R.501	N764 X75.013 Y37.573 R13.508
N178 X80.229 Y41.488 Z5.586	N374 X-5.012 Y41.372 Z5.382	N570 X78.048 Y4.321 R.501	N766 X76. Y32.641 R13.813
N180 X80.414 Y41.574 Z5.824	N376 X-4.77 Y41.257 Z5.218	N572 X77.97 Y4.268 R.5	N768 G1 X76.004 Y32.471
N182 X80.562 Y41.644 Z6.092	N378 X-4.508 Y41.133 Z5.098	N574 X77.903 Y4.202 R.5	N770 X76.005 Y12.601
N184 X80.671 Y41.695 Z6.382	N380 X-4.233 Y41.002 Z5.025	N576 X77.85 Y4.123 R.501	N772 G2 X73.165 Y4.822 R13.604
N186 X80.737 Y41.727 Z6.687	N382 X-3.95 Y40.868 Z5.	N578 G2 X70.885 Y-2.85 R17.568 F400.	N774 X65.724 Y-60.6 R13.52
N188 X80.759 Y41.737 Z7.	N384 X-3.503 Y40.656	N580 G3 X70.807 Y-2.903 R.499	N776 X62.39 Y-1.005 R14.306
N190 G0 Z16.	N386 G3 X-3.414 Y40.624 R.5	N582 X70.74 Y-2.97 R.499	N778 G1 X12.61
N192 X80.735 Y3.277	N388 X-3.321 Y40.609 R.5	N584 X70.687 Y-3.047 R.499	N780 G2 X5.489 Y.968 R13.579
N194 Z15.	N390 X-3.227 Y40.611 R.5	N586 X70.65 Y-3.134 R.5	N782 X-.013 Y7.427 R13.508
N196 G1 Z6.687 F100.	N392 X-3.134 Y40.632 R.501	N588 X70.629 Y-3.226 R.499	N784 X-1. Y12.359 R13.913
N198 X80.669 Y3.309 Z6.382	N394 X-3.048 Y40.67 R.501	N590 X70.626 Y-3.32 R.5	N786 G1 X-1.004 Y12.529
N200 X80.56 Y3.36 Z6.092	N396 X-2.97 Y40.723 R.5	N592 X70.641 Y-3.413 R.5	N788 X-1.005 Y32.399
N202 X80.412 Y3.43 Z5.824	N398 X-2.903 Y40.79 R.5	N594 X70.673 Y-3.502 R.5	N790 G2 X1.649 Y40.529 R13.579
N204 X80.228 Y3.518 Z5.586	N400 X-2.85 Y40.868 R.5	N596 G1 X70.885 Y-3.95	N792 X7.38 Y44.99 R13.487
N206 X80.012 Y3.62 Z5.382	N402 G2 X4.112 Y47.85 R17.599 F400.	N598 X71.019 Y-4.233 Z.025	N794 G0 Z21.
N208 X79.771 Y3.735 Z5.218	N404 X4.744 Y47.723 R.5	N600 X71.149 Y-4.509 Z.098	N796 X12.5 Y2.5 Z25.
N210 X79.508 Y3.859 Z5.098	N406 G1 X6.799 Y45.141	N602 X71.273 Y-4.771 Z.218	N798 Z10.
N212 X79.233 Y3.989 Z5.025	N408 G3 X7.38 Y44.99 R.5	N604 X71.387 Y-5.013 Z.382	N800 G1 Z10. F100.
N214 X78.95 Y4.123 Z5.	N410 G2 X7.554 Y45.06 R13.487	N606 X71.489 Y-5.229 Z.586	N802 X62.5 F400.
N216 X78.503 Y4.335	N412 X12.379 Y46.001 R13.731	N608 X71.576 Y-5.413 Z.824	N804 G0 Z15.
N218 G3 X78.414 Y4.367 R.5	N414 G1 X37.5 Y46.005	N610 X71.646 Y-5.561 Z1.092	N806 Z11.
N220 X78.321 Y4.382 R.5	N416 X62.39	N612 X71.697 Y-5.67 Z1.382	N808 Z25.
N222 X78.226 Y4.38 R.5	N418 G2 X69.511 Y44.032 R13.579	N614 X71.729 Y-5.736 Z1.687	N810 X4.788 Y6.136
N224 X78.134 Y4.359 R.501	N420 X75.013 Y37.573 R13.508	N616 X71.739 Y-5.758 Z2.	N812 Z19.
N226 X78.048 Y4.321 R.501	N422 X76. Y32.641 R13.813	N618 G0 Z11.	N814 G1 Z10. F100.
N228 X77.97 Y4.268 R.5	N424 G1 X76.004 Y32.471	N620 X3.288 Y-5.735	N816 X70.212 F400.
N230 X77.903 Y4.202 R.5	N426 X76.005 Y12.601	N622 Z10.	N818 G0 Z15.
N232 X77.85 Y4.123 R.501	N428 G2 X73.165 Y4.22 R13.604	N624 G1 Z1.687 F100.	N820 Z21.
N234 G2 X70.885 Y-2.85 R17.568 F400.	N430 X65.724 Y-60.6 R13.52	N626 X3.32 Y-5.668 Z1.382	N822 Z25.
N236 G3 X70.807 Y-2.903 R.499	N432 X62.39 Y-1.005 R14.306	N628 X3.371 Y-5.56 Z1.092	N824 X2.887 Y9.773
N238 X70.74 Y-2.97 R.499	N434 G1 X12.61	N630 X3.441 Y-5.412 Z.824	N826 Z19.
N240 X70.687 Y-3.047 R.499	N436 G2 X5.489 Y.968 R13.579	N632 X3.529 Y-5.228 Z.586	N828 G1 Z10. F100.
N242 X70.65 Y-3.134 R.5	N438 X-.013 Y7.427 R13.508	N634 X3.631 Y-5.012 Z.382	N830 X72.113 F400.
N244 X70.629 Y-3.226 R.499	N440 X-1. Y12.359 R13.913	N636 X3.746 Y-4.77 Z.218	N832 G0 Z15.
N246 X70.626 Y-3.32 R.5	N442 G1 X-1.004 Y12.529	N638 X3.87 Y-4.508 Z.098	N834 Z21.
N248 X70.641 Y-3.413 R.5	N444 X-1.005 Y32.399	N640 X4.001 Y-4.233 Z.025	N836 Z25.
N250 X70.673 Y-3.502 R.5	N446 G2 X1.649 Y40.529 R13.579	N642 X4.135 Y-3.95 Z0.	N838 X2.5 Y13.409
N252 G1 X70.885 Y-3.95	N448 X7.38 Y44.99 R13.487	N644 X4.347 Y-3.503	N840 Z19.
N254 X71.019 Y-4.233 Z5.025	N450 G0 Z16.	N646 G3 X4.379 Y-3.414 R.5	N842 G1 Z10. F100.
N256 X71.149 Y-4.509 Z5.098	N452 X71.712 Y50.735	N648 X4.394 Y-3.321 R.5	N844 X72.5 F400.
N258 X71.273 Y-4.771 Z5.218	N454 Z10.	N650 X4.392 Y-3.227 R.5	N846 G0 Z15.
N260 X71.387 Y-5.013 Z5.382	N456 G1 Z1.687 F100.	N652 X4.371 Y-3.134 R.501	N848 Z21.
N262 X71.489 Y-5.229 Z5.586	N458 X71.68 Y50.668 Z1.382	N654 X4.333 Y-3.048 R.501	N850 Z25.
N264 X71.576 Y-5.413 Z5.824	N460 X71.629 Y50.56 Z1.092	N656 X4.28 Y-2.97 R.5	N852 X2.5 Y17.045
N266 X71.646 Y-5.561 Z6.092	N462 X71.559 Y50.412 Z.824	N658 X4.213 Y-2.903 R.5	N854 Z19.
N268 X71.697 Y-5.67 Z6.382	N464 X71.471 Y50.228 Z.586	N660 X4.135 Y-2.85 R.5	N856 G1 Z10. F100.
N270 X71.729 Y-5.736 Z6.687	N466 X71.369 Y50.012 Z.382	N662 G2 X-2.85 Y4.115 R17.603 F400.	N858 X72.5 F400.
N272 X71.739 Y-5.758 Z7.	N468 X71.254 Y49.77 Z.218	N664 G3 X-2.903 Y4.193 R.5	N860 G0 Z15.
N274 G0 Z16.	N470 X71.13 Y49.508 Z.098	N666 X-2.969 Y4.259 R.5	N862 Z21.
N276 X3.288 Y-5.735	N472 X70.999 Y49.233 Z.025	N668 X-3.047 Y4.312 R.5	N864 Z25.
N278 Z15.	N474 X70.865 Y48.95 Z0.	N670 X-3.134 Y4.35 R.5	N866 X2.5 Y20.682
N280 G1 Z6.687 F100.	N476 X70.653 Y48.503	N672 X-3.226 Y4.37 R.5	N868 Z19.
N282 X3.32 Y-5.668 Z6.382	N478 G3 X70.621 Y48.414 R.5	N674 X-3.32 Y4.373 R.5	N870 G1 Z10. F100.
N284 X3.371 Y-5.56 Z6.092	N480 X70.606 Y48.321 R.5	N676 X-3.413 Y4.358 R.5	N872 X72.5 F400.
N286 X3.441 Y-5.412 Z5.824	N482 X70.609 Y48.227 R.5	N678 X-3.501 Y4.326 R.5	N874 G0 Z15.
N288 X3.529 Y-5.228 Z5.586	N484 X70.629 Y48.134 R.5	N680 G1 X-3.95 Y4.115	N876 Z21.

