



ESCUELA POLITECNICA DEL EJÉRCITO

SEDE LATACUNGA

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PANTÓGRAFO MEDIANTE
CONTROL NUMÉRICO COMPUTARIZADO-CNC UTILIZANDO
GRABADO POR VIBRACIÓN Y FRESADO**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN
ELECTROMECAÁNICA**

FREDDY MAURICIO GARCÍA COELLO

ISMAEL EDUARDO ZURITA CAISAGUANO

Latacunga, Diciembre 2009

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, Freddy Mauricio García Coello

Zurita Caisaguano Ismael Eduardo

DECLARAMOS QUE:

El proyecto de grado denominado "**Diseño y Construcción de un Pantógrafo mediante Control Numérico Computarizado (CNC)**" ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de nuestra autoría.

En virtud de esta declaración, nos responsabilizamos del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Latacunga, Diciembre del 2009.

Freddy García

C. C. No.- 050244959-8

Ismael Zurita

C. C. No.- 040151098-7

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

CARRERA DE INGENIERIA ELECTROMECAÁNICA

AUTORIZACIÓN

Nosotros, Freddy Mauricio García Coello

Ismael Eduardo Zurita Caisaguano

Autorizamos a la Escuela Politécnica del Ejército la publicación, en la biblioteca virtual de la Institución del trabajo "Diseño y Construcción de un Pantógrafo mediante Control Numérico Computarizado (CNC) utilizando grabado por vibración y fresado" cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Latacunga, 2 de diciembre del 2009

Freddy García

C. C. No.- 050244959-8

Ismael Zurita

C. C. No.- 040151098-7

CERTIFICACIÓN

Se certifica que el presente trabajo de Tesis de Grado, "**Diseño y Construcción de un Pantógrafo mediante Control Numérico Computarizado (CNC) utilizando grabado por vibración y fresado**" fue desarrollado por García Coello Freddy Mauricio y Zurita Caisaguano Ismael Eduardo, bajo nuestra supervisión.

Ing. Miguel Carvajal

DIRECTOR

Ing. Héctor Terán

CODIRECTOR

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la universidad que a sido mi segundo hogar, al cuerpo docente de la Facultad de Electromecánica, en especial al Ingeniero Miguel Carvajal y Héctor Terán, extendiendo un agradecimiento infinito y imperecedero a mis padres, hermano, abuelitas, tíos quienes estuvieron junto a mi toda mi vida y supieron apoyarme y guiarme para cumplir con esta meta que es el inicio de muchas más, a mi esposa por brindarme su voz de aliento y estar conmigo en los momentos difíciles.

La mejor herencia que un Padre puede dejar a su hijo es la educación

Freddy

En primer lugar agradezco a Dios por haberme dado la capacidad para cumplir esta meta, a mis padres, mis hermanos, toda mi familia que supieron apoyarme en toda mi carrera y en especial a mi querida esposa que supo darme ánimos y el empujón que faltaba para terminar con este proyecto.

Ismael

DEDICATORIA

Este título lo dedico a mis padres, hermano que con mucho esfuerzo y sacrificio me dieron la mejor educación para ser un excelente profesional.

A mi esposa y mi hija que estuvieron en todo momento para lograr con este objetivo de mi vida profesional

Freddy

Quiero dedicar este título obtenido a mis padres que con su apoyo incondicional hicieron posible que mi sueño se haga realidad.

A mi abuelita Hilda que me recibió en su casa mientras estudiaba y a todas aquellas personas que de una u otra forma me brindaron su apoyo.

Ismael

INDICE GENERAL.

CONTENIDO	PAG.
INTRODUCCIÓN	i
ANTECEDENTES	ii
JUSTIFICACIÓN	ii
OBJETIVO GENERAL	ii
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	iii
ALCANCES Y METAS	iii
I. GENERALIDADES	
1.1. GRABADO MEDIANTE PANTÓGRAFO	1
1.1.1 CARACTERÍSTICAS Y FUNCIONAMIENTO	1
1.1.2 TIPOS DE PANTÓGRAFOS	2
1.1.2.1 Pantógrafo Manual	2
1.1.2.2 Pantógrafo Convencional	3
1.1.2.3 Pantógrafo Láser	3
1.1.3 TIPOS DE HERRAMIENTAS	5
1.1.3.1 Herramientas para el grabado	5
1.1.3.1.1 Grabador Neumático WEN	5
1.1.3.2 Herramientas para el fresado	8
1.1.3.2.1 Tipos de Fresado	9
1.1.3.2.2 Tipos de Fresas	11
1.1.3.2.2.1 Fresas frontales de acabado	11
1.1.3.2.2.2 Fresas Cilíndricas y Fresas Frontales	11
1.1.3.2.2.3 Fresas Radiales	13
1.1.3.2.2.4 Fresas de plato	13
1.2 CONTROL NUMÉRICO COMPUTARIZADO	14
1.2.1 CONTROL NUMÉRICO	14
1.2.2 CARACTERÍSTICAS DEL CNC	14
1.2.3 MEDIDAS DE DESPLAZAMIENTO	15
1.2.3.1 Encoder para Desplazamientos Lineales	15

1.2.3.2 Encoder para Movimiento Rotacional	16
1.2.3.2.1 Sistemas de coordenadas de dos ejes	17
1.2.3.2.2 Sistemas coordinados de tres ejes	18
1.2.3.2.3 Coordenadas 3-D	19
1.2.3.2.3.1 Sistema de coordenadas de la máquina	20
1.2.3.2.3.2 Desplazamientos lineales	20
1.2.3.2.3.3 Desplazamientos circulares	21
1.2.4 CÓDIGOS G	21
1.2.4.1 El desplazamiento rápido G00	22
1.2.4.2 El desplazamiento lineal con avance, G01	22
1.2.4.3 El desplazamiento circular horario y antihorario (G02, G03)	24
1.3 ACTUADORES	26
1.3.1 SERVOMOTORES	26
1.3.2 CARACTERISTICAS	26
1.3.3 CLASIFICACION DE SERVOMOTORES	
1.3.3.1 Servomotores de Corriente Continua	28
1.3.3.2 De campo controlado	28
1.3.3.3 De armadura controlada	29
1.3.3.4 De armadura tipo campana	29
1.3.3.5 De armadura en barra	29
1.3.3.6 De armadura en disco	30
1.3.3.7 Sin escobillas	31
1.3.4 CONTROL DE VELOCIDAD	32
1.3.5 CONTROL DE POSICIÓN	34
1.3.5.1 Control de Posición y Velocidad	36

II. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA MECÁNICO DEL PANTÓGRAFO

2.1 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LOS MECANISMOS PARA EL MOVIMIENTO DEL PORTAHERRAMIENTAS EN LOS TRES EJES (X, Y, Z)	37
2.1.1 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN PARA EL MOVIMIENTO EN EL EJE "X"	45
2.1.1.1 Cabezal Grabador	45
2.1.1.2 Cálculo del diámetro de los ejes guías	48
2.1.1.3 Cálculo del diámetro del eje "X" por la Teoría de la Resistencia Estática y Energía de la Distorsión	53

2.1.1.4 Cálculo del diámetro del tornillo de potencia para el carro "X"	58
2.1.1.4.1 Tornillos a Bolas	60
2.1.1.4.2 Selección de los Rodamientos Radiales	61
2.1.1.5 Cálculo del Torque para la Estructura del Eje "X"	66
2.1.1.5.1 Inercia Total	66
2.1.1.5.2 Velocidad Angular	67
2.1.1.5.3 Torque requerido por la Inercia total (T_A)	68
2.1.1.5.4 Torque para vencer la fuerza de fricción (T_B)	68
2.1.2 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN PARA EL MOVIMIENTO EN EL EJE "Y"	69
2.1.2.1 Cálculo del diámetro de los ejes "Y" con la Teoría Estática y por la Energía de la Distorsión	75
2.1.2.2 Selección de Rodamientos lineales	77
2.1.2.3 Cálculo del diámetro del tornillo de potencia para el carro "Y"	79
2.1.2.4 Cálculo del Torque para la estructura "Y"	80
2.1.2.4.1 Inercia Total	80
2.1.2.4.2 Velocidad Angular	81
2.1.2.4.3 Torque requerido por la inercia total (T_A)	81
2.1.2.4.4 Torque requerido para vencer la fuerza de fricción (T_B)	82
2.1.3 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN PARA EL MOVIMIENTO EN EL EJE "Z"	83
2.1.3.1 Cálculo del diámetro del tornillo de potencia para el carro "Z"	86
2.1.3.2 Cálculo del torque para la estructura "Z"	87
2.1.3.3 Engranajes Cilíndricos Helicoidales de Tornillo sin Fin	88
2.2 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LA BASE PRINCIPAL DE LA MÁQUINA	91
2.3 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE SUJECIÓN PARA LAS PLACAS A MARCAR	92
2.4 ENSAMBLAJE DEL SISTEMA MECÁNICO	94

III. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LOS SISTEMAS DE CONTROL

3.1 SISTEMA DE CONTROL PARA EL EJE X, Y, Z	94
3.1.1 TARJETA PRINCIPAL	95
3.1.2 TARJETAS CONTROLADORAS DE SERVOMOTORES	97
3.1.3 COMUNICACIÓN A TRAVÉS DEL PUERTO PARALELO	99
3.2 PROGRAMACIÓN DEL SOFTWARE GRABADOR	100
3.2.1 SELECCIÓN DEL SOFTWARE	101

3.2.1.1 Software de Generación	101
3.2.1.1.2 Bob Cad/Cam	101
3.2.1.1.3 Bob Art Pro x	102
3.2.1.1.4 Software de Direccionamiento	102
3.2.1.1.5 Mach 3	103
3.2.2 CARACTERÍSTICAS Y REQUISITOS	
3.2.2.1 Mach3	103
3.2.2.2 Bob Cad/Cam y Bob Art Pro x	103
3.2.3 CONFIGURACIÓN	104
3.2.3.1 Mach3	104
3.2.3.2 Bob Cad/Cam y Bob Art Pro x	108
3.2.4 CONTROLES DEL PROGRAMA	
3.2.4.1 Mach3	109
3.2.4.2 Bob cad/cam	116
3.2.4.3 Bob Art Pro x	129
3.2.5 IMPORTACIÓN DE ARCHIVOS .DXF	133
3.3 DISEÑO DE LA INTERFACE DE COMUNICACIÓN HACIA EL SISTEMA DE CONTROL	135
3.3.1 INTERFACE DE COMUNICACIÓN ENTRE PC Y TARJETA PRINCIPAL	136
3.3.2 INTERFACE DE COMUNICACIÓN ENTRE PC Y TARJETA CONTROLADORA DE LOS SERVOMOTORES	136

IV. IMPLEMENTACIÓN Y PRUEBAS DEL PANTOGRAFO

4.1 IMPLEMENTACIÓN Y MONTAJE DEL SISTEMA MECÁNICO	137
4.1.1 IMPLEMENTACIÓN Y MONTAJE DE LA BASE PRINCIPAL	137
4.1.2 IMPLEMENTACIÓN Y MONTAJE DEL CABEZAL GRABADOR	138
4.1.3 IMPLEMENTACIÓN Y MONTAJE DEL SISTEMA DE SUJECCIÓN	138
4.2 IMPLEMENTACIÓN DE LOS SISTEMAS DE CONTROL	139
4.2.1 FUENTE DE ALIMENTACIÓN	139
4.2.2 FINALES DE CARRERA E INTERRUPTORES DE REFERENCIA	140
4.3 PRUEBAS Y RESULTADOS DEL SISTEMA MECÁNICO	142
4.3.1 DESPLAZAMIENTOS EN LOS EJES (X, Y, Z)	142

4.3.1.1 Desplazamiento eje X	142
4.3.1.2 Desplazamiento eje Y	144
4.3.1.3 Desplazamiento eje Z	147
4.3.2 ACTIVACIÓN DEL CABEZAL GRABADOR	148
4.3.2.1 Activación Grabador	148
4.3.2.2 Activación Motor Fresador	149
4.3.3 CALIBRACIÓN DE LA TARJETA PRINCIPAL Y DE CONTROL DE LOS SERVOMOTORES	150
4.4 PRUEBAS Y RESULTADOS DEL SOFTWARE GRABADOR	
4.4.1 IMPORTACIÓN DE ARCHIVOS .DXF	151
4.4.2 Generación de códigos	153
4.4.3 Comunicación con la tarjeta principal y de control de los servomotores.	155
4.5 PRUEBAS Y RESULTADOS DEL PANTÓGRAFO	157
4.5.1 Ubicación de coordenadas	162
4.5.2 Grabado o fresado	164
4.5.3 Diseño AutoCAD	166
4.5.4 Generación de códigos para el grabado o fresado	166
4.6 MANUAL DE OPERACIONES	170
4.6.1 Especificaciones técnicas	171
4.6.2 Rangos de Operación	172
4.6.3 Técnicas y procedimientos para el grabado o fresado	173
4.6.4 Normas de Seguridad	174
4.6.5 Partes principales, accesorios y herramientas	177
4.6.6 Operaciones de la máquina	178
4.6.7 Hoja de mantenimiento	180

V. ANÁLISIS FINANCIERO

5.1 ANÁLISIS DE LA INVERSIÓN	184
5.2 TIEMPO DE RECUPERACIÓN	185
5.3 RENTABILIDAD DE LA INVERSIÓN	185

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES	187
6.2 RECOMENDACIONES	189

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1	Pantógrafo Manual	1
Figura 1.2	Eslabones dos a dos	1
Figura 1.3	Máquina de tipo pedestal	2
Figura 1.4	Pantógrafo láser	4
Figura 1.5	Módulo láser del pantógrafo	4
Figura 1.6	Grabado Neumático WEN	5
Figura 1.7	Agujas de carburo de wolframio	6
Figura 1.8	Identificación componentes	6
Figura 1.9	Placa Conmemorativa	6
Figura 1.10	Modelos en madera	7
Figura 1.11	Inspección de objetos	7
Figura 1.12	Partes de una Fresa	9
Figura 1.13	Fresado cilíndrico	10
Figura 1.14	Fresado frontal	10
Figura 1.15	Fresado de acabado	10
Figura 1.16	Fresa Radial	13
Figura 1.17	Fresa de platos	14
Figura 1.18	Encoder para desplazamiento lineal	15
Figura 1.19	Encoder para movimiento rotacional	16
Figura 1.20	Posición determinada con la ayuda de coordenadas (X, Y)	17
Figura 1.21	Pieza en un sistema de coordenadas (X, Y)	18
Figura 1.22	Pieza en un sistema de coordenadas 3-D	18
Figura 1.23	Regla de la mano derecha	19
Figura 1.24	Eje de sistema de coordenadas 3-D	19
Figura 1.25	Plano XY	20
Figura 1.26	Plano XZ	20
Figura 1.27	Plano YZ	20
Figura 1.28	Desplazamientos circulares 2D, en el plano y 3D	21
Figura 1.29	G00 para grabado	22

Figura 1.30	Desplazamiento para grabado	22
Figura 1.31	Coordenadas absolutas (G90)	23
Figura 1.32	Coordenadas incrementales (G91)	23
Figura 1.33	Funciones suplementarias	24
Figura 1.34	Coordenadas polares	24
Figura 1.35	Arco para grabado	25
Figura 1.36	Letras de dirección I, J, K	25
Figura 1.37	Giro horario y antihorario	26
Figura 1.38	Estructura interna del servomotor	27
Figura 1.39	Servomotor de armadura en barra	30
Figura 1.40	Servomotor de armadura en disco	31
Figura 1.41	Servomotor sin escobillas	32
Figura 1.42	PWM para recorrer todo el rango de operación del servo	32
Figura 1.43	Tren de pulsos para control del servo	34
Figura 1.44	Control de posición	35
Figura 1.45	Control de posición y velocidad	36
Figura 2.1	Partes principales del pantógrafo	37
Figura 2.2	Movimiento de corte	38
Figura 2.3	Movimiento de avance	38
Figura 2.4	Movimiento de perforación	38
Figura 2.5	Movimiento transversal eje"Y"	39
Figura 2.6	Movimiento longitudinal eje"X"	39
Figura 2.7	Movimiento vertical eje"Z"	40
Figura 2.8	Movimiento relativo	40
Figura 2.9	Partes del cabezal grabador	45
Figura 2.10	Sistema de movimiento y sus cargas	49
Figura 2.11	Flechas o guías coordenadas "X"	51
Figura 2.12	Fuerza de corte y peso	53
Figura 2.13	Chumacera de centrado	56
Figura 2.14	Sistema de guías para el eje"X"	57
Figura 2.15	Carro longitudinal	58
Figura 2.16	Tornillo a bolas	60
Figura 2.17	Rodamiento radial	61
Figura 2.18	Rodamiento radial rotulado	62
Figura 2.19	Mesa de trabajo	69

Figura 2.20	Cargas en las guías	71
Figura 2.21	Ejes guías de la estructura horizontal coordinada"Y"	73
Figura 2.22	Carga ejercida sobre los soportes	75
Figura 2.23	Rodamientos lineales SKF	77
Figura 2.24	Rodamientos seleccionados	78
Figura 2.25	Desplazamiento vertical	83
Figura 2.26	Momento flector máximo eje Z	84
Figura 2.27	Tubo estructural cuadrado	91
Figura 2.28	Estructura de la base	92
Figura 2.29	Mordazas de accionamiento manual o hidráulico	93
Figura 2.30	Bridas de sujeción	93
Figura 2.31	Sujeción con suplementos escalonados	94
Figura 3.1	Diagrama de bloque del sistema de control	94
Figura 3.2	Interruptor de voltaje	96
Figura 3.3	Conexiones del puerto	96
Figura 3.4	Conexiones finales de carrera	97
Figura 3.5	Diagrama de conexiones	98
Figura 3.6	Forma física del puerto paralelo DB25	99
Figura 3.7	Conector del puerto paralelo DB25 hembra	100
Figura 3.8	Versión V21	101
Figura 3.9	BobArtPro-X	102
Figura 3.10	Operación mach3	103
Figura3.11	Mach3VersionR1	104
Figura 3.12	Selección destino	104
Figura 3.13	Inicio de instalación	105
Figura 3.14	Compatibilidad de la tarjeta de vídeo	105
Figura 3.15	Icono del programa	105
Figura 3.16	Selección de unidades	106
Figura 3.17	Selección del puerto	106
Figura 3.18	Salidas a motores	107
Figura 3.19	Señales de entrada	107
Figura 3.20	Señales de salida	107
Figura 3.21	Aceptación de licencia	108
Figura 3.22	Tipo de instalación	108
Figura 3.23	Inicio de instalación	109

Figura 3.24	Icono del programa	109
Figura 3.25	Barra herramienta principal	109
Figura 3.26	Icono para cargar	110
Figura 3.27	Selección archivo .nc	110
Figura 3.28	Barra de configuración	110
Figura 3.29	Sistema de unidades	110
Figura 3.30	Cuadro de dialogo de unidades	110
Figura 3.31	Configuración del puerto	111
Figura 3.32	Activar	111
Figura3.33	Desactivar	111
Figura 3.34	Botón inicio	112
Figura 3.35	Botón pausa	112
Figura 3.36	Botón parar	112
Figura 3.37	Botón cargar	112
Figura 3.38	Ventana abrir	112
Figura 3.39	Subventana de código G	113
Figura 3.40	Subventana cerrar código G	113
Figura 3.41	Archivo reciente	113
Figura 3.42	Ventana editar	114
Figura 3.43	Botón siguiente línea	114
Figura 3.44	Botón inicio línea específica	114
Figura 3.45	Botón retorna al inicio	114
Figura 3.46	Ventana coordenadas de referencia	115
Figura 3.47	Botón coordenadas iniciales	115
Figura 3.48	Valores coordenadas iniciales	115
Figura 3.49	Ventana código línea	115
Figura 3.50	Ingreso código línea	115
Figura 3.51	Barra principal	116
Figura 3.52	Menú archivo	116
Figura 3.53	Archivo nuevo	116
Figura 3.54	Abrir archivo	116
Figura 3.55	Abrir archivo existente	117
Figura 3.56	Guardar como	117
Figura 3.57	Plano cartesiano	117
Figura 3.58	División del plano cartesiano	118

Figura 3.59	Ventana ambiente	118
Figura 3.60	Opciones de ambiente	118
Figura 3.61	Opción rejilla	119
Figura 3.62	Ventana precisión programa	119
Figura 3.63	Sistemas de coordenadas	119
Figura 3.64	Botón editar	120
Figura 3.65	Botón deshacer	120
Figura 3.66	Botón copiar	120
Figura 3.67	Insertar objeto	120
Figura 3.68	Guardar	120
Figura 3.69	Función espejo	121
Figura 3.70	Función transportar	121
Figura 3.71	Función punto	121
Figura 3.72	Función colocar	122
Figura 3.73	Coordenadas de punto	122
Figura 3.74	Ingreso de valores de coordenadas	122
Figura 3.75	Función final	122
Figura 3.76	Interceptar líneas	123
Figura 3.77	Centro de un arco	123
Figura 3.78	Puntos perpendiculares	123
Figura 3.79	Colocar líneas	124
Figura 3.80	Línea por coordenadas	124
Figura 3.81	Unir líneas	125
Figura 3.82	Opción tangente	125
Figura 3.83	Opción línea paralela	125
Figura 3.84	Función ángulo	126
Figura 3.85	Menú arcos	126
Figura 3.86	Menú texto	126
Figura 3.87	Arrastrar texto	127
Figura 3.88	Vectorización	127
Figura 3.89	Alinear texto a una línea	127
Figura 3.90	Encajar texto	128
Figura 3.91	Insertar objetos	128
Figura 3.92	Ventana NC de códigos G	129
Figura 3.93	Abrir archivos .bart	129

Figura 3.94	Guardar archivos .bart	129
Figura 3.95	Importar imágenes	130
Figura 3.96	Editar imagen	130
Figura 3.97	Calibración de colores	130
Figura 3.98	Convertir vector	131
Figura 3.99	Dibujo 2D	131
Figura 3.100	Creación de material	131
Figura 3.101	Crear relieve	132
Figura 3.102	Relieve	132
Figura 3.103	Envío de contorno	132
Figura 3.104	Importar .dxf	133
Figura 3.105	Ventana importar	133
Figura 3.106	Abrir archivos .dxf	133
Figura 3.107	Archivo cargado	134
Figura 3.108	Control de capas	134
Figura 3.109	Guardar archivos .txt	134
Figura 3.110	Ventana del programa	135
Figura 3.111	Diseño interface	135
Figura 4.1	Base principal	137
Figura 4.2	Cabezal grabador	138
Figura 4.3	Mesa	138
Figura 4.4	Bocín nylon	138
Figura 4.5	Ranuras en T	139
Figura 4.6	Fuente externa de alimentación	139
Figura 4.7	Puentes de diodos rectificadores	139
Figura 4.8	Señal rectificada	140
Figura 4.9	Entradas para los límites	141
Figura 4.10	Conexiones físicas finales de carrera	141
Figura 4.11	Botón calibración de ejes	142
Figura 4.12	Selección de ejes	142
Figura 4.13	Distancia eje X	143
Figura 4.14	Distancia eje X recorrida	143
Figura 4.15	Pasos por unidad	143
Figura 4.16	Calibración eje X	143
Figura 4.17	Calibración y afinación de motores eje X	144

Figura 4.18	Botón calibración ejes	144
Figura 4.19	Selección ejes	145
Figura 4.20	Distancia eje Y	145
Figura 4.21	Distancia eje Y recorrida	145
Figura 4.22	Distancia eje Y recorrida errónea	146
Figura 4.23	Pasos por unidad	146
Figura 4.24	Calibración y afinación motores eje Y	146
Figura 4.25	Botón calibración ejes	147
Figura 4.26	Selección ejes	147
Figura 4.27	Distancia eje Z	147
Figura 4.28	Calibración y afinación de motores eje Z	148
Figura 4.29	Funcionamiento del grabador	148
Figura 4.30	Red Monofásica	149
Figura 4.31	Conexión del motor al variador	150
Figura 4.32	Control de dos hilos	150
Figura 4.33	Limite de corriente	150
Figura 4.34	Amplitud de onda	150
Figura 4.35	Ganancia	150
Figura 4.36	Menú principal	151
Figura 4.37	Imagen .jpeg	152
Figura 4.38	Convertir imagen	152
Figura 4.39	Cortador de vectores	153
Figura 4.40	Imagen vectorizada	153
Figura 4.41	Instrucciones código G	154
Figura 4.42	Secuencia	154
Figura 4.43	Desplazamiento eje Y(+)	155
Figura 4.44	Desplazamiento eje Y(-)	156
Figura 4.45	Desplazamiento eje X(+)	156
Figura 4.46	Desplazamiento eje X(-)	156
Figura 4.47	Desplazamiento eje Z(+)	156
Figura 4.48	Desplazamiento eje Z(-)	157
Figura 4.49	Área de placa a grabar	157
Figura 4.50	Texto a grabar	157
Figura 4.51	Vectorizar texto a grabar	158
Figura 4.52	Texto vectorizado	158

Figura 4.53	Insertar Nc	158
Figura 4.54	Profundidad Herramienta	159
Figura 4.55	Código automático	159
Figura 4.56	Código G	160
Figura 4.57	Guardar parte CAM	160
Figura 4.58	Archivo txt	160
Figura 4.59	Cargar código G	160
Figura 4.60	Seleccionar archivo .tap	161
Figura 4.61	Pantalla Mach3	161
Figura 4.62	Revisar errores	161
Figura 4.63	Inicio programa	161
Figura 4.64	Cero máquina	162
Figura 4.65	Punto de referencia	163
Figura 4.66	Desplazamiento	163
Figura 4.67	Punto inicial	163
Figura 4.68	Desplazamiento G00	164
Figura 4.69	Ingreso de texto	164
Figura 4.70	Texto	164
Figura 4.71	Vectorizar	164
Figura 4.72	Código Generado	165
Figura 4.73	Diseño autocad	166
Figura 4.74	Desplazamiento a un punto	167
Figura 4.75	Profundidad herramienta	167
Figura 4.76	Mover a un punto	168
Figura 4.77	Instrucción	168
Figura 4.78	Código desde origen	168
Figura 4.79	Valores plano rápido	168
Figura 4.80	Línea de código	169
Figura 4.81	Código de línea desde un punto	169
Figura 4.82	Código de línea desde un punto	169
Figura 4.83	Generar código arco	169
Figura 4.84	Dibujar un círculo	170
Figura 4.85	Generar código círculo	170
Figura 4.86	Operaciones	171
Figura 4.87	Recorrido longitudinal	172

Figura 4.88	Recorrido transversal	173
Figura 4.89	Recorrido vertical	173
Figura 4.90	Partes principales	177
Figura 5.1	Ingreso de datos	183
Figura 5.2	Amortización de inversiones	184
Figura 5.3	Matriz de flujos	185
Figura 5.4	Principales indicadores	186

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1	Fresas de acabado	11
Tabla 1.2	Fresas cilíndricas y frontales	12
Tabla 1.3	Aplicaciones fresado frontal	12
Tabla 2.1	Tabla tratamientos térmicos	57
Tabla 2.2	Tabla propiedades mecánicas	57
Tabla 2.3	Rodamiento radial rotulado	64
Tabla 2.4	Tabla factor n_c	65
Tabla 3.1	Conexiones	98

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y ENLACES

ANEXOS

ANEXO A

ANEXO A.A Encoder GP1A30R

ANEXO A.B Encoder HEDS-978X

ANEXO B

ANEXO B.A Operaciones Fresado

ANEXO B.B Herramientas de Corte

ANEXO B.C Factores de corrección

ANEXO B.D Esfuerzo específico

ANEXO B.E Motor 3 ϕ 1LA7073

ANEXO B.F Variador de Frecuencia

ANEXO B.G Tornillo a bolas

ANEXO B.H Capacidad de Carga

ANEXO B.I	Factor de Carga
ANEXO B.J	Vida Estimada
ANEXO B.K	Factor calidad lubricación
ANEXO B.L	Factor temperatura
ANEXO B.M	Factor viscosidad
ANEXO B.N	Factor grado de contaminación
ANEXO C	
ANEXO C.A	Tarjeta Principal
ANEXO C.B	Drive

INTRODUCCIÓN

En vista de la formación con alto nivel académico recibida por la universidad nos ayuda a aportar al desarrollo del país consiguiendo mediante la presente investigación el Diseño y Construcción de un Pantógrafo de Control Numérico Computarizado (CNC) permitiendo grabar placas metálicas y no metálicas de forma autónoma, siendo esta una posibilidad en la microempresa (Imprenta) de adquirirla a bajo costo, en vista de que en el Ecuador se importa este tipo de máquinas a costos elevados.

El pantógrafo tiene 3 grados de libertad (X, Y, Z) los cuales permiten el movimiento lineal por medio de servomotores de armadura en barra de corriente continua los cuales están acoplados a un tornillo a bolas por medio de un sistema mecánico de tornillo sin fin y engrane para aumentar el torque que es lo que se requiere para grabar en cualquier material.

El grabado lo realiza en materiales como: aluminio, cobre, latón, bronce, madera, vidrio, acrílico, nylon, etc, por medio de grabado por fresado y vibración, alcanzando un grabado en estos materiales de textos alfanuméricos, logos, figuras geométricas complejas, por medio del diseño en programas CAD como el autocad y bob cad/cam, para la generación de códigos de máquina (código G) se utiliza un programa CAM (Mach3).

Se utiliza una interface de comunicación DB25 (Puerto paralelo) para el control del pantógrafo desde el computador a través de la tarjeta principal que envía los códigos G a los drive.

Para el sistema de control se utiliza los drive que son tarjetas que en base al sistema de control proporcional integral derivativo (PID) permite el control de los servomotores.

Este trabajo esta dirigido a quienes ejerzan actividades de diseño de máquinas CAD/CAM y estudiantes que aspiran a incursionar en el mundo del Control Numérico Computarizado.

ANTECEDENTES

En vista de la formación con alto nivel académico recibida por la Escuela Superior Politécnica del Ejercito Sede Latacunga que nos permite aportar al desarrollo del país consiguiendo, mediante la elaboración de un Pantógrafo por Control Numérico Computarizado CNC, que el grabado o marcado de placas metálicas y no metálicas sea realizado con precisión y buen acabado superficial, en vista de que la mayoría de empresas de nuestro país tienen la necesidad de importar este tipo de maquinaria a costos muy elevados para su realización.

Nuestro proyecto beneficiará a estas empresas mediante la reducción de costos y el fácil mantenimiento de su maquinaria siendo éste un producto nacional.

JUSTIFICACIÓN

Las pequeñas empresas o talleres que tienen como trabajo elaborar placas de reconocimiento de conmemoración, medallas, placas para trofeos. Se han visto en la necesidad de adquirir mediante la importación pantógrafos o grabadores a costos elevados debido a que a nivel nacional no existen, permitiéndonos aplicar todo lo aprendido durante nuestros estudios satisfaciendo una necesidad a menor costo y con buen rendimiento. En el mundo hoy en día la automatización es el pilar del desarrollo industrial ya que resuelve problemas mediante la tecnología actual.

OBJETIVO GENERAL

Diseñar y Construir un Pantógrafo mediante Control Numérico Computarizado CNC, utilizando grabado por vibración y fresado.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Construir un pantógrafo mediante Control Numérico CNC.
- Diseñar un mecanismo que permita realizar movimientos en los ejes (X, Y, Z)
- Grabar o marcar placas metálicas y no metálicas en un área mayor a 400cm²

ALCANCES Y METAS

- Diseñar y construir el sistema de control para el mecanismo de los servomotores que dirigen los movimientos en los ejes respectivos.
- Seleccionar el tipo de herramienta para el marcado según el material
- Lograr que el grabado de las placas sea de cualquier tamaño, forma y espesor de acuerdo a la herramienta seleccionada.

CAPITULO I

I. GENERALIDADES

1.1. GRABADO MEDIANTE PANTOGRAFOS

El grabado consiste en una marcación o incisión sobre una superficie, en este caso de diversos materiales por medio del contacto de un grabador con el material, el cual es lanzado al exterior del surco que se crea, formando o representando diversos símbolos, gráficos, textos, y superficies complejas.

El grabador entra en contacto con la superficie y se desplaza, el cual debe estar a nivel de la superficie a marcar, una vez que esta a nivel se empieza a profundizar automáticamente por el computador para crear el surco que es la superficie de marcado.

1.1.1. CARACTERISTICAS Y FUNCIONAMIENTO

- El mecanizado por grabado suele oscilar entre 10-50um de profundidad alcanzando profundidades en decimas.
- El ancho de la línea se sitúa sobre los 100-150um llegando a un ancho en milímetros dependiendo de la figura geométrica a grabar.
- El grabado es un proceso fácil de controlar e integrar en procesos. Tiene un acabado con trazos continuos y sin desviaciones.
- Posibilidad de manufacturar sobre materiales diversos.
- Permite trabajar con cualquier geometría.
- Es versátil y flexible, ya que es controlado con un ordenador y por tanto cada superficie puede ser marcada de forma diferente.
- Es una marca permanente y visible.

1.1.2. TIPOS DE PANTOGRAFOS

Un pantógrafo es un mecanismo articulado basado en las propiedades de los paralelogramos; este instrumento dispone de eslabones conectados de tal manera que se pueden mover respecto de un punto fijo (pivote).

Su teoría se describe en los principios de Descartes sobre los paralelogramos y fue ideado en 1603 por el sacerdote jesuita Germano Christopher Scheiner; tiene aplicaciones en diversos campos de la mecánica o el dibujo, en mecanismos tales como el pantógrafo de ferrocarril, el gato hidráulico, el pantógrafo de oxicorte, o como instrumento de dibujo.

1.1.2.1 Pantógrafo Manual

El pantógrafo (Figura 1.1), como instrumento de dibujo, permite copiar una figura o reproducirla a una escala distinta. Para conseguir dibujos a diferente escala se varía la distancia entre los puntos de articulación (rótulas), conservando siempre la condición de paralelismo entre eslabones, dos a dos (Figura 1.2).

Para dibujar, se fija el pivote, y se desplaza el punto de referencia sobre el dibujo original; un lapicero situado en el punto de copiado reproduce la imagen a una escala mayor, que viene determinada por la relación de distancias entre el pivote con el punto de referencia (P-PR) y con punto de copiado (P-PC). Cambiando el punto de referencia por el punto de copiado se reproduce la imagen a una escala menor.

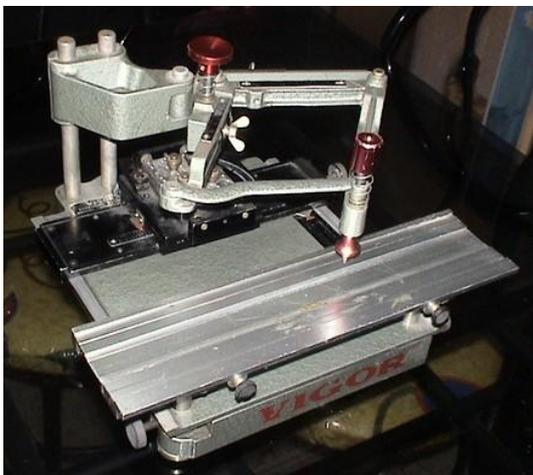


Figura 1.1 Pantógrafo manual

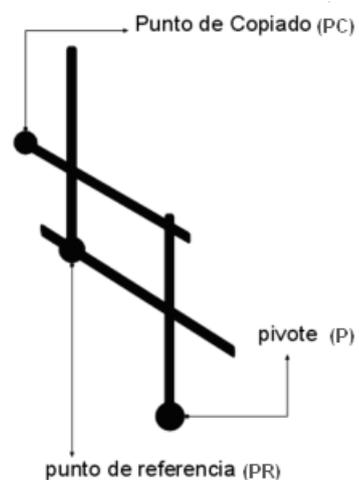


Figura 1.2 Eslabones dos a dos

1.1.2.2 Pantógrafo Convencional

En la Figura 1.3 se observa una máquina de tipo pedestal cuya estructura esta construida en hierro fundido de grano fino que permite una gran rigidez, este pantógrafo se mueve en tres dimensiones por medio de un husillo principal montado sobre cojinetes de alta precisión, con una gama amplia de velocidades que se puede elegir la velocidad apropiada para diferentes tipos de materiales.



Figura 1.3 Máquina de tipo pedestal

Es apropiada para fabricar matrices de monedas, matrices de forja, matrices de plástico, plantillas, su proceso depende de la habilidad del operador y al ser manual el procedimiento es tedioso y requiere un gran tiempo de operación.

1.1.2.3 Pantógrafo Láser

La técnica utilizada normalmente para realizar el marcado mediante láser es por desplazamiento del haz. Con esta técnica se focaliza un haz láser de media potencia sobre la superficie a marcar. El haz se orienta mediante una combinación de espejos galvanométricos de manera que sigue el recorrido del diseño a marcar. En función del tipo de material que se va a grabar, se utilizan distintos tipos de fuentes láser: CO₂, Nd: YAG.

Actualmente pueden marcarse una gran variedad de materiales: materiales metálicos, plásticos, vidrio, el inconveniente de este tipo de pantógrafo es que necesita de una fuente laser diferente dependiendo del material. La profundidad de la zona marcada va desde algunas micras (marcado superficial) a décimas de milímetros (marcado profundo).

La superficie máxima de marcado es limitada en algunos casos llega a ser una área de 100x100 mm, el área de grabado aumenta el precio del pantógrafo. (Figura 1.4)

Mediante la utilización de equipos de baja potencia se puede realizar el marcado de elementos para envasado sobre todo papel, con los datos sobre lotes de fabricación y fechas de consumo preferente, muy importantes en la industria del envasado de bienes de consumo.

El costo elevado de estas máquinas es su desventaja, además de que no existen módulos laser individuales (Figura 1.5) para instalarlos en sistemas de producción independientes los pantógrafos láser se adquieren en conjunto y no hay acceso a la venta ya que son láser fabricados por empresas para la creación de máquinas con otro tipo de aplicaciones. [1]



Figura 1.4 Pantógrafo láser

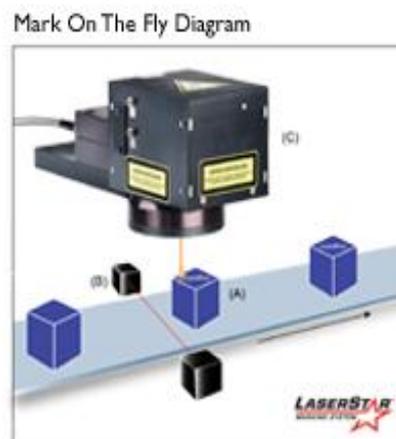


Figura 1.5 Módulo láser del pantógrafo

[1]: [marcadolaserenlaindustria_000.pdf](#), [www.rofin.com](#)

1.1.3. TIPOS DE HERRAMIENTAS

1.1.3.1 Herramientas para el grabado

1.1.3.1.1 Grabador Neumático WEN

El grabado se consigue por el marcado ejecutado por una punta de carburo de wolframio, quien bajo el efecto de una presión neumática (vibración), penetra la superficie a marcar, la cual funciona con un compresor de aire. El aire suministrado produce el efecto de vibración suministrando al mismo un desplazamiento de la punta del grabador permitiendo un trazo continuo, de suma legibilidad, con disminución del nivel de ruidos, con tecnología de rayado que asegura un marcado permanente, directamente sobre el material, desde el plástico hasta los aceros más duros debido a que su nivel de vibración es muy bajo, lo cual permite un marcado profundo y continuo de textos, ilustraciones y superficies complejas. (Figura 1.6)

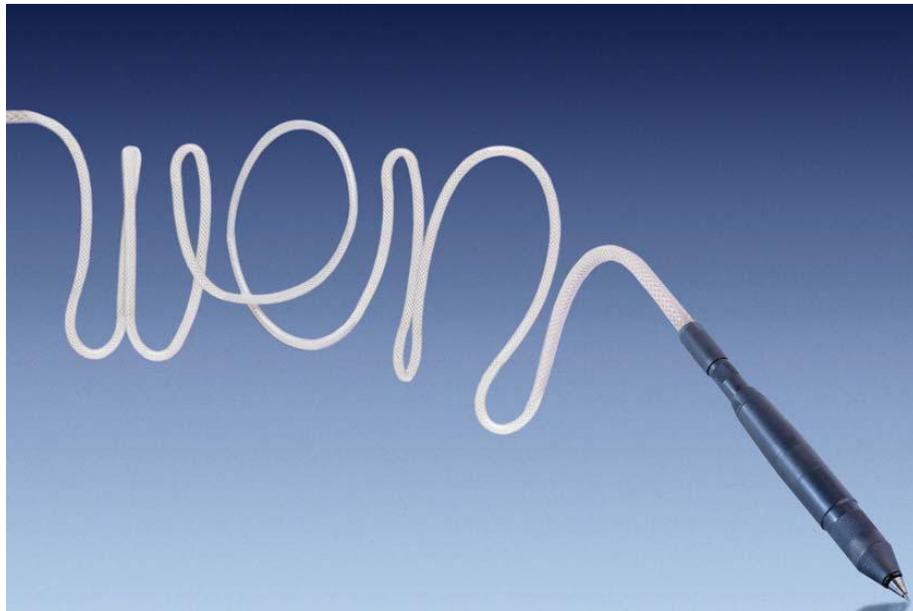


Figura 1.6 Grabador neumático WEN

Diagrama de Funcionamiento



Graba acero, cristal, madera, nylon, cuero, plásticos, piedra y mármol. Este grabador tiene una gran eficacia sobre estos materiales ya que las agujas de carburo de wolframio tienen una gran duración (Figura 1.7).



Figura 1.7 Agujas de carburo de wolframio

Por lo general es utilizado el Grabador en identificación de componentes, piezas, herramientas de maquinarias, se utiliza en la imprenta en la realización de placas conmemorativas, medallas, trofeos. (Figuras 1.8 y 1.9).



Figura 1.8 Identificación componentes



Figura 1.9 Placa conmemorativa

Para lo que es madera dispone de una cuchilla que suple a las agujas permitiendo usarse para construir o restaurar modelos de madera (Figura 1.10).



Figura 1.10 Modelos en madera

Se dispone de un cincel para piedra y mármol que servirá para la inspección de objetos geológicos como fósiles, y aplicaciones en mármol (Figura 1.11).



Figura 1.11 Inspección de objetos

El mantenimiento que requiere esta herramienta es una gota de aceite en la línea de suministro de aire cada día de uso.

Las características técnicas del grabador WEN:

- ✓ Presión suministro de aire: 6 – 7 bar (90-100 psi)
- ✓ Consumo de aire: 15 l/min. (aprox.)

- ✓ Frecuencia: 540 periodos/seg (aprox.)
- ✓ Nivel de vibración: $1,6 \text{ m/s}^2$
- ✓ Nivel de ruido: menos de 65 dBA.
- ✓ Peso: 160 gramos
- ✓ Medidas: 162 x 17 mm.

1.1.3.2 Herramientas para el fresado

Fresado

El fresado es un proceso de mecanizado de superficies, que consiste en el eliminado progresivo de una determinada cantidad de material de la pieza de trabajo con un valor de avance relativamente bajo y con una alta velocidad de rotación.

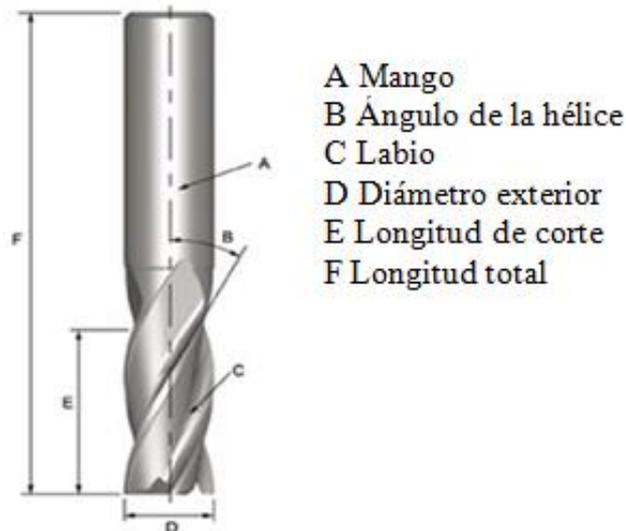
Las principal característica del proceso de fresado es la eliminación de material de cada lado de la fresa, partiéndolo en pequeñas porciones (viruta).

Fresa

Se denomina fresa (Figura 1.12) a una herramienta circular, de corte múltiple, usada en máquinas fresadoras para el mecanizado de piezas. Los dientes cortantes de las fresas pueden ser rectilíneos o helicoidales, y de perfil recto o formando un ángulo determinado.

Se entiende por fresa, la herramienta rotativa compuesta por varios cortadores colocados de forma geométrica sobre su circunferencia formada por placas de HS

(acero rápido) o HSS(acero súper rápido) fijados de forma permanente sobre el cuerpo de la herramienta (soldados).



1. Rebaje del fondo de la punta
2. Rebaje del ángulo primario
3. Rebaje del ángulo secundario
4. Punta del filo
5. Filo de corte
6. Ángulo de corte
7. Superficie de la tolerancia primaria
8. Superficie de la tolerancia secundaria
9. Cara inferior al corte

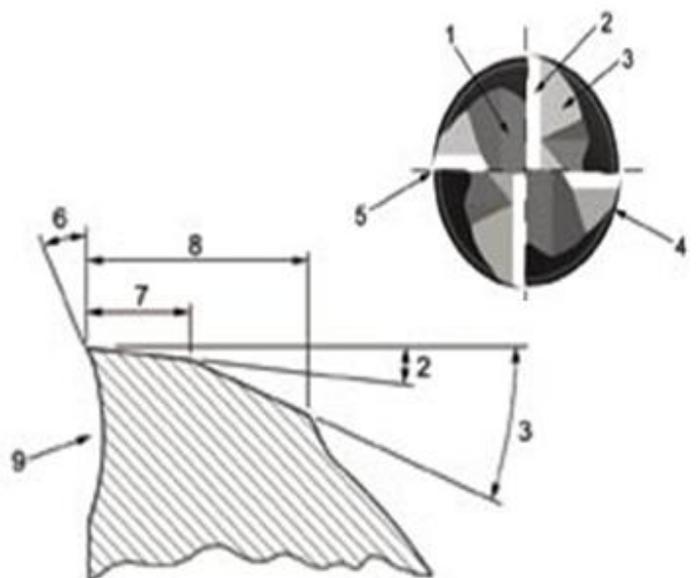


Figura 1.12 Partes de una Fresa

1.1.3.2.1 Tipos de Fresado

Según las tres operaciones básicas de fresado podemos obtener los tipos de fresas que se muestran a continuación:

En el fresado cilíndrico el eje de rotación de las fresas es paralelo a la superficie de la pieza de trabajo a mecanizar. (Figura 1.13) La fresa está rodeada de dientes a lo largo de su circunferencia, cada diente actúa como un punto de corte de la herramienta.

Las fresas usadas para el fresado cilíndrico pueden tener estrías rectas o helicoidales, generando una sección de corte ortogonal u oblicua.



Figura 1.13 Fresado cilíndrico

En el fresado frontal, la fresa se monta en el husillo de la máquina o en un portaherramientas, esta fresa tiene un eje de rotación perpendicular a la superficie de la pieza de trabajo. Las fresas frontales, tienen los filos de corte localizados en la periferia de la fresa y en la parte frontal. (Figura 1.14)



Figura 1.14 Fresado frontal

En el fresado de acabado, las fresas generalmente rotan sobre un eje vertical a la pieza de trabajo. La fresa también puede estar inclinada respecto a la pieza de trabajo en caso que se quieran realizar superficies cónicas. Los dientes de corte están localizados en la periferia de la fresa y en la parte frontal. (Figura 1.15)



Figura 1.15 Fresado de acabado

1.1.3.2.2 Tipos de Fresas

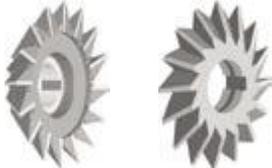
Las fresas por su tipo de fresado se clasifican en:

1.1.3.2.2.1 Fresas frontales de acabado (Tabla 1.1)

Fresas de acabado con encaste	Fresas radiales de acabado	Fresas de acabado con radio en la esquina	Minifresas
 <p>En este acabado se deja un ángulo recto en las esquinas.</p>	 <p>La forma del acabado de estas fresas es semiesférica.</p>	 <p>En este acabado se deja un pequeño radio en las esquinas.</p>	 <p>Fresas de acabado con diámetros hasta 1mm.</p>

Tabla 1.1 Fresas de acabado

1.1.3.2.2.2 Fresas Cilíndricas y Fresas Frontales (Tabla 1.2)

Fresas Cilíndricas	Fresas de Ranurar de 3 cortes	Fresas de Simple y Doble Ángulo
		

Tienen los filos de corte periféricos y una sola cara de corte, estas fresas tienen una regata que la atraviesa que sirve como dispositivo de seguridad para el husillo de la máquina.	Tienen filos de corte en el costado y en la periferia. Los dientes están escalonados por eso que algunos dientes de corte dan a un lado y otros dan al otro lado. Esto permite realizar trabajos de corte duros.	La periferia de estas fresas hace un ángulo. Los filos de corte de estas fresas están situados en su periferia en forma de cono. Existen dos tipos de estas fresas; fresas con ángulo simple y fresas con ángulo doble.
--	--	---

Tabla 1.2 Fresas cilíndricas y frontales

Aplicaciones del Fresado Frontal (Tabla 1.3)

<p>Contorneado</p> 	<p>Fresado Frontal</p> 	<p>Ranurado</p> 	<p>Fresado por penetración</p> 	<p>Fresado en rampa</p> 
La profundidad radial de corte debe ser inferior a $0,25 \times$ diámetro de la fresa frontal.	La profundidad radial de corte debe ser inferior a $0,9 \times$ diámetro, la profundidad axial de corte debe ser inferior a $0,1 \times$ diámetro de la fresa frontal.	Son utilizadas para mecanizar ranuras de chavetas. La profundidad radial de corte ha de ser igual que el diámetro de la fresa frontal.	Es posible realizar un taladro en la pieza de trabajo solamente con las fresas frontales que tienen corte al centro, en estas aplicaciones el avance tiene que ser reducido	Tanto la profundidad radial como la axial se realizan simultáneamente en la pieza de trabajo.

Tabla 1.3 Aplicaciones fresado frontal

Para el mecanizado en este proyecto se utilizará fresas radiales, de acabado, minifresas.

1.1.3.2.3 Fresas Radiales

Las fresas radiales, también conocidas como fresas de punta redondeada, tienen una semiesfera en el extremo de la herramienta. Son usadas en el mecanizado de moldes, matrices y piezas de trabajo muy complejas para la industria aeroespacial y otros campos industriales.

El diámetro efectivo es el factor principal aplicado en el cálculo de la velocidad de rotación requerida. Es definido como el diámetro real de la fresa y está influido por dos parámetros: el radio de la herramienta, y la profundidad de corte axial (Figura 1.16).

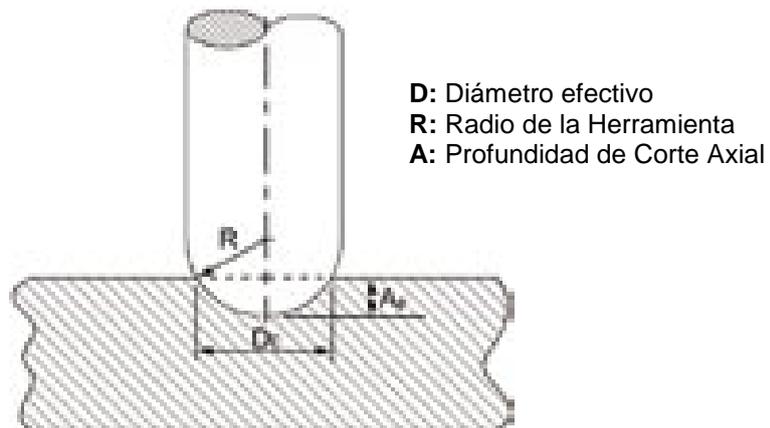


Figura 1.16 Fresa radial

1.1.3.2.4 Fresas de plato

Las fresas de plato son las fresas más populares en las fresadoras porque se emplean en las tareas de cubricaje de las piezas cúbicas, es decir la mecanización y planeado de las caras que componen las piezas cúbicas. Estas piezas a veces son de grandes dimensiones y tienen grandes superficies que tienen que ser planeadas. Para mecanizar estas piezas de gran tamaño se utilizan fresadoras con cabezal vertical, a las cuales se les acopla una fresa de plato tan grande como sea posible para mecanizar la pieza deseada de una sola pasada. Estas

fresas de plato son de plaquetas de metal duro (widia) porque permiten su reposición de una forma rápida y porque pueden trabajar a velocidades de corte elevadas. (Figura 1.17)



Figura 1.17 Fresa de plato

1.2 CONTROL NUMERICO COMPUTARIZADO

CNC se refiere al control numérico de máquinas, generalmente Máquinas Herramientas. Normalmente este tipo de control se ejerce a través de un computador y la máquina está diseñada a fin de obedecer las instrucciones de un programa dado.

1.2.1 CONTROL NUMERICO

Se considera control numérico a todo dispositivo capaz de dirigir posicionamientos de un órgano mecánico móvil, en el que las órdenes relativas a los desplazamientos del móvil son elaboradas en forma totalmente automática a partir de informaciones numéricas definidas, por medio de un programa.

1.2.2 CARACTERISTICAS DEL CNC

- Mayor precisión.
- Los diseños son cada vez más complejos.
- Estructuras de producción más flexibles.
- Minimizar errores.
- El tiempo de mecanizado reducido.
- Incremento de la flexibilidad en la maquinaria.

- Mejoramiento en el proceso de maquinado de metales.
- Un operario puede operar varias máquinas a la vez.
- Fácil procesamiento de productos de apariencia complicada.
- Flexibilidad para el cambio en el diseño y en modelos en un tiempo corto.
- Fácil control.
- Se reduce la fatiga del operador.
- Mayor seguridad en las labores.

1.2.3 MEDIDAS DE DESPLAZAMIENTO

Las posiciones en elementos móviles de máquinas con control numérico computarizado CNC se pueden medir mediante dos sistemas:

1.2.3.1 Encoder para Desplazamientos Lineales

El sistema directo utiliza una escala de medida ubicada en la guía de la mesa de la máquina. Las imprecisiones en el giro del sinfín o en su acoplamiento no afectan a este método de medida. Un contador óptico determina la posición por conteo directo en la rejilla o regleta graduada y transforma esta información a señales eléctricas para su proceso por la unidad de control (Figura 1.18).

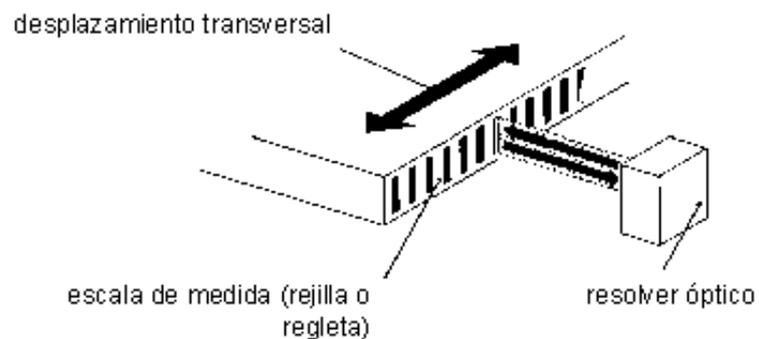


Figura 1.18 Encoder para desplazamiento lineal

1.2.3.2 Encoder para Movimiento Rotacional

En el sistema indirecto la posición de la mesa se calcula por la rotación en el sinfín. Un revolver registra el movimiento de un disco graduado solidario con el sinfín. La Unidad de Control calcula la posición del mediante el número de pasos o pulsos generados durante el desplazamiento (Figura 1.19).

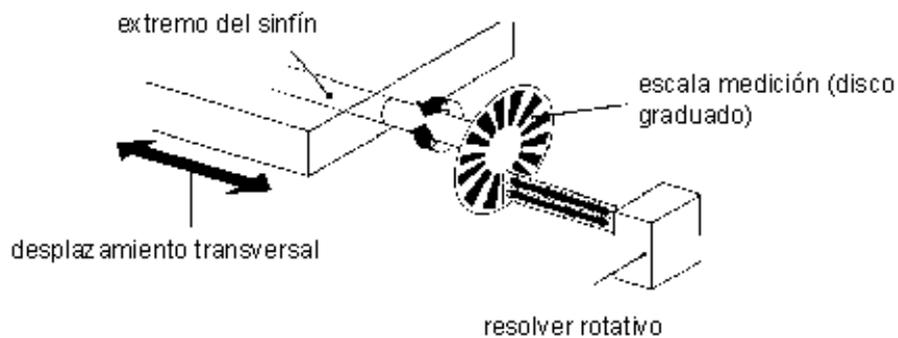


Figura 1.19 Encoder para movimiento rotacional

Para conocer la posición exacta de cualquier elemento móvil de una máquina CNC a lo largo de un eje de desplazamiento se emplean un conjunto de dispositivos electrónicos y unos métodos de cálculo. Estos elementos constan, básicamente, de una escala graduada y el encoder es capaz de leer dicha escala. Atendiendo al método de lectura y forma de la escala se distinguen dos tipos de medición por posición. En este caso utilizaremos encoder rotacional ya que el encoder es parte del servomotor. (Ver Anexo A.A)

- Medición de posiciones absolutas.

Para la medición de los desplazamientos supone que las posiciones estimadas son independientes del estado puntual de la máquina o de su control al estar referidas a un punto invariante conocido como "origen absoluto" o "cero máquina".

- Medida de posiciones por incrementos.

Se emplea para designar los movimientos relativos a algún punto significativo distinto del origen absoluto que, puede variar. Durante el movimiento la unidad de

control lleva a cabo un conteo del número de incrementos (divisiones) en las que la nueva posición difiere de la anterior.

La medición de posiciones absolutas emplea un sistema de escalas codificadas y ordenadas por múltiplos similares a un escalímetro. Para conocer la posición actual del desplazamiento se hace siempre referencia al cero máquina (origen absoluto) que es un punto físico, conocido e invariante de la máquina CNC.

Es imprescindible que la lectura pueda llevarse a cabo en todo el rango de desplazamiento del eje en cuestión. A cada posición definida dentro de ese rango la unidad de control le asigna un valor numérico.

1.2.3.2.1 Sistemas de coordenadas de dos ejes

La forma más simple de un sistema de coordenadas para programación de control numérico consiste en dos ejes con intersección en ángulo recto. La intersección es el punto cero u origen del sistema de coordenadas (Figura 1.20).

Un sistema de coordenadas con dos ejes permite una descripción, definición precisa de todos los puntos (vértices, centros de círculos, etc.) en el dibujo de una pieza.

En un sistema de coordenadas con dos ejes, un punto se determina claramente especificando un par de coordenadas (X, Y).

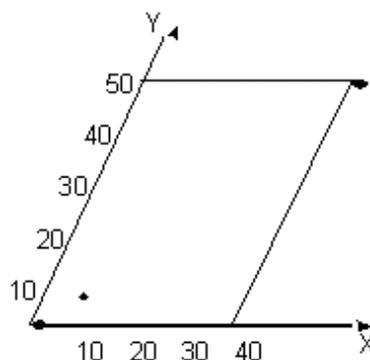


Figura 1.20 Posición determinada con la ayuda de coordenadas (X, Y)

1.2.3.2 Sistemas coordenados de tres ejes

Cuando mecanizamos piezas en fresadora, es necesario "imaginar" la pieza en 3-D. En el caso del agujero (fresado), no es sólo cuestión de dónde se localiza el agujero en la cara de la pieza a su vez el nivel de profundidad que posee (Figura 1.21).

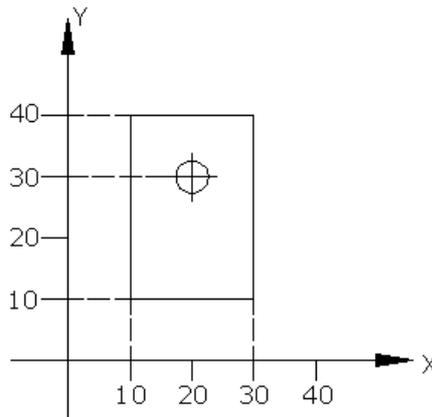


Figura 1.21 Pieza en un sistema de coordenadas (X, Y)

El movimiento de la fresa no puede ser descrito solamente por sus coordenadas X e Y. Se requiere una tercera coordenada para la profundidad del agujero fresado: su coordenada Z. (Figura 1.22)

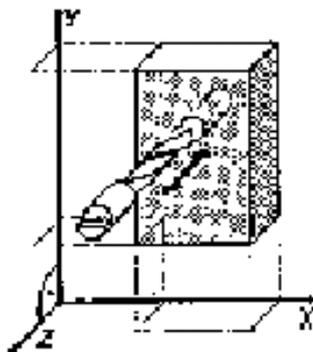


Figura 1.22 Pieza en un sistema de coordenadas 3-D

Para ser capaces de representar "piezas 3-D" necesitamos un sistema de coordenadas con tres ejes.

1.2.3.2.3 Coordenadas 3-D

Los ejes de coordenadas se nombran por la "regla de la mano derecha" (Ver Figura 1.23).

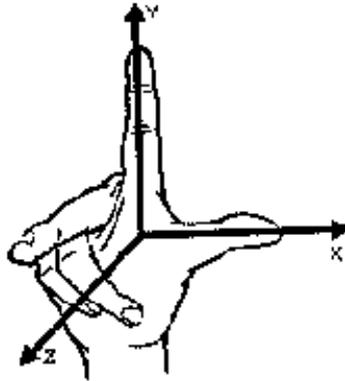


Figura 1.23 Regla de la mano derecha

Las coordenadas 3D X, Y, Z de una pieza se obtienen estableciendo la posición de los puntos dimensionales (es decir, los vértices), en los tres ejes.

Los ejes en el sistema de coordenadas presentan ángulos rectos entre sí. Cada eje tiene valores y direcciones negativas y positivas (Figura 1.24).

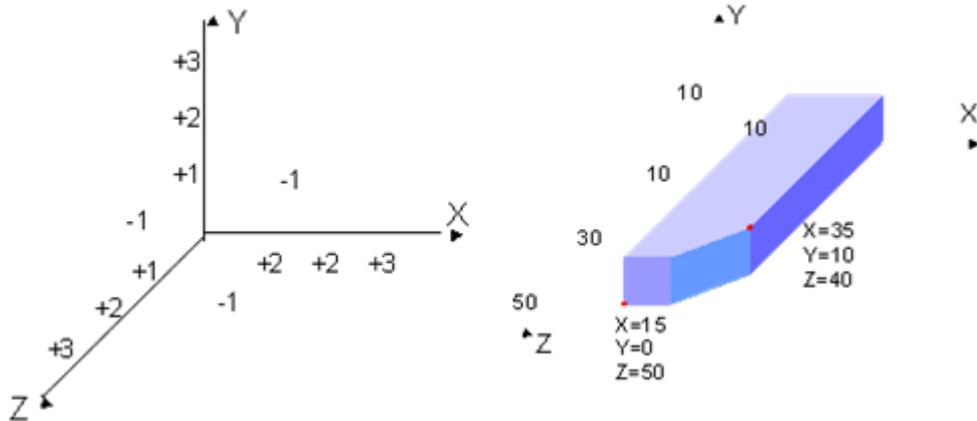


Figura 1.24 Eje de sistema de coordenadas 3-D

1.2.3.2.3.1 Sistema de coordenadas de la máquina

El sistema de control de la máquina-herramienta convierte los valores de coordenadas dentro del programa de CN:

- En movimiento de la herramienta.
- En movimiento de la pieza.

La dirección de trabajo es la misma en ambos casos. Cuando se programa una operación de contorneado, generalmente se asume que la pieza es fija y que sólo se mueve la herramienta.

Esta forma de ver la situación se denomina "movimiento relativo de herramienta".

1.2.3.2.3.2 Desplazamientos lineales

En un sistema de coordenadas tridimensional los 3 ejes X, Y y Z forman 3 diferentes planos fundamentales:

- Plano XY (Figura 1.25)
- Plano XZ (Figura 1.26)
- Plano YZ (Figura 1.27)

Estos planos se caracterizan por el hecho de que el tercer eje, en cada caso, es perpendicular al plano, por ejemplo, el eje z es perpendicular al plano XY, etc.

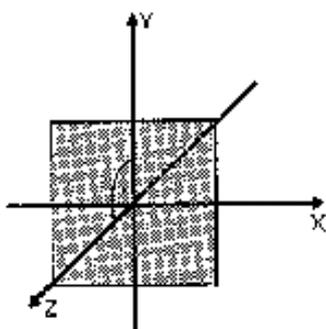


Figura 1.25 Plano XY

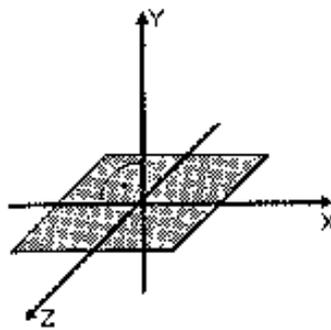


Figura 1.26 Plano XZ

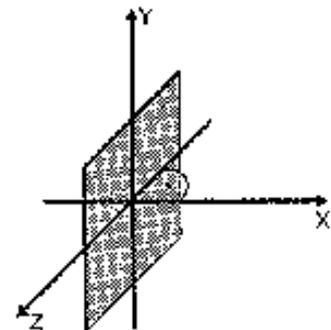


Figura 1.27 Plano YZ

1.2.3.2.3.3 Desplazamientos circulares

Para ser capaces de describir círculos en un sistema de coordenadas bidimensional se requiere establecer el centro del círculo y un radio.

Para determinar círculos en un sistema de coordenadas tridimensional es necesario además especificar el plano del círculo (Figura 1.28).

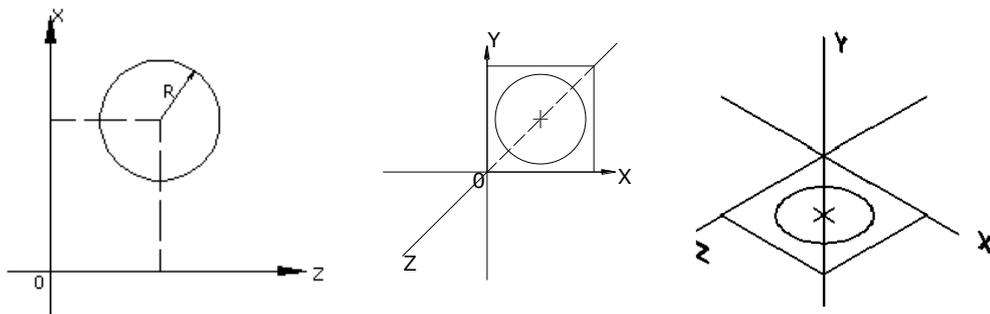


Figura 1.28 Desplazamientos circulares 2D, en el plano y 3D

1.2.4 CÓDIGOS G

Es el lenguaje del sistema numérico de las máquinas que son controladas automáticamente con el fin de realizar una tarea programada para su aplicabilidad con precisión alta.

Para obtener un código G se utiliza un software de control, en donde se sectorizan líneas, puntos, figuras geométricas y textos en coordenadas geométricas las cuales son transformadas y ordenadas por el programa.

Estos códigos son enviados en forma de señales eléctricas digitales a los Actuadores que en este caso son los Servomotores que son los encargados de transformar el movimiento rotacional en movimiento lineal el cual origina un desplazamiento con gran exactitud.

1.2.4.1 El desplazamiento rápido G00

La instrucción de desplazamiento rápido se identifica con la palabra programa G00 (Figura 1.29).

Una instrucción de desplazamiento rápido mueve la herramienta al punto destino a la máxima velocidad en desplazamiento. Como funciones suplementarias será necesario introducir las coordenadas del punto destino.

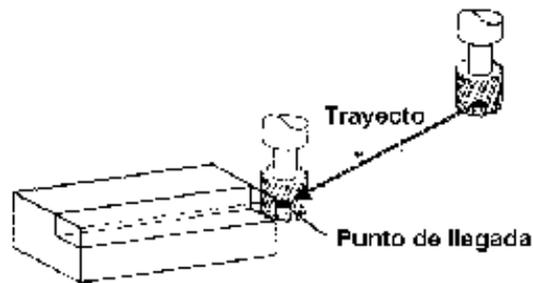


Figura 1.29 G00 para grabado

La trayectoria G00 es generalmente la línea recta que une el punto de partida y el destino, dado este último por las coordenadas establecidas en la función suplementaria.