Capítulo IV. Desarrollo

N878 Z25.  
 N880 X2.5 Y24.318  
 N882 Z19.  
 N884 G1 Z10. F100.  
 N886 X72.5 F400.  
 N888 G0 Z15.  
 N890 Z21.  
 N892 Z25.  
 N894 X2.5 Y27.955  
 N896 Z19.  
 N898 G1 Z10. F100.  
 N900 X72.5 F400.  
 N902 G0 Z15.  
 N904 Z21.  
 N906 Z25.  
 N908 X2.5 Y31.591  
 N910 Z19.  
 N912 G1 Z10. F100.  
 N914 X72.5 F400.  
 N916 G0 Z15.  
 N918 Z21.  
 N920 Z25.  
 N922 X2.887 Y35.227  
 N924 Z19.  
 N926 G1 Z10. F100.  
 N928 X72.113 F400.  
 N930 G0 Z15.  
 N932 Z21.  
 N934 Z25.  
 N936 X4.788 Y38.864  
 N938 Z19.  
 N940 G1 Z10. F100.  
 N942 X70.212 F400.  
 N944 G0 Z15.  
 N946 Z21.  
 N948 Z25.  
 N950 X12.5 Y42.5  
 N952 Z19.  
 N954 G1 Z10. F100.  
 N956 X62.5 F400.  
 N958 G0 Z15.  
 N960 Z21.  
 N962 Z21.667  
 N964 Z15.667  
 N966 G1 Z6.667 F100.  
 N968 X25.5 F400.  
 N970 G0 Z11.667  
 N972 Z17.667  
 N974 Z21.667  
 N976 X70.212 Y38.864  
 N978 Z15.667  
 N980 G1 Z6.667 F100.  
 N982 X25.5 F400.  
 N984 G0 Z11.667  
 N986 Z17.667  
 N988 Z21.667  
 N990 X72.113 Y35.227  
 N992 Z15.667  
 N994 G1 Z6.667 F100.  
 N996 X25.5 F400.  
 N998 G0 Z11.667  
 N1000 Z17.667  
 N1002 Z21.667  
 N1004 X72.5 Y31.591  
 N1006 Z15.667  
 N1008 G1 Z6.667 F100.  
 N1010 X25.5 F400.  
 N1012 G0 Z11.667  
 N1014 Z17.667  
 N1016 Z21.667  
 N1018 X72.5 Y27.955  
 N1020 Z15.667  
 N1022 G1 Z6.667 F100.  
 N1024 X25.5 F400.  
 N1026 G0 Z11.667  
 N1028 Z17.667  
 N1030 Z21.667  
 N1032 X72.5 Y24.318  
 N1034 Z15.667  
 N1036 G1 Z6.667 F100.  
 N1038 X25.5 F400.  
 N1040 G0 Z11.667  
 N1042 Z17.667  
 N1044 Z21.667  
 N1046 X72.5 Y20.682  
 N1048 Z15.667  
 N1050 G1 Z6.667 F100.  
 N1052 X25.5 F400.  
 N1054 G0 Z11.667  
 N1056 Z17.667  
 N1058 Z21.667  
 N1060 X72.5 Y17.045  
 N1062 Z15.667  
 N1064 G1 Z6.667 F100.  
 N1066 X25.5 F400.  
 N1068 G0 Z11.667  
 N1070 Z17.667  
 N1072 Z21.667  
 N1074 X72.5 Y13.409  
 N1076 Z15.667  
 N1078 G1 Z6.667 F100.  
 N1080 X25.5 F400.  
 N1082 G0 Z11.667  
 N1084 Z17.667  
 N1086 Z21.667  
 N1088 X72.113 Y9.773  
 N1090 Z15.667  
 N1092 G1 Z6.667 F100.

N1094 X25.5 F400.  
 N1096 G0 Z11.667  
 N1098 Z17.667  
 N1100 Z21.667  
 N1102 X70.212 Y6.136  
 N1104 Z15.667  
 N1106 G1 Z6.667 F100.  
 N1108 X25.5 F400.  
 N1110 G0 Z11.667  
 N1112 Z17.667  
 N1114 Z21.667  
 N1116 X62.5 Y2.5  
 N1118 Z15.667  
 N1120 G1 Z6.667 F100.  
 N1122 X25.5 F400.  
 N1124 G0 Z11.667  
 N1126 Z17.667  
 N1128 Z18.333  
 N1130 X62.5 Y42.5  
 N1132 Z12.333  
 N1134 G1 Z5. F100.  
 N1136 X25.5 F400.  
 N1138 G0 Z10.  
 N1140 Z16.  
 N1142 Z18.333  
 N1144 X70.212 Y38.864  
 N1146 Z12.333  
 N1148 G1 Z5. F100.  
 N1150 X25.5 F400.  
 N1152 G0 Z10.  
 N1154 Z16.  
 N1156 Z18.333  
 N1158 X72.113 Y35.227  
 N1160 Z12.333  
 N1162 G1 Z5. F100.  
 N1164 X25.5 F400.  
 N1166 G0 Z10.  
 N1168 Z16.  
 N1170 Z18.333  
 N1172 X72.5 Y31.591  
 N1174 Z12.333  
 N1176 G1 Z5. F100.  
 N1178 X25.5 F400.  
 N1180 G0 Z10.  
 N1182 Z16.  
 N1184 Z18.333  
 N1186 X72.5 Y27.955  
 N1188 Z12.333  
 N1190 G1 Z5. F100.  
 N1192 X25.5 F400.  
 N1194 G0 Z10.  
 N1196 Z16.  
 N1198 Z18.333  
 N1200 X72.5 Y24.318  
 N1202 Z12.333  
 N1204 G1 Z5. F100.  
 N1206 X25.5 F400.  
 N1208 G0 Z10.  
 N1210 Z16.  
 N1212 Z18.333  
 N1214 X72.5 Y20.682  
 N1216 Z12.333  
 N1218 G1 Z5. F100.  
 N1220 X25.5 F400.  
 N1222 G0 Z10.  
 N1224 Z16.  
 N1226 Z18.333  
 N1228 X72.5 Y17.045  
 N1230 Z12.333  
 N1232 G1 Z5. F100.  
 N1234 X25.5 F400.  
 N1236 G0 Z10.  
 N1238 Z16.  
 N1240 Z18.333  
 N1242 X72.5 Y13.409  
 N1244 Z12.333  
 N1246 G1 Z5. F100.  
 N1248 X25.5 F400.  
 N1250 G0 Z10.  
 N1252 Z16.  
 N1254 Z18.333  
 N1256 X72.113 Y9.773  
 N1258 Z12.333  
 N1260 G1 Z5. F100.  
 N1262 X25.5 F400.  
 N1264 G0 Z10.  
 N1266 Z16.  
 N1268 Z18.333  
 N1270 X70.212 Y6.136  
 N1272 Z12.333  
 N1274 G1 Z5. F100.  
 N1276 X25.5 F400.  
 N1278 G0 Z10.  
 N1280 Z16.  
 N1282 Z18.333  
 N1284 X62.5 Y2.5  
 N1286 Z12.333  
 N1288 G1 Z5. F100.  
 N1290 X25.5 F400.  
 N1292 G0 Z10.  
 N1294 Z16.  
 N1296 X12.501 Y10.691 Z50.  
 N1298 Z16.8  
 N1300 G1 Z9.8 F1.5  
 N1302 X12.502 Y10.695  
 N1304 Y34.268  
 N1306 X12.5 Y34.253  
 N1308 X12.501 Y10.691

N1310 G2 X12.101 R.2  
 N1312 X12.41 Y10.859 R.2  
 N1314 G1 X13.176 Y10.363  
 N1316 G3 X13.481 Y10.49 R.199  
 N1318 G1 X13.497 Y10.567  
 N1320 X13.503 Y10.677  
 N1322 Y34.279  
 N1324 X13.495 Y34.404  
 N1326 X13.451 Y34.617  
 N1328 X13.362 Y34.815  
 N1330 X13.232 Y34.989  
 N1332 X13.068 Y35.13  
 N1334 X12.877 Y35.233  
 N1336 X12.668 Y35.293  
 N1338 X12.451 Y35.306  
 N1340 X12.237 Y35.272  
 N1342 X12.035 Y35.193  
 N1344 X11.855 Y35.071  
 N1346 X11.705 Y34.914  
 N1348 X11.593 Y34.729  
 N1350 X11.524 Y34.523  
 N1352 X11.5 Y34.307  
 N1354 Y10.679  
 N1356 X11.506 Y10.567  
 N1358 X11.548 Y10.361  
 N1360 X11.633 Y10.168  
 N1362 X11.755 Y9.998  
 N1364 X11.911 Y9.857  
 N1366 X12.093 Y9.751  
 N1368 X12.293 Y9.686  
 N1370 X12.501 Y9.664  
 N1372 X12.71 Y9.686  
 N1374 X12.91 Y9.751  
 N1376 X13.092 Y9.857  
 N1378 X13.247 Y9.998  
 N1380 X13.37 Y10.168  
 N1382 X13.454 Y10.361  
 N1384 X13.481 Y10.49  
 N1386 X13.415 Y10.504 Z10.05  
 N1388 X13.236 Y10.54 Z10.233  
 N1390 X12.991 Y10.591 Z10.3  
 N1392 X12.746 Y10.641 Z10.233  
 N1394 X12.567 Y10.678 Z10.05  
 N1396 X12.501 Y10.691 Z9.8  
 N1398 Z7.88  
 N1400 X12.502 Y10.695  
 N1402 Y34.268  
 N1404 X12.5 Y34.253  
 N1406 X12.501 Y10.691  
 N1408 G2 X12.101 R.2  
 N1410 X12.41 Y10.859 R.2  
 N1412 G1 X13.176 Y10.363  
 N1414 G3 X13.481 Y10.49 R.199  
 N1416 G1 X13.497 Y10.567  
 N1418 X13.503 Y10.677  
 N1420 Y34.279  
 N1422 X13.495 Y34.404  
 N1424 X13.451 Y34.617  
 N1426 X13.362 Y34.815  
 N1428 X13.232 Y34.989  
 N1430 X13.068 Y35.13  
 N1432 X12.877 Y35.233  
 N1434 X12.668 Y35.293  
 N1436 X12.451 Y35.306  
 N1438 X12.237 Y35.272  
 N1440 X12.035 Y35.193  
 N1442 X11.855 Y35.071  
 N1444 X11.705 Y34.914  
 N1446 X11.593 Y34.729  
 N1448 X11.524 Y34.523  
 N1450 X11.5 Y34.307  
 N1452 Y10.679  
 N1454 X11.506 Y10.567  
 N1456 X11.548 Y10.361  
 N1458 X11.633 Y10.168  
 N1460 X11.755 Y9.998  
 N1462 X11.911 Y9.857  
 N1464 X12.093 Y9.751  
 N1466 X12.293 Y9.686  
 N1468 X12.501 Y9.664  
 N1470 X12.71 Y9.686  
 N1472 X12.91 Y9.751  
 N1474 X13.092 Y9.857  
 N1476 X13.247 Y9.998  
 N1478 X13.37 Y10.168  
 N1480 X13.454 Y10.361  
 N1482 X13.481 Y10.49  
 N1484 X13.415 Y10.504 Z8.13  
 N1486 X13.236 Y10.54 Z8.313  
 N1488 X12.991 Y10.591 Z8.38  
 N1490 X12.746 Y10.641 Z8.313  
 N1492 X12.567 Y10.678 Z8.13  
 N1494 X12.501 Y10.691 Z7.88  
 N1496 Z5.96  
 N1498 X12.502 Y10.695  
 N1500 Y34.268  
 N1502 X12.5 Y34.253  
 N1504 X12.501 Y10.691  
 N1506 G2 X12.214 Y10.511 R.2  
 N1508 G1 X11.805 Y10.71  
 N1510 G3 X11.522 Y10.49 R.2  
 N1512 G1 X11.548 Y10.361  
 N1514 X11.633 Y10.168  
 N1516 X11.755 Y9.998  
 N1518 X11.911 Y9.857  
 N1520 X12.093 Y9.751  
 N1522 X12.293 Y9.686  
 N1524 X12.501 Y9.664

N1526 X12.71 Y9.686  
 N1528 X12.91 Y9.751  
 N1530 X13.092 Y9.857  
 N1532 X13.247 Y9.998  
 N1534 X13.37 Y10.168  
 N1536 X13.454 Y10.361  
 N1538 X13.497 Y10.567  
 N1540 X13.503 Y10.677  
 N1542 Y34.279  
 N1544 X13.495 Y34.404  
 N1546 X13.451 Y34.617  
 N1548 X13.362 Y34.815  
 N1550 X13.232 Y34.989  
 N1552 X13.068 Y35.13  
 N1554 X12.877 Y35.233  
 N1556 X12.668 Y35.293  
 N1558 X12.451 Y35.306  
 N1560 X12.237 Y35.272  
 N1562 X12.035 Y35.193  
 N1564 X11.855 Y35.071  
 N1566 X11.705 Y34.914  
 N1568 X11.593 Y34.729  
 N1570 X11.524 Y34.523  
 N1572 X11.5 Y34.307  
 N1574 Y10.679  
 N1576 X11.506 Y10.567  
 N1578 X11.522 Y10.49  
 N1580 G0 Z10.96  
 N1582 Z50.  
 N1584 X34.625 Y21.75 Z21.  
 N1586 Z15.  
 N1588 G1 Z6. F100.  
 N1590 X35.018 F400.  
 N1592 X35.834 Y22.5  
 N1594 X34.625 Y23.25  
 N1596 Y21.75  
 N1598 X31.625 Y11.625  
 N1600 X33.425  
 N1602 X33.457 Y13.5  
 N1604 X34.965 Y17.625  
 N1606 X37.819 Y20.25  
 N1608 X43.153 Y22.125  
 N1610 X43.138 Y22.875  
 N1612 X38.352 Y24.375  
 N1614 X35.877 Y26.25  
 N1616 X33.849 Y29.625  
 N1618 X33.536 Y32.625  
 N1620 X31.625  
 N1622 Y11.625  
 N1624 X28.625 Y8.625  
 N1626 X36.375  
 N1628 X36.457 Y13.5  
 N1630 X37.563 Y16.125  
 N1632 X39.805 Y18.  
 N1634 X44.404 Y19.125  
 N1636 X45.655 Y20.25  
 N1638 X46.357 Y22.125  
 N1640 X45.891 Y24.375  
 N1642 X44.404 Y25.875  
 N1644 X39.805 Y27.  
 N1646 X37.862 Y28.5  
 N1648 X36.63 Y30.75  
 N1650 X36.375 Y36.  
 N1652 X28.625  
 N1654 Y8.625  
 N1656 X26. Y6.  
 N1658 X39.  
 N1660 Y12.5  
 N1662 G2 X42.5 Y16. R3.5  
 N1664 G3 Y29. R6.5  
 N1666 G2 X39. Y32.5 R3.5  
 N1668 G1 Y39.  
 N1670 X26.  
 N1672 Y6.  
 N1674 X34.625 Y21.75  
 N1676 Z2. F100.  
 N1678 X35.018 F400.  
 N1680 X35.834 Y22.5  
 N1682 X34.625 Y23.25  
 N1684 Y21.75  
 N1686 X31.625 Y11.625  
 N1688 X33.425  
 N1690 X33.457 Y13.5  
 N1692 X34.965 Y17.625  
 N1694 X37.819 Y20.25  
 N1696 X43.153 Y22.125  
 N1698 X43.138 Y22.875  
 N1700 X38.352 Y24.375  
 N1702 X35.877 Y26.25  
 N1704 X33.849 Y29.625  
 N1706 X33.536 Y32.625  
 N1708 X31.625  
 N1710 Y11.625  
 N1712 X28.625 Y8.625  
 N1714 X36.375  
 N1716 X36.457 Y13.5  
 N1718 X37.563 Y16.125  
 N1720 X39.805 Y18.  
 N1722 X44.404 Y19.125  
 N1724 X45.655 Y20.25  
 N1726 X46.357 Y22.125  
 N1728 X45.891 Y24.375  
 N1730 X44.404 Y25.875  
 N1732 X39.805 Y27.  
 N1734 X37.862 Y28.5  
 N1736 X36.63 Y30.75  
 N1738 X36.375 Y36.  
 N1740 X28.625

Desarrollo de un plan de actividades tendientes a la reparación, puesta en marcha y diseño de prácticas demostrativas para el Centro de Mecanizado Vertical CNC EMCO VMC-100 en el taller Metalmecánico de la Universidad de Carabobo.

N1742 Y8.625	N1844 X10.738 Y8.737	N2320 Z10.	N2424 Z2.
N1744 X26. Y6.	N1846 X11.115 Y8.427	N2322 X15.	N2426 X41.
N1746 X39.	N1848 X11.545 Y8.197	N2324 Z5.	N2428 Z5.
N1748 Y12.5	N1850 X12.017 Y8.054	N2326 X10.	N2430 X72.477
N1750 G2 X42.5 Y16. R3.5	N1852 X12.497 Y8.007	N2328 Z10.	N2432 X72.2 Y34.881
N1752 G3 Y29. R6.5	N1854 X12.987 Y8.055	N2330 X2.5	N2434 X41.
N1754 G2 X39. Y32.5 R3.5	N1856 X13.454 Y8.197	N2332 Y25.357	N2436 Z2.
N1756 G1 Y39.	N1858 X13.884 Y8.427	N2334 X10.	N2438 X24.
N1758 X26.	N1860 X14.265 Y8.739	N2336 Z5.	N2440 Z10.
N1760 Y6.	N1862 X14.571 Y9.112	N2338 X15.	N2442 X14.955
N1762 G0 Z21.	N1864 X14.804 Y9.547	N2340 Z10.	N2444 Z5.
N1764 M5	N1866 X14.945 Y10.013	N2342 X24.	N2446 X10.045
N1766 G91 G28 Z0.	N1868 X15. Y10.576	N2344 Z2.	N2448 Z10.
N1768 M01	N1870 Y34.422	N2346 X50.493	N2450 X2.8
N1770 T2 M6	N1872 X14.945 Y34.989	N2348 Z5.	N2452 X3.478 Y36.786
N1772 G0 G90 G54 X4.367 Y4.369 S3500	N1874 X14.804 Y35.451	N2350 X72.5	N2454 X11.514
M3	N1876 X14.572 Y35.886	N2352 Y27.262	N2456 Z5.
N1774 G43 H0 Z18.5	N1878 X14.263 Y36.263	N2354 X49.536	N2458 X13.486
N1776 Z12.5	N1880 X13.886 Y36.572	N2356 Z2.	N2460 Z10.
N1778 G1 Z7.5 F100.	N1882 X13.451 Y36.804	N2358 X24.	N2462 X24.
N1780 G2 X1. Y12.536 R11.499 F400.	N1884 X12.989 Y36.945	N2360 Z10.	N2464 Z2.
N1782 G1 X1.004 Y32.79	N1886 X12.499 Y36.993	N2362 X15.	N2466 X41.
N1784 G2 X12.518 Y44. R11.5	N1888 X12.014 Y36.945	N2364 Z5.	N2468 Z5.
N1786 G1 X22.604 Y43.996	N1890 X11.547 Y36.803	N2366 X10.	N2470 X71.522
N1788 G2 X24. Y42.5 R1.5	N1892 X11.113 Y36.571	N2368 Z10.	N2472 X70.344 Y38.69
N1790 G1 X23.998 Y2.429	N1894 X10.739 Y36.265	N2370 X2.5	N2474 X41.
N1792 G2 X22.533 Y1. R1.5	N1896 X10.427 Y35.884	N2372 Y29.167	N2476 Z2.
N1794 G1 X12.193 Y1.004	N1898 X10.197 Y35.454	N2374 X10.	N2478 X24.
N1796 G2 X4.367 Y4.369 R11.501	N1900 X10.055 Y34.987	N2376 Z5.	N2480 Z10.
N1798 G1 Z5.	N1902 X10. Y34.427	N2378 X15.	N2482 X4.656
N1800 G2 X1. Y12.536 R11.499	N1904 Y10.571	N2380 Z10.	N2484 X6.648 Y40.595
N1802 G1 X1.004 Y32.79	N1906 X10.055 Y10.015	N2382 X24.	N2486 X24.
N1804 G2 X12.518 Y44. R11.5	N1908 X10.198 Y9.543	N2384 Z2.	N2488 Z2.
N1806 G1 X22.604 Y43.996	N1910 X10.425 Y9.117	N2386 X47.76	N2490 X41.
N1808 G2 X24. Y42.5 R1.5	N1912 Z5.	N2388 Z5.	N2492 Z5.
N1810 G1 X23.998 Y2.429	N1914 X10.738 Y8.737	N2390 X72.5	N2494 X68.352
N1812 G2 X22.533 Y1. R1.5	N1916 X11.115 Y8.427	N2392 Y31.071	N2496 G0 Z10.
N1814 G1 X12.193 Y1.004	N1918 X11.545 Y8.197	N2394 X42.045	N2498 X62.5 Y42.5
N1816 G2 X4.367 Y4.369 R11.501	N1920 X12.017 Y8.054	N2396 Z2.	N2500 G1 Z5. F100.
N1818 G1 Z2.	N1922 X12.497 Y8.007	N2398 X24.	N2502 X41. F400.
N1820 G2 X1. Y12.536 R11.499	N1924 X12.987 Y8.055	N2400 Z10.	N2504 Z2.
N1822 G1 X1.004 Y32.79	N1926 X13.454 Y8.197	N2402 X15.	N2506 X24.
N1824 G2 X12.518 Y44. R11.5	N1928 X13.884 Y8.427	N2404 Z5.	N2508 Z10.
N1826 G1 X22.604 Y43.996	N1930 X14.265 Y8.739	N2406 X10.	N2510 X12.5
N1828 G2 X24. Y42.5 R1.5	N1932 X14.571 Y9.112	N2408 Z10.	N2512 G0 Z15.
N1830 G1 X23.998 Y2.429	N1934 X14.804 Y9.547	N2410 X2.5	N2514 M5
N1832 G2 X22.533 Y1. R1.5	N1936 X14.945 Y10.013	N2412 X2.547 Y32.976	N2516 G91 G28 Z0.
N1834 G1 X12.193 Y1.004	N1938 X15. Y10.576	N2414 X10.	N2518 G28 X0. Y0.
N1836 G2 X4.367 Y4.369 R11.501	N2312 Y23.452	N2416 Z5.	N2520 M30
N1838 G1 Z10.	N2314 X50.94	N2418 X15.	%
N1840 X10.425 Y9.117	N2316 Z2.	N2420 Z10.	
N1842 Z7.5	N2318 X24.	N2422 X24.	