1.2.4.2 El desplazamiento lineal con avance, G01

Las trayectorias están definidas por:

- El camino del centro de la fresa (Figura 1.30)

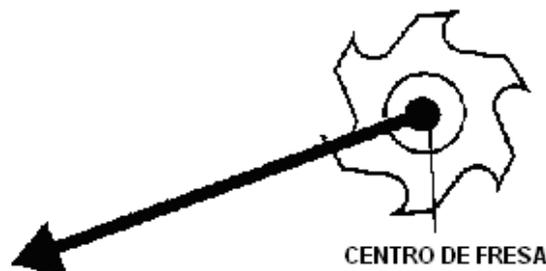


Figura 1.30 Desplazamiento para grabado

- Conversión de datos absolutos a dimensiones incrementales y viceversa.

- Como ya se ha dicho, los planos de la pieza pueden dimensionarse en medidas absolutas o incrementales. Por esta razón, los sistemas CNC permiten la introducción de coordenadas de los puntos finales en dimensiones absolutas o incrementales.
- Si se ha programado G90 (Figura 1.31), las coordenadas del punto destino en las instrucciones de desplazamiento siguientes se tomarán por el sistema de control como coordenadas absolutas. Cuando se programe G91 (Figura 1.32), el sistema de control pasa a coordenadas incrementales.

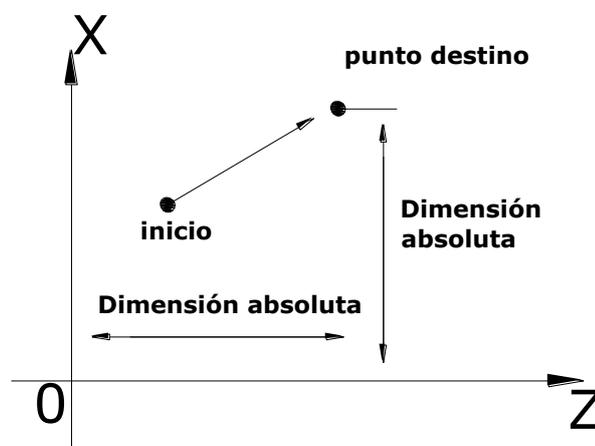


Figura 1.31 Coordenadas absolutas (G90)

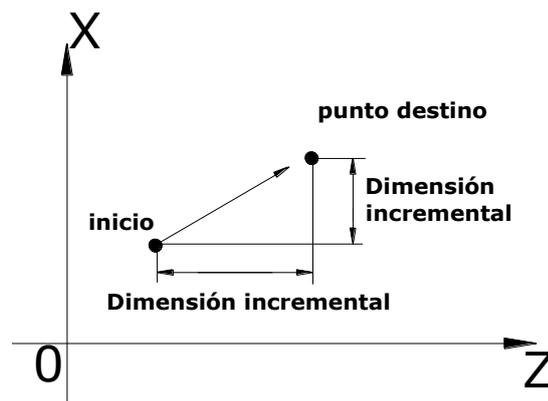


Figura 1.32 Coordenadas incrementales (G91)

Las siguientes funciones suplementarias son también necesarias:

- Coordenadas del punto destino
- Velocidad de avance

- Velocidad de giro o de corte

La instrucción "Desplazamiento lineal con avance" mueve la herramienta en línea recta al punto destino con la velocidad de avance introducida como función suplementaria (Figura 1.33).

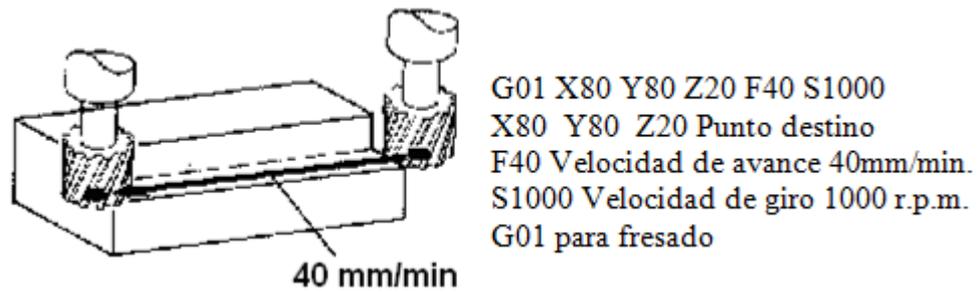


Figura 1.33 Funciones suplementarias

La velocidad de avance determina la velocidad con la que la pieza es mecanizada. La elección de esta velocidad depende de:

- La herramienta (geometría y material)
- El material a ser mecanizado
- El acabado de superficie requerido
- Geometría y rigidez de la herramienta

1.2.4.3 El desplazamiento circular horario y antihorario (G02, G03)

Cuando se programan circunferencias o arcos circulares, es posible también emplear coordenadas polares. (Figura 1.34)

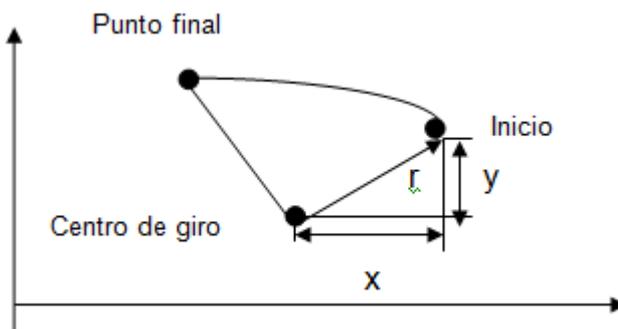


Figura 1.34 Coordenadas polares

Con coordenadas polares I y J son las coordenadas del centro relativas al punto inicial. (Figura 1.35)

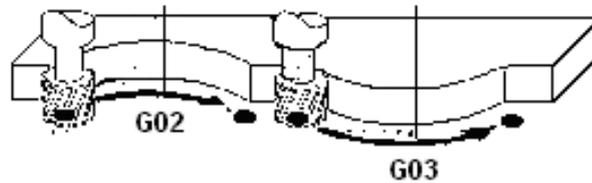


Figura 1.35 Arco para grabado

Las instrucciones de interpolación circular, G02 y G03, se diferencian en el sentido de rotación. (Figura 1.36)

Las instrucciones "Interpolación circular, horario" (G02) y "Interpolación circular, antihorario" (G03) requieren las siguientes funciones suplementarias:

- coordenadas del punto destino
- introducción del radio o centro del arco
- velocidad de avance
- velocidad de giro o de corte

El centro del arco se introduce generalmente en dimensiones incrementales relativas al punto de partida. Aquí, se emplean las letras de dirección I, J, K (para las direcciones X, Y, Z).

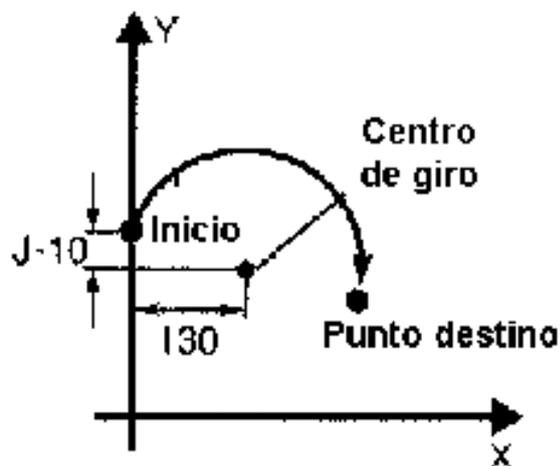


Figura 1.36 Letras de dirección I, J, K

Ejemplo G02 Giro horario y antihorario. (Figura 1.37)

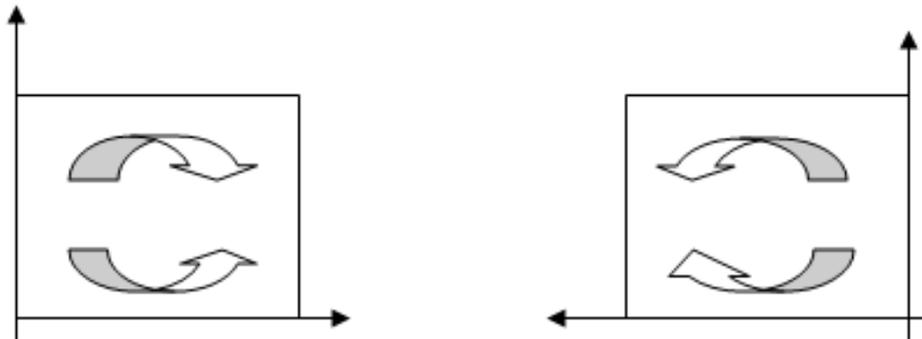


Figura 1.37 Giro horario y antihorario

Con el punto de partida $X=0$, $Y=50$, la (Figura 1.33) ilustra la siguiente instrucción:

G02 X60 Y30 I30 J-10 F02 V300

- X60 Y30 Punto destino
- I30 J-10 Centro del arco en dimensiones incrementales
- F02 Velocidad de avance 0.2 mm/rev.
- V300 Velocidad de corte 300 m/min

1.3 ACTUADORES

1.3.1 SERVOMOTORES

Es un dispositivo de corriente continua o alterna, que tiene la capacidad de ubicarse en cualquier posición dentro de su rango de operación y mantenerse estable en dicha posición. Está conformado por un motor, una caja reductora y un controlador. Un servomotor es un motor eléctrico que consta con la capacidad de ser controlado, tanto en velocidad como en posición.

1.3.2 CARACTERISTICAS

Un Servo es un dispositivo pequeño que tiene un eje de rendimiento controlado. Puede ser llevado a posiciones angulares específicas al enviar una señal

codificada a la línea de entrada del encoder que mantendrá la posición angular del engranaje. Cuando la señal codificada cambia, la posición angular de los piñones cambia.

Las características fundamentales del servomotor (cd o ca) son las siguientes:

- Par de salida del motor aproximado proporcional a su voltaje de control aplicado (desarrollado por el amplificador).
- Dirección del par determinado por la polaridad instantánea del voltaje de control.

Estructura Interna (Figura 1.38)

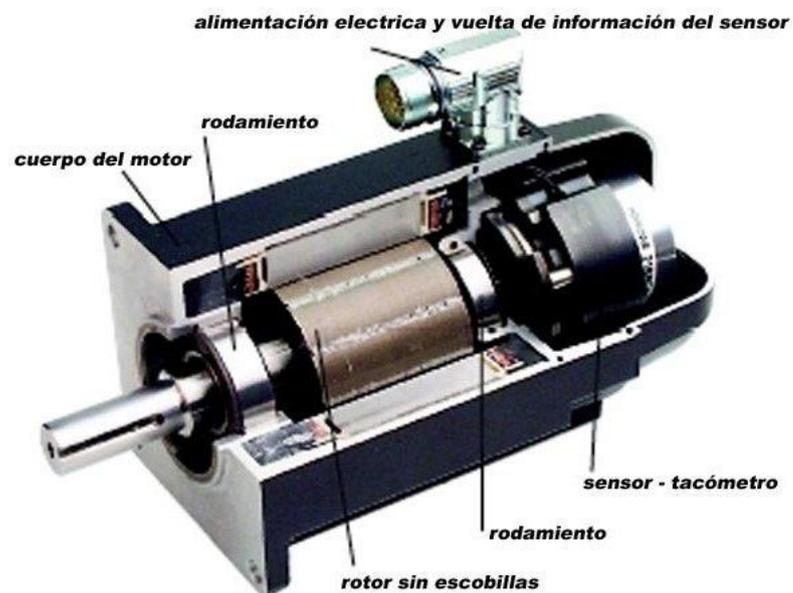


Figura 1.38 Estructura interna

- Motor de corriente continua

Es el elemento que le brinda movilidad al servo. Cuando se aplica un potencial a sus dos terminales, este motor gira en un sentido a su velocidad máxima. Si el voltaje aplicado en sus dos terminales es inverso, el sentido de giro también se invierte.

- Engranajes reductores

Se encargan de convertir gran parte de la velocidad de giro del motor de corriente continua en torsión.

- Circuito de control

Este circuito es el encargado del control de la posición del motor. Recibe los pulsos de entrada y ubica al motor en su nueva posición dependiendo de los pulsos recibidos. (Ver Anexo A.B)

1.3.3 CLASIFICACION DE SERVOMOTORES.

1.3.3.1 Servomotores de Corriente Continua

Los servomotores de cd son motores impulsados por una corriente que procede de amplificadores eléctricos de cd o ca con demoduladores internos o externos, reactores saturables, tiratrones o amplificadores rectificadores controlados de silicio.

Los servomotores de cd alcanzan desde .05 hp hasta 1000 hp.

1.3.3.2 De campo controlado

El par que produce este motor es cero cuando el amplificador de error de cd no le suministra excitación de campo. Como la corriente de armadura es *constante*, el par varía directamente de acuerdo con el flujo del campo y también de acuerdo con la corriente de campo hasta la saturación.

Si se invierte la polaridad del campo, se invierte la dirección del motor. El control de la corriente del campo mediante este método se usa solo en servomotores muy pequeños, debido a que no es deseable suministrar una corriente de armadura grande y fija como la que se necesitaría para los servomotores de cd.

Otra de las razones de su uso en servomotores pequeños es el hecho de que su respuesta dinámica es más lenta que la del motor de armadura controlada, debido a la mayor constante de tiempo del circuito altamente inductivo del campo.

1.3.3.3 De armadura controlada

Este servomotor emplea una excitación de campo de cd fija que suministra una fuente de corriente constante. Este tipo de control, posee determinadas ventajas dinámicas que no tienen el método de control de campo. Un cambio súbito en el voltaje de armadura que ocasiona una señal de error y provocará una respuesta casi instantánea en el par debido a que el circuito de armadura es esencialmente resistivo en comparación con el circuito de campo altamente inductivo.

El campo de este motor se trabaja en forma normal bastante más allá del punto máximo de la curva de saturación, para mantener el par menos sensible a pequeños cambios en el voltaje de la fuente de corriente constante.

Los motores de cd hasta de 1000 hp se impulsan de este modo mediante control de voltaje de armadura. Si la señal de error y la polaridad del voltaje de armadura se invierten, el motor invierte su dirección.

1.3.3.4 De armadura tipo campana

Estos motores poseen un rotor (armadura) sin hierro, en forma de campana bobinada, que gira alrededor de un imán permanente situado en su interior. La conmutación se lleva a cabo a través de escobillas y un conmutador. Las ventajas que aporta este motor son, al igual que en los motores de armadura de disco: alta densidad de potencia con volumen y peso bajo, elevado rendimiento y excelentes propiedades lineales entre tensión/velocidad y entre corriente/par de motor.

Debido a que las construcciones mecánicas son muy costosas y a la precisión que necesita este motor, sólo es fabricado para una potencia de hasta 100 Watts.

1.3.3.5 De armadura en barra

Están dotados, al contrario que los motores descritos en el punto anterior, de un rotor inducido de hierro y bobinado a la forma de fabricación convencional. El uso de diferentes materiales magnéticos para el imán permanente (ferrita, alnico, samarium-cobalto) permite conseguir tensiones comparables con diferentes

medidas de construcción. Además, la línea de productos que es equipada con imanes de samarium-cobalto, se caracteriza por un volumen bajo, un pequeño momento de inercia del rotor y por lo tanto una dinámica elevada. Los motores inducidos de barras son especialmente adecuados para conseguir altas duraciones del par y tienen un elevado momento de inercia. La inductividad del motor es elevada si la comparamos con la de los otros motores, por este motivo, en la mayoría de los casos se puede renunciar a la utilización de bobinas de reactancia.

Para evitar el fuego de escobillas y los consecuentes riesgos para el regulador y el rotor, los motores inducidos de barras tienen que funcionar de acuerdo con sus curvas de conmutación. (Figura 1.39)



Figura 1.39 Servomotor de armadura en barra

1.3.3.6 De armadura en disco

Poseen un rotor inducido sin hierro (disco), que puede ser fabricado de dos maneras: o bien es bobinado en alambre de cobre (en el punto final los alambres se juntan a un conmutador), o bien está compuesto de hojas de cobre con conectores Punzonado, que al mismo tiempo sirven de conmutadores.

En este último caso, la corriente es llevada a través de escobillas de carbón directamente a los conmutadores. Debido a una especialmente buena conmutación y a multitud de "conmutadores protegidos" no se crea ningún espacio interpolar; el motor tiene una carrera circular regular no dentada, también

para baja velocidad. Los dos tipos de rotores inducidos de disco tienen en común una masa giratoria pequeña y un bajo par de inercia del rotor. (Figura 1.40)

Este tipo de motores es ideal para accionamientos altamente dinámicos porque puede acelerar, desacelerar y frenar en un plazo de milisegundos, o cambiar de sentido de dirección en el mismo plazo de tiempo.

Otra cualidad a destacar del motor de rotor de disco es que tiene un tamaño inferior, para tensiones superiores, a los otros motores.

La mínima carga de inductividad que se necesita para reguladores p.w.m. se consigue conectando bobinas de reactancia entre el regulador y el motor.



Figura 1.40 Servomotor de armadura en disco

1.3.3.7 Sin escobillas

Contienen un rotor equipado con imanes permanentes, que es movido por un campo rotatorio que es excitado en el bobinado de la armadura (estator) y controlado por el regulador; no existe una conexión eléctrica entre el rotor y la armadura (estator) a través del conmutador y las escobillas. (Figura 1.41)

Las ventajas de estos tipos de motores son: la buena disipación del calor, la alta posibilidad de sobrecarga (es posible un par nominal completo en estado de parada casi durante tiempo ilimitado) y el poco mantenimiento que requiere.

Las únicas piezas de desgaste son los rodamientos de bolas del eje del motor. Este tipo de motor es adecuado sobre todo para su utilización en servicio continuo

con elevados pares nominales a velocidades por encima de 100r.p.m. con un retorno (feedback) de la señal de posición del rotor (encoder de situación del rotor) a través de sensores Hall.

Si el retorno de la señal (feedback) de la posición del rotor se efectúa a través de un encoder, el motor puede ser utilizado como un elemento de elevado dinamismo, incluso en el caso de bajas velocidades, el motor no hace sacudidas debido a la irrupción del par de motor en determinadas posiciones.



Figura 1.41 Servomotor sin escobillas

1.3.4 CONTROL DE VELOCIDAD

La modulación por anchura de pulso, PWM (*Pulse Width Modulation*), es una de los sistemas más empleados para el control de servos. Este sistema consiste en generar una onda cuadrada en la que se varía el tiempo que el pulso está a nivel alto, manteniendo el mismo período (normalmente), con el objetivo de modificar la posición del servo según se desee. (Figura 1.42)

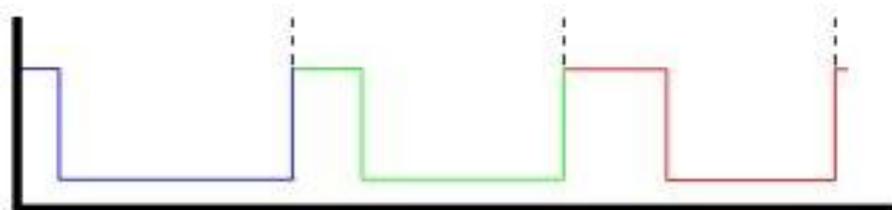


Figura 1.42 PWM para recorrer todo el rango de operación del servo

El sistema de control de un servo se limita a indicar en que posición se debe situar. Esto se lleva a cabo mediante una serie de pulsos tal que la duración del pulso indica el ángulo de giro del motor. Cada servo tiene sus márgenes de operación, que se corresponden con el ancho del pulso máximo y mínimo que el servo entiende.

Los valores más generales se corresponden con pulsos de entre 1 ms y 2 ms de anchura, que dejarían al motor en ambos extremos (0° y 180°). El valor 1.5 ms indicaría la posición central o neutra (90°), mientras que otros valores del pulso lo dejan en posiciones intermedias. Estos valores suelen ser los recomendados, sin embargo, es posible emplear pulsos menores de 1 ms o mayores de 2 ms, pudiéndose conseguir ángulos mayores de 180° . Si se sobrepasan los límites de movimiento del servo, éste comenzará a emitir un zumbido, indicando que se debe cambiar la longitud del pulso.

El factor limitante es el tope del potenciómetro y los límites mecánicos constructivos.

El período entre pulso y pulso (tiempo de OFF) no es crítico, e incluso puede ser distinto entre uno y otro pulso. Se suelen emplear valores ~ 20 ms (entre 10 ms y 30 ms). Si el intervalo entre pulso y pulso es inferior al mínimo, puede interferir con la temporización interna del servo, causando un zumbido, y la vibración del eje de salida. Si es mayor que el máximo, entonces el servo pasará a estado dormido entre pulsos. Esto provoca que se mueva con intervalos pequeños (Figura 1.43).

Es importante destacar que para que un servo se mantenga en la misma posición durante un cierto tiempo, es necesario enviarle continuamente el pulso correspondiente. De este modo, si existe alguna fuerza que le obligue a abandonar esta posición, intentará resistirse. Si se deja de enviar pulsos (o el intervalo entre pulsos es mayor que el máximo) entonces el servo perderá fuerza y dejará de intentar mantener su posición, de modo que cualquier fuerza externa podría desplazarlo.

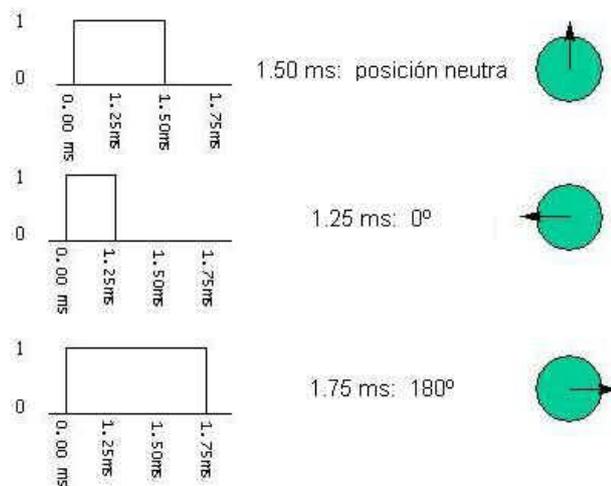
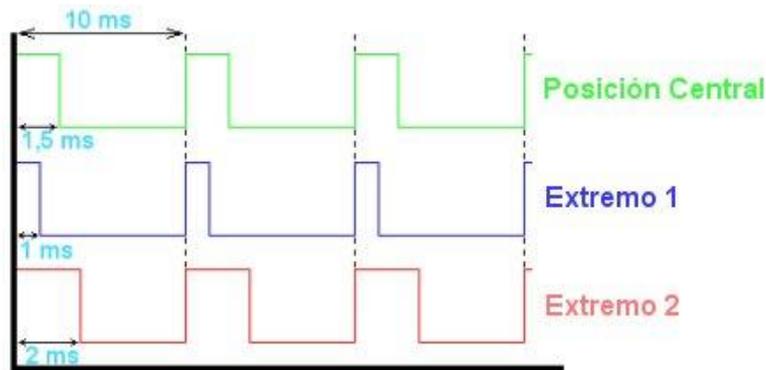


Figura 1.43 Tren de pulsos para control del servo

1.3.5 CONTROL DE POSICION

En el diseño del sistema de control del Servomotor se seleccionó equipos de última generación, que integran funciones de control de posición, control de velocidad, accionamiento y protecciones dentro de un mismo equipo. Esta alternativa permite, entre otras cosas, un control a través de comunicación vía Puerto Paralelo o Serial. Además de las ventajas propias del uso de un bus estándar, estos equipos permiten el empleo de una Tarjeta como equipo de control, eliminando la necesidad de un PLC.

El sistema de control recibe las referencias de posición para cada eje a través de una red de comunicación, que está conectada al Computador. Por otra parte, el controlador de movimiento integrado en el accionamiento, en conjunto con el

servomotor y el sensor de posición angular, constituyen un lazo cerrado cuyas señales de retroalimentación son la posición y velocidad (Figura 1.44).

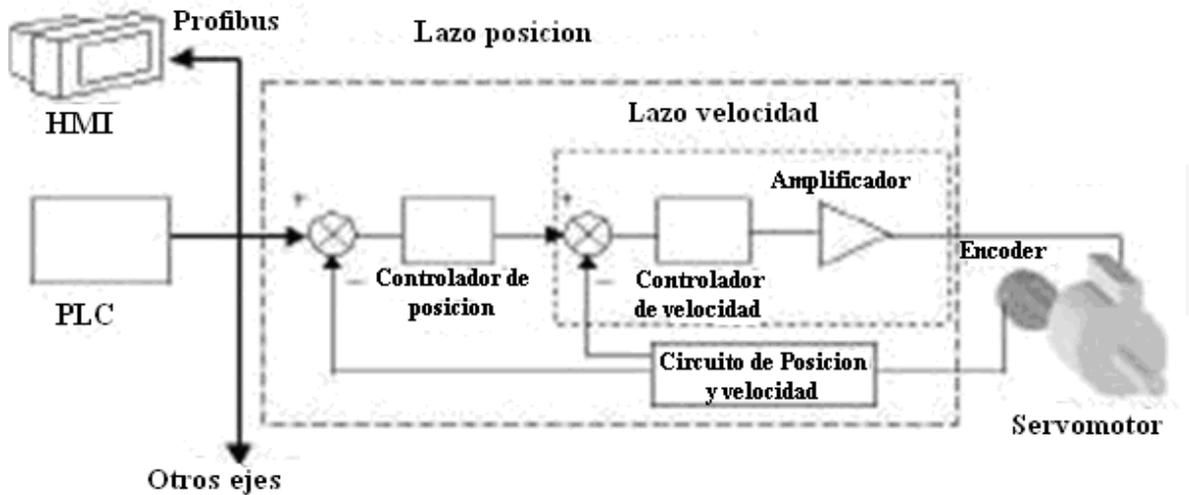


Figura 1.44 Control de posición

Estas señales de retroalimentación son procesadas directamente por el controlador de movimiento.

Los servomotores poseen las propiedades adecuadas para aplicaciones de alto rendimiento, donde se requieren precisión de posicionamiento, elevada respuesta dinámica y mínima relación peso/potencia.

Por otro lado, el sensor de posición angular está acoplado al servomotor; lo cual tiene como principal ventaja una construcción robusta y compacta.

La integración de todos los equipos mencionados a través de una Interface, así como el uso de un accionamiento con lazos de control de posición acoplados, permiten que el sistema sea completamente digital, eliminando de esta forma los problemas asociados a los lazos de control análogos.

Finalmente, en el Computador está almacenada la plataforma de usuario, programada en lenguaje de máquina es decir Códigos G, la que permite programar rutinas en forma totalmente interactiva, requiriéndose solamente definir los parámetros de movimiento.

1.3.5.1 Control de Posición y Velocidad

Se incorpora un sistema de control del tipo PID que controla tanto la posición como la velocidad de cada uno de los ejes. (Figura 1.45) Las mediciones de posición se realizan mediante un sensor óptico incremental, el cual transmite pulsos eléctricos a cierta frecuencia. El número de pulsos es proporcional a la posición, mientras que la frecuencia es proporcional a la velocidad.

- El controlador calcula la posición y velocidad requeridas en milisegundos. Su salida es una variable digital en el rango ± 5000 [mV].
- El conversor digital análogo transforma esta señal digital en un voltaje análogo en el rango ± 5 [V].
- La unidad análoga genera una señal a 20 [KHz], cuyo ciclo de trabajo (“duty cycle”) controla la velocidad del motor.

Un 100% de “duty cycle” corresponde a velocidad máxima en el sentido positivo, un 50% a velocidad cero y un 0% a velocidad máxima sentido negativo.

- La unidad de poder maneja el motor conmutando su alimentación entre 24 [VDC] a 20 [KHz], de acuerdo al “duty cycle” especificado por la unidad análoga. De este modo se controla el voltaje de alimentación del motor DC y consecuentemente su velocidad.

- El controlador lee el codificador y calcula la posición y velocidad del motor cada milisegundo. En seguida compara estos valores con los de referencia y toma las acciones necesarias para anular el error.

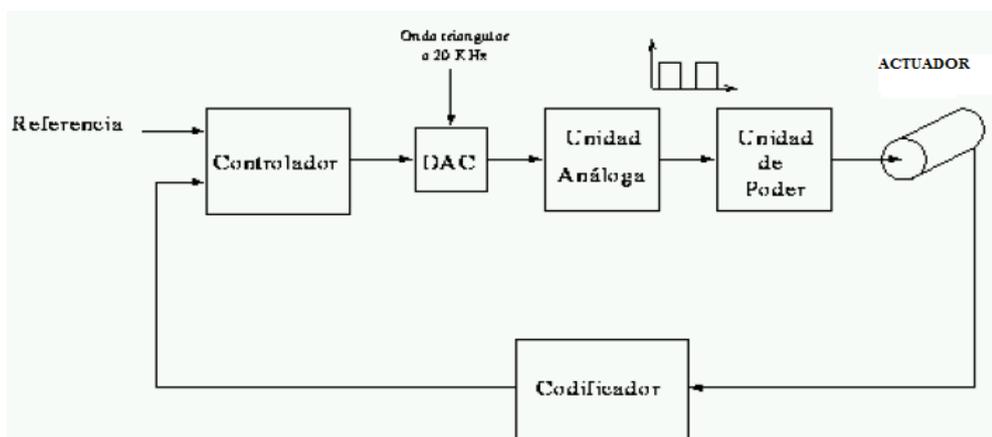


Figura 1.45 Control de posición y velocidad

CAPITULO II

2. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA MECÁNICO DEL PANTÓGRAFO.

2.1 DISEÑO Y CONSTRUCCION DE LOS MECANISMOS PARA EL MOVIMIENTO DEL PORTAHERRAMIENTAS EN LOS TRES EJES (X,Y,Z)

Los pantógrafos pueden clasificarse en función del número de grados de libertad que pueden variarse durante la operación de arranque de viruta. En este caso el pantógrafo puede controlar el movimiento relativo entre pieza y herramienta en los tres ejes de un sistema cartesiano, además de tener un movimiento de la herramienta que es el giro sobre su eje en el caso del fresado

A continuación esta detallado las partes principales del pantógrafo y sus desplazamientos en cada eje (Figura 2.1).

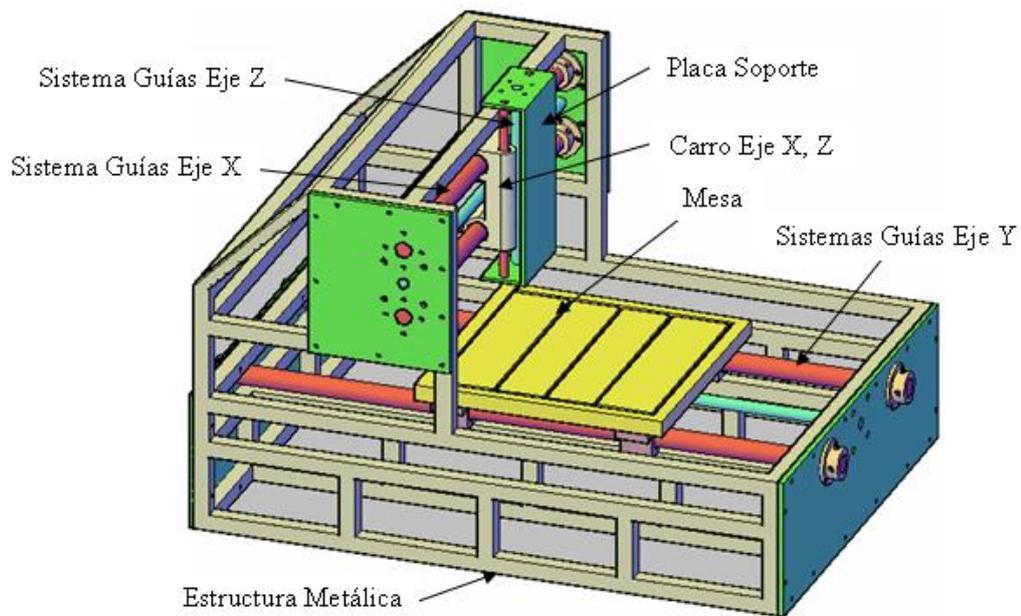


Figura 2.1 Partes principales del pantógrafo

Para nuestro pantógrafo el movimiento relativo entre pieza y herramienta es en el caso del fresado:

- El movimiento de corte es el que realiza la punta de la herramienta alrededor del eje del portaherramientas (Figura 2.2).

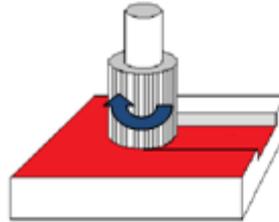


Figura 2.2 Movimiento de corte

- El movimiento de avance es el movimiento de aproximación de la pieza hacia la herramienta (Figura 2.3).

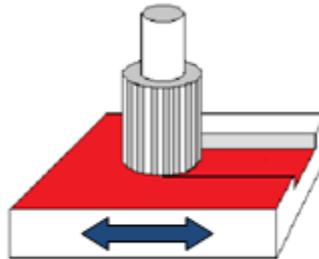


Figura 2.3 Movimiento de avance

- El movimiento de profundización, de perforación, o de profundidad de pasada es un tipo de movimiento de avance que se realiza para aumentar la profundidad del corte (Figura 2.4).

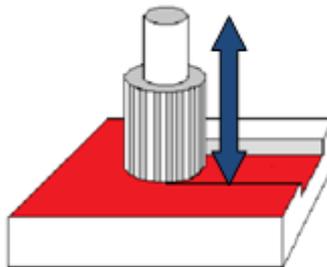


Figura 2.4 Movimiento de perforación

Para el movimiento transversal según el eje Y, que corresponde habitualmente al movimiento de trabajo se puede ver a continuación (Figura 2.5):

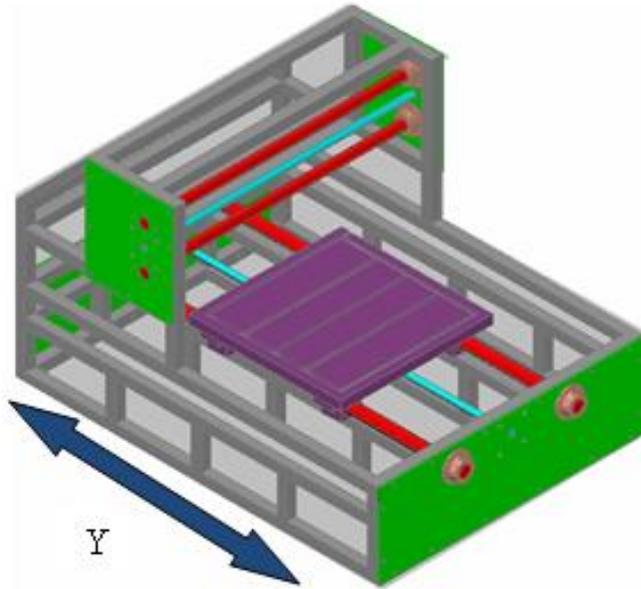


Figura 2.5 Movimiento transversal eje Y

Para el movimiento longitudinal según el eje X (Figura 2.6), corresponde al desplazamiento del cabezal grabador, el cual se utiliza básicamente para desplazar la herramienta de fresar en la posición correcta.

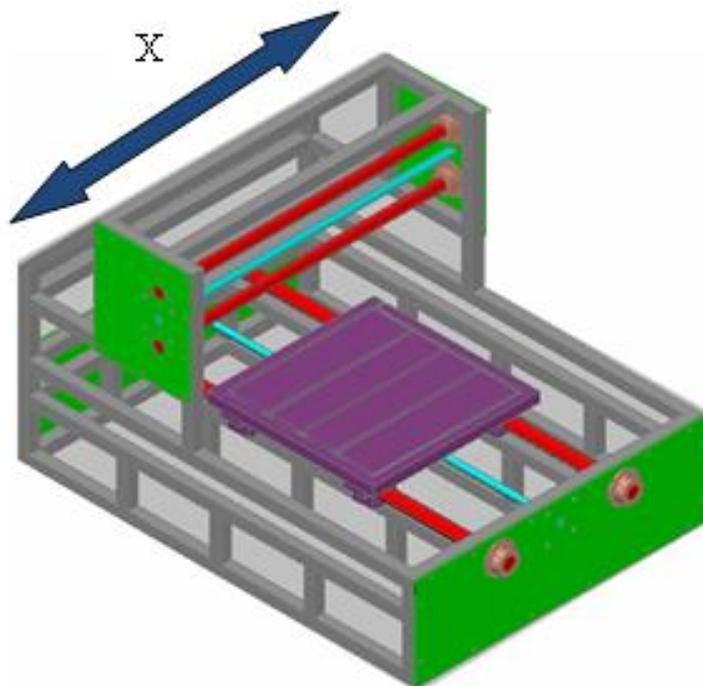


Figura 2.6 Movimiento longitudinal eje X

El movimiento vertical según el eje Z (Figura 2.7), corresponde al desplazamiento vertical de la herramienta de trabajo, con el desplazamiento de este eje se establece la profundidad de corte del fresado.

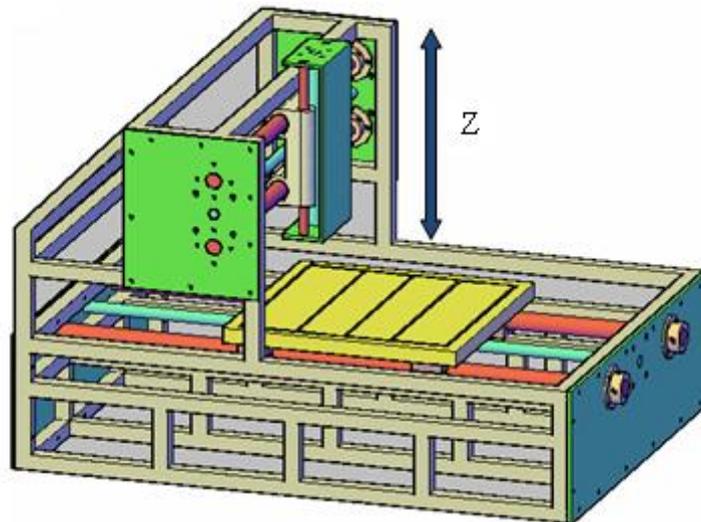


Figura 2.7 Movimiento vertical eje Z

Para el Pantógrafo el movimiento relativo entre pieza y herramienta es (Figura 2.8).

- Movimiento de Corte (C): por desplazamiento longitudinal de la pieza.
- Movimiento de Avance (A): por desplazamiento transversal de la herramienta.
- Movimiento de profundidad de pasada (P): por desplazamiento vertical de la herramienta.

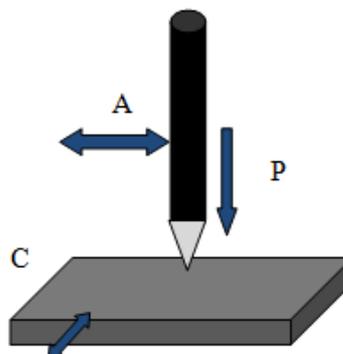


Figura 2.8 Movimiento relativo

Una vez que se definen las partes principales del pantógrafo y sus movimientos se debe considerar los factores a determinar en una operación de mecanizado que son:

- Número de Revoluciones [rpm]
- Área de Corte [mm²]
- Fuerza de Corte [lbf]
- Potencia de Corte [HP]

- Número de Revoluciones.

Se considera el material con mayor dureza Acero al carbono, que tiene una velocidad de corte de: 40 m/min²

Para el cálculo del número de revoluciones de la fresa por minuto utilizamos la ecuación:

$$n = \frac{V_c}{\phi * \pi} \quad \text{(Ec 2.1)}$$

Donde:

n = numero de revoluciones (r.p.m.)

Vc = velocidad de Corte (mm/min) (Ver Anexo B.A)

Ø = diámetro de la fresa (mm)

Al reemplazar los datos:

$$n = \frac{40 \frac{m}{min} * 1000 \frac{mm}{m}}{5mm * 3.1416} = 2546.4 r.p.m.$$

² Para calcular la potencia se necesita el dato de la velocidad de corte de la Tabla 24-12 prontuario de Larburu página

- Área de Corte

Para el Avance (fresa x revolución) utilizamos la ecuación:

$$S' = s * n \quad \text{(Ec 2.2)}$$

Donde:

S = la velocidad o avance de la mesa por revolución (mm/rev) (Ver Anexo B.B)

S' = la velocidad o avance de la fresa por minuto (mm/min)

n = el número de revoluciones por minuto (r.p.m.)

Al reemplazar los datos:

$$s = 0.1 \text{ mm/rev}^3$$

$$S' = s * n = 0.1 \frac{\text{mm}}{\text{rev}} * 2547 \frac{\text{rev}}{\text{min}} = 254.7 \frac{\text{mm}}{\text{min}}$$

Para el área de corte se tiene el avance por revolución y el diámetro máximo de la fresa a utilizar con la ecuación:

$$Ac = \frac{s * d}{2} \quad \text{(Ec 2.3)}$$

Donde

Ac = área de corte (mm^2)

S = velocidad o avance de la mesa por revolución (mm/rev)

d = diámetro de la fresa (mm)

³ El avance por revolución (mesa x min) tenemos $S=0.10$ (para fresas de 5mm) Prontuario de Larburu

Al reemplazar los datos:

$$A_c = \frac{0.1 \frac{mm}{rev} * 5mm}{2} = 0.25mm^2$$

- Fuerza de Corte

Con este dato del área de corte de 0.25 se ingresa a la tabla para factores de corrección y se obtiene el factor de 0.94 (Ver Anexo B.C)

Para obtener el esfuerzo específico de corte K_s se debe multiplicar el factor de 0.94 con el dato de 295 obtenido de la tabla para valores K_m según los tipos de material de la pieza a trabajar. (Ver Anexo B.D)

$$K_s = 295 * 0.94 = 277,3$$

Para la fuerza de corte se utiliza la ecuación:

$$F_c = A_c * K_s \quad \text{(Ec 2.4)}$$

Donde:

F_c : Fuerza de corte (lb)

A_c : Área de corte (mm^2)

K_s : (Kp/mm^2)

Al reemplazar los datos:

$$F_c = 0.25mm^2 * 277,3Kp / mm^2$$

$$F_c = 69,325Kp \times \frac{9,8N}{1Kp} = 679,385N$$

$$679,385 N \times \frac{1Kgf}{9,8N} \times \frac{2,2lbf}{1Kg} = 152,515 lbf$$

- Potencia de Corte

Este valor se calcula con la ecuación 2.5

$$P_c = \frac{A_c * K_s * V_c}{60 * 102 * n} \quad \text{(Ec 2.5)}$$

Donde:

P_c = Potencia de Corte (Kw)

A_c = Área de Corte (mm^2)

K_s = (Kp/mm^2)

V_c = Velocidad de Corte (m/min)

η = Rendimiento (%) (Dato de placa del motor Ver Anexo B.E)

Al reemplazar los datos:

$$P_c = \frac{0.25\text{mm}^2 * 277,3\text{Kp} / \text{mm}^2 * 40\text{m} / \text{min}}{60 * 102 * 0.8} = 0,566\text{Kw} \times \frac{1\text{HP}}{0,746\text{Kw}} = 0,759\text{HP}$$

Para esta potencia se tiene que tener en cuenta el rendimiento con la ecuación 2.6

$$P_e = \frac{P_c}{\eta} \quad \text{(Ec 2.6)}$$

Donde:

P_c : Potencia de Corte o de salida (HP)

P_e : Potencia eléctrica o de entrada (HP)

η : Rendimiento (%)

Al reemplazar datos:

$$P_e = \frac{0,759}{0.8} = 0,949\text{HP}$$

En el mercado existe motores trifásicos de 1/2, 3/4, 1Hp se decidió comprar un Motor Trifásico Siemens con rotor de jaula de 1HP Tipo 1LA7 Clase B, eff1.

Para el control de velocidad y para reducción de consumo de energía se utilizará un variador de frecuencia Telemecanique de 1HP. (Ver Anexo B.F)

2.1.1 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN PARA EL MOVIMIENTO EN EL EJE “X”

2.1.1.1 Cabezal Grabador

Para el diseño de los sistemas de movimiento de los ejes debemos determinar el peso total del cabezal grabador que se va a desplazar en este eje con todas las partes (Figura 2.9).

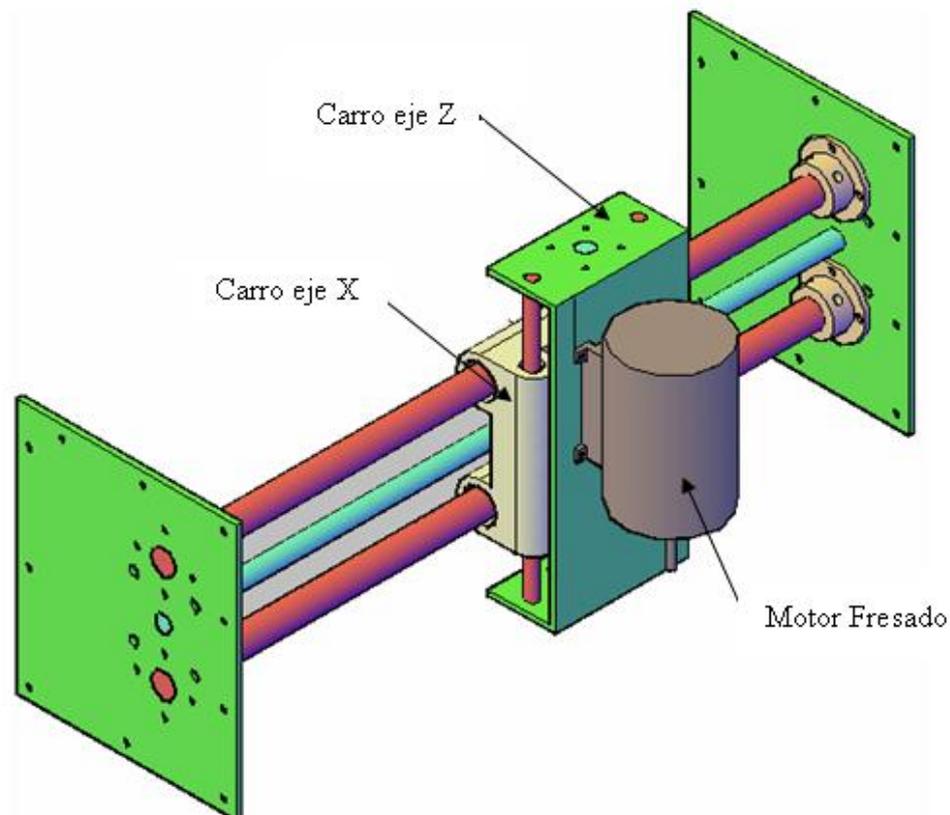


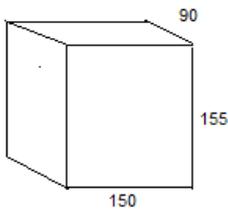
Figura 2.9 Partes del cabezal grabador

- Carro Eje X

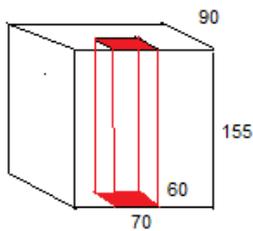
El carro que permitirá los movimientos en dos ejes tanto X, Y, en función de la densidad del aluminio y el volumen del carro se obtiene el peso de la siguiente manera:

$$\rho_{AL} = 2.70 \frac{g}{cm^3}$$

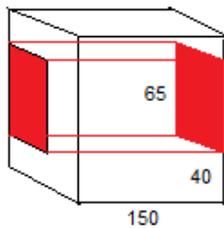
El volumen (V)



$$V_{AL} = 150 \times 155 \times 90 = 2092500 \text{ mm}^3 \times \frac{cm^3}{10mm^3} = 2092.5cm^3$$



$$V_1 = 70 \times 60 \times 155 = 651000 \text{ mm}^3 \times \frac{cm^3}{10mm^3} = 651cm^3$$



$$V_2 = 65 \times 40 \times 150 = 390000 \text{ mm}^3 \times \frac{cm^3}{10mm^3} = 390cm^3$$



$$V_3 = \pi r^2 \times h = \pi \times 10^2 \times 150 = 47124mm^3 \times \frac{cm^3}{10mm^3} = 47,124cm^3 \times 2 = 94,248cm^3$$



$$V_4 = \pi r^2 x h = \pi x 7^2 x 155 = 23860,452 \text{ m}^3 x \frac{\text{cm}^3}{10 \text{mm}^3} = 23,86 \text{cm}^3 x 2 = 47,72 \text{cm}^3$$

$$V_{\text{TAL}} = (V_{\text{AL}} - V_1 - V_2 - V_3 - V_4)$$

$$V_{\text{TAL}} = 2092,5 - 651 - 390 - 94,248 - 47,72 = 909,532 \text{ cm}^3$$

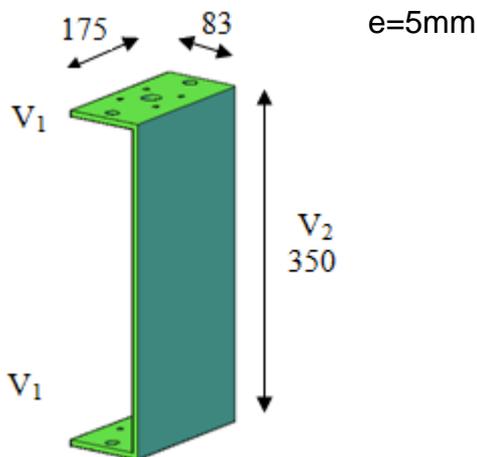
$$m_{\text{carro}} = \rho_{\text{AL}} \times V_{\text{TAL}}$$

$$m_{\text{carro}} = 2,7 \times 909,532 = 2455,736 \text{ g} \times \frac{1 \text{Kg}}{1000 \text{ g}} \times \frac{2,2 \text{lb}}{1 \text{Kg}} = 5,402 \text{ lb}$$

- Carro Eje Z

Para el peso de la placa se necesita saber la densidad del acero y con el volumen

de la placa se obtiene el peso de la siguiente manera: $\rho_{\text{acero}} = 7,85 \frac{\text{Kg}}{\text{dm}^3}$



$$V_{\text{acero}} = 2xV_1 + V_2$$

$$V_1 = 2x175 x 83 x 5 = 145250 \text{ mm}^3 x \frac{\text{cm}^3}{10^3 \text{mm}^3} = 145,25 \text{cm}^3$$

$$V_2 = 175 \times 350 \times 5 = 306250 \text{ mm}^3 \times \frac{\text{cm}^3}{10^3 \text{ mm}^3} = 306,25 \text{ cm}^3$$

$$V_{\text{acero}} = V_1 + V_2 = 145,25 + 306,25 = 451,5 \text{ cm}^3 \times \frac{\text{dm}^3}{1000 \text{ cm}^3} = 0,451 \text{ dm}^3$$

$$m_{\text{acero}} = \rho_{\text{acero}} \times V_{\text{acero}}$$

$$m_{\text{acero}} = 7,85 \times 0,451 = 3,544 \text{ Kg} \times \frac{2,2 \text{ lb}}{\text{Kg}} = 7,797 \text{ lb}$$

Para el peso total del cabezal Grabador se tiene:

$m_{\text{motor}} = 13,2 \text{ lb}$ Dato de placa del Motor

$m_{\text{grabador}} = 160 \text{ gr} = 0,352 \text{ lb}$ Dato de Fabricación

$m_{\text{acero}} = 7,797 \text{ lb}$

$m_{\text{carro}} = 5,402 \text{ lb}$

Se calcula:

$$m_{\text{cg}} = m_{\text{carro}} + m_{\text{acero}} + m_{\text{motor}} + m_{\text{grabador}}$$

$$m_{\text{cg}} = 5,402 + 7,797 + 13,2 + 0,352$$

$$m_{\text{cg}} = 26,751 \text{ lb} \times \frac{1 \text{ Kg}}{2,2 \text{ lb}} = 12,159 \text{ Kg} \times 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 119,159 \text{ N}$$

2.1.1.2 Cálculo del diámetro de los ejes guías.

Para el diseño se tomó como referencia el catálogo de la empresa TECHNO⁶ que es el fabricante del tornillo a bolas que se va a utilizar. Para el diseño el desplazamiento longitudinal del cabezal se realiza el siguiente cálculo con las ecuaciones que se utilizan cuando se tiene una carga lateral (L) la cual se aplica al sistema de movimiento en este eje (Figura 2.10).

⁶ www.techo.com/support/download.cat.pdf (Catálogo de selección de husillos a bolas Techno Inc)

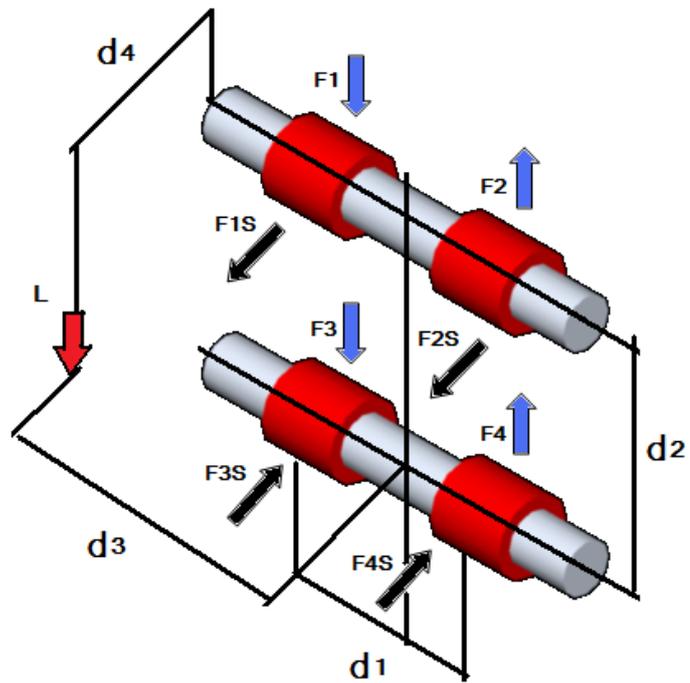


Figura 2.10 Sistema de movimiento y sus cargas

$$F_1 = F_2 = \frac{L}{2} \left(\frac{d_4}{d_2} \right)$$

$$F_3 = F_4 = -\frac{L}{2} \left(\frac{d_4}{d_2} \right)$$

$$F_{1S} = F_{3S} = \frac{L}{4} + \frac{L}{2} \left(\frac{d_3}{d_1} \right)$$

$$F_{2S} = F_{4S} = \frac{L}{4} - \frac{L}{2} \left(\frac{d_3}{d_1} \right)$$

Datos para realizar los cálculos:

w_{cg} (N)	119,159	Peso del Cabezal Grabador que se mueve en el eje X.
d_1 (mm)	120	Distancia horizontal entre rodamientos lineales d_1 .
d_2 (mm)	178	Distancia vertical entre rodamientos lineales d_2
d_3 (mm)	0	Distancia de la carga L respecto al centro d_3 .
d_4 (mm)	150	Distancia de la carga L respecto al eje horizontal d_4 .

Para determinar esta Carga (L) se debe tener en cuenta lo siguiente:

$$L = w_{cg} + Fc$$

Donde:

$$\begin{aligned} w_{cg}(\text{N}) &= 119,159 && \text{Peso del Cabezal Grabador} \\ Fc(\text{N}) &= 679,385 && \text{Fuerza de corte} \end{aligned}$$

$$L = 119,159 + 679,385 = 798,544\text{N}$$

Entonces:

$$F_1 = F_2 = \frac{L}{2} \left(\frac{d_4}{d_2} \right) = \frac{798,544}{2} \left(\frac{150}{178} \right) = 336,465\text{N}$$

$$F_3 = F_4 = -\frac{L}{2} \left(\frac{d_4}{d_2} \right) = -\frac{798,544}{2} \left(\frac{150}{178} \right) = -336,465\text{N}$$

$$F_{1s} = F_{3s} = \frac{L}{4} + \frac{L}{2} \left(\frac{d_3}{d_1} \right) = \frac{798,544}{4} + \frac{798,544}{2} \left(\frac{0}{120} \right) = 199,636\text{N}$$

$$F_{2s} = F_{4s} = -\frac{L}{4} + \frac{L}{2} \left(\frac{d_3}{d_1} \right) = -\frac{798,544}{4} + \frac{798,544}{2} \left(\frac{0}{120} \right) = -199,636\text{N}$$

De estas fuerzas calculadas se escoge $F_1 = 336,465\text{N}$

A continuación se muestra las flechas o ejes guías de la coordenada "X" (Figura 2.11).

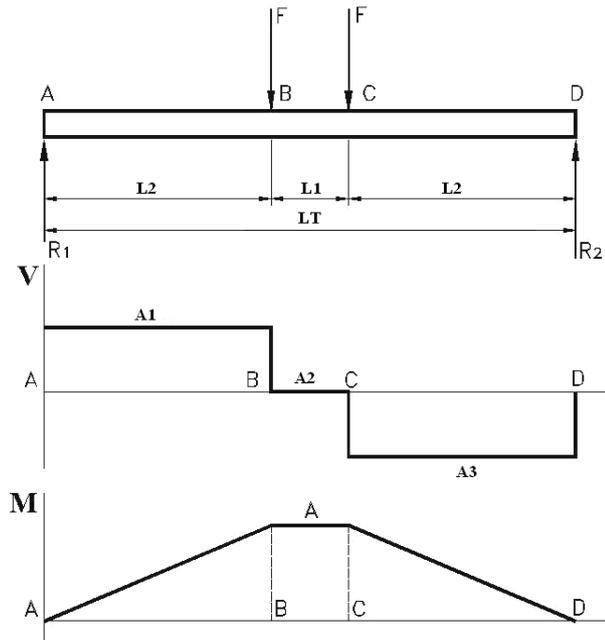


Figura 2.11 Flechas o guías Coordenadas X

Lt (mm)	784	Longitud del eje, ver planos mecánicos.
L1=d1 (mm)	120	Distancia entre rodamientos.
L2 (mm)	332	Distancia del extremo del eje al rodamiento.
n.	2	Factor de seguridad ⁷
Sy(N/mm ²)	276	Resistencia a la Fluencia del Acero Plata K-510 ⁸

$$\sum M_A = 0$$

$$F \cdot L_2 + F(L_1 + L_2) - R_2 L_T = 0$$

$$R_2 = \frac{F \cdot L_2 + F(L_1 + L_2)}{L_T} = \frac{336,465 \text{ N} \cdot 20 \text{ mm} + (336,465 \text{ N})(332 \text{ mm} + 120 \text{ mm})}{784 \text{ mm}} = 245,482 \text{ N}$$

$$\sum F_Y = 0$$

$$R_1 - F - F + R_2 = 0$$

$$R_1 = 2F - R_2 = 2(336,465 \text{ N}) - 245,482 \text{ N} = 427,448 \text{ N}$$

⁷ Resistencia de Materiales Robert Mott

⁸ Catalogo Aceros Especiales Bohler

El cálculo de las áreas

$$A_1 = R_1 L_2 = (27,448 \text{ N} \times 20 \text{ mm}) = 51293,771 \text{ Nmm}$$

$$A_2 = (R_1 - F) L_1 = (27,448 \text{ N} - 336,465 \text{ N}) \times 20 \text{ mm} = 10917,951 \text{ N mm}$$

$$A_3 = (R_1 - F - F) L_2 = (27,448 \text{ N} - 336,465 \text{ N} - 336,465 \text{ N}) \times 332 \text{ mm} = -81500,104 \text{ Nmm}$$

De las tres áreas el momento flexor máximo corresponde a $A_1 = m_{fmax} = 81500,104 \text{ Nmm}$.

El esfuerzo normal máximo que soporta el material es:

$$\sigma_{max} = \frac{Sy}{n} \quad \text{(Ec 2.7)}$$

Donde:

$Sy \text{ (N/mm}^2\text{)} = 276$	Resistencia a la fluencia en el acero ⁷
$n = 2$	Factor de seguridad ⁶

Entonces:

$$\sigma_{max} = \frac{276 \text{ N/mm}^2}{2} = 138 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

El módulo de resistencia para el material es:

$$S = \frac{M}{\sigma_{max}} \quad \text{(Ec 2.8)}$$

Donde:

$M \text{ (Nmm)} = 81500,104$	Momento flector máximo
$\sigma_{max} \text{ (N/mm}^2\text{)} = 138$	Esfuerzo normal máximo

Entonces:

$$S = \frac{M}{\sigma_{max}} = \frac{81500,104 \text{ N mm}}{138 \text{ N/mm}^2} = 590,58 \text{ mm}^3$$

El diámetro del eje guía del carro X se calcula con la siguiente expresión.

$$d_x = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot S}{\pi}} = mm \quad (\text{Ec 2.9})$$

$$d_x = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 590,58}{\pi}} = 18,186 mm$$

El diámetro normalizado o estándar es 20mm.

2.1.1.3 Cálculo del diámetro del eje X por la Teoría de la Resistencia Estática y Energía de la Distorsión

Para realizar el cálculo del diámetro del eje se debe tomar en cuenta la fuerza de corte (F_c) y el peso total del cabezal grabador (W_{cg}) que se va desplazar a lo largo del eje (Figura 2.12), esta carga es una fuerza de flexión que se aplica en los 4 rodamientos lineales por lo que esta fuerza de flexión se divide y de esta manera podemos calcular.

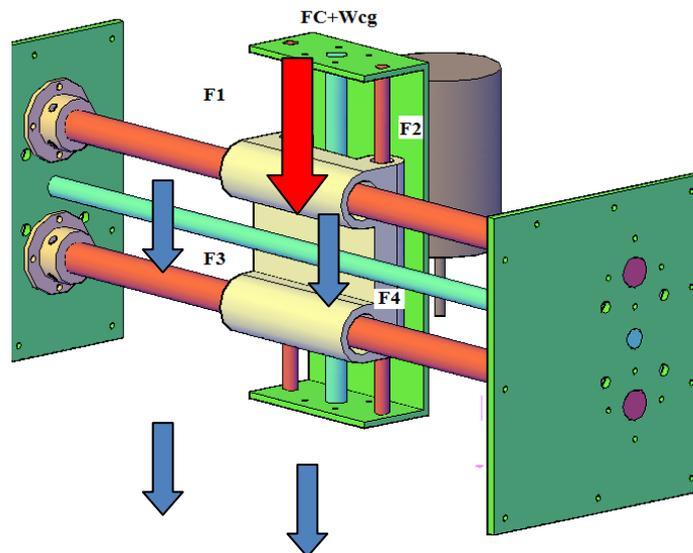


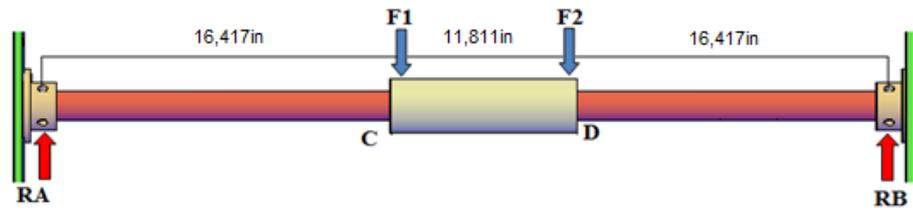
Figura 2.12 Fuerza de corte y peso

$$F_c = 152,515 lbf$$

$$W_{cg} = 26,751 lbf$$

$$F_1 = F_2 = F_3 = F_4$$

$$F_1 = \frac{F_c + W_{cg}}{4} = \frac{152,515 + 26,751}{4} = 44,816 lbf$$



$$\sum M_A = 0$$

$$F_1 \times (16,417) + F_2 \times (28,228) - R_B \times (44,645) = 0$$

$$44,816 \times (16,417) + 44,816 \times (28,228) - R_B \times (44,645) = 0$$

$$735,744 + 529,321 - R_B \times (44,645) = 0$$

$$R_B = \frac{1265,065}{44,645}$$

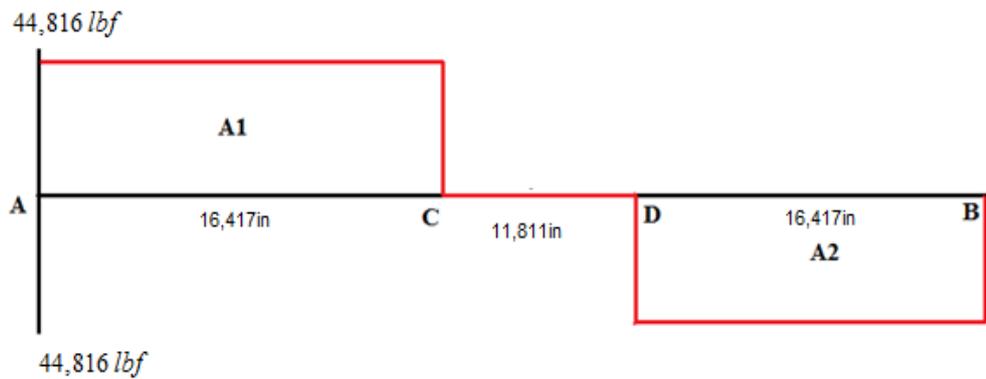
$$R_B = 44,816 \text{ lbf}$$

$$\sum F_Y = 0$$

$$R_A + R_B - F_1 - F_2 = 0$$

$$R_A = -44,816 + 44,816 + 44,816$$

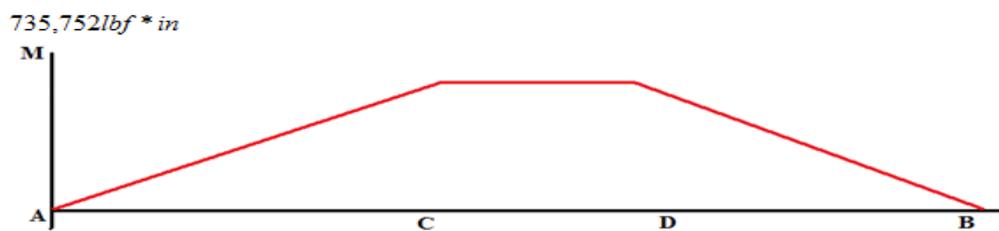
$$R_A = 44,816 \text{ lbf}$$



$$A1 = F \times d$$

$$A1 = 44,816 \text{ lbf} \times 16,417 \text{ in}$$

$$A1 = 735,752 \text{ lbf} \cdot \text{in} = M$$



$$S_y = 276 \frac{N}{mm^2} \times \frac{(2,54)^2 cm^2}{lin^2} \times \frac{(10mm)^2}{1cm^2} \times \frac{Kgf}{9,8N} \times \frac{2,2lb}{1Kgf} = 39973,586 Kpsi$$

$$D_x = \left[\frac{32 \times n}{\pi \times S_y} \times (\sqrt{M^2 + T^2}) \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$D_x = \left[\frac{32 \times 2}{\pi \times 39973,586} \times (\sqrt{735,752^2 + 0^2}) \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$D_x = 0,72 lin \times \frac{2,54cm}{lin} \times \frac{10mm}{1cm} = 18,315mm$$

El diámetro normalizado o estándar es 20mm.

Se va a adquirir ejes de diámetro de 20mm para el eje X. Con este diámetro se puede seleccionar el eje de acuerdo al material en este caso se va a utilizar Acero Plata K-510 por sus características que a continuación se describen:

- Diámetro: 10, 12, 14, 16, 20, 25, 30 mm
- Longitud: Barras de 1, 2 m
- Superficie: Rectificado

Una de las ventajas más grandes que reporta el empleo de la plata es evitar el crecimiento del grano en los tratamientos térmicos, lo que sirve para producir en ellos gran tenacidad. Se obtiene para una misma dureza, un límite de elasticidad ligeramente más elevado y mayores alargamientos y resistencias que con los aceros al carbono o de baja aleación. Mejora notablemente la resistencia a la tracción. Se utiliza la plata para desoxidar y afinar el grano. Evita la corrosión intercrystalina. Buenas características de resistencia a la corrosión, ductibilidad y pulido.

Aplicación:

Se emplea en la fabricación de piezas para máquinas, ejes de transmisión, pernos, pasadores, prisioneros, tornillos sin fin, engranajes

El sistema de guías del eje X que consiste en dos ejes paralelos que se van a encargar de guías el movimiento del carro. Los ejes serán de material acero plata K-510. Estos ejes van a ser sujetos por chumaceras que serán construidas en

acero SAE 1018 acopladas con pernos laterales M8 que permiten el centrado y sujeción de los ejes (Figura 2.13). Estas chumaceras van sujetas en los extremos a placas de Acero St32.

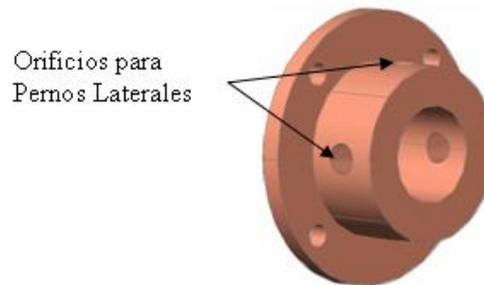


Figura 2.13 Chumaceras de centrado

Para las chumaceras se decidió construir en acero SAE 1018 ya que es un acero que tiene bajo contenido de carbono.

Carbono 0.15-0.20

Silicio 0.15-0.35

Manganeso 0.60-0.90

Se lo encuentra en forma de eje, barra cuadrada, hexagonal, laminadas o forjadas en caliente, estiradas en frío y maquinadas.