Tabla 4.3.3. Datos de Mecanizado de la Pieza 3.

### PIEZA 3

<i>Tiempo De Mecanizado</i>	18 minutos 12 segundos
<i>Herramientas Utilizadas</i>	T1: Enteriza de Ø6mm (Desbaste) T2: Enteriza de Ø3mm (Acabado)
<i>Velocidades de Avance</i>	Ejes X y Y = 400 mm/min Eje Z = 100 mm/min
<i>Material Mecanizado</i>	Ultraleno Temperaturas: -200 °C a +90 °C Dureza: D65-70

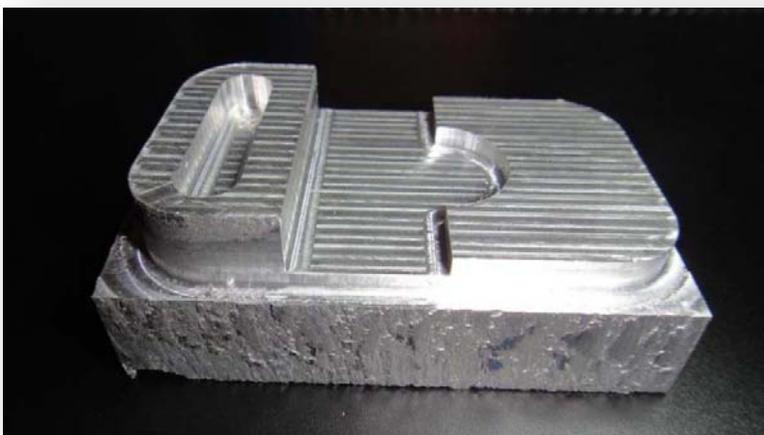
PIEZA MECANIZADA:



(A)



(B)



(C)

**Figura 4.3.7.** (A) Vista en Isometría de la Pieza 3 Mecanizada. (B) Vista Superior de la Pieza 3 Mecanizada. (C) Vista Frontal de la Pieza 3 Mecanizada.

#### **4.4 Manual de Operación del EMCO VMC-100 con la actualización del Mach3 como Software Controlador.**

En función de de que se vieron sustituidos y actualizados toda la estación del controlador, se suscitó la necesidad de la creación de un manual que contuviese toda la información que corresponde a los componentes del equipo, operación, cuidados y uso del mismo.

Por ello se agregan en la Sección de **Anexos** en el **Apéndice 3** una copia del manual elaborado, listo para ser reproducido de ser necesario para la correcta utilización del equipo.



# CAPÍTULO V.

## *Análisis De Resultados*

---

---

- El desarrollo del trabajo de investigación arroja que en lo que concierne a la recuperación y puesta en marcha de centros de mecanizado vertical (VMC) que se encuentren en estado de avería, tanto electrónica como mecánica, resulta difícil alcanzar la puesta en marcha del mismo, ya que se encuentran involucradas muchas variables. Estas variables son: La antigüedad de los componentes electrónicos, ya que entre más antiguo sean los distintos componentes mayor es su estado de obsolescencia, lo que a su vez implica una mayor dificultad para la obtención de repuestos o disponibilidad de personal capacitado para la reparación de las fallas. Otra variable de importancia, es el tiempo de desuso del equipo, que entre mayor sea el mismo, más propenso se torna éste a presentar fallas en cada uno de sus componentes. Dichas variables junto a las condiciones ambientales a las que se encuentre sometido el equipo, ausencia de manuales de operación, ausencia de personal técnico autorizado de

la marca la máquina, concluyen en que la recuperación de este tipo de centro de mecanizados no sea la opción más factible.

- Para la recuperación de este tipo de equipos, la opción más viable resulta ser lo que se conoce como “retrofit” del mismo, lo que no es más que la acción de actualizar, sustituir y reemplazar parte de los componentes que forman el centro de mecanizado, por otros que mejoren su rendimiento, con mayor cobertura en el mercado nacional, más asequibles económicamente, y que actualizan a través de la sustitución de los componentes viejos la interfaz de control del equipo.

- La implementación del software mach3 en equipos al que se les pretende realizar labores de retrofit, ofrece grandes ventajas. En primer lugar, permite sustituir el controlador reduciendo así una cantidad de elementos electrónicos que son susceptibles a fallas, en adición todo el sistema de control se ve actualizado, lo que permite una mayor compatibilidad tanto con la electrónica como la mecánica actual, pues todo lo necesario es una PC y los drivers que gobiernan cada motor. En adición, resulta una opción rentable puesto que permite aprovechar los distintos componentes que se encuentren en buen estado, tales como sistemas de sensórica, motores de paso, husillo y mecanismos de cambio de herramienta, resultando así como la única inversión significativa la adquisición de los drivers para controlar los motores y de la interfaz que comunica al PC con la estación de mecanizado. Por último, el lenguaje de programación que maneja el software coincide con el lenguaje FANUC estándar y normalizado por la norma ISO.

- El proceso de selección de herramientas constituye un factor fundamental en lo que respecta a la preservación del buen estado del equipo, ya que garantiza que los distintos parámetros que conciernen al mecanizado de una pieza, tales como avance, velocidad de giro, velocidad de corte, los distintos tipos de operaciones y el material a mecanizar, se encuentren dentro de los parámetros permitidos por el centro de mecanizado con el que se encuentra trabajando. Para

*Desarrollo de un plan de actividades tendientes a la reparación, puesta en marcha y diseño de prácticas demostrativas para el Centro de Mecanizado Vertical CNC EMCO VMC-100 en el taller Metalmecánico de la Universidad de Carabobo.*

ello la selección de herramientas de corte, debe seguir el procedimiento normalizado por la ISO, ajustado respectivamente a cada fabricante.

- La creación de las guías prácticas constituye el medio a través del cual el estudiantado tendrá la oportunidad de unificar los conocimientos adquiridos en la teoría, con la implementación de la misma en la práctica, lo que directamente implica una mejor formación de profesionales más capacitados en áreas especializadas como lo son el uso de estos equipos y de alta demanda en la industria actual.

- La recuperación del Centro de mecanizado EMCO VMC-100, representa para la Universidad De Carabobo la adquisición de una valiosa herramienta cuyas aplicaciones abarcan; la integración de la teoría impartida en las distintas cátedras de procesos de fabricación con la práctica e implementación de la misma; la utilización del equipo para el desarrollo de nuevos trabajos de investigación, la creación de distintas piezas y elementos de máquinas para tesis, organizaciones como SAE UC, y demás comunidad estudiantil; la implementación del equipo para el desarrollo de piezas que puedan ser comercializadas a distintas empresas y de esa manera recibir ingresos económicos por parte de la industria.



# CAPÍTULO VI.

## *Conclusiones y Recomendaciones*

---

---

### **6.1. Conclusiones**

- La recuperación del centro de mecanizado vertical (VMC) representó una labor compleja, debido al conjunto de variables que comprende la recuperación de la estación de control del equipo. Dichas variables, arrojan la conclusión que la puesta en marcha de este tipo de centro de mecanizados no sea la opción más factible.
- La opción más viable en lo que respecta a la recuperación de esta clase de equipos resulta ser lo que se conoce como “retrofit” del mismo, lo que no es más que la acción de actualizar, sustituir y reemplazar parte de los componentes que forman el centro de mecanizado.

- La implementación del software mach3 en equipos al que se les pretende realizar labores de retrofit, representa la opción más viable en lo que respecta a la practicidad de su implementación como en la inversión económica que demanda el mismo.
- Se ha logrado la recuperación y puesta en marcha del centro de mecanizado vertical EMCO VMC-100, a través de la implementación del software Mach3 como controlador del mismo y el desarrollo de una interfaz electrónica que permite la comunicación e intercambio de señales entre el computador y los elementos de entrada (sensores) y salida (motores) del centro de mecanizado.
- Se logró el mecanizado de las piezas propuestas en las prácticas demostrativas, se empleó como materia prima, aluminio y ultraleno obteniéndose en ambos casos resultados satisfactorios desde el punto de vista dimensional y estético.
- El proceso de selección de herramientas constituye un factor fundamental en lo que respecta a la preservación del buen estado del equipo, por lo que resulta fundamental seguir el procedimiento normalizado por la ISO, ajustado respectivamente a cada fabricante para la selección de herramientas de corte.
- La creación de las guías prácticas representa una herramienta de aprendizaje poderosa permitiéndole al estudiante unificar conocimiento teóricos con experiencia práctica, lo que implica una formación de profesionales más capacitados en áreas especializadas de alta demanda en la industria actual.
- La recuperación de equipos con estas características, representan para la organización dueña del mismo, la recuperación de un activo cuyas aplicaciones son capaces de generar ingresos económicos en adición a la actualización de la tecnología disponible.

## **6.2. Recomendaciones**

- Con el desarrollo de este trabajo de grado, se espera fomentar a nuevos estudiantes de ingeniería mecánica y a la comunidad entera de la facultad a que se preocupen por recuperar recursos físicos de la universidad que muchas veces son subutilizados y que pueden aportar mediante su correcto uso más herramientas a la formación profesional. Así mismo la universidad a través del cuerpo docente debe fomentar el desarrollo de este tipo de proyectos para así fortalecer aun más la formación de profesionales capacitados tanto en el ámbito teórico y práctico.

- Continuar con las labores de acondicionamiento del espacio físico donde se encuentra ubicado el centro de mecanizado EMCO VMC-100, esto puede incluir limpieza del mismo, mejorar los sistemas de aire acondicionado, garantizar puntos de alimentación eléctrica depurados, pintura del espacio físico y evitar la acumulación de basura y otros materiales de manera desorganizada. Además se recomienda destinar todo este espacio a equipos de esta naturaleza de manera tal que se cuente con un laboratorio de máquina de herramientas como lo serian el centro VMC-100, el torno CNC que también presenta fallas en el controlador pero es recuperable, la máquina de electro erosión recientemente donada a la universidad y nuevos equipos que puedan ser donados o adquiridos por la universidad.

- Se recomienda la inversión por parte de la universidad, en todo lo que es insumos tales como aceites, lubricante, adquisición de nuevos herramienta de cortes, inclusive la adquisición de otras tarjetas electrónicas adicionales para que formen parte de los distintos planes de mantenimiento preventivo de estos equipos, microswitches, materiales para mecanizar y que sean de fácil acceso al estudiante como aluminio, parafina, ultraleno, entre otros.