Características.

Tiene mejores propiedades mecánicas por su alto contenido de manganeso, buena soldabilidad, buena maquinabilidad. Tiene una superficie muy dura y un centro tenaz. Al ser estirado en frío mejora sus valores de resistencia mecánica.

Aplicación.

Se utiliza en la fabricación de partes para maquinaria, automotriz, equipo de proceso, que estén sujetos a grandes esfuerzos. Por su ductilidad es ideal para procesos de transformación en frío como doblar, estampar, etc. Sus usos típicos son ejes, tornillos, pernos, sujetadores, chumaceras, engranes, piñones.

Tratamientos térmicos recomendados. (Tabla 2.1)

Forjado	Normalizado	Recocido		Templado	Revenido	Puntos Críticos Aprox.	
		Ablandamiento	Regeneración			Ac1	Ac3
1100-1250	870-900	650-700 enfriar al aire	850-890 enfriar en horno	Cementar 925	150-250	724	840

Figura 2.1 Tabla tratamientos térmicos

Propiedades mecánicas mínimas estimadas según SAE J1397. (Tabla 2.2)

Tipo de Proceso y Acabado	MPa(kgf/mm ²)Ksi			MPa(kgf/mm ²)Ksi			Reducción de área %	Dureza Brinell	Relación de Maquinabilidad ¹²¹² EF = 100%
	Resistencia a la Tracción	Límite de Fluencia	Alargamiento EN 2" %	Resistencia a la Tracción	Límite de Fluencia	Alargamiento EN 2" %			
Caliente y Maquinado	400	41	58	220	22	32	25	50	70
Estirado en frío	440	45	64	370	38	54	15	40	

Figura 2.2 Tabla propiedades mecánicas

A continuación se muestra en la figura el sistema de guías para el eje X (Figura 2.14).

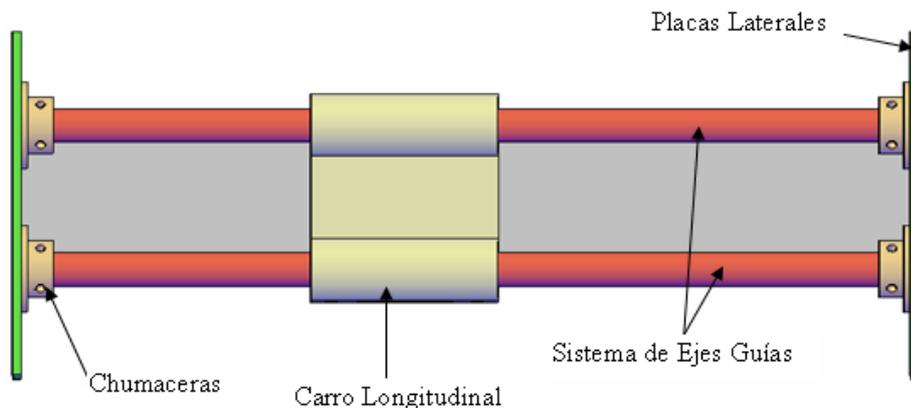


Figura 2.14 Sistema de guías para el eje X

Para lo que es las placas laterales se va a utilizar planchas de acero St32 de 6mm de espesor.

Para el carro longitudinal se utilizarán 4 rodamientos lineales axiales de bolas. (Figura 2.15)

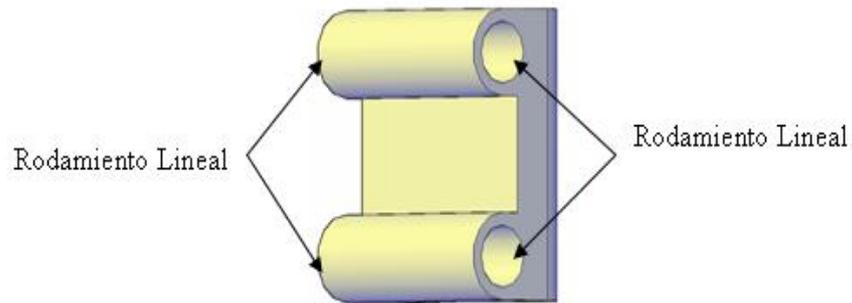


Figura 2.15 Carro longitudinal

2.1.1.4 Cálculo del diámetro del tornillo de potencia para el carro "X".

Se debe calcular la fuerza

$$F = W_1 + W_{cg}$$

Donde:

W_{cg} (lbf) = 26,751	Peso del carro Z
W_1 (lbf) = 152,515	Fuerza de corte

Entonces:

$$F = 26,75\text{lbf} + 152,515\text{lbf} = 179,266 \text{ lbf}$$

El área transversal del tornillo de potencia:

$$A = \frac{F}{\sigma} \quad (\text{Ec 2.10})$$

Donde:

F (lbf)	179,266	Peso total para el cálculo del tornillo X
σ (lbf/in ²)	1000	Esfuerzo admisible del material

Entonces:

$$A = \frac{F}{\sigma} = \frac{179,266 \text{ lbf}}{1000 \text{ lbf/in}^2} = 0,179 \text{ in}^2$$

El diámetro del tornillo de potencia se calcula con la ecuación:

$$d = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} \quad (\text{Ec 2.11})$$

Donde:

d= diámetro del tornillo (mm)

A= Área en (mm²)

Reemplazando valores:

$$d_x = \sqrt{\frac{4 * 0.179}{\pi}} = 0, \text{in} = 12,134 \text{ mm}$$

El diámetro del tornillo que se requiere es de 16mm, en este caso se ha visto la necesidad de adquirir un tornillo a bolas para reducir la fuerza de rozamiento y el error en el desplazamiento para esto se ha visto el fabricante de tornillos a bolas de la Empresa TECHNO quien tiene tornillos a bolas en las siguientes características:

- 16 mm diámetro
- Alta vida útil

- Error en el desplazamiento $\leq 0.1\text{mm} / 300\text{mm}$
- Excelente costo
- ISO class 7, Paso: 5

2.1.1.4.1 Tornillos a Bolas

En los husillos de bolas la carga se transmite desde la tuerca al eje del husillo a través de cada bola. (Ver Anexo B.G) En un husillo de bolas con una sola entrada, el diámetro de la bola está limitado a aproximadamente el 70 % del paso. Hay únicamente una sola hélice de bolas para una tuerca de longitud definida, por lo que el número de contactos es reducido. (Figura 2.16)

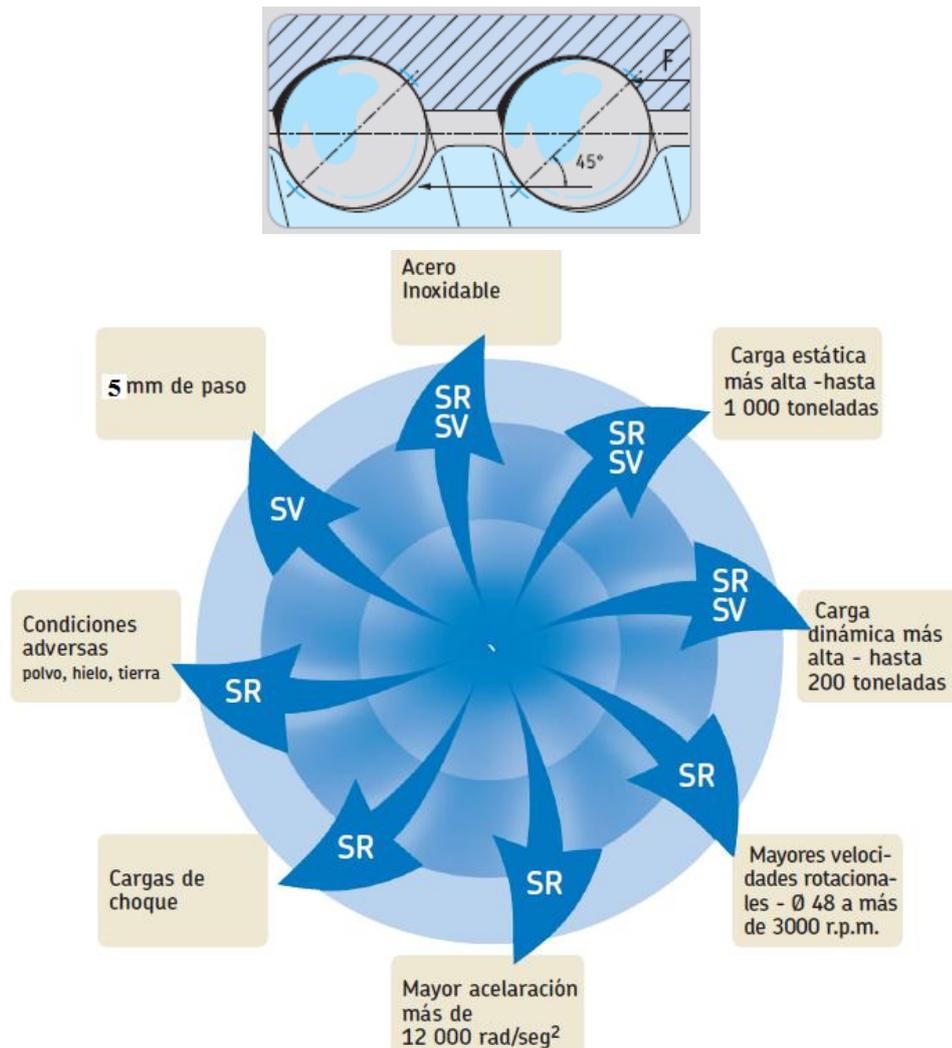


Figura 2.16 Tornillo a bolas

2.1.1.4.2 Selección de los Rodamientos Radiales

Los rodamientos son piezas de acero aleado con cromo, manganeso y molibdeno, para facilitar la ejecución de rigurosos tratamientos térmicos y obtener piezas de gran resistencia al desgaste y a la fatiga. El material para las jaulas ha evolucionado en forma importante actualmente se utilizan aceros, metales de bajo roce y poliamida.

Es muy importante escoger el rodamiento preciso, tomando la decisión en base a criterios como: costo, facilidad de montaje, vida útil, dimensiones generales, simpleza del conjunto, disponibilidad de repuestos y tipo de lubricación, las temperaturas de operación y una adecuada resistencia a la corrosión.

Cuando se realiza el diseño de un montaje, se pueden usar soportes completos que incluyen el rodamiento, los sellos y una base de apoyo que puede ser "de pie" con cuatro perforaciones para unirlos a una estructura o de "brida" para unirse a una plancha.

Están diseñados para resistir cargas en dirección perpendicular al eje. Constan en forma general de tres piezas: Un aro exterior, un aro interior y un elemento rodante con algún tipo de canastillo o jaula.



Figura 2.17 Rodamiento radial

Se utilizarán rodamientos radiales rotulados los cuales por un diseño especial de los aros permiten que el eje gire algunos grados sin desarmar el rodamiento. Esta característica se logra con una pista de rodadura esférica que permite a las bolas o barriletes desplazarse para acomodarse al desalineamiento del eje. Son muy utilizados en maquinaria pesada debido a la necesidad de prevenir daños frente a

las deformaciones de los ejes, cargas provocadas por dilataciones térmicas y cargas dinámicas.



Figura 2.18 Rodamiento radial rotulado

La vida nominal de los rodamientos radiales o cojinetes a bolas se define como el número de revoluciones o de horas de trabajo a una velocidad constante dada, que puede completar o rebasar el 90% de eficiencia en los rodamientos antes de que se desarrolle el criterio de falla. La vida nominal de un rodamiento según la normativa ISO 281:1990 es:

$$L_{10} = (C / P)^p \quad \text{(Ec 2.12)}$$

Donde:

L_{10h} es la vida estimada en horas de funcionamiento (h)

L_{10} es la vida estimada (millones de revoluciones)

C es la capacidad de carga dinámica (kN). (Ver Anexo B.H)

p es 3 para los rodamientos radiales de bolas y 10/3 para los rodamientos de rodillos.

P carga que se aplica al rodamiento, se utiliza la siguiente ecuación:

$$P = x.Fr + y.Fa \quad \text{(Ec 2.13)}$$

Donde:

x. factor de carga radial

y. factor de carga axial

Fr=L Carga Radial (kN) (Ver apartado 2.1.1.2)

Fa Carga Axial (kN)

Para obtener los factores de carga se debe calcular Fr/C.

$$\frac{Fr}{C} = \frac{798,544N}{3900N} = 0,204$$

Con este valor se selecciona los factores de carga (Ver Anexo B.I), y se puede calcular P:

$$P = x.Fr + y.Fa = 1*0,798 + 0. = 0,798$$

Al Reemplazar los datos:

$$L_{10} = (C / P)^p = (3,9 / 0,798)^3 \quad L_{10} = 116,73$$

Cuando la velocidad es constante se calcula la vida del rodamiento en horas de funcionamiento utilizando la ecuación:

$$L_{10h} = \frac{10^6}{60 \times n} \times (C / P)^p \quad \text{(Ec 2.14)}$$

Donde:

L_{10h} es la vida estimada en horas de funcionamiento (h)

n. es la velocidad del eje (RPM).

L_{10} es la vida estimada (millones de revoluciones)

Para seleccionar el rodamiento debemos calcular C, teniendo en cuenta que:

$L_{10}=30000$ (Ver Anexo B.J)

$$C = \sqrt[3]{\frac{L_{10h} \times 60 \times n \times P^p}{10^6}} = \sqrt[3]{\frac{30000 \times 60 \times 63,4 \times 0,798^3}{10^6}} = 3799,815N$$

Este valor de carga nos sirve para seleccionar el rodamiento en función de la capacidad de carga dinámica. (Ver Anexo B.H)

Reemplazamos datos y calculamos L_{10h} :

$$L_{10h} = \frac{10^6}{60 \times n} \times (C / P)^p = \frac{10^6}{60 \times 63,4} \times (3900 / 798,544)^3 = 30793,945 h$$

Con este valor de L_{10h} , se calcula la vida nominal ajustada Lna y se utiliza la siguiente fórmula:

$$Lna = a_1 * a_{23} * L_{10h} \quad \text{(Ec 2.15)}$$

Donde:

a_1 es el factor correspondiente a la fiabilidad del rodamiento, este factor se obtiene de la Tabla (2.3), se puede observar que la fiabilidad mínima es de 90% y que es imposible asegurar un 100%.

Valor del factor a_1	
Fiabilidad %	a_1
90	1
95	0,62
96	0,53
97	0,44
98	0,33
99	0,21

Tabla 2.3 Rodamiento radial rotulado

a_{23} es un factor que considera la calidad de la lubricación para determinarlo se necesita conocer las dimensiones básicas del rodamiento: su diámetro exterior D y su diámetro interior d . Con las dimensiones principales del rodamiento se calcula el promedio $d_m = (D + d) / 2$ y se entra al gráfico por el eje horizontal. A continuación se sube hasta tocar la línea inclinada correspondiente a la velocidad de giro del eje en r.p.m. Se sale horizontalmente hasta cortar el eje vertical del gráfico, obteniendo el valor de la viscosidad cinemática v_1 requerida por el rodamiento. (Ver Anexo B.K)

$$dm = \frac{29 + 12,75}{2} = 20,875mm$$

Se obtiene $v_1=55\text{mm}^2/\text{s}$, con este valor se ingresa a la siguiente tabla (Ver Anexo B.L) y se obtiene el valor de $v=15\text{mm}^2/\text{s}$. Luego se ingresa con el valor de $k=v/v_1$ a la siguiente tabla (Ver Anexo B.M) y se obtiene el valor de a_{23} .

$$k = \frac{15 \frac{\text{mm}^2}{\text{s}}}{55 \frac{\text{mm}^2}{\text{s}}} = 0,27$$

$$a_{23}=0,18$$

$$Lna = a_1 * a_{23} * L_{10h}, Lna = 0,21 * 0,18 * 30793,945 = 1162,877h$$

Se debe calcular la vida nominal ajustada en función del grado de contaminación:

$$Lnaa = a_1 * a_s * L_{10}$$

(Ec 2.16)

Donde:

$$a_1=0,21$$

a_s es un factor en función al grado de contaminación, este valor se puede obtener de la tabla (2.4):

Factor n_c para diferentes grados de contaminación	
Condición	n_c
Muy limpio Tamaño de partículas del orden del espesor de la película de lubricante.	1
Limpio Condiciones típicas de rodamientos con obturaciones engrasados por vida.	0,8
Normal Condiciones típicas de rodamientos con protecciones engrasados por vida.	0,5
Contaminado Condiciones típicas de rodamientos sin obturaciones integradas; filtros de paso grueso para lubricante y/o entrada de partículas desde el entorno.	0,5 a 0,1
Fuertemente contaminado	0

Figura 2.4 Tabla factor n_c

Ahora se requiere el valor de P_u obtenido del catálogo del rodamiento (Ver Anexo B.H) y el valor de la carga L calculada para el eje X.

$$n_c \frac{P_u}{P} = 0,5 * \frac{3900 N}{798,544 N} = 3,907$$

Con este valor obtenido de $n_c P_u / P=3,907$, se ingresa por el eje horizontal en la tabla de factores para rodamientos (Ver Anexo B.N) y se obtiene $a_s=3,9$.

Al reemplazar datos se obtiene:

$$Lnaa = a_1 * a_s * L_{10}, Lnaa = 0,21 * 3,9 * 30793,945 = 25220,239h$$

El cálculo de la vida útil es dependiente del rodamiento en particular, esto lo convierte en un cálculo iterativo en el cual se escoge un rodamiento y se comprueba su vida útil, si el resultado es satisfactorio, la selección ha terminado, pero si la vida es muy mayor de lo recomendado debe escogerse otro rodamiento y volver a calcular la vida del rodamiento.

2.1.1.5 Calculo del Torque para la Estructura del Eje X

2.1.1.5.1 Inercia Total

Para la inercia por el peso de la plataforma o la carga en sí (I_p) se necesita:

W_2 (lb) 26,751 Peso del carro que se mueve a lo largo del eje X
 P (in) 5mm Hilos por pulgadas del husillo

$$p = \frac{25.4mm}{5mm} = 5.08hpp$$

$$I_p = \left(\frac{W_2}{P^2} \right) \left(\frac{1}{2\pi} \right)^2 \quad \text{(Ec 2.17)}$$

⁹ Construcción de máquinas eléctricas de Gino Gibora

$$I_p = \left(\frac{26,751}{5.08^2} \right) \left(\frac{1}{2\pi} \right)^2 = 0.02 lb.in$$

Para la inercia por el tornillo (I_T) se necesita:

D = 16mm = 0.6in Diámetro del tornillo
L = 700mm = 27.55in Longitud roscada del tornillo

$$I_T = \frac{D^4 L}{36} \quad \text{(Ec 2.18)}$$

$$I_T = \frac{0.6^4 \times 27.55}{36} = 0.12 lb.in$$

Para la inercia del motor que acciona el sistema (I_M) se toma en cuenta la inercia de un motor DC NEMA 34 comúnmente utilizado en Máquinas CNC; entonces $I_M = 0.35 lb.in^2$

La inercia total es la suma de las tres:

$$I_{EQ} = I_p + I_T + I_M = 0.02 + 0.12 + 0.35 = 0.49 lb.in$$

2.1.1.5.2 Velocidad Angular

Para la velocidad angular de la plataforma en pasos por segundo (sps) se necesita:

V_{Lmax} (mm/min) = 430 Velocidad lineal máxima de la plataforma
recomendada para máquinas CNC

spr = 360 Pasos por revolución o ciclos por
revolución para encoders comerciales

p (hpp) = 5.08 Paso del husillo en hilos por pulgada

$$\omega = \frac{V_{Lmax} \cdot spr \cdot p}{60} \quad (\text{Ec 2.19})$$

$$\omega = \frac{30 \cdot 60 \cdot 0.08}{60} = 13106.4 \text{ sps}$$

Los pasos incrementales θ en grados para el encoder seleccionado de 360 de 360 spr, se calcula con la siguiente expresión.

$$\theta = \frac{360^\circ / \text{rev}}{360 \text{ pasos}} = 1^\circ / \text{paso}$$

2.1.1.5.3 Torque requerido por la Inercia total (T_A)

Para calcular este torque se requiere:

I_{EQ} (mm/min) = 0.49	Inercia total
ω (sps) = 13106.4	La velocidad angular de la plataforma
θ ($^\circ$ /paso) = 1	Pasos incrementales θ en grados para un encoder comercial de 240 spr
t (segundos) = 0.12	Tiempo de aceleración para un motor NEMA 34

$$T_A = \frac{2I_{eq} \omega \pi \theta}{24 \cdot 80 \cdot t} \quad (\text{Ec 2.20})$$

$$T_A = \frac{2 \cdot 0.49 \cdot 13106.4 \cdot \pi \cdot 1}{24 \cdot 80 \cdot 0.12} = 77,838 \text{ onz.in}$$

2.1.1.5.4 Torque para vencer la fuerza de fricción (T_B)

Para calcular el torque se requiere:

F_f (lbf) = 0.375	Fuerza de fricción requerida para mover la plataforma ¹¹
---------------------	---

¹⁰ Construcción de máquinas eléctricas de Gino Gibora

¹¹ <http://frs-cnc.com/foro/profile.php?mode=viewprofile%u=759>

p (hpp) = 5.08 Paso del husillo en hilos por pulgada
 η (%) = 90 Eficiencia del husillo a bolas¹²

$$T_B = \frac{16F_f}{2 \times \pi \times p \times \eta} \quad \text{(Ec 2.21)}$$

$$T_B = \frac{6 \cdot 0.375}{2 \cdot \pi \cdot 5.08 \cdot 0.9} = 0.208 \text{ onz.in}$$

Finalmente el torque total que se necesita para mover el carro X será:

$$T = T_A + T_B = 77.838 + 0.208 \text{ onz.in} = 78,046 \text{ onz.in} = 0.6Nm$$

2.1.2 DISEÑO Y CONSTRUCCION PARA EL MOVIMIENTO EN EL EJE “Y”

La mesa de trabajo se puede desplazar de forma automática con velocidades de avance de mecanizado o con velocidades de avance rápido en vacío.

Para facilitar la sujeción de las placas a la mesa está dotada de unas ranuras en forma de T para permitir la fijación de mordazas u otros elementos de sujeción de las piezas (Figura 2.19). Esta mesa puede avanzar de forma automática de acuerdo con las condiciones de corte que permita el mecanizado.

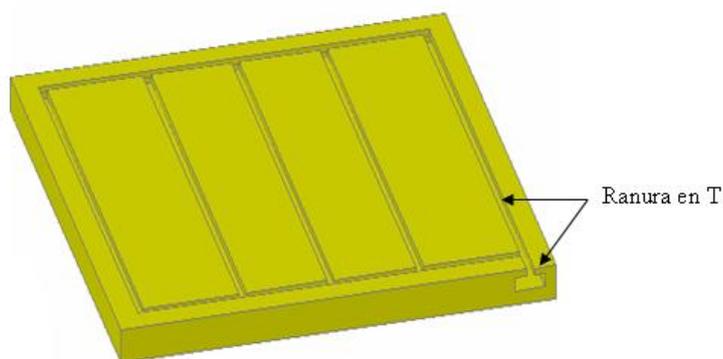


Figura 2.19 Mesa de trabajo

¹² www.techo.com/support/download.cat.pdf (Catálogo de selección de husillos a bolas Techno Inc)

Para el diseño y construcción de la mesa se tiene en cuenta el peso de la misma, para esto se considera que el aluminio es un material de densidad muy baja en este caso es de $2,70 \text{ g/cm}^3$ por lo que tendremos que calcular el peso teniendo en cuenta las dimensiones del área de trabajo del pantógrafo.

Por lo general las placas conmemorativas no están normalizadas ya que existen una diversidad de pantógrafos que su precio difiere en función del área de grabado, por lo que el área de una placa que para el caso presente se puede normalizar en un tamaño A4 (210mm x 297mm) y un tamaño A3 (380mm x 297mm), con estas condiciones y que en muchos casos las placas vienen con sus marcos ensamblados para grabar en el tamaño A4 aumentaría 50mm por cada lado que está dentro del área de trabajo, y de igual manera para la placa en tamaño A3.

Con esto se obtiene los desplazamientos máximos de grabado y fresado de nuestro Pantógrafo que serian los siguientes:

- Recorrido longitudinal en $X = 400 \text{ mm}$.
- Recorrido transversal en $Y = 400 \text{ mm}$.
- Recorrido vertical en $Z = 50 \text{ mm}$.
- Área de trabajo de la mesa $X * Y = 400 \times 400 = 160000 \text{ mm}^2$

El espesor de la mesa se define en función de la sujeción que se va a tener en nuestro pantógrafo, siendo medio de ranuras en T, ya que las placas de aluminio tienen un espesor de 1 a 2mm como máximo, por lo que son láminas delgadas que es muy difícil que mantengan al nivel y se levante el momento del contacto de la herramienta a grabar con la placa, por esto se colocarán las placas sobre el mismo marco para evitar que se levante permitiendo una fácil sujeción a la mesa.

Se debe calcular el peso de la mesa:

$$\text{Densidad Aluminio } \rho_{AL} = 2,70 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

El espesor es de 25mm, ancho es de 400mm, largo es de 400mm.

El Volumen

$$V_{AL} = 400 \times 400 \times 25 = 4000000 \text{ mm}^3 = 4000 \text{ cm}^3$$

Se obtiene el peso:

$$W_{\text{Mesa}} = \rho_{AL} \times V_{AL} = 2,70 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \times 4000 \text{ cm}^3 = 10800 \text{ g} \times \frac{1\text{lb}}{454 \text{ g}} = 23,78\text{lbf}$$

$$23,78\text{lbf} \times \frac{1\text{Kgf}}{2,2\text{lbf}} \times \frac{9,8\text{N}}{1\text{Kgf}} = 105,929 \text{ N}$$

Para los cálculos se requiere de una Carga L que va a ser aplicada perpendicular a la mesa y que se convierte en una carga que deben soportar los ejes guías en función de esta carga más la fuerza de corte se dimensionara el diámetro de los ejes (Figura 2.20).

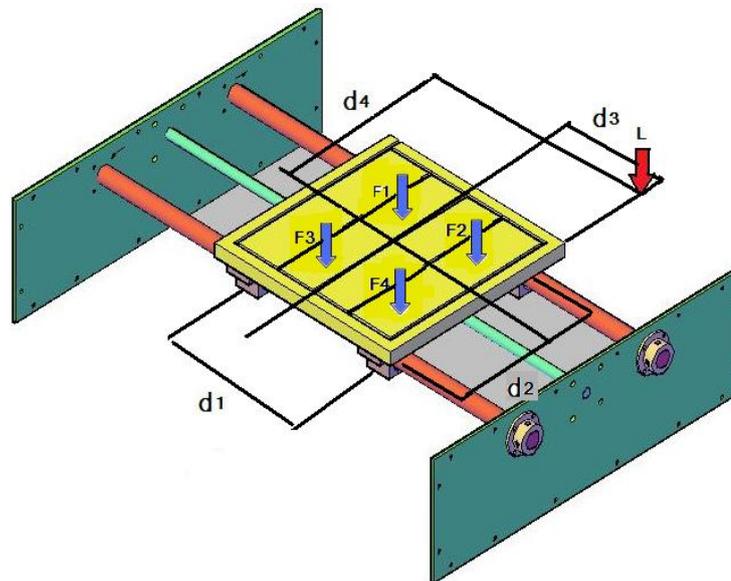


Figura 2.20 Cargas en las guías

$$F_1 = \frac{L}{4} - \frac{L}{2} \left(\frac{d_3}{d_1} + \frac{d_4}{d_2} \right)$$

$$F_2 = \frac{L}{4} + \frac{L}{2} \left(\frac{d_3}{d_1} - \frac{d_4}{d_2} \right)$$

$$F_3 = \frac{L}{4} - \frac{L}{2} \left(\frac{d_3}{d_1} - \frac{d_4}{d_2} \right)$$

$$F_4 = \frac{L}{4} + \frac{L}{2} \left(\frac{d_3}{d_1} + \frac{d_4}{d_2} \right)$$

W_{mesa} (lb)	23,78	Peso Total de la mesa que se mueve a través del eje Y
d1 (mm)	300	Distancia d_1 de la figura 2.16, dato de los planos mecánicos
d2 (mm)	300	Distancia d_2 de la figura 2.16, dato de los planos mecánicos
d3 (mm)	150	Distancia d_3 de la figura 2.16, dato de los planos mecánicos
d4 (mm)	0	Distancia d_4 de la figura 2.16, dato de los planos mecánicos

La fuerza L ejercida por la carga

$$L = W_{\text{mesa}} + (W_2 = F)$$

Donde:

$$W_{\text{mesa}}(\text{N}) = 105,929 \quad \text{Peso de la mesa}$$

$$W_2(\text{N}) = 679,385 \quad \text{Fuerza de corte}$$

Entonces:

$$L = 105,929\text{N} + 679,385\text{N} = 785,314\text{N}$$

Entonces:

$$F_1 = \frac{L}{4} - \frac{L}{2} \left(\frac{d_3}{d_1} + \frac{d_4}{d_2} \right) = \frac{785,314}{4} - \frac{785,314}{2} \left(\frac{150}{300} + \frac{0}{300} \right) = 0\text{N}$$

$$F_2 = \frac{L}{4} + \frac{L}{2} \left(\frac{d_3}{d_1} - \frac{d_4}{d_2} \right) = \frac{785,314}{4} + \frac{785,314}{2} \left(\frac{150}{300} - \frac{0}{300} \right) = 392,657\text{N}$$

$$F_3 = \frac{L}{4} - \frac{L}{2} \left(\frac{d_3}{d_1} - \frac{d_4}{d_2} \right) = \frac{785,314}{4} - \frac{785,314}{2} \left(\frac{150}{300} - \frac{0}{300} \right) = 0N$$

$$F_4 = \frac{L}{4} + \frac{L}{2} \left(\frac{d_3}{d_1} + \frac{d_4}{d_2} \right) = \frac{785,314}{4} + \frac{785,314}{2} \left(\frac{150}{300} + \frac{0}{300} \right) = 392,657N$$

A continuación se indica los ejes guías de la estructura horizontal coordenada "Y" (Figura 2.21)

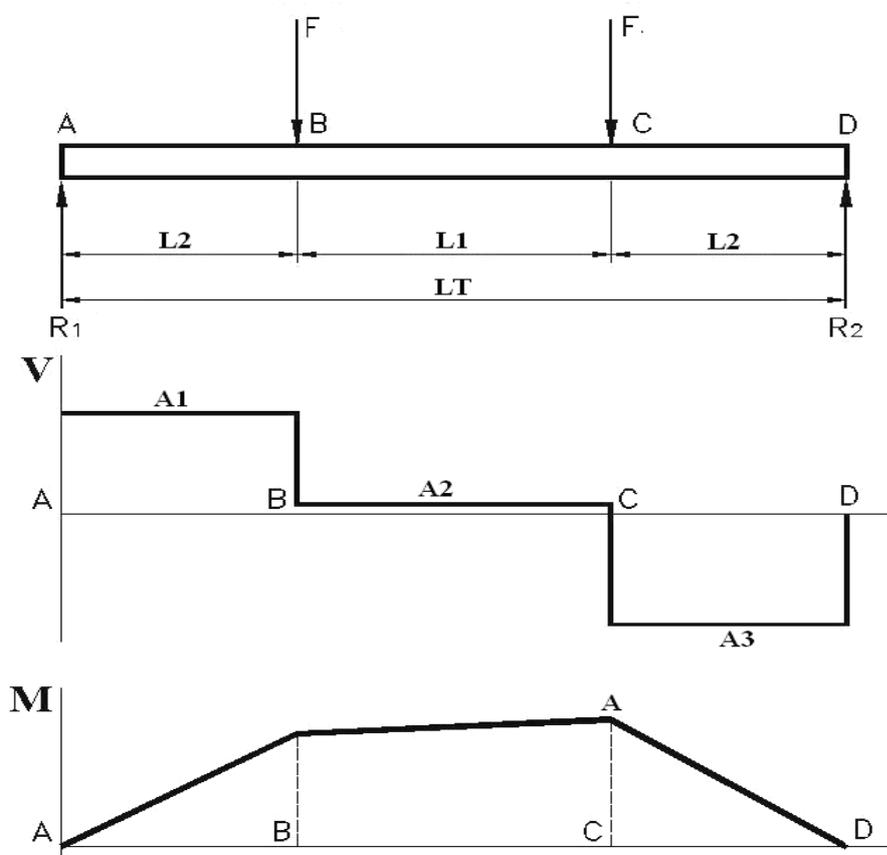


Figura 2.21 ejes guías de la estructura horizontal coordenada "Y"

LT (mm)	1134	Longitud del eje, tomada de los planos mecánicos
L1 (mm)	300	Distancia entre los puntos B Y C
L2 (mm)	417	
n.	2	Factor de Seguridad ⁶
Sy(N/mm ²)	276	Resistencia a la Fluencia del acero plata K-510

$$\sum M_A = 0$$

$$F \cdot L_2 + F(L_1 + L_2) - R_2 L_T = 0$$

$$R_2 = \frac{F \cdot L_2 + F(L_1 + L_2)}{L_T} = \frac{392,657 \text{ N} (417 \text{ mm}) + (392,657 \text{ N})(300 \text{ mm} + 417 \text{ mm})}{1134 \text{ mm}} = 392,657 \text{ N}$$

$$\sum F_Y = 0$$

$$R_1 - F - F + R_2 = 0$$

$$R_1 = F + F - R_2 = 392,657 \text{ N} + 392,657 \text{ N} - 392,657 \text{ N} = 392,657 \text{ N}$$

$$A_1 = R_1 L_2 = 392,657 \text{ N} (417 \text{ mm}) = 163737,988 \text{ N mm}$$

$$A_2 = R_1 - F L_1 = 392,657 \text{ N} - 392,657 \text{ N} (300 \text{ mm}) = 0 \text{ Nmm}$$

$$A_3 = R_2 L_2 = 392,657 \text{ N} (417 \text{ mm}) = 163737,988 \text{ Nmm}$$

El esfuerzo normal máximo que soporta el material se calcula con la ecuación 2.8

$$\sigma_{\max} = \frac{S_y}{n}$$

Donde:

$$S_y \text{ (N/mm}^2\text{)} = 276 \quad \text{Resistencia a la fluencia en el acero}$$

$$n = 2 \quad \text{Factor de seguridad}$$

Entonces:

$$\sigma_{\max} = \frac{S_y}{n} = \frac{276 \text{ N/mm}^2}{2} = 138 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

El módulo de resistencia para el material seleccionado se calcula con la siguiente expresión.

$$S = \frac{M}{\sigma_{\max}}$$

Donde:

$$M \text{ (Nmm)} = 163737,988 \quad \text{Momento flector máximo}$$
$$\sigma_{\max} \text{ (N/mm}^2\text{)} = 138 \quad \text{Esfuerzo normal máximo}^7$$

Entonces:

$$S = \frac{M}{\sigma_{\max}} = \frac{163737,988 \text{ Nmm}}{138 / \text{mm}^2} = 1186,507 \text{ mm}^3$$

El diámetro del eje guía del carro Y se calcula con la siguiente expresión.

$$d_Y = \sqrt[3]{\frac{32.S}{\pi}}$$
$$= \sqrt[3]{\frac{32 * 1186,507}{\pi}} = 22,948 \text{ mm}$$

Se puede escoger ejes de diámetro normalizado o estándar de 25mm.

2.1.2.1 Cálculo del diámetro de los ejes Y con la Teoría Estática y por la Energía de la Distorsión.

La Carga ejercida sobre los soportes para el desplazamiento en los ejes es la suma de la fuerza de corte F_c mas el peso de la mesa W_{MESA} , esta carga se divide para los cuatro soportes en los cuales se colocaran los rodamientos lineales. (Figura 2.22)

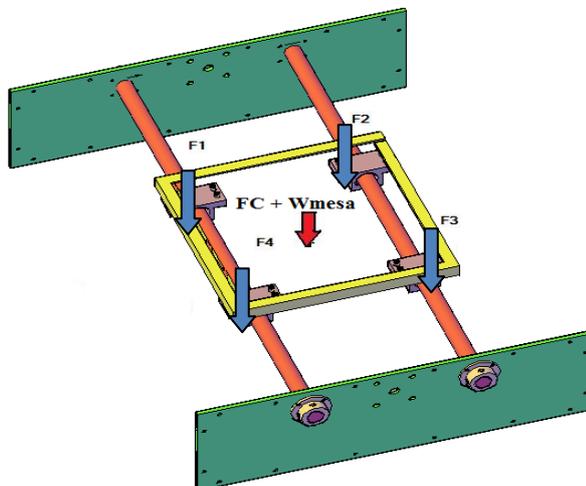
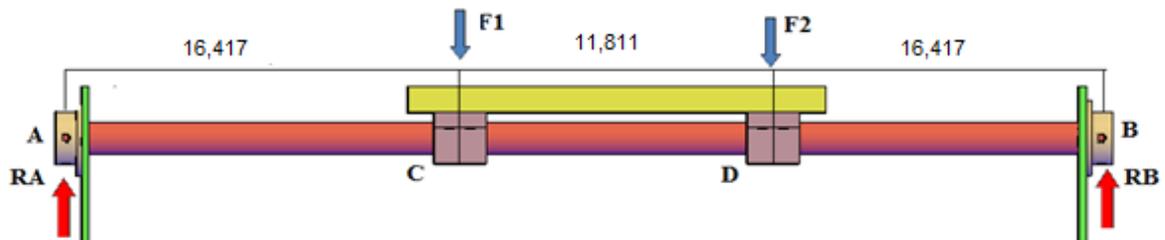


Figura 2.22 Carga ejercida sobre los soportes

Tenemos que $F_1 = F_2 = F_3 = F_4$

$$F_1 = \frac{W_{MESA} + F_c}{4} = \frac{23,78\text{ lbf} + 152,515\text{ lbf}}{4} = 44,073\text{ lbf}$$



$$\sum M_A = 0$$

$$F_1 \times 16,417 + F_2 \times (28,228) - R_B \times (44,645) = 0$$

$$44,073 \times (16,417) + 44,073 \times (28,228) - R_B \times (44,645) = 0$$

$$723,546 + 1244,092 - R_B \times (44,645)$$

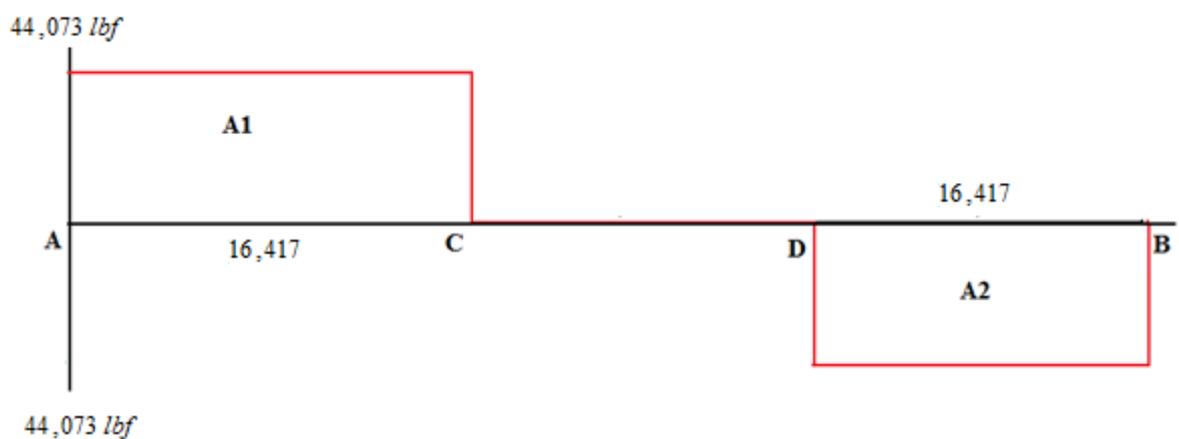
$$R_B = \frac{1967,638}{44,645} = 44,073\text{ lbf}$$

$$\sum F_Y = 0$$

$$R_A + R_B - F_1 - F_2 = 0$$

$$R_A + 44,073 - 44,073 - 44,073 = 0$$

$$R_A = -44,073$$



$$A_1 = A_2$$

$$A_1 = 44,073 \times 16,417$$

$$A_1 = 723,558\text{ lbf} \cdot \text{in} = M$$



$$S_y = 276 \frac{N}{mm^2} \times \frac{(2,54)^2 cm^2}{1in^2} \times \frac{(10mm)^2}{1cm^2} \times \frac{Kgf}{9,8N} \times \frac{2,2lb}{1Kgf} = 39973,586 Kpsi$$

$$D_y = \left[\frac{32 \times n}{\pi \times S_y} \times (\sqrt{M^2 + T^2}) \right]^{1/3}$$

$$D_y = \left[\frac{32 \times 3}{\pi \times 39973,586} \times (\sqrt{723,558^2 + 0^2}) \right]^{1/3}$$

$$D_y = 0,717in \times \frac{2,54cm}{1in} \times \frac{10mm}{1cm} = 18,214mm$$

Se escoge un eje de diámetro normalizado o estándar de 25mm

2.1.2.2 Selección de Rodamientos lineales

Se ha seleccionado rodamientos lineales a bolas SKF para construir fácil y económicamente el sistemas de guiado lineal del eje Y. (Figura 2.23)

En este caso si las condiciones de carga son elevadas, sus características están conforme a la norma ISO.



LBCR

Figura 2.23 Rodamientos lineales SKF

Es un rodamiento lineal a bolas que combina una jaula de plástico con segmentos de rodadura de acero endurecido para el guiado de los conjuntos de bolas.

El rodamiento presenta las dimensiones de la serie 1 conforme a la norma ISO 10285. El diseño de los segmentos de rodadura del permite aprovechar toda la longitud de la zona de carga, se incrementa la capacidad de carga y alarga la vida útil del rodamiento.

La jaula de plástico ha sido rediseñada para obtener un rendimiento óptimo. Todas las recirculaciones de bolas han sido diseñadas de forma que no ofrezcan resistencia a la jaula

Son rodamientos estándar y a prueba de corrosión. El reten de doble labio que llevan integrado garantiza un uso exento de mantenimiento bajo condiciones de operación normales.

Los rodamientos lineales a bolas que seleccionamos son de la serie de LBCR de avanzado diseño cilíndrico (Figura 2.24).

	Tipo	Tamaño (mm)	Máx. carga (N) dinámica/estática	Comentarios	Serie ISO	Núm. pág.
	LBCR	5 a 80	37 500 / 32 000		3	20

Figura 2.24 Rodamientos seleccionados

Se selecciono en función de su capacidad de máxima carga que es de 32000N. Tenemos el peso de la mesa que se divide para cuatro rodamientos lineales más la fuerza de corte, estas son la máxima carga que debe soportar los rodamientos.

$$F_1 = \frac{W_{MESA} + Fc}{4} = \frac{23,78lbf + 152,515lbf}{4} = 44,073lbf$$

$$F1 = 44,073lbf \times \frac{1Kf}{2,2lbf} \times \frac{9,8N}{1Kf} = 196,328 N$$

Este valor de de fuerza de 196,328N esta dentro del rango de 32000N que esta diseñado el rodamiento lineal para soportar.

Pueden montarse tanto en carcasas cerradas como en carcasas ajustables.

Cuando dichos rodamientos se montan en carcasas cerradas, la tolerancia del

diámetro inscrito de la bola y, por ende, el juego de trabajo, los determina la tolerancia del diámetro de alojamiento de la carcasa.

Los rodamientos lineales vienen lubricados con grasa de altas prestaciones LGEP2 de SKF.

LGEP2 es una grasa de rodamientos de SKF para presiones extremas y variadas aplicaciones industriales y automotrices, industria alimentaria, para laboratorios o para entornos a altas temperaturas

Basado en un aceite mineral al litio, provee una gran resistencia a la corrosión y protección frente al desgaste.

2.1.2.3 Cálculo del diámetro del tornillo de potencia para el carro “Y”

$$F = W_{\text{mesa}} + W_2$$

Donde:

$$W_{\text{mesa}} \text{ (lbf)} = 23,78 \quad \text{Peso de la mesa}$$

$$W_2 \text{ (lbf)} = 152,515 \quad \text{Fuerza de corte}$$

Entonces:

$$F = W_{\text{mesa}} + W_2 = 23,78 \text{ lbf} + 152,515 \text{ lbf} = 176,295 \text{ lbf}$$

El área transversal del tornillo de potencia:

$$A = \frac{F}{\sigma}$$

Donde:

$$F \text{ (lb)} = 176,295 \quad \text{Peso total para el cálculo del tornillo X}$$

$$\sigma \text{ (lb/in}^2\text{)} = 1000 \quad \text{Esfuerzo admisible del material (Acero SAE1045)}$$

Entonces:

$$A = \frac{F}{\sigma} = \frac{176,295 \text{ lb}}{1000 \text{ lb/in}^2} = 0,176 \text{ in}^2$$

El diámetro del tornillo de potencia se calcula con la siguiente expresión.

$$d_y = \sqrt{\frac{4A}{\pi}}$$

$$d_y = \sqrt{\frac{4 * 0,176}{\pi}} = 0.473 \text{ in} = 12,023 \text{ mm}$$

El diámetro de tornillo normalizado o estándar es de 16mm

2.1.2.4 Calculo del Torque para la estructura Y

2.1.2.4.1 Inercia Total

Para la inercia por el peso de la plataforma o la carga en sí (I_P) se necesita:

$W_{\text{mesa}} \text{ (lb)} = 23,78$	Peso de la mesa y de la materia prima
$P \text{ (in)} = 5.08$	Hilos por pulgadas del husillo

$$p = \frac{25.4\text{mm}}{5\text{mm}} = 5.08\text{hpp}$$

$$I_P = \left(\frac{W}{p^2}\right)\left(\frac{1}{2\pi}\right)^2 = \left(\frac{23,78}{5.08^2}\right)\left(\frac{1}{2\pi}\right)^2 = 0.04\text{lb.in}$$

Para la inercia por el tornillo (I_T) se necesita:

$D = 16\text{mm} = 0.6\text{in}$	Diámetro del tornillo
$L = 1000\text{mm} = 39.37\text{in}$	Longitud roscada del tornillo

$$I_T = \frac{D^4 L}{36} = \frac{0.6^4 \times 39.37}{36} = 0.17\text{lb.in}^{13}$$

¹³ Construcción de máquinas eléctricas de Gino Gibora

Para la inercia del motor que acciona el sistema (I_M) se toma en cuenta la inercia de un motor DC NEMA 34 comúnmente utilizado en máquinas CNC; entonces:

$$I_M = 0.35 \text{ lb.in}^2$$

La inercia total es la suma de las tres:

$$I_{EQ} = I_P + I_T + I_M = 0.04 + 0.17 + 0.35 = 0.56 \text{ lb.in}$$

2.1.2.4.2 Velocidad Angular

Para la velocidad angular de la plataforma en pasos por segundo (sps) se necesita

V_{Lmax} (mm/min) = 430	Velocidad lineal máxima de la plataforma
spr = 360	recomendada para máquinas CNC
p (hpp) = 5.08	Pasos por revolución o ciclos por revolución para encoders comerciales
	Paso del husillo en hilos por pulgada

$$\omega = \frac{V_{Lmax} \cdot spr \cdot p}{60} = \frac{430 \cdot 360 \cdot 5.08}{60} = 13106.4 \text{ sps}$$

Los pasos incrementales θ en grados para el encoder seleccionado de 5000 de 240 spr, se calcula con la siguiente expresión.

$$\theta = \frac{360^\circ / rev}{360 \text{ pasos}} = 1^\circ / \text{paso}$$

2.1.2.4.3 Torque requerido por la inercia total (T_A)

Para el cálculo de este torque se requiere:

I_{eq} (mm/min) = 0.53	Inercia total
ω (sps) = 13106.4	La velocidad angular de la plataforma
θ (°/paso) = 1	Pasos incrementales θ en grados para un encoder comercial de 240 spr
t (segundos) = 0.12	Tiempo de aceleración para un motor NEMA 34

$$T_A = \frac{2I_{eq} \omega \pi \theta}{4 \cdot 80 \cdot t} \quad 14$$

$$T_A = \frac{2 \cdot 0.56 \cdot 82033.33 \cdot \pi \cdot 0.072}{4 \cdot 80 \cdot 0.12} = 88.95 \text{ onz.in}$$

2.1.2.4.4 Torque requerido para vencer la fuerza de fricción (T_B)

Para el cálculo se requiere:

F_f (lb) = 0.375	Fuerza de fricción requerida para mover la plataforma ¹⁵
p (hpp) = 5.08	Paso del husillo en hilos por pulgada
η (%) = 90	Eficiencia del husillo a bolas ¹⁶

$$T_B = \frac{16F_f}{2 \times \pi \times p \times \eta}$$

$$T_B = \frac{16 \cdot 0.375}{2 \cdot \pi \cdot 5.08 \cdot 0.9} = 0.21 \text{ onz.in}$$

Finalmente el torque total será:

$$T = T_A + T_B$$

$$T = 88.95 + 0.21 \text{ onz.in} = 89.16 \text{ onz.in} = 0.63 \text{ Nmm}$$

¹⁴ Construcción de máquinas eléctricas de Gino Gibora

¹⁵ <http://frs-cnc.com/foro/profile.php?mode=viewprofile%u=759>

¹⁶ www.techo.com/support/download.cat.pdf (Catálogo de selección de husillos a bolas Techno Inc)

2.1.3 DISEÑO Y CONSTRUCCION PARA EL MOVIMIENTO EN EL EJE “Z”

Estas ecuaciones se utilizan en este caso por que el Cabezal Grabador y de Fresado es una Carga (L) que se desplaza Verticalmente (Figura 2.25).

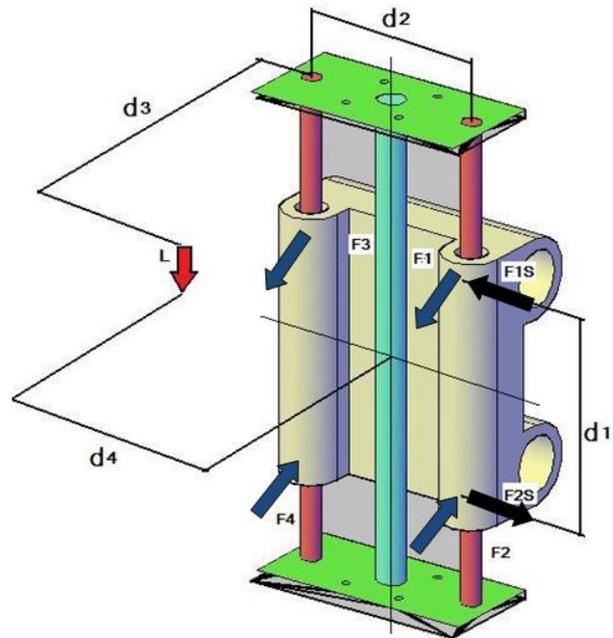


Figura 2.25 Desplazamiento vertical

$$F_1 = F_3 = \frac{L}{2} \left(\frac{d_3}{d_1} \right)$$

$$F_2 = F_4 = -\frac{L}{2} \left(\frac{d_3}{d_1} \right)$$

$$F_{1s} = F_{3s} = \frac{L}{2} \left(\frac{d_4}{d_2} \right)$$

$$F_{2s} = F_{4s} = -\frac{L}{2} \left(\frac{d_4}{d_2} \right)$$

Para nuestro caso tenemos que:

$F_c = 679,385 \text{ N}$ Fuerza de corte

$W_{\text{motor}} = 13,2 \text{ lb}$ Peso del motor

$W_{\text{acero}} = 7,797 \text{ lb}$ Peso de la placa soporte

$$W_{\text{motor}} + W_{\text{cero}} = 13,2\text{lb} + 7,797 \text{ lb} = 20,997\text{lb} \times \frac{1\text{Kg}}{2,2\text{lb}} = 9,544 \times 9,8 \frac{m}{s^2} = 93,532 \text{ N}$$

$$L = F_c + 93,532\text{N} = 679,385 + 93,532 = 772,917 \text{ N}$$

d1 (mm)	90	Distancia d ₁ de la figura 2.23, dato de los planos mecánicos
d2 (mm)	108	Distancia d ₂ de la figura 2.23, dato de los planos mecánicos
d3 (mm)	90	Distancia d ₃ de la figura 2.23, dato de los planos mecánicos
d4 (mm)	0	Distancia d ₄ de la figura 2.23, dato de los planos mecánicos

Entonces:

$$F_1 = F_3 = \frac{L}{2} \left(\frac{d_3}{d_1} \right) = \frac{772,917}{2} \left(\frac{90}{90} \right) = 386,458 \text{ N}$$

$$F_2 = F_4 = -\frac{L}{2} \left(\frac{d_3}{d_1} \right) = -\frac{772,917}{2} \left(\frac{90}{90} \right) = -386,458 \text{ N}$$

$$F_{1s} = F_{3s} = \frac{L}{2} \left(\frac{d_4}{d_2} \right) = \frac{772,917}{2} \left(\frac{0}{108} \right) = 0$$

$$F_{2s} = F_{4s} = -\frac{L}{2} \left(\frac{d_4}{d_2} \right) = -\frac{772,917}{2} \left(\frac{0}{108} \right) = 0$$

Se escoge $F_1 = 386,458\text{N}$

Se obtiene el momento flector máximo. (Figura 2.26)

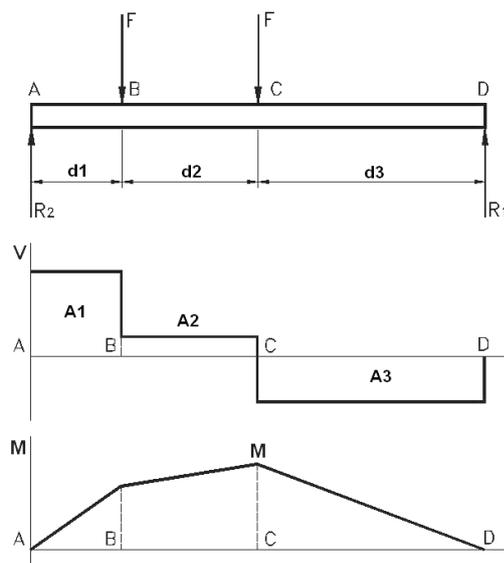


Figura 2.26 Momento flector máximo eje Z

d1 (mm)	22	Distancia d ₁ obtenida de los planos mecánicos
d2 (mm)	90	Distancia d ₂ obtenida de los planos mecánicos
d3 (mm)	144	Distancia d ₃ obtenida de los planos mecánicos
n.	2	Factor de Seguridad
Sy(N/mm ²)	276	Resistencia a la fluencia del acero plata K-510

$$\sum M_A = 0$$

$$F \cdot d_1 + F(d_1 + d_2) - R_1(d_1 + d_2 + d_3) = 0$$

$$R_1 = \frac{F \cdot d_1 + F(d_1 + d_2)}{d_1 + d_2 + d_3} = \frac{386,458N(22mm) + (386,458N)(22mm + 90mm)}{22mm + 90mm + 144mm} = 199,267N$$

$$\sum F_Y = 0$$

$$R_2 - F - F + R_1 = 0$$

$$R_2 = 2F - R_1 = 2(386,458N) - 199,267N = 573,648N$$

$$A_1 = R_2 d_1 = (573,648N)(22mm) = 12620,269 \text{ Nmm}$$

$$A_2 = R_2 - F d_2 = (573,648N - 386,458N)(90mm) = 16847,153 \text{ Nmm}$$

$$A_3 = R_2 - F - F d_3 = (573,648N - 386,458N - 386,458N)(144mm) = -28694,506 \text{ Nmm}$$

Se escoge la mayor que es 28694,506Nmm, es la que corresponde al momento flector máximo de la estructura vertical "Z"

El esfuerzo normal máximo que soporta el material

$$\sigma_{\max} = \frac{S_y}{n}$$

Donde:

$$S_y \text{ (N/mm}^2\text{)} = 276 \quad \text{Resistencia a la fluencia en el acero K-510}$$

$$n = 2 \quad \text{Factor de seguridad}$$

Entonces:

$$\sigma_{\max} = \frac{276 \text{ N/mm}^2}{2} = 138 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

El módulo de resistencia para el material seleccionado

$$S = \frac{M}{\sigma_{\max}}$$

Donde:

$$M \text{ (Nmm)} = 28694,506 \quad \text{Momento flector máximo}$$

$$\sigma_{\max} \text{ (N/mm}^2\text{)} = 138 \quad \text{Esfuerzo normal máximo}$$

Entonces:

$$S = \frac{M}{\sigma_{\max}} = \frac{28694,506 \text{ N mm}}{138/\text{mm}^2} = 207,931 \text{ mm}^3$$

El diámetro del eje guía del carro Z

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot S}{\pi}} = \sqrt[3]{\frac{32 * 207,931}{\pi}} = 12,842 \text{ mm}$$

Se selecciono ejes de diámetro normalizado o estándar de 14mm

2.1.3.1 Cálculo del diámetro del tornillo de potencia para el carro “Z”.

El peso total para el cálculo del tornillo se calcula con la siguiente expresión.

$$F = W_{\text{motor}} + W_{\text{acero}} + F_c$$

Donde:

$$W_m \text{ (lbf)} = 13,2 \quad \text{Peso del motor}$$

$$W_{\text{acero}} \text{ (lbf)} = 7,797 \quad \text{Peso de la estructura en la que está acoplado el Motor}$$

$$F_c \text{ (lbf)} = 152,515 \quad \text{Fuerza de corte}$$

Entonces:

$$F = 13,2 \text{ lbf} + 7,797 \text{ lbf} + 152,515 \text{ lbf} = 173,512 \text{ lbf}$$

El área transversal del tornillo se calcula con la siguiente expresión.

$$A = \frac{F}{\sigma}$$

Donde

$$F \text{ (lbf)} = 173,512 \quad \text{Peso total para el cálculo del tornillo Z}$$

$$\sigma \text{ (lbf/in}^2\text{)} = 1000 \quad \text{Esfuerzo admisible del material}$$

Entonces:

$$A = \frac{173,512 \text{ lbf}}{1000 \text{ lbf/in}^2} = 0,173 \text{ in}^2$$

El diámetro del tornillo de potencia se calcula con la siguiente expresión.

$$d = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 * 0,173}{\pi}} = 0.469 \text{ in} = 11,92 \text{ mm}$$

Se selecciono el tornillo estándar de 16mm

2.1.3.2 Cálculo del torque para la estructura Z

El peso de la herramienta y la estructura en la que se encuentra acoplada es:

$$F = 173,512 \text{ lbf} \times \frac{1 \text{ Kgf}}{2,2 \text{ lbf}} \times \frac{9,8 \text{ N}}{1 \text{ Kgf}} = 772,917 \text{ N}$$

Las dimensiones del tornillo a bolas M16 son:

$d_e = 16 \text{ mm}$ diámetro exterior del tornillo.

$d_m = 13 \text{ mm}$ diámetro medio del tornillo.

$p = 5 \text{ mm}$ paso.

$\mu = 0.15$ coeficiente de fricción.

Para el torque necesario para que suba el carro Z se necesita.

$F \text{ (N)} = 772,917\text{N}$ Peso total para el cálculo del tornillo

$d_m \text{ (mm)} = 13$ Diámetro medio del tornillo

$p \text{ (mm)} = 5$ Paso del tornillo

$\mu = 0.15$ Coeficiente de fricción en el tornillo

$$T = \frac{F \cdot d_m}{2} \left[\frac{p + \pi \cdot \mu \cdot d_m}{\pi \cdot d_m - \mu \cdot p} \right]^{17} \quad \text{(Ec 2.22)}$$

$$T = \frac{F \cdot d_m}{2} \left[\frac{p + \pi \cdot \mu \cdot d_m}{\pi \cdot d_m - \mu \cdot p} \right] = \frac{772,917\text{N} \cdot 13\text{mm}}{2} \left[\frac{5\text{mm} + \pi \cdot 0.15 \cdot 13\text{mm}}{\pi \cdot 13\text{mm} - 0.15 \cdot 5\text{mm}} \right] = 879,701 \text{ Nmm}$$

Para el torque necesario para que baje el carro Z se necesita

$$T = \frac{F \cdot d_m}{2} \left[\frac{\pi \cdot \mu \cdot d_m - p}{\pi \cdot d_m + \mu \cdot p} \right] = \frac{772,917\text{N} \cdot 13\text{mm}}{2} \left[\frac{\pi \cdot 0.15 \cdot 13\text{mm} - 5\text{mm}}{\pi \cdot 13\text{mm} + 0.15 \cdot 5\text{mm}} \right] = 249,364 \text{ Nmm}$$

Se escoge $T = 879,701\text{Nmm} = 0.879\text{Nm}$

Una vez obtenido los torques se decidió realizar el mismo reductor para cada uno de los ejes y de esta manera aseguramos el movimiento de cada uno, ya que el torque requerido en cada eje y con los reductores mecánicos aumenta el torque y reduce la velocidad, lo que interesa en este caso es el torque

2.1.3.3 Engranajes Cilíndricos Helicoidales de Tornillo sin Fin

En un engranaje helicoidal los ejes se cruzan a 90° . El número de entradas o filetes está comprendido entre 1-8, en el caso del ángulo de inclinación del tornillo

¹⁷ Resistencia de Materiales de Shigley

sin fin en este caso es $\beta = 90^0$. Para nuestros reductores se utilizará la cremallera base modulo 1, teniendo en cuenta:

Preferentes:	1, 2, 4, 8, 16
Módulos Normales:	1.25, 2.5, 5, 10, 20
Complementarios:	1.5, 3, 6, 12

El mecanismo de tornillo sin fin admite una gran reducción, $i = \frac{z1}{z2} = 1$ a 50 se a escogido 40. En cuanto al material utilizado para la fabricación es de acero para tornillo y el de la rueda será bronce.

- Rueda

Diámetro Primitivo [mm]

Se recomienda que el diámetro sea 8, 10, 12, 16, 20, 40 veces el módulo

$$d2 = mc2 * Z2 \quad d2 = 1 * 40 = 40mm; \text{ Numero de Dientes } z=40$$

Módulo axial o módulo circunferencial de rueda [mm]

$$mx1 = m=1 \quad mc2 = mx1$$

Addendum [mm]

$$a2 = m$$

Dedendum [mm]

$$b2 = 1,2 * m \quad b2 = 1,2 * 1 = 1,2mm$$

Altura de diente [mm]

$$a + b = h \quad 1 + 1,2 = 2,2mm$$

Ancho de Corona [mm]

$$\text{De 1 a 2 filetes, } B = 7,5 * 1 + 6 = 13,5mm$$

Radio de Garganta [mm]

$$R = \frac{d2}{2} - m \quad R = \frac{40}{2} - 1 \quad R = 19mm$$

Paso axial de Tornillo [mm] o Paso circunferencial de rueda [mm]

$$Px1 = mx1 * \pi = \quad Px1 = 1 * \pi \quad Px1 = 3,1416mm \quad Pc2 = Px1$$

Paso normal de Tornillo [mm] o Paso normal de rueda [mm]

$$Pn1 = Px1 * Sen\beta \quad Pn1 = 3,1416 * Sen90^\circ = 3,1416 mm \quad Pn2 = Pn1$$

Diámetro Exterior de rueda [mm]

$$De = m * (z+2) \quad De = 1 * (40+2) \quad De = 42mm$$

Diámetro de Torneado máximo de rueda [mm]

$$det \max = de2 + 1,5 * m \quad det \max = 42 + 1,5 * 1 = 43,5mm$$

Diámetro de Torneado mínimo de rueda [mm]

$$det \min = de2 + m \quad det \min = 42 + 1 = 43mm$$

Diámetro interior de rueda [mm]

$$di = \frac{d2}{3} - \frac{7}{3} * mn \quad di = \frac{40}{3} - \frac{7}{3} * 1 = 37,6mm$$

- Tornillo sin-fin

Se requiere para el servomotor un tornillo sin-fin que se acople con una rueda dentada.

Diámetro primitivo [mm]

$$d1 = q * xm1 \quad d1 = 16 * 1 = 16mm$$

Diámetro exterior [mm]

$$de1 = d1 + 2m \quad de1 = 16 + 2 * 1 = 18mm$$

Longitud de Tornillo

$$l = 6 * p \times 1 \quad l = 6 * 3,1416 = 18,84mm$$

Diámetro interior [mm]

$$di = d1 - \frac{7}{3} * m \quad di = 16 - \frac{7}{3} * 1 = 13,667mm$$

Altura de Diente [mm]

$$a + b = h \quad 1 + 1,2 = 2,2mm$$

Distancia entre centros [mm]

$$c = \frac{d1 + d2}{2} \quad c = \frac{16 + 40}{2} = 28mm$$

2.3 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LA BASE PRINCIPAL DE LA MÁQUINA

En una máquina-herramienta la base permite un apoyo correcto del pantógrafo y la característica principal que debe tener es su rigidez ya que no debe producir vibraciones.

Se va a utilizar tubo estructural cuadrado ASTM de 1 pulgada a continuación se muestra las dimensiones: (Figura 2.27)

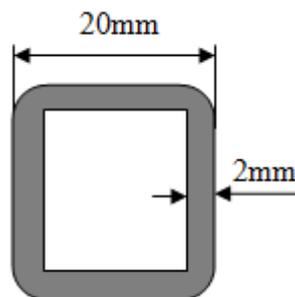


Figura 2.27 Tubo estructural cuadrado

Esta es la estructura de la base que será construida con tubo cuadrado (Figura 2.28)

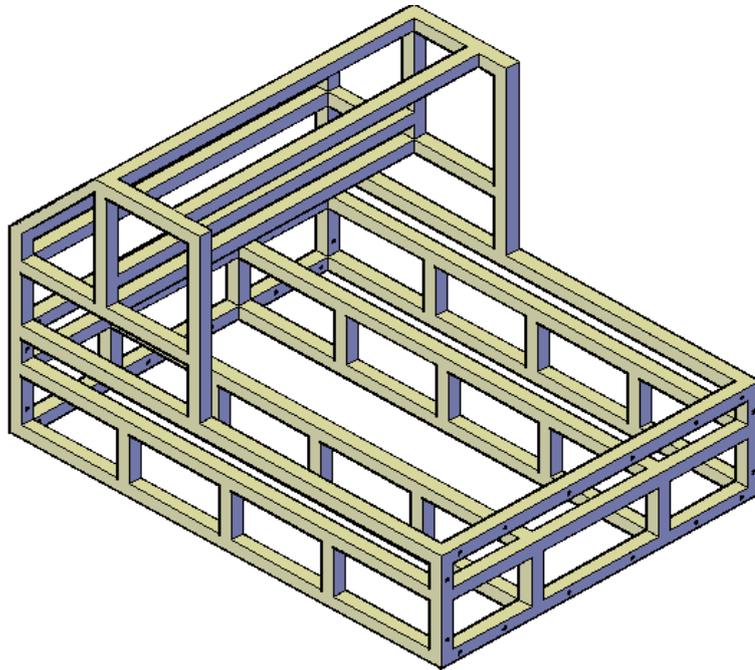


Figura 2.28 Estructura de la base

2.3 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE SUJECIÓN PARA LAS PLACAS A MARCAR.

Para facilitar la sujeción de las piezas, la mesa está dotada de unas ranuras en forma de T para permitir la fijación de mordazas u otros elementos de sujeción de las piezas.

Para conseguir una correcta fijación de las piezas en la mesa de trabajo de un pantógrafo se utilizan diversos dispositivos. El sistema de sujeción que se adopte debe permitir que la carga y la descarga de la pieza en la mesa de trabajo sean rápidas y precisas, garantizar la repetibilidad de las posiciones de las piezas y su amarre con una rigidez suficiente. Además, el sistema de sujeción empleado debe garantizar que la herramienta de corte pueda realizar los recorridos durante las operaciones de corte sin colisionar con ningún utillaje.

Existen dos tipos principales de dispositivos de fijación: las bridas de apriete y las mordazas, siendo estas últimas las más usuales.

Las mordazas empleadas pueden ser de base fija o de base giratoria. Las mordazas de base giratoria están montadas sobre un plato circular graduado pudiendo ser de accionamiento manual o de accionamiento hidráulico (Figura 2.29). Las mesas circulares, los platos giratorios y los mecanismos divisores son elementos que se colocan entre la mesa de la máquina y la pieza para lograr orientar la pieza en ángulos medibles.