- Durante el desarrollo del trabajo de grado, se lograron contactar agentes autorizados por EMCO que pueden ofrecer respuestas a solicitudes de

reparación del controlador, esto amerita cierta inversión considerable puesto que el controlador debe ser enviado a las instalaciones de la fábrica para ser reparado. Esto se puede lograr a través del desarrollo de proyectos de investigaciones patrocinados por empresas privadas o públicas. Y se recuperaría ese activo que le pertenece a la facultad, bien sea para dar inicio a nuevos proyectos, o inclusive la venta del mismo daría una capital considerable para invertir en proyectos de esta índole.

# Bibliografía

---

---

Catálogo de Productos en Pulgadas. Izar Cuttings Tools. Edición 2008.

Catálogo de Selección de Herramientas. Kestag Cobalt Cutting Tools. Edition 2002.

Instructions Book VMC-100 with TM02. Edition 90-10. Ref, nr. EN7 750.

Ismail, S. and Tan, C. (2003). Modelling and Machining of Complex Mechanical Parts Using CAD/CAM Systems. Student Conference on Research and Development (SCOReD). 0-7803-8173-4/03/\$17.00 © 2003 IEEE.

Manuales de Operación – Fresado EMCOTRONIC TM02. Edición 89-9. Ref, nr. SP7 765.

Morinec, A. (2000). Power Quality Considerations for CNC Machines: GROUNDING. FirstEnergy Corporation and Cleveland State University. 0-7803-5843-0/OO/\$IO.OO © 2000 IEEE.

Newman, S. Y otros (2008). Strategic advantages of interoperability for global manufacturing using CNC technology. Robotics and Computer-Integrated.

Pereira, Juan C. (2006). Guía de Laboratorio de Procesos de Fabricación II. Segunda Edición.

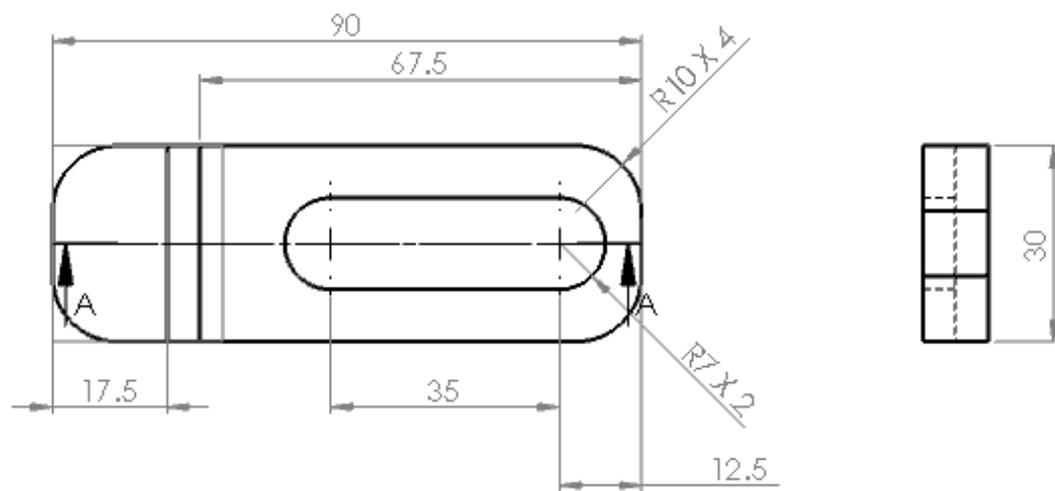
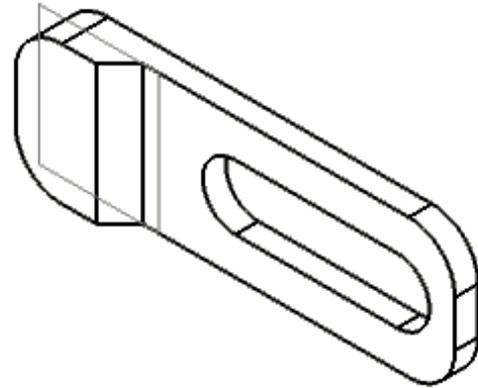
Using Mach3Mill, A User's Guide to Installation, Configuration and Operation. Copyright 2005 ArtSoft Software Incorporated.

# **Apéndice 1.**

Piezas Demostrativas Adicionales

# Pieza 4

PLANO:



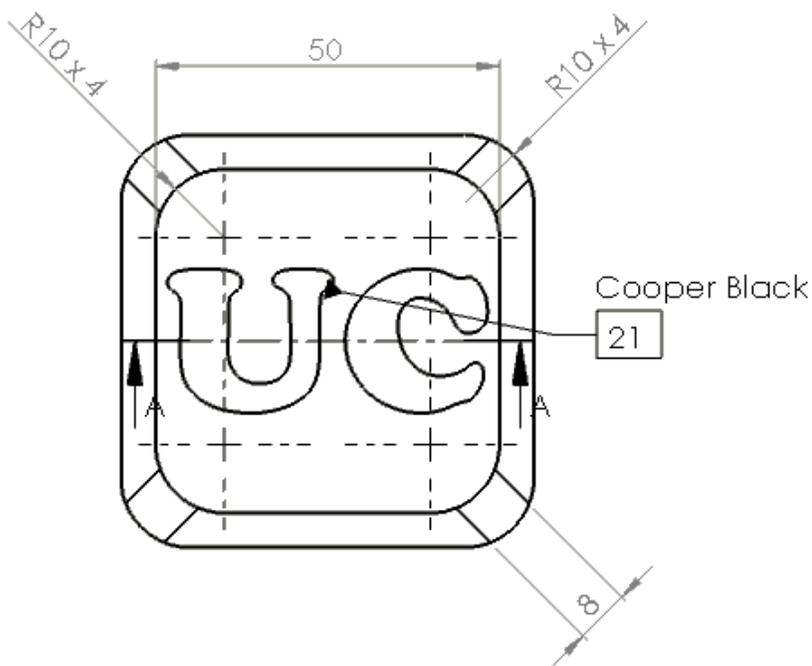
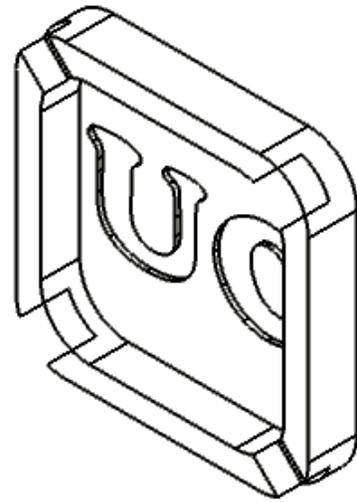
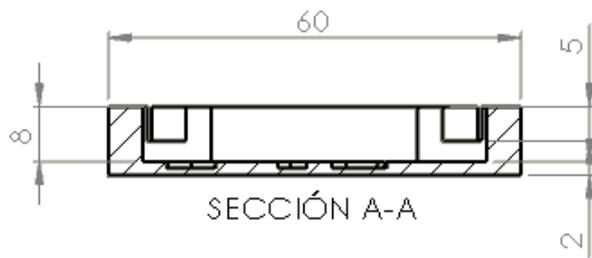
*Desarrollo de un plan de actividades tendientes a la reparación, puesta en marcha y diseño de prácticas demostrativas para el Centro de Mecanizado Vertical CNC EMCO VMC-100 en el taller Metalmecánico de la Universidad de Carabobo.*

**PIEZA MECANIZADA:**



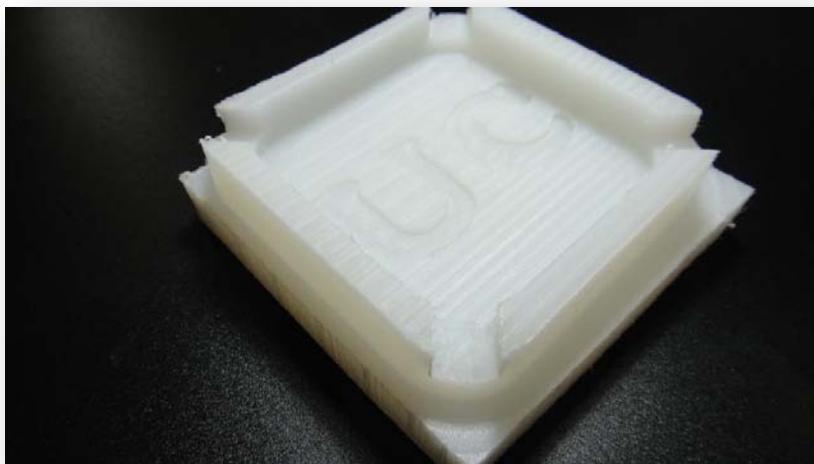
# Pieza 5

PLANO:



*Desarrollo de un plan de actividades tendientes a la reparación, puesta en marcha y diseño de prácticas demostrativas para el Centro de Mecanizado Vertical CNC EMCO VMC-100 en el taller Metalmecánico de la Universidad de Carabobo.*