Figura 2.29 Mordazas de accionamiento manual o hidráulico

Las bridas de apriete son utilizadas para la fijación de las piezas y los dispositivos que se utilizan, las mesas disponen de unas ranuras en forma de T en las cuales se introducen los tornillos que fijan los utillajes y dispositivos utilizados. En maquinas CNC se debe procurar que la carga y descarga de las piezas tengan un ahorro de tiempo. (Figura 2.30)

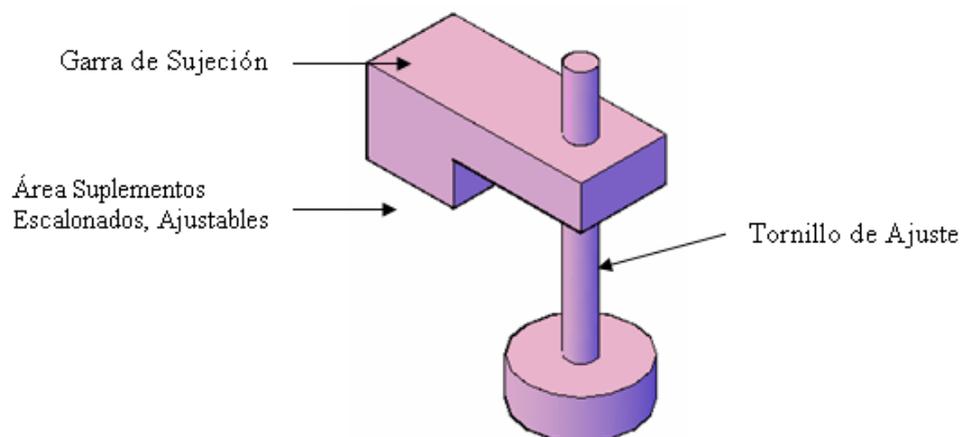


Figura 2.30 Bridas de sujeción

Se seleccionó colocar bridas de sujeción ya que permite la sujeción de la pieza conforme la longitud de la rosca del tornillo de ajuste y se puede añadir suplementos escalonados y ajustables según la pieza a sujetar. (Figura 2.31)

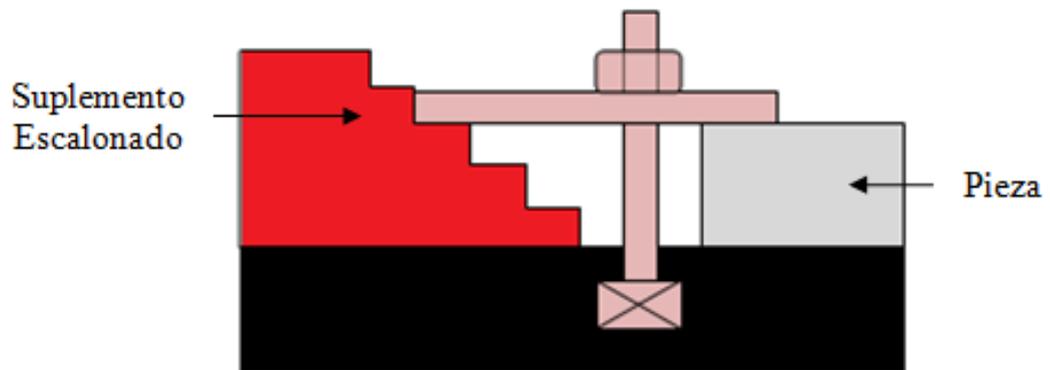


Figura 2.31 Sujeción con suplementos escalonados

2.4 ENSAMBLAJE DEL SISTEMA MECANICO

El montaje y descripción de sus partes se muestra en los planos mecánicos. (Ver Anexo B.P)

CAPITULO III

III. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LOS SISTEMAS DE CONTROL

3.1 SISTEMA DE CONTROL PARA EL EJE X, Y, Z.

Un sistema de control es un conjunto de dispositivos electrónicos que interactúan entre sí con el fin de obtener un resultado el control de posición y velocidad en los ejes X, Y, Z.

Existen sistemas de control en lazo cerrado y abierto, en el eje X y Y se utiliza sistemas de control en lazo cerrado a diferencia del eje Z se utilizara un sistema de control en lazo abierto (Figura 3.1).

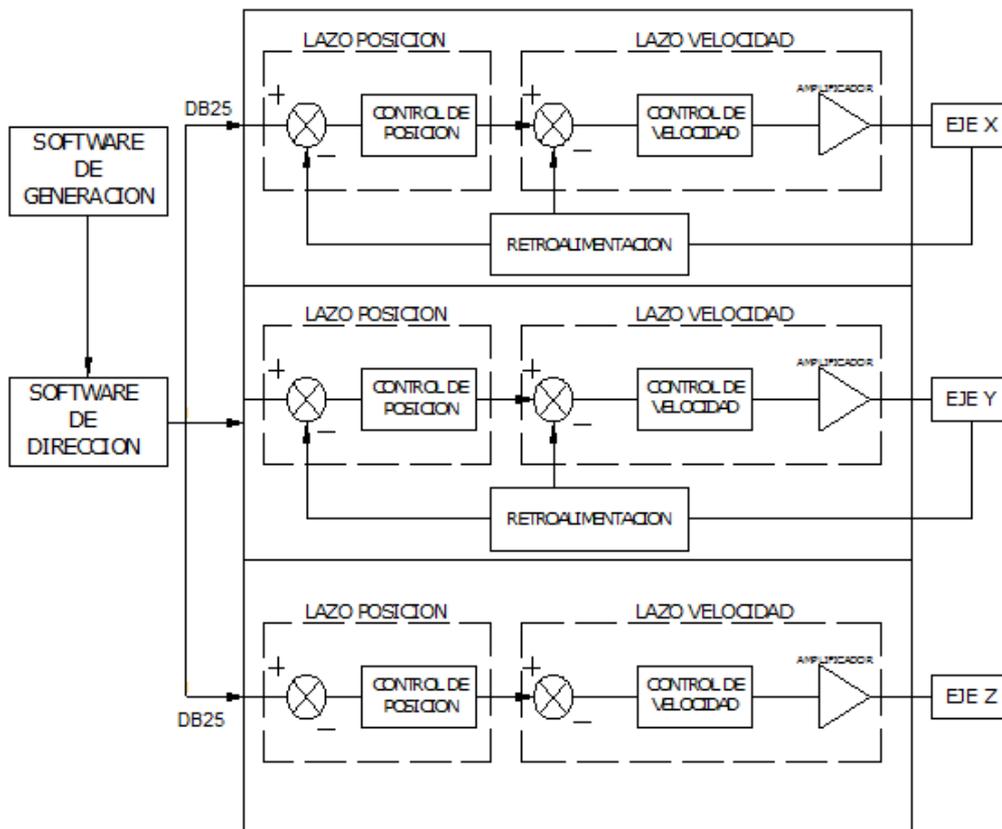


Figura 3.1 Diagrama de bloque del sistema de control

Software Generación.- Es un software de enlace CAD/CAM que permite la transformación de modelos bidimensionales, tridimensionales en códigos G.

Software Dirección.- es un software de control o direccionamiento para máquinas CNC permitiendo el envío de datos (código G) para el control de movimientos en los servomotores X, Y, Z.

Puerto Paralelo.- Sistema de comunicación DB25 que permite el envío de datos.

Lazo Abierto.- Es un sistema de control que no puede realizar control automático sobre la variable.

Lazo Cerrado.- Es un sistema de control que permite realizar correcciones sobre la variable controlada por medio de la retroalimentación.

Retroalimentación.- Consiste en tomar la señal de salida y enviarla a la entrada para realizar una comparación.

Comparador.- Dispositivo electrónico que realiza una resta o comparación entre la señal de entrada y de realimentación.

Amplificador.- Constituye un bloque actuador que realiza el cambio de la señal de baja potencia en alta potencia.

3.1.1 TARJETA PRINCIPAL

Es una tarjeta interfaz de recepción de datos y envío de señales eléctricas por medio del puerto DB25. La recepción de datos se refiere a los archivos CAD guardados y una vez que se genera el archivo CAM o DXF estos son enviados por medio de códigos G a la tarjeta principal para que las señales eléctricas lleguen a las tarjetas controladoras de los servomotores. Esta tarjeta tiene los siguientes componentes:

- Fuente de alimentación.

Permite operar a 115VAC o 220VAC. El voltaje se selecciona mediante un interruptor J24 (Figura 3.2).

Si quiere conectar 115 VA, coloque un puente en J24 entre los pines 1 y 2.

Si quiere conectar 220 VAC, coloque un puente en J24 entre los pines 5 y 6.

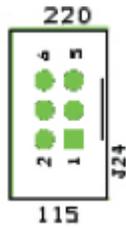
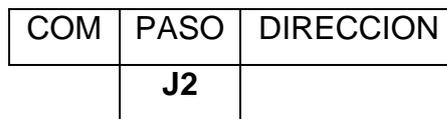


Figura 3.2 Interrupor de voltaje

Tiene 5 Vdc regulados para alimentar el óptoacoplador. También proporciona la alimentación a 12 Vdc de alimentación regulada. Los 12 Vdc de potencia se utilizan para suministrar energía a los sensores de proximidad y de conducir relés de estado sólido.

- Control de Servomotores

Este componente tiene para conectar 4 ejes X, Y, Z, W cada eje se conecta a los terminales J2, J3, J4, J5.



Del puerto vienen señales del pin 2 al pin 9 y estas se deben conectar para cada eje (Figura 3.3).

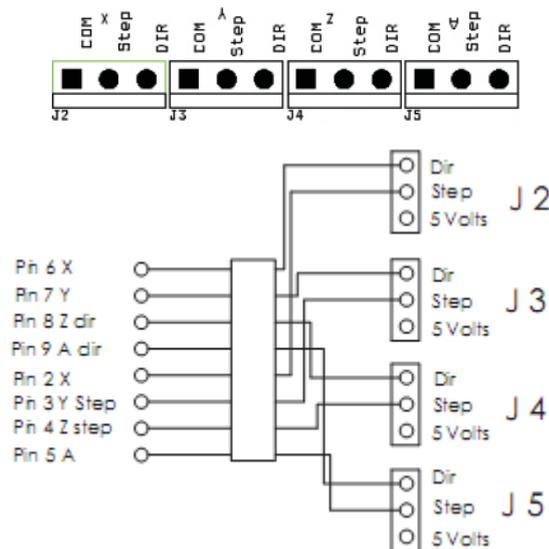


Figura 3.3 Conexiones del puerto

- Control de Finales de Carrera

Este componente tiene para 4 interruptores de accionamiento mecánico que se designan como Xhome, Yhome, Zhome, Whome, para cada eje X, Y, Z, W y se conectan a los terminales J9, J10, J12, J13 (Figura 3.4).

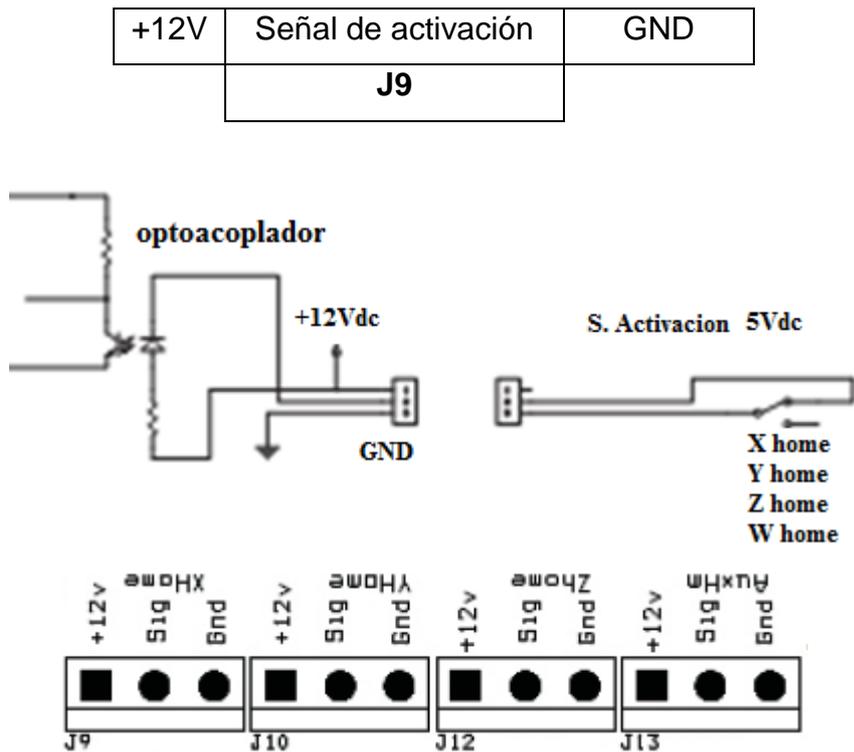


Figura 3.4 Conexiones finales de carrera

3.1.2 TARJETAS CONTROLADORAS DE SERVOMOTORES

Esta tarjeta controladora de servomotor (Ver Anexo C.B) tiene la función de recibir las señales de dirección y paso de la tarjeta principal y de comparar la señal de error del encoder y luego de realizar retroalimentación se puede enviar o procesar las señales de control a los servomotores.

La tarjeta G340 tiene las siguientes características:

- Compatible Mach3 (Código G)

- Tiene un multiplicador de paso de pulso. Que nos permite seleccionar 1, 2, 5 o 10 pulsos por cada entrada de pulsos de paso.
- Fuente de Alimentación 18 a 80Vdc.
- Frecuencia de los pulsos de paso 0-250 KHz
- Tiene optoaisladores en las entradas de dirección y pulso.
- Permite un control de ganancia y amortiguamiento para los servomotores.
- Soporta una corriente de 0-20 Amperios.
- Señal de alimentación para encoder 5Vdc y corriente 50mA.
- Su costo es mínimo.

Conexiones (Tabla 3.1):

TERMINAL	CONEXIÓN
PG	GND a la fuente de alimentación.
+18 a 80 VDC	Positivo a la fuente de alimentación.
ARM-	Armadura terminal negativo del motor.
ARM+	Armadura terminal positivo del motor.
ERR/RES	Conectarlo al terminal 7
ENC-	GND encoder
ENC+	Positivo encoder
PHASE A	Señal Pulsos del canal A del encoder.
PHASE B	Señal Pulsos del canal B del encoder
DIR	Señal de dirección Tarjeta Principal
STEP	Señal de paso Tarjeta Principal
COMM	Señal común +5VDC encoder

Tabla 3.1 Conexiones

Diagrama de Conexiones (Figura 3.5):

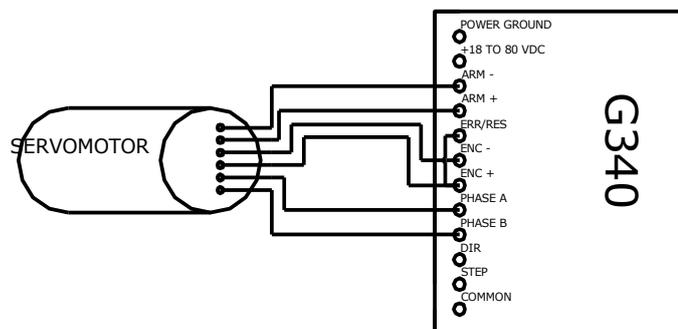


Figura 3.5 Diagrama de conexiones

3.1.3 COMUNICACIÓN A TRAVÉS DEL PUERTO PARALELO

El puerto paralelo (Figura 3.7) tiene un conjunto de entradas y salidas digitales empleadas para la lectura y adquisición de datos, de modo que se utiliza como interface de entrada/salida obteniendo un sistema en tiempo real.

Es una interfaz entre una computadora y un periférico cuya principal característica son los bits enviados en paquete de byte a la vez. Es decir, se implementa un cable o una vía física para cada bit de datos formando un bus. Mediante el puerto paralelo podemos controlar también periféricos de salida (motores),

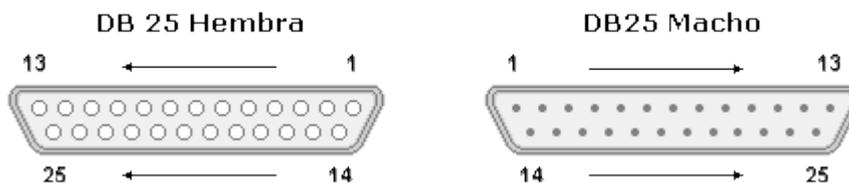


Figura 3.7 Forma física del puerto paralelo DB

Este puerto dispone de tres registros de 8 bit cada uno (un byte), cada uno de estos registros se denomina puertos, y cada uno de sus bits, representa un pin determinado del puerto. Los pines que van del 18 al 25, son para tierra, y sirven para conectar las descargas de los circuitos.

Puerto de datos (Pin 2 al 9): Es el PORT 888 y es de solo escritura, por este registro se envían los datos al exterior de la PC, no deben ser enviadas señales eléctricas al ordenador por estos pines.

Puerto de estado (Pin 15, 13, 12, 10 y 11): Es el PORT 889 y es de solo lectura, por aquí se envían señales eléctricas al ordenador, de este registro solo se utilizan los cinco bits, que son el bit 7, 6, 5, 4 y 3 teniendo en cuenta que el bit 7 funciona en modo invertido.

Puerto de control (Pin 1, 14, 16 y 17): Es el correspondiente al PORT 890, y es de lectura/escritura, es decir, se envían o reciben señales eléctricas, según las necesidades. De los 8 bits de este registro solo se utilizan los cuatro de menor

peso o sea el 0, 1, 2 y 3, con un pequeño detalle, los bits 0, 1, y 3 están invertidos (Figura 3.7).

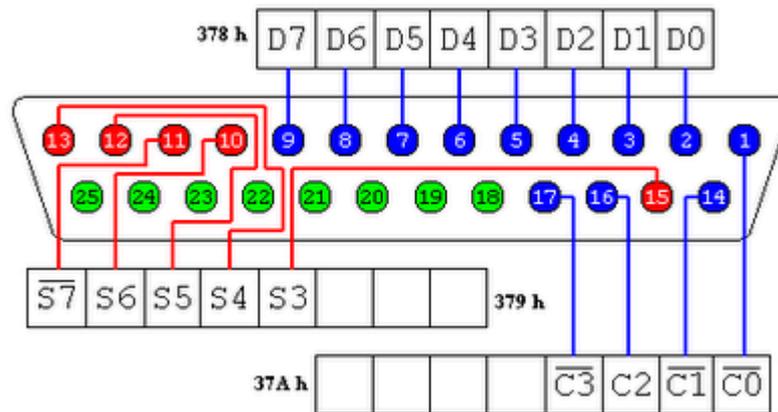


Figura 3.7 Conector del puerto paralelo DB 25 hembra

La tensión de trabajo del puerto es de 5 voltios. Si se activa un bit de salida por el puerto, este permanecerá así hasta que se cambie, es decir se estará enviando 5V de forma continua hasta que cambie a 0. El único problema con el puerto paralelo es los cables, no se deben extender para una gran longitud sin la amplificación de señal, permitiendo errores en los datos al momento de transmitir.

3.2 PROGRAMACION DEL SOFTWARE GRABADOR

Los sistemas de Diseño Asistido por Ordenador (CAD) se utilizan para generar modelos con características como el tamaño, el contorno y la forma de cada componente, almacenados como dibujos bi y tridimensionales. Una vez que estos datos dimensionales han sido introducidos y almacenados en el sistema, el diseñador puede modificar el diseño con mayor facilidad. Los sistemas CAD también permiten simular el funcionamiento.

Por lo general, los equipos CAM conllevan la eliminación de errores del operador y la reducción de costes por mano de obra. Sin embargo, la precisión constante y el uso óptimo previsto del equipo representan ventajas aún mayores.

Los equipos CAM se basan en una serie de códigos numéricos, almacenados en archivos informáticos, para controlar las tareas de fabricación. Este Control Numérico por Computadora (CNC) se obtiene describiendo las operaciones de la máquina en términos de los códigos especiales y de la geometría de formas de los componentes, creando archivos informáticos especializados o programas de piezas. La creación de estos programas de piezas es una tarea que, en gran medida, se realiza hoy día por software informático especial vinculados entre los sistemas CAD y CAM.

3.2.1 SELECCIÓN DEL SOFTWARE

Para el pantógrafo se utilizara programas CAD/CAM existentes en el mercado a un costo apropiado que facilitarán el control y ejecución del pantógrafo para obtener varias aplicaciones para el grabado y mecanizado por medio de fresado.

3.2.1.1 Software de Generación.

Es un sistema diseñado para crear sólidos y superficies por medio de Generación de Código G.

3.2.1.1.2 Bob Cad/Cam

La Versión 21 de BobCAD-CAM introduce una nueva compatibilidad de archivo externo con un CAD poderoso para Geometría lineal, superficies y sólidos. (Figura 3.9)



Figura 3.9 Versión V21

- 2D & 3D CAD/CAM
- Fácil de aprender
- Importación desde Sistema CAD
- Modelación.

3.2.1.1.3 Bob Art Pro x

El BOB ART PRO-X es un programa que permite convertir fotos en archivos CAD y en modelos de relieve rápida y fácilmente. El BobART PRO-X es para cualquiera que necesite trabajo artístico para 2D y 3D. (Figura 3.10)



Figura 3.10 BobArtPro-X

- 2D & 3D CAD/CAM.
- Importación de BMP, GIF, TIF, y otros bitmaps.
- Convierte imágenes en modelos de relieve rápidamente.
- Conversión a escala de grises automática.

3.2.1.2 Software de Direccionamiento.

Este software permite el envío de datos (código G) a través de un puerto paralelo hacia la tarjeta principal.

El envío de datos del programa NC a la tarjeta principal es en milisegundos. El valor 0 enviara estados normales a una velocidad telegráfica predeterminada de 9600 ms.

3.2.1.1.1 Mach 3

El Mach3 es un programa diseñado para la operación de máquinas CNC por medio de un Sistema CAD/CAM que permite la creación de sólidos y superficies los cuales se convierten en códigos de máquina y enviados a la tarjeta principal para que pueda controlar los actuadores a la máquina. (Figura 3.10)

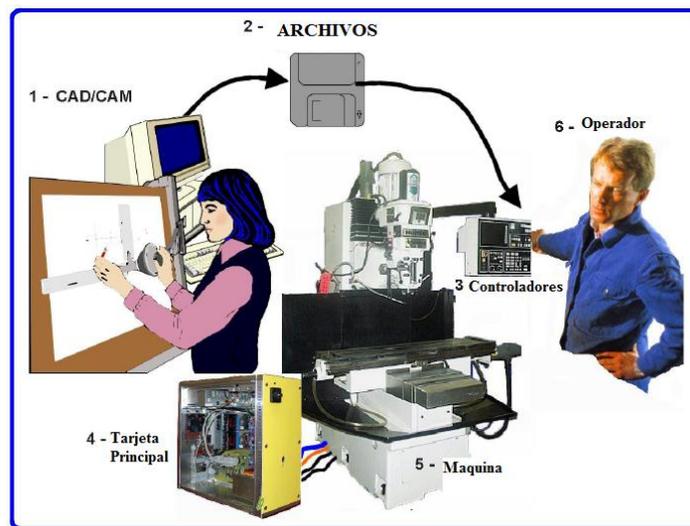


Figura 3.10 BobArtPro-X

3.2.2 CARACTERISTICAS Y REQUISITOS.

3.2.2.1 Mach3.

Requisitos

- Windows 2000, XP
- Procesador 1GHz
- Resolución de 1024 x 768 pixeles

3.2.2.2 Bob Cad/Cam y Bob Art Pro x

Requisitos Mínimos del Sistema:

- Procesador 900 MHz
- 256 MB RAM
- 60 MB de Disco Duro

- Windows 98, 2000, XP

Requisitos Recomendados para el Sistema:

Procesador 1.4 GHz

- 512 MB RAM
- 60 MB de Disco Duro
- 128 MB de Tarjeta de video.

3.2.3 CONFIGURACION

3.2.3.1 Mach3

Para la instalación del programa se debe dar un click en Mach3VersionR1 (Figura 3.11)



Figura 3.11 Mach3VersionR1

Se dá click en “siguiente” (Figura 3.12) y se abre una ventana para seleccionar el destino o unidad en la cual se va a instalar el programa y se dá un click en siguiente para comenzar la instalación del programa (Figura 3.13).

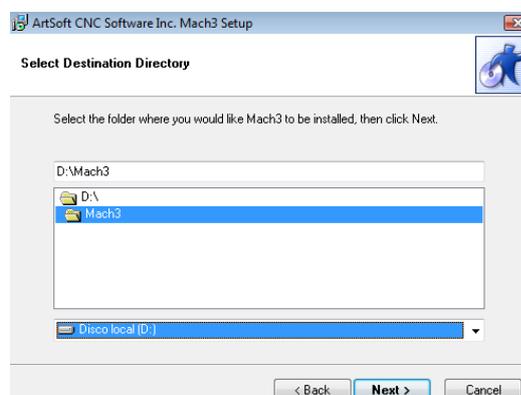


Figura 3.12 Selección destino

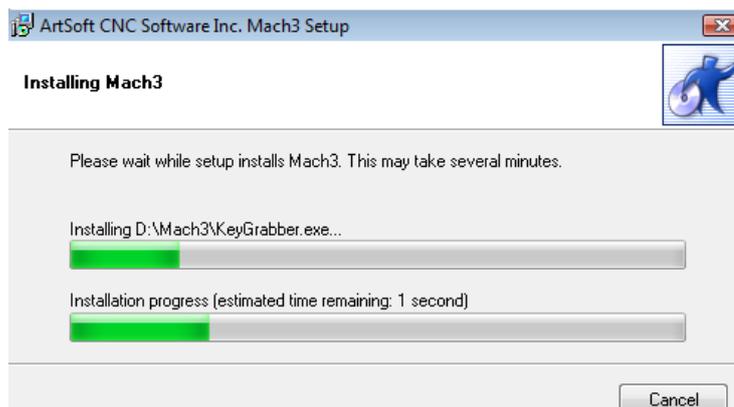


Figura 3.13 Inicio de instalación

Se debe ver que aparezca un mensaje (Figura 3.14) de compatibilidad de la tarjeta de video con las características del programa.

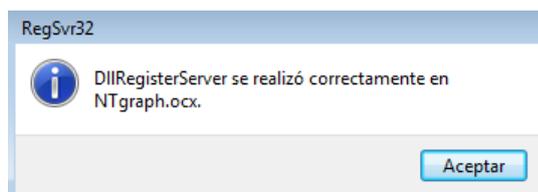


Figura 3.14 Compatibilidad de la tarjeta de video

Una vez instalado correctamente el programa se debe ver que aparezca el ícono del programa (Figura 3.15).

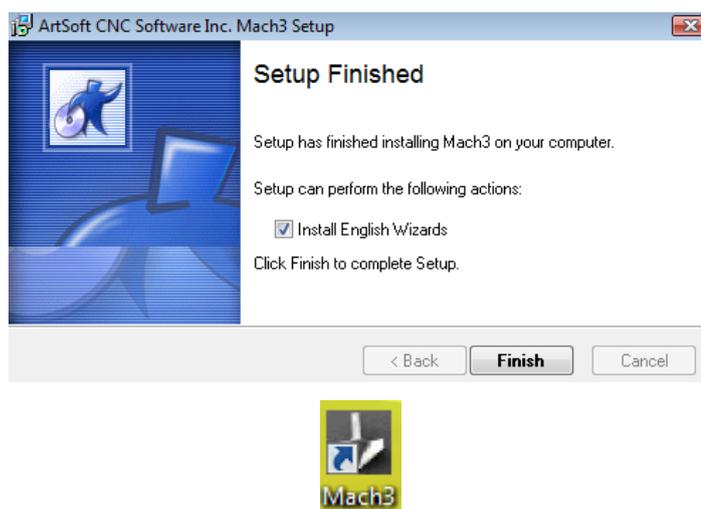


Figura 3.15 Icono del programa

Se Ingresa al programa y se reinicia el computador para que se instale automáticamente los controladores del MACH3.

Una vez que se instaló el programa se configura lo siguiente:

- Unidades de Medida.- En este caso hay dos opciones y se escoge trabajar en milímetros (Figura 3.16).

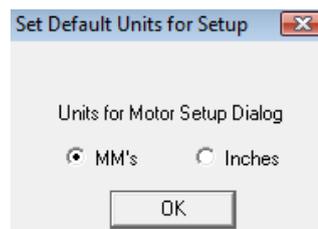


Figura 3.16 Selección de unidades

Luego se selecciona un puerto en este caso se utilizará el Port#1 (Figura 3.17) con una velocidad de envío de datos de 25000Hz.

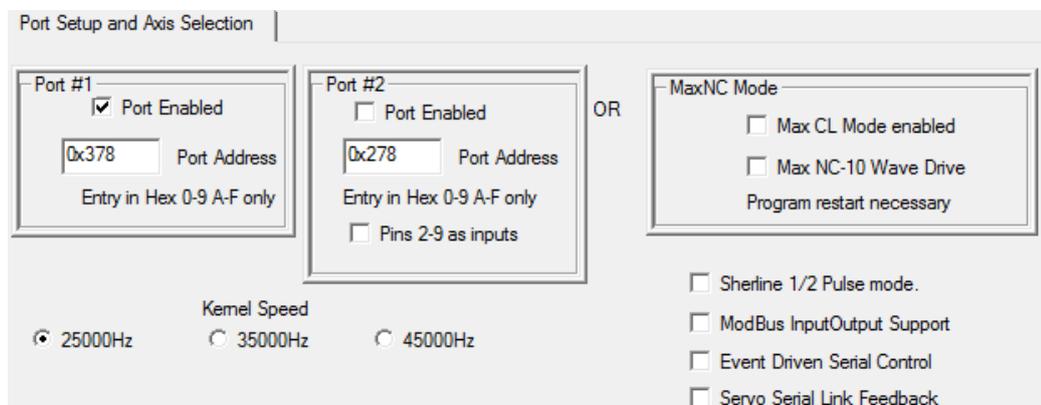


Figura 3.17 Selección del puerto

En la siguiente ventana de salidas para motores (Figura 3.18) se selecciona los ejes a utilizar en este caso para el eje X, Y, Z se activa en la primera columna.

Para el paso se envía por los pines 2, 3, 4 y para la dirección se envía por los pines 6, 7, 8. Se activa la dirección y el paso en nivel bajo, en las dos últimas columnas se ingresa el numero de puerto que en este caso es Port#1.

Motor Outputs							
Signal	Enabled	Step Pin#	Dir Pin#	Dir LowActi...	Step Low A...	Step Port	Dir Port
X Axis		2	6			1	1
Y Axis		3	7			1	1
Z Axis		4	8			1	1
A Axis		0	0			0	0
B Axis		0	0			0	0
C Axis		0	0			0	0
Spindle		0	0			0	0

Figura 3.18 Salidas a motores

Para lo que es interruptor de paro de emergencia y los finales de carrera se configura de la siguiente manera (Figura 3.19).

Signal	Enabled	Port #	Pin Number	Active Low	Emulated	HotKey
Limit Ovrd		0	0			0
EStop		1	10			0

Motor Outputs Input Signals						
Signal	Enabled	Port #	Pin Number	Active Low	Emulated	HotKey
X ++		1	11			0
X --		1	11			0
X Home		1	11			0
Y ++		1	12			0
Y --		1	12			0
Y Home		1	12			0
Z ++		1	13			0
Z --		1	13			0
Z Home		1	13			0

Figura 3.19 Señales de entrada

Las salidas se pueden activar de la siguiente manera (Figura 3.20):

Output Signals				
Signal	Enabled	Port #	Pin Number	Active Low
Enable6		0	0	
Output #1		1	1	
Output #2		1	14	
Output #3		1	16	
Output #4		0	0	
Output #5		0	0	
Output #6		0	0	
Charge Pump		1	17	

Figura 3.20 Señales de salida

Con estas configuraciones ya se puede empezar a controlar los motores en los ejes X, Y, Z.

3.2.3.2 Bob Cad/Cam y Bob Art Pro x

Para la instalación del programa se debe dar un click en el instalador V21.4.1.es. Se acepta la licencia del programa y se da click en siguiente (Figura 3.21)

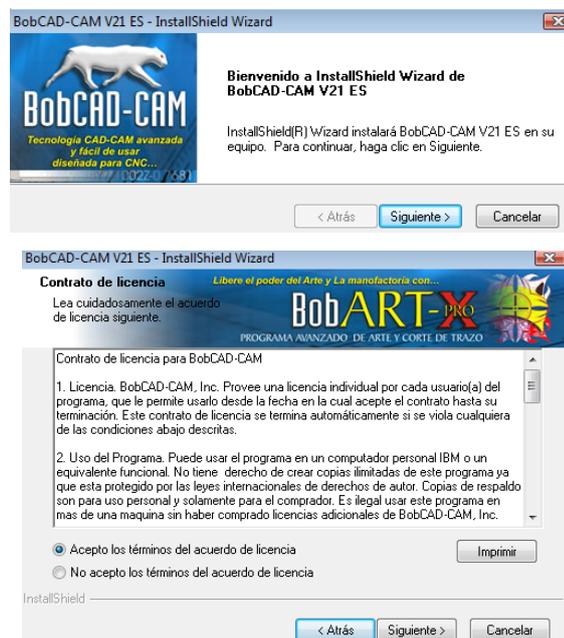


Figura 3.21 Aceptación de licencia

Se selecciona el tipo de instalación (Figura 3.22) en este caso Completa y se dá click en "siguiente". (Figura 3.23)

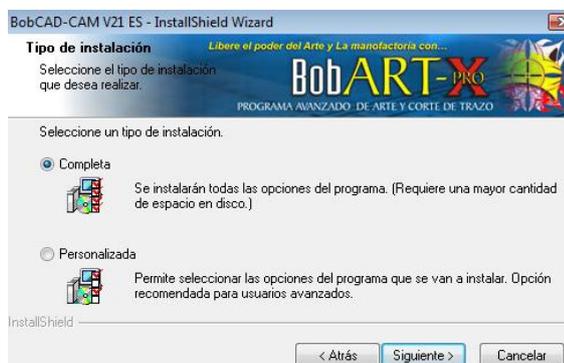


Figura 3.22 Tipo de instalación



Figura 3.23 Inicio de instalación

Una vez instalado se despliega una ventana indicando que ha finalizado la instalación y en se observa también el icono del programa (Figura 3.24).