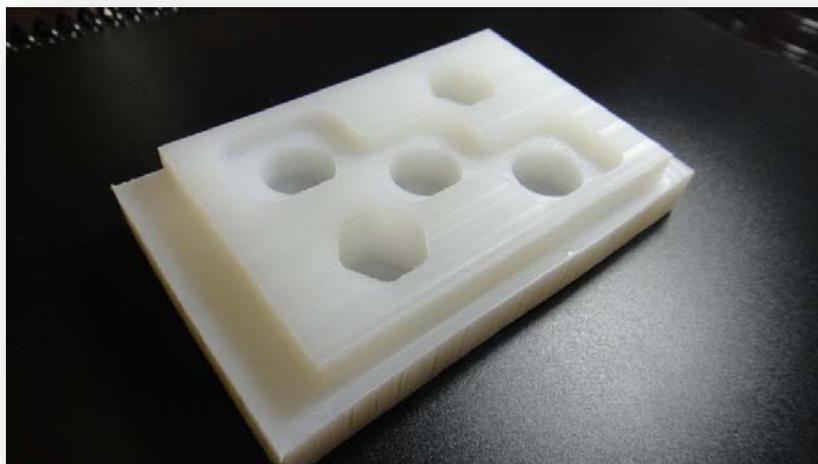
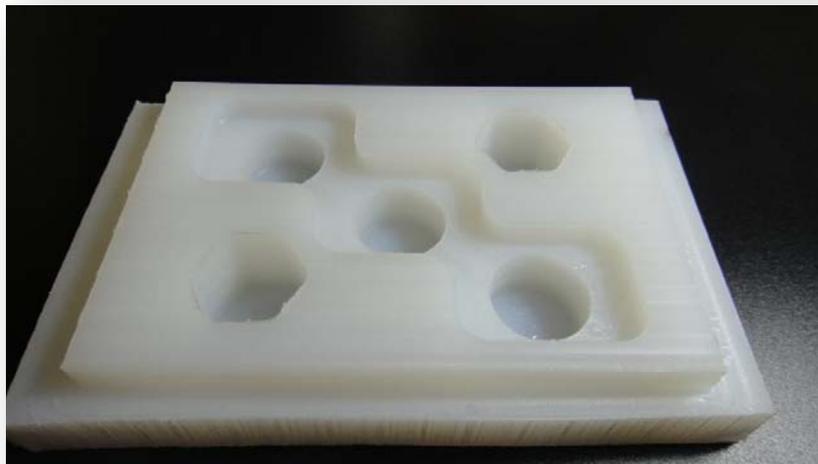
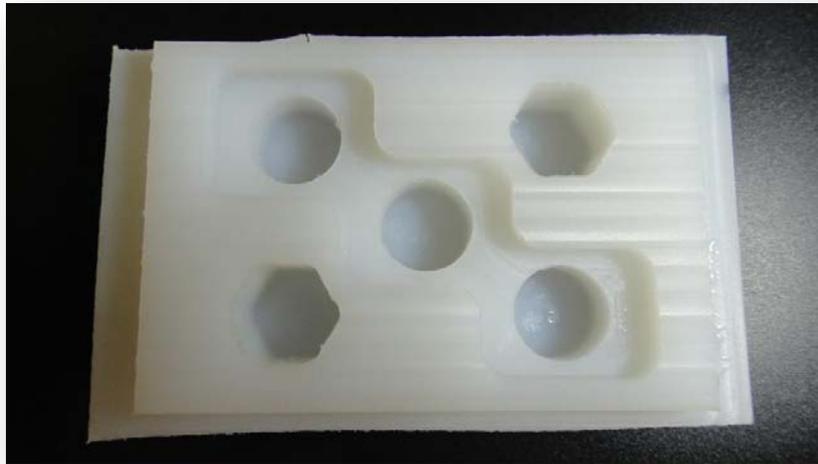
**PIEZA MECANIZADA:**





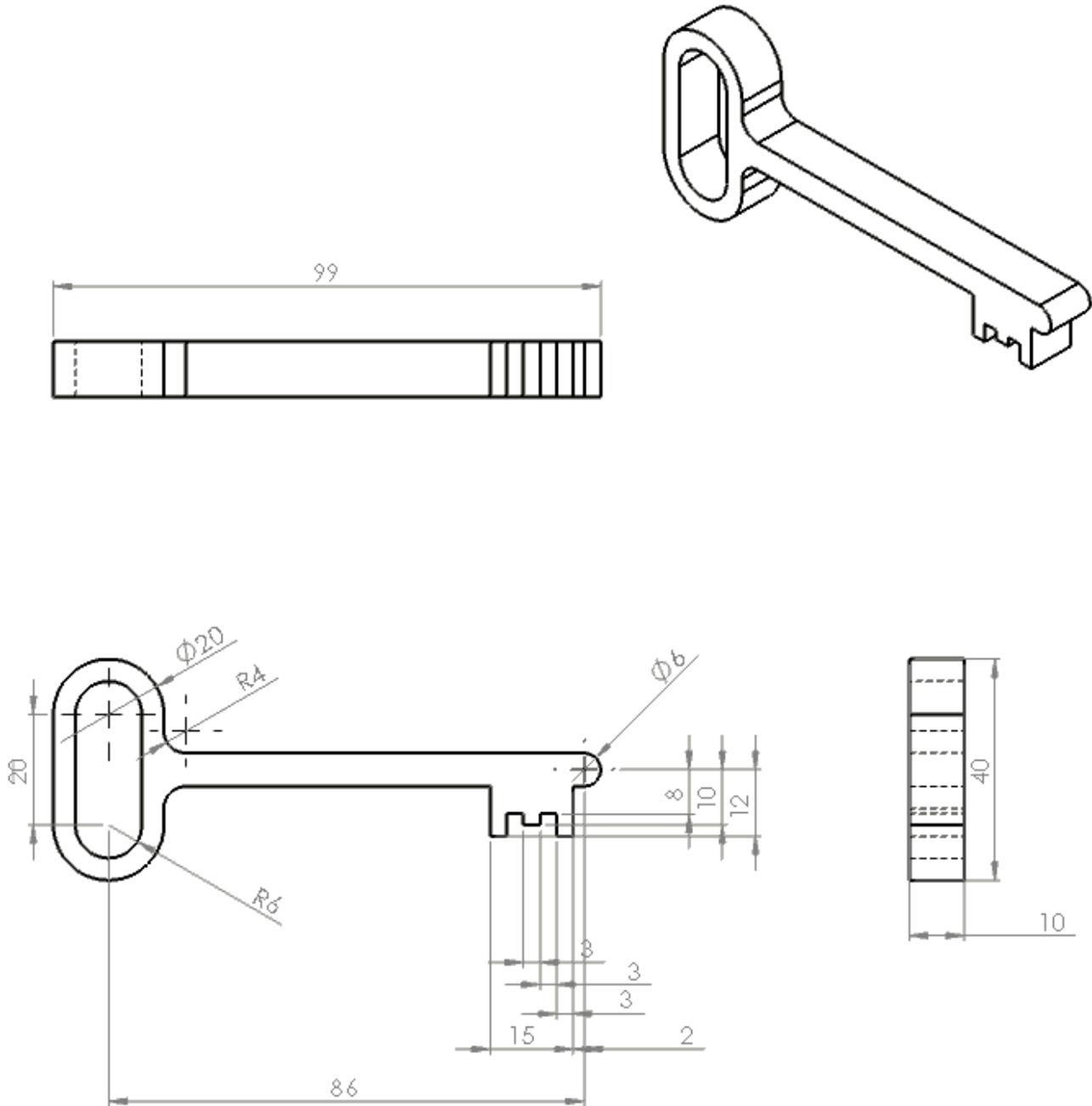
*Desarrollo de un plan de actividades tendientes a la reparación, puesta en marcha y diseño de prácticas demostrativas para el Centro de Mecanizado Vertical CNC EMCO VMC-100 en el taller Metalmecánico de la Universidad de Carabobo.*

**PIEZA MECANIZADA:**



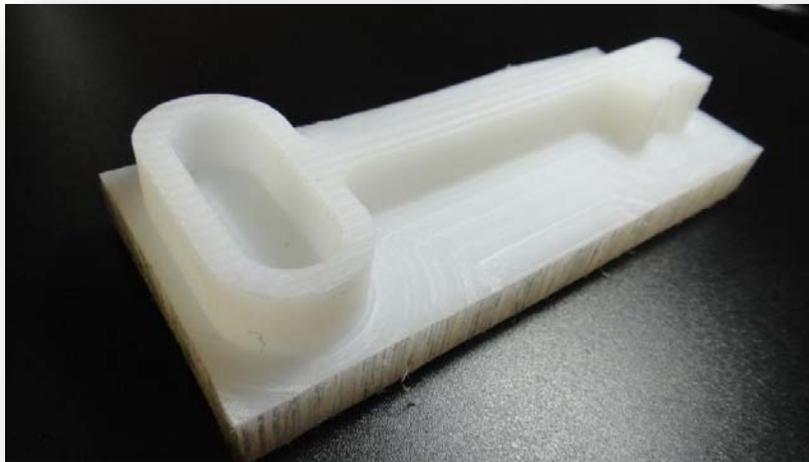
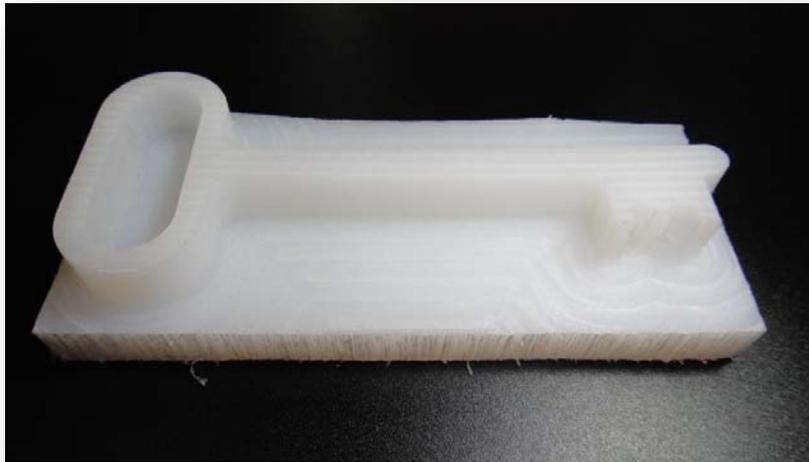
# Pieza 7

PLANO:



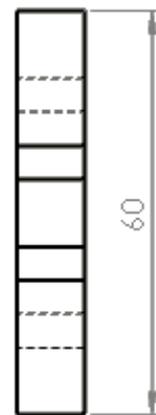
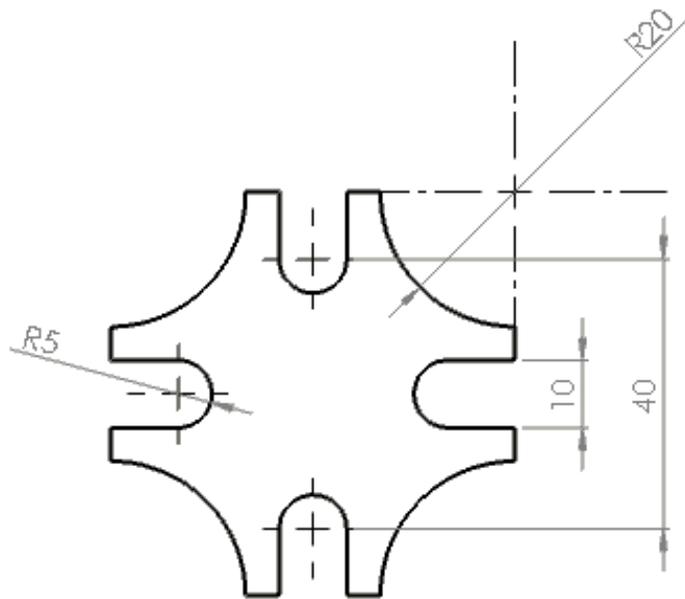
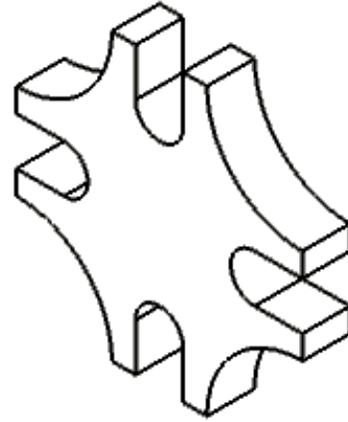
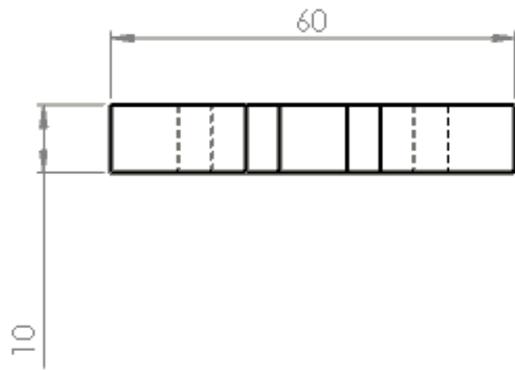
*Desarrollo de un plan de actividades tendientes a la reparación, puesta en marcha y diseño de prácticas demostrativas para el Centro de Mecanizado Vertical CNC EMCO VMC-100 en el taller Metalmecánico de la Universidad de Carabobo.*

**PIEZA MECANIZADA:**



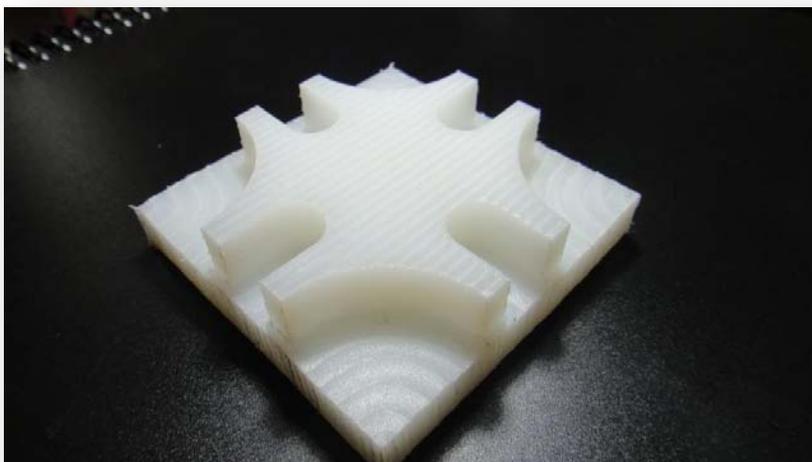
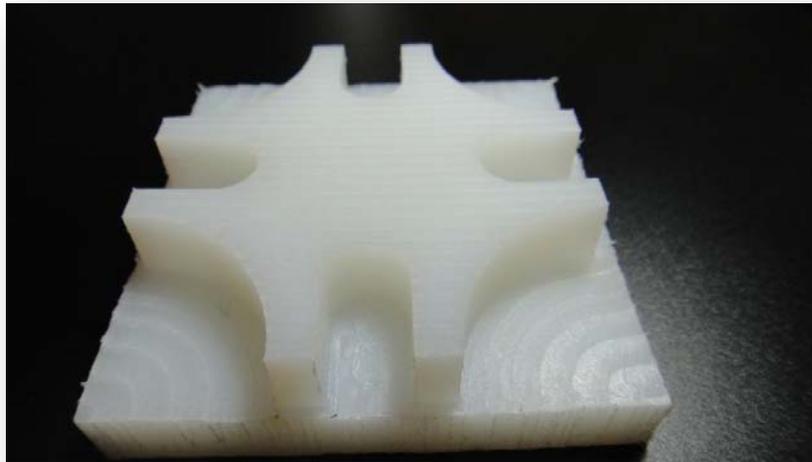
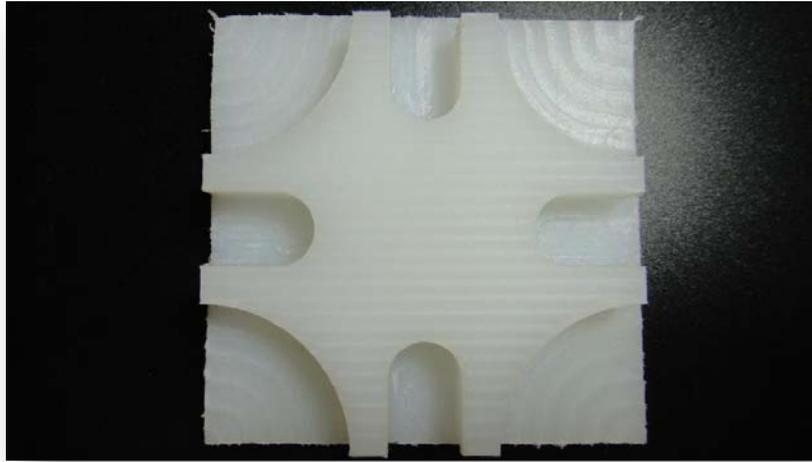
# Pieza 8

PLANO:



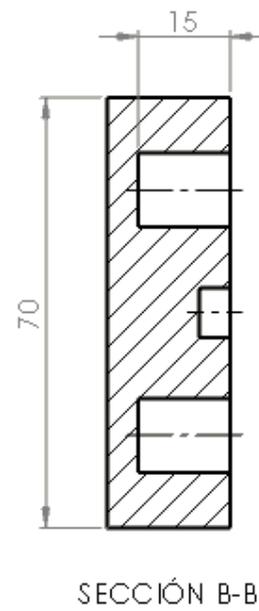
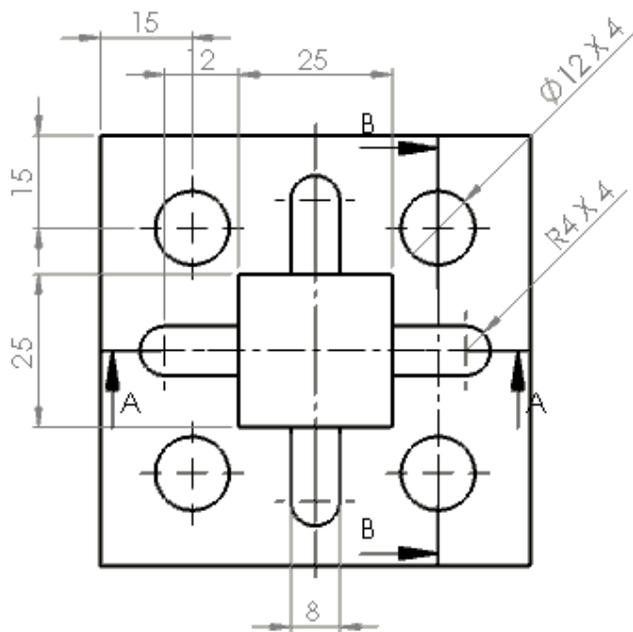
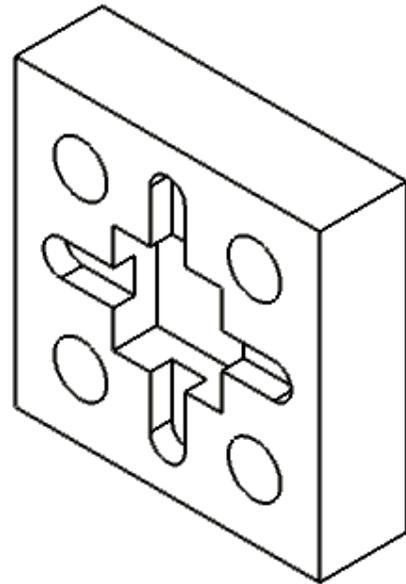
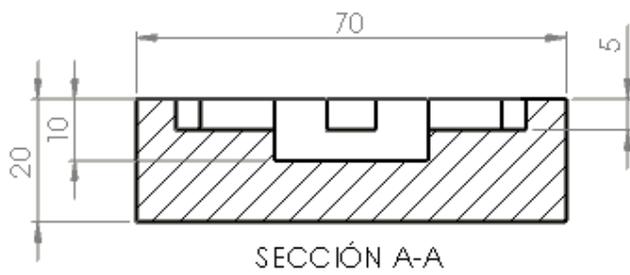
*Desarrollo de un plan de actividades tendientes a la reparación, puesta en marcha y diseño de prácticas demostrativas para el Centro de Mecanizado Vertical CNC EMCO VMC-100 en el taller Metalmecánico de la Universidad de Carabobo.*

**PIEZA MECANIZADA:**



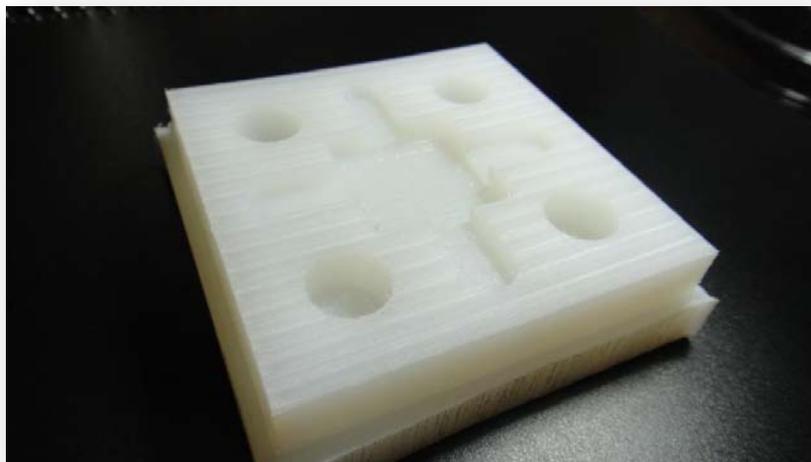
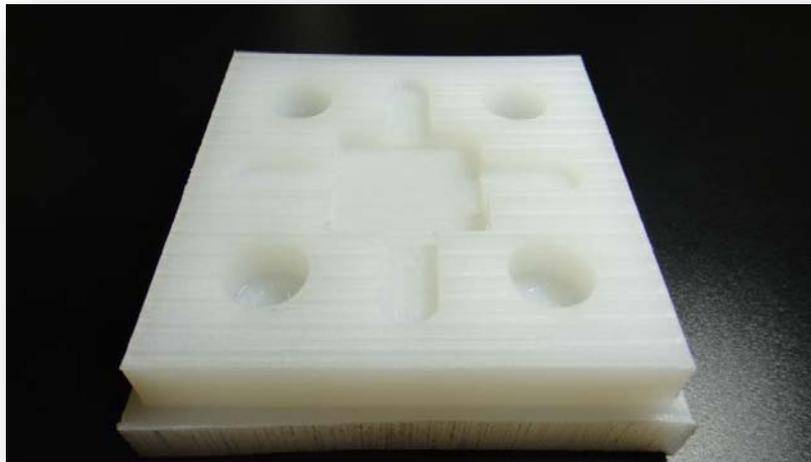
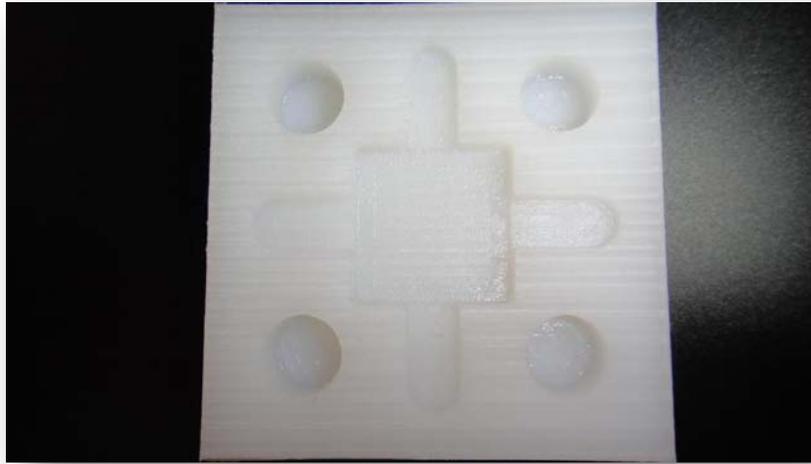
# Pieza 9

PLANO:



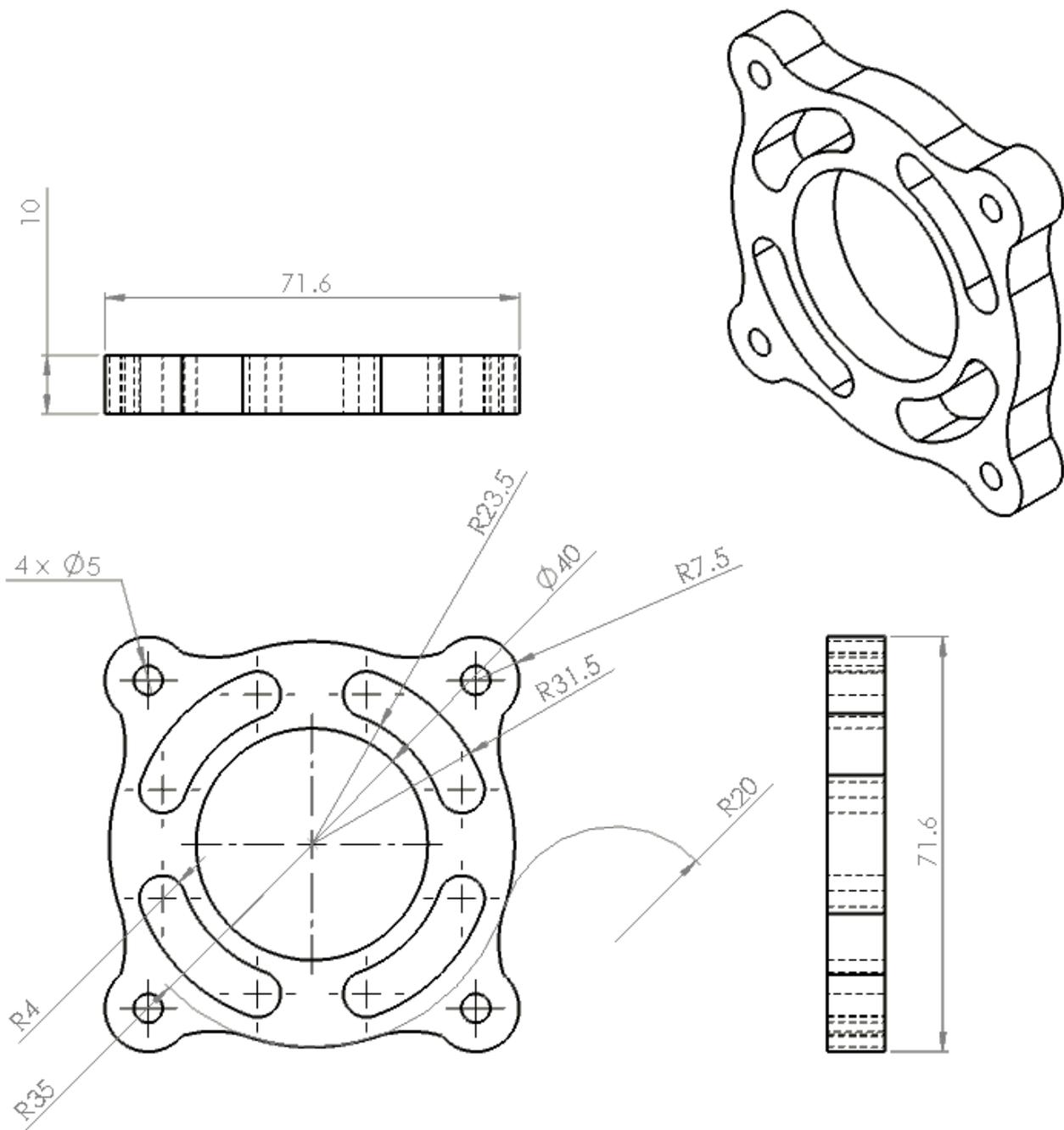
*Desarrollo de un plan de actividades tendientes a la reparación, puesta en marcha y diseño de prácticas demostrativas para el Centro de Mecanizado Vertical CNC EMCO VMC-100 en el taller Metalmecánico de la Universidad de Carabobo.*

**PIEZA MECANIZADA:**



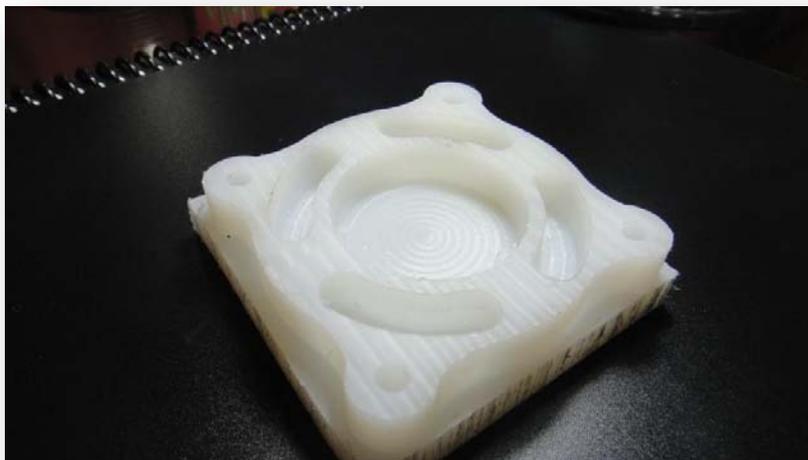
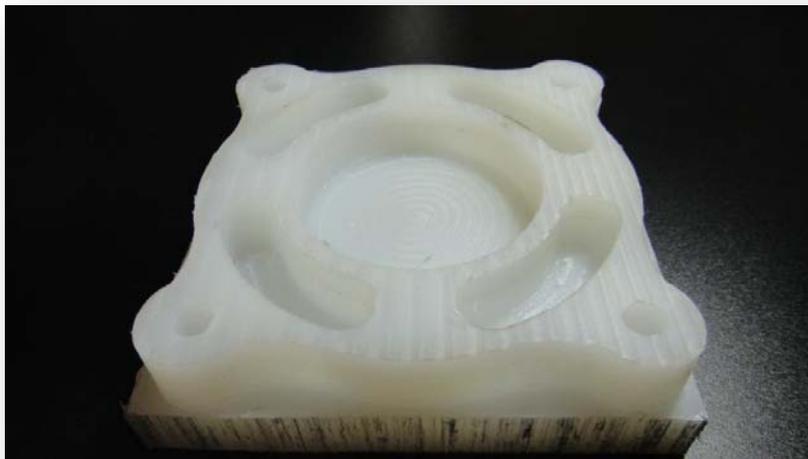
# Pieza 10

PLANO:



*Desarrollo de un plan de actividades tendientes a la reparación, puesta en marcha y diseño de prácticas demostrativas para el Centro de Mecanizado Vertical CNC EMCO VMC-100 en el taller Metalmecánico de la Universidad de Carabobo.*

**PIEZA MECANIZADA:**



# **Apéndice 2.**

## Relación De Costos

Desarrollo de un plan de actividades tendientes a la reparación, puesta en marcha y diseño de prácticas demostrativas para el Centro de Mecanizado Vertical CNC EMCO VMC-100 en el taller Metalmecánico de la Universidad de Carabobo.

### **Recuperación Del Controlador Emcotronic TM02:**

<b>LABOR DESARROLLADA</b>	<b>COSTO</b>
70 m de cable 12 trifásico para adecuación del nuevo cableado.	512 BsF.
Asistencia de Electricista en el sitio	200 BsF.
Reparación de controlador electrónico EMCO	1.568 BsF.
Reparación de modulo de control de potencia EMCO	1.904 BsF.
Asistencia técnica en sitio de personal electrónico capacitado (1 día)	4.480 BsF.
Transporte y Viáticos	1.344 BsF.
Reparación de fuente de poder switch marca EMCO	2,116 BsF.
Asistencia técnica en sitio de personal electrónico capacitado (1 día)	4.480 BsF.
Transporte y Viáticos	1.344 BsF.
Reparación de teclado marca EMCO y Reconstrucción del Flex	4.592 BsF.
Asistencia técnica en sitio de personal electrónico capacitado (1 día)	4.480 BsF.
Transporte y Viáticos	1.344 BsF.
Asistencia técnica en sitio de personal electrónico capacitado (1 día)	4.480 BsF.
Transporte y Viáticos	1.344 BsF.
<b>TOTAL</b>	<b>34.188 BsF.</b>

### **Adecuación De Mach3 Como Software Controlador De La Estación De Mecanizado:**

<b>LABOR DESARROLLADA</b>	<b>COSTO</b>
Fabricación de tres circuitos para manejar los tres motores o en su defecto una sola tarjeta con los tres circuitos mas una de repuesto	4.000 BsF.
Sistema de refrigeración integrado al cajón PC , conectores y tarjeta interface para salida y entrada al puerto paralelo	2.500 BsF.
Prueba de los tres motores con el MACH III haciendo pieza en ACRÍLICO usando ROUTER para materiales blandos	1.000 BsF.
Instalación de dos micro-suiches y recuperación de los sensores de proximidad originales del equipo.	2.000 BsF.
Adecuación con regulador de velocidad para controlar al husillo original	7.000 BsF.
Materiales Varios (Pinturas, Laminas de aluminio, Ultraleno para mecanizar, Teipe negro, lubricantes mecánicos, parafina)	2.000 BsF.
Monitor, Teclado, Mouse, Reguladores (Donados por la Universidad)	0 BsF.
<b>TOTAL</b>	<b>18.500 BsF.</b>

# **Apéndice 3.**

Manual De Partes Y Operación Del  
Centro De Mecanizado EMCO VMC-100  
Con Adaptación Con Mach3.