Figura 3.24 Icono del programa

3.2.4 CONTROLES DEL PROGRAMA

3.2.4.1 Mach3

Se tiene una barra de herramientas principal de manejo de archivos (File), como cargar códigos G, importar archivos DXF`s. (Figura 3.25)

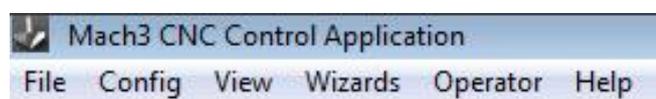


Figura 3.25 Barra herramienta principal

Para cargar códigos G se dá un click en esta opción. (Figura 3.26)

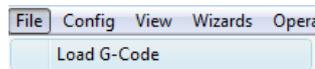


Figura 3.26 Icono para Cargar

Luego aparece una carpeta para seleccionar el archivo generado. (Figura 3.27)

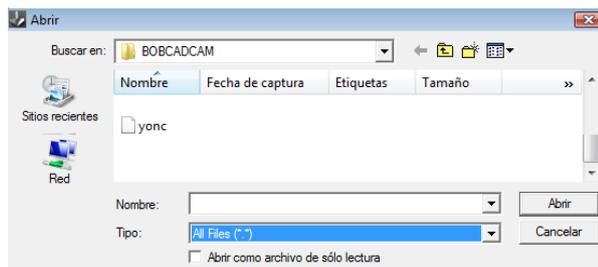


Figura 3.27 Selección archivo .nc

Se tiene en este programa una opción de Configuración (Config). (Figura 3.28)



Figura 3.28 Barra de configuración

En esta opción de selección de Unidades permite configurar el sistema de unidades de medida. (Figura 3.29)

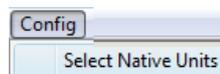


Figura 3.29 Sistema de unidades

Se puede seleccionar Milímetros (MM's) o Pulgadas (Inches). (Figura 3.30)

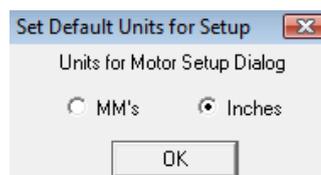


Figura 3.30 Cuadro de dialogo de unidades

Se tiene una opción para cambiar o configurar los pines de los puertos (Ports and Pins). (Figura 3.31)

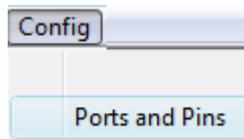


Figura 3.31 Configuración del puerto

En esta opción se puede configurar:

- Selección del número de puertos a utilizar.

Port Setup and Axis Selection

- Velocidad de transmisión de datos a través del puerto DB25.

Port Setup and Axis Selection

- Salida de datos para controlar los actuadores (Servomotores).

Motor Outputs

- Entrada de señales (Finales de carrera, pulsador paro de emergencia).

Input Signals

- Salida de señales.

Output Signals

Se tiene una ventana principal de visualización en la cual se despliegan 7 ventanas las cuales permiten el control del pantógrafo.

Iniciación de programa (Program Run Alt-1), en esta pantalla se puede realizar las siguientes tareas:

- Reset.- Esta opción permite activar (Figura 3.32) o desactivar (Figura 3.33) para que se pueda dar inicio al programa.



Figura 3.32 Activar



Figura 3.33 Desactivar

- Iniciar el Ciclo.- Esta opción permite iniciar el programa. (Figura 3.34)

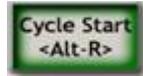


Figura 3.34 Botón inicio

- Pausar el Programa.- Esta opción permite detener el programa en una línea de código determinada y luego comenzar desde la misma línea de código. (Figura 3.35)



Figura 3.35 Botón pausa

- Parar el Ciclo.- Esta opción permite parar o terminar con el ciclo normal del programa. (Figura 3.36)



Figura 3.36 Botón parar

- Cargar el Código G.- Esta opción permite cargar el archivo .tap en la pantalla principal del programa para poderlo ejecutar. (Figura 3.37)



Figura 3.37 Botón cargar

Una vez que se da click en esta ventana se selecciona el programa. (Figura 3.38)

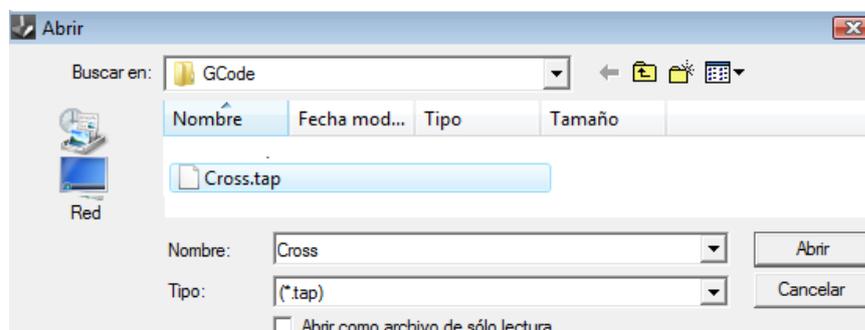


Figura 3.38 Ventana abrir

Luego se carga el programa .tap que contiene los códigos G en esta subventana.
(Figura 3.39)

```
G90G80G49
G0 Z1.0000
S333
M5
G0 Z-0.1
G0 X0.0845 Y0.0341
F5000M3
F5000G1 X0.0936 Y-0.0037
G1 X0.1031 Y-0.0416
G1 X0.1130 Y-0.0795
```

Figura 3.39 Subventana de códigos G

- Cerrar el Programa.- Esta opción al ser seleccionada desaparece los código G de esta pantalla y la deja vacía. (Figura 3.40)

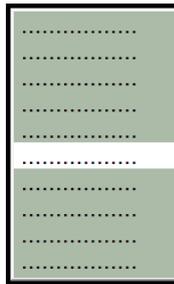


Figura 3.40 Subventana cerrar código G

- Archivo reciente.- En esta opción aparece una ventana con la lista de los programas que se han cargado. (Figura 3.41)

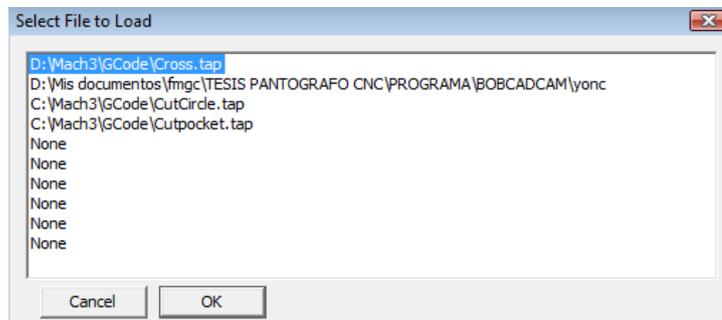


Figura 3.41 Archivo reciente

- Editar Código G.- Esta opción permite cambiar, modificar las líneas de código G. (Figura 3.42)

```
(File pi )
(Saturday, July 01, 2009)
g90g80g49
G0 Z1.0000
S333
M5
G0 Z-0.1
G0 X0.0845 Y0.0341
F5000M3
F5000G1 X0.0936 Y-0.0037
G1 X0.1031 Y-0.0416
G1 X0.1130 Y-0.0795
G1 X0.1232 Y-0.1175
G1 X0.1338 Y-0.1554
G1 X0.1447 Y-0.1934
G1 X0.1560 Y-0.2314
G1 X0.1671 Y-0.2763
G1 X0.1781 Y-0.3277
G1 X0.1895 Y-0.3789
G1 X0.2013 Y-0.4297
G1 X0.2135 Y-0.4802
G1 X0.2261 Y-0.5304
G1 X0.2391 Y-0.5802
G1 X0.2524 Y-0.6297
G1 X0.2662 Y-0.6788
```

Figura 3.42 Ventana editar

- Esta opción permite continuar al programa desde la siguiente línea. (Figura 3.43)

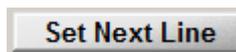


Figura 3.43 Botón siguiente línea

- El programa inicia desde una línea específica seleccionada por el operador. (Figura 3.44)

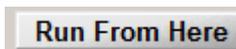


Figura 3.44 Botón inicio línea específica

- Una vez que el programa se a iniciado se puede con esta opción retornar al inicio del programa. (Figura 3.45)



Figura 3.45 Botón retorna al inicio

- Referencia.- Esta pantalla permite ver las coordenadas y las escalas de los ejes X, Y, Z que se están desplazando en el momento de iniciado el programa, en este caso la escala es 1. (Figura 3.46)

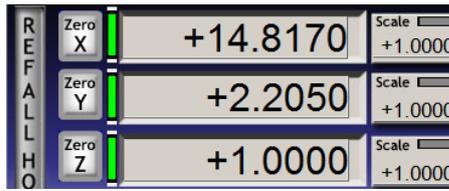


Figura 3.46 Ventana coordenadas de referencia

Valores Iniciales.- Esta opción permite volver a los valores de coordenadas iniciales. (Figura 3.47)



Figura 3.47 Botón coordenadas iniciales

Los valores se inicializan en (0, 0, 0). (Figura 3.48)

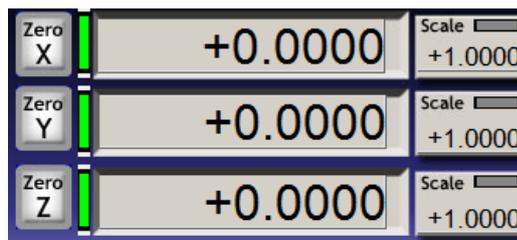


Figura 3.48 Valores coordenadas iniciales

- Entrada de Códigos.- Es una ventana para ingresar los códigos línea por línea para ver el funcionamiento de cada eje del pantógrafo. (Figura 3.49)



Figura 3.49 Ventana código línea

Se ingresa la línea de código y pulsar enter. (Figura 3.50)

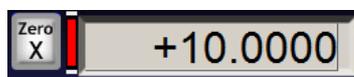


Figura 3.50 Ingreso código línea

Y se digita de esta manera para el eje X, Y, Z.

3.2.4.2 Bob cad/cam

El programa Bob CAD/CAM tiene una barra principal con una variedad de menús que se expanden con funciones del programa. (Figura 3.51)



Figura 3.51 Barra principal

La barra de menús principal posee los siguientes submenús:

Menú de ARCHIVO: este menú tiene las funciones de manejo de archivos de CAD como abrir, guardar, permite editar la forma en que se ve la pantalla principal con la función de ambiente. (Figura 3.52)



Figura 3.52 Menú archivo

La función Nuevo permite crear una ventana de archivo nuevo que aparece. (Figura 3.53)



Figura 3.53 Archivo nuevo

La siguiente función Abrir Archivo permite localizar las carpetas y archivos para abrirlos. (Figura 3.54)



Figura 3.54 Abrir archivo

Aparece una ventana en la cual se tendrá el archivo existente que pueden ser en los siguientes formatos: CAD, DXF, IGES, STEP, DWG, SAT, 3DM, sldprt. (Figura 3.55)

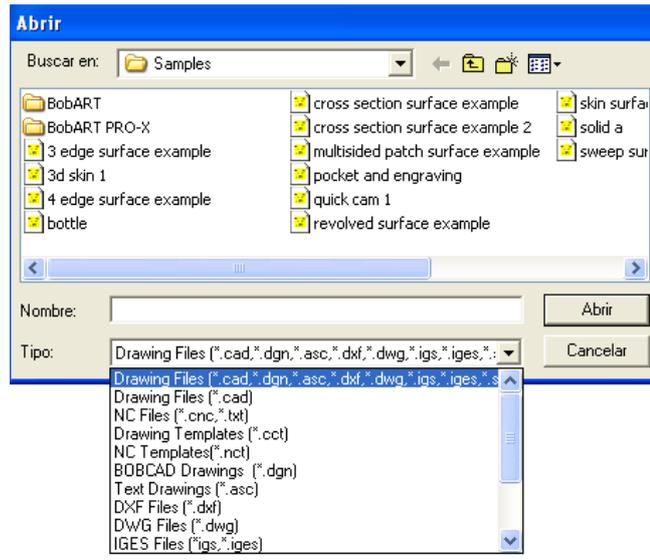


Figura 3.55 Abrir archivo existente

Se tiene la función Guardar Archivo que permitirá guardar archivos en la carpeta o lugar deseado. Se debe guardar con el formato .CAD. (Figura 3.56)



Figura 3.56 Guardar como

La función Ambiente ofrece la habilidad de cambiar o modificar unas de las propiedades principales del programa.

Este programa tiene ejes en la pantalla principal en la cual se encontrará el plano cartesiano principal en la pantalla (Figura 3.57).

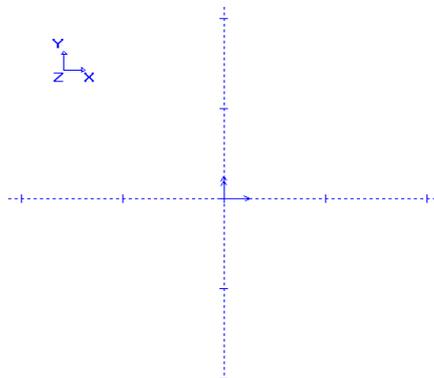


Figura 3.57 Plano cartesiano

El sistema básico de coordenadas ha sido diseñado para ser utilizado con un sistema de coordenadas específico, el cual trabaja con X, Y para 2D, y X, Y, Z para 3D. Se puede ver que la pantalla se divide en cuatro cuadrados separados (Figura 3.58).

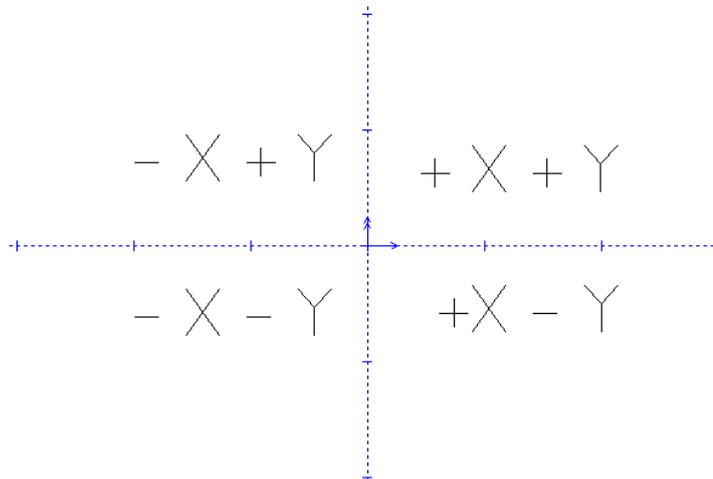


Figura 3.58 División del plano cartesiano

La ventana Ambiente permite cambiar o modificar las propiedades principales del programa. (Figura 3.59)



Figura 3.59 Ventana ambiente

Como se puede ver en la ventana de ambiente se tiene 8 opciones, cada una de estas opciones representa una sección del programa y permite cambiar propiedades originales. (Figura 3.60)

Transportar Puntos	Pantalla	Colores	Propiedades Originales
Barras de Herramientas	Rejilla	General	Coordenadas

Figura 3.60 Opciones de ambiente

Rejilla.- es un conjunto de puntos que están a una misma distancia que permite mayor facilidad para el dibujo. (Figura 3.61)

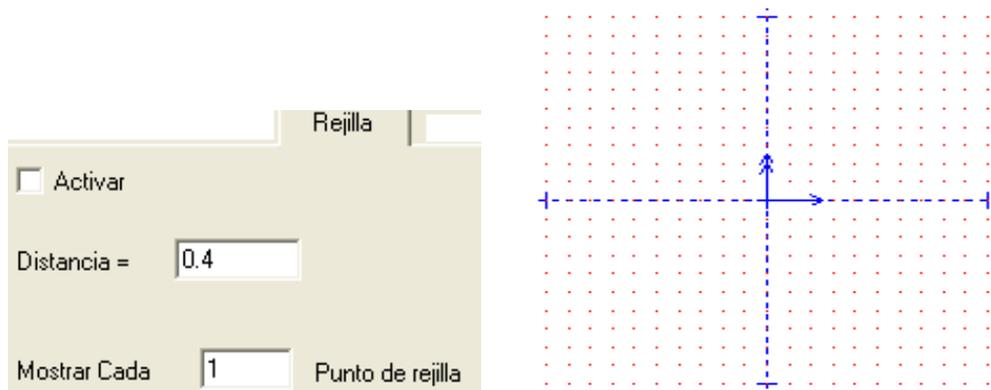


Figura 3.61 Opción rejilla

Opción General.- Permite ajustar la precisión del programa. (Figura 3.62)

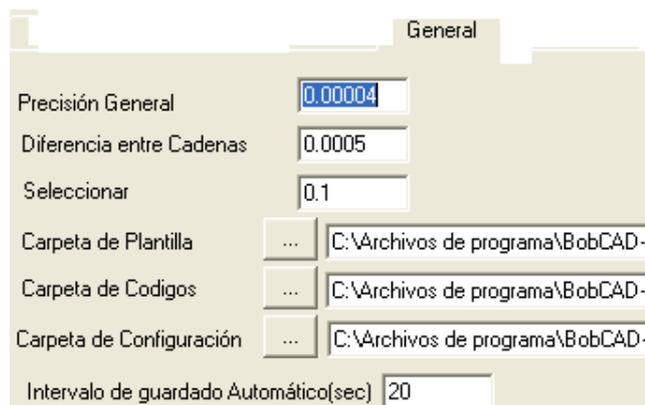


Figura 3.62 Ventana precisión programa

Opción de Coordenadas.- Permite cambiar el sistema de coordenadas de pulgadas a milímetros, centímetros, aumenta o disminuye los decimales. (Figura 3.63)

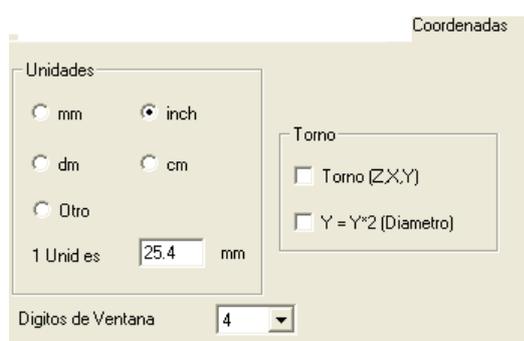


Figura 3.63 Sistemas de coordenadas

Menú de EDITAR.- Esta función contiene todo lo relacionado con editar los dibujos o con importar archivos de formato .bitmaps, .gifs, .jpg, se incluye las funciones dibujar, cortar, copiar, pegar. (Figura 3.64)



Figura 3.64 Boton editar

Deshacer.- Esta función es un comando de corrección, si se realiza una acción incorrecta simplemente se selecciona esta función para regresar a la posición anterior. (Figura 3.65)



Figura 3.65 Botón deshacer

Copiar.- Copia los elementos selectos. (Figura 3.66)



Figura 3.66 Botón copiar

Insertar Objetos.- Esta función permite seleccionar una variedad de objetos que son compatibles con Bob CAD/CAM. (Figura 3.67)

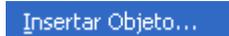


Figura 3.67 Insertar objeto

Guardar.- Permite almacenar los archivos con la extensión .CAD. (Figura 3.68)

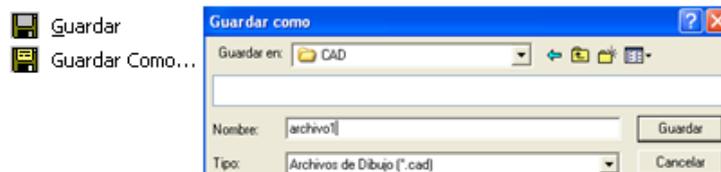


Figura 3.68 Guardar

Menú de CAMBIO.- permite modificar objetos en el dibujo.

Espejo.- Esta función permite reflejar la geometría en la pantalla de dibujo en diferentes formas, para poder utilizar esta función se debe seleccionar el elemento a manejar. (Figura 3.69)

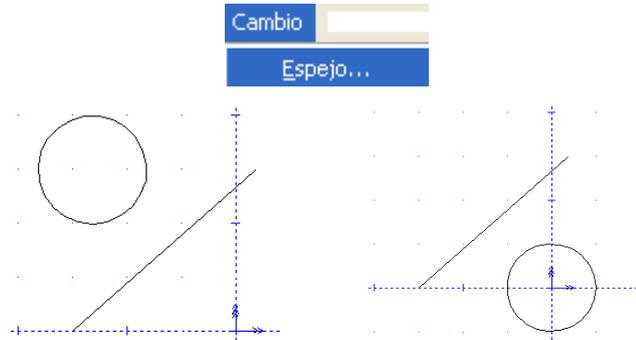


Figura 3.69 Función espejo

Transportar.- Esta opción permite crear un punto para rotar la imagen alrededor de éste. Se selecciona la figura a trasladar a otro punto, y luego se posiciona en la nueva coordenada. (Figura 3.70)

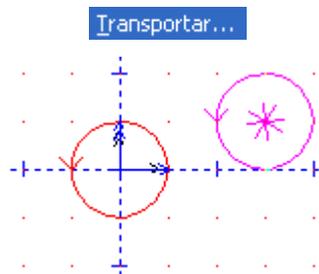


Figura 3.70 Función transportar

Menú de Punto.- Esta opción está diseñada para estructura CAD, permite utilizar esta función para el dibujo. (Figura 3.71)

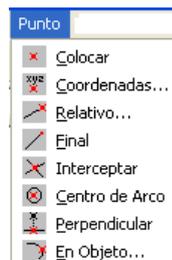


Figura 3.71 Función punto

Colocar.- Esta función permite poner un punto en cualquier parte de la pantalla de dibujo. (Figura 3.72)



Figura 3.72 Función colocar

Coordenadas.- Esta opción permite dibujar puntos en la pantalla según los valores de coordenadas que se requiera ingresar para los ejes (X, Y, Z). (Figura 3.73)

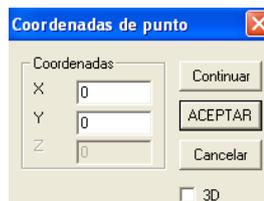


Figura 3.73 Coordenadas de punto

Se ingresa los valores de X, Y, se da un click en 3D para activar la coordenada Z, en este caso se a ingresado (1, 1). (Figura 3.74)

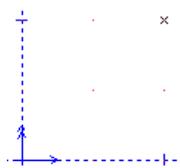


Figura 3.74 Ingreso de valores de coordenadas

Final.- Esta función permite colocar puntos al final de los elementos. (Figura 3.75)



Figura 3.75 Función final

Interceptar.- Esta función permite transportar los puntos a las intersecciones entre elementos. (Figura 3.76)

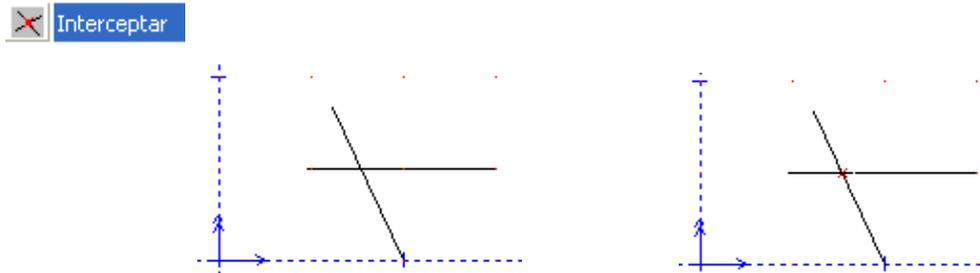


Figura 3.76 Interceptar líneas

Centro del Arco.- Esta función permite transportar un punto automáticamente al centro de un segmento o arco. (Figura 3.77)

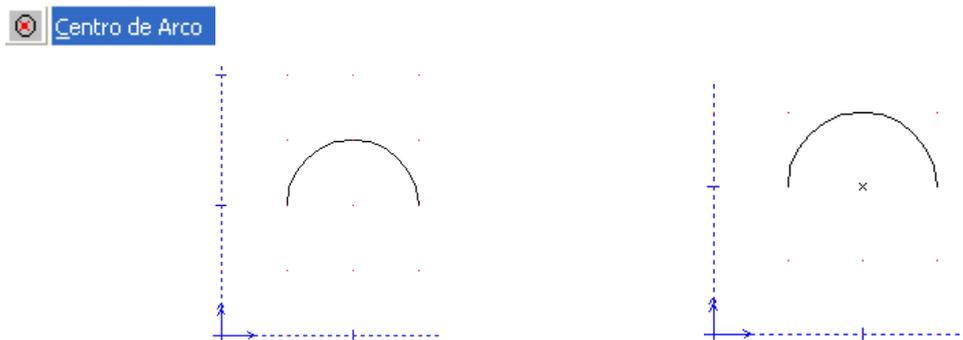


Figura 3.77 Centro de un arco

Esta función permite dibujar puntos perpendiculares sobre segmentos. (Figura 3.78)

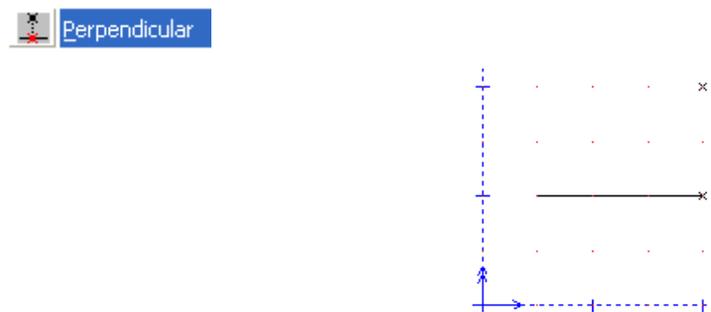


Figura 3.78 Puntos perpendiculares

El Menú de LINEA.- Esta función tiene una variedad de funciones que trabajan directamente con dibujo de líneas y objetos.

Colocar.- Permite posicionar líneas automáticamente en la pantalla. (Figura 3.79)

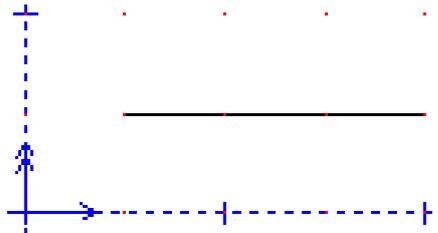
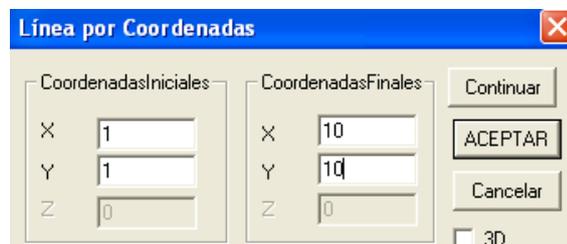


Figura 3.79 Colocar líneas

Coordenadas.- Esta opción permite dibujar una línea usando las coordenadas X, Y, Z. Primero se ingresa el punto de inicio y después el punto final. (Figura 3.80)



A = (X, Y)

B = (X, Y)

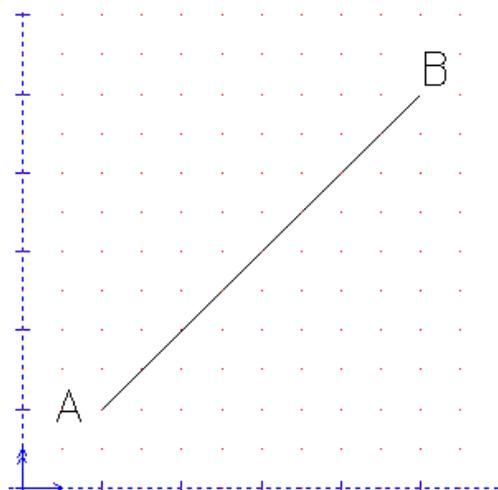


Figura 3.80 Línea por coordenadas

Unir.- Permite unir dos elemento con una línea. (Figura 3.81)



Figura 3.81 Unir líneas

Tangente.- Permite dibujar líneas tangentes a la geometría. (Figura 3.82)

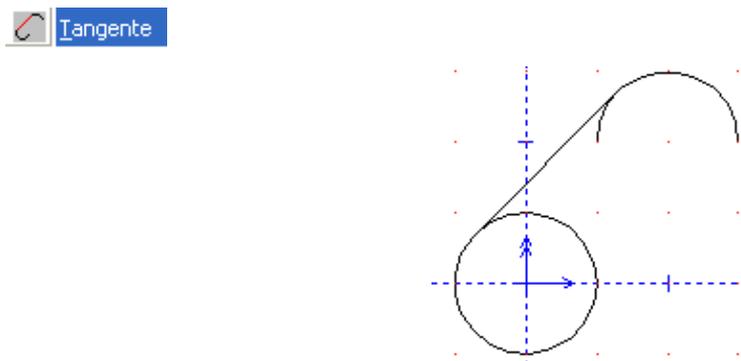


Figura 3.82 Opción tangente

Paralelo.- Esta función permite dibujar una línea paralela a la otra línea de la misma longitud y se debe seleccionar al lado al que se quiere que se coloque la línea, y la distancia entre las líneas. (Figura 3.83)

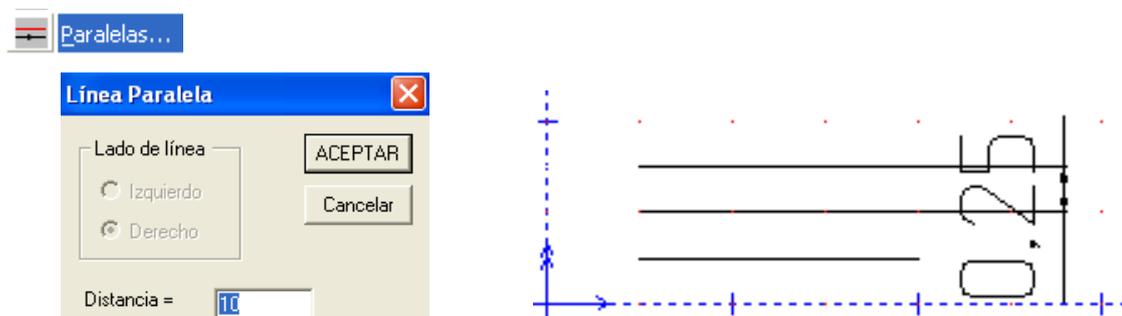


Figura 3.83 Opción línea paralela

Angulo.- Esta función esta diseñada para dibujar líneas en los ángulos. (Figura 3.84)

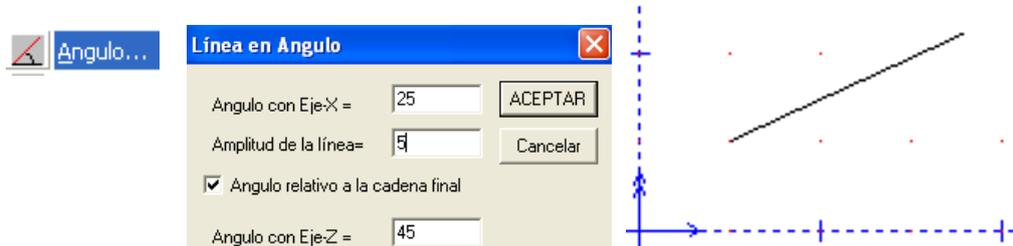


Figura 3.84 Función ángulo

Menú de ARCO.- Este menú permite dibujar arcos ingresando un radio. (Figura 3.85)

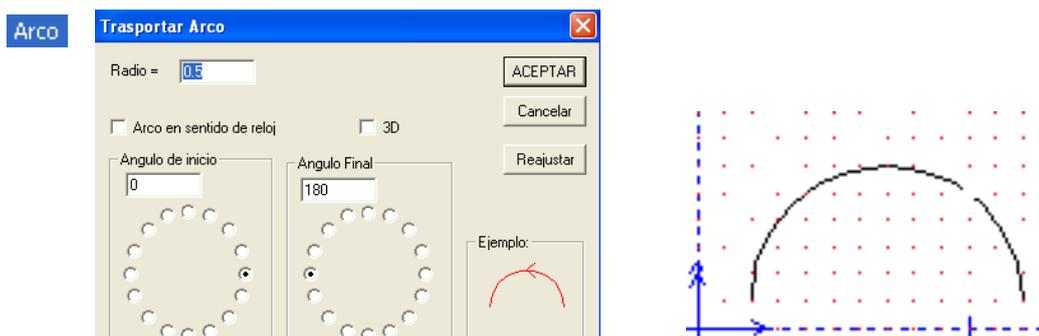


Figura 3.85 Menú arcos

Menú de TEXTO.- Esta opción permite abrir la ventana para insertar texto. (Figura 3.86)

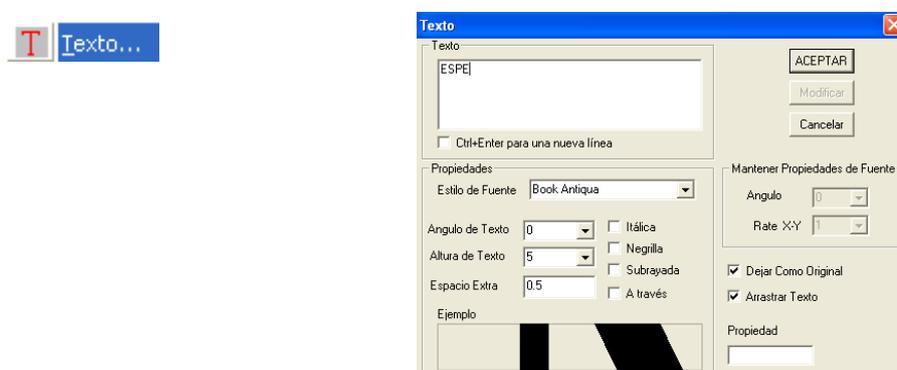


Figura 3.86 Menú texto

Permite seleccionar el estilo de escritura: Itálica, Negrilla, Subrayado.

Se puede seleccionar el estilo de fuente.

El ángulo de texto se refiere al ángulo del texto con respecto al eje positivo X.

Se puede elegir la altura de texto que se refiere a que tan grande puede ser el texto.

Arrastrar texto permite mover y colocar el texto en el lugar que se desee. (Figura 3.87)

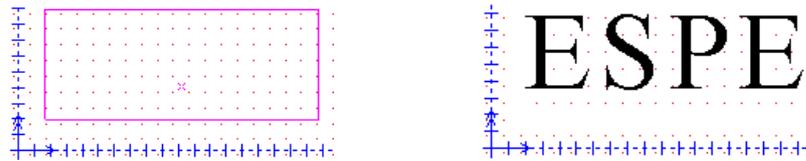


Figura 3.87 Arrastrar texto

Vectorizar Texto.- Esta función tiene la habilidad de convertir fuentes en elementos que se pueden maquinar, para esto se selecciona el texto y se selecciona la función de Vectorizar. La precisión es el valor que se debe variar desde 0.0001 a 1 cuando es menor a 1 el texto tiene una mejor geometría, es decir que tan pequeño quiere que sea cada elemento que va a ser vectorizado (Figura 3.88).

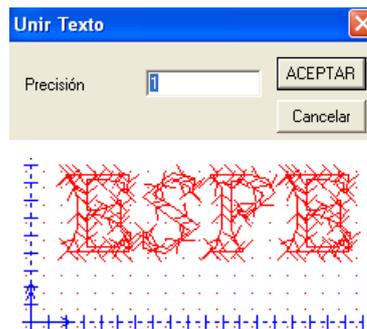


Figura 3.88 Vectorización

Encajar Texto a Trazo.- Esta función permite tomar texto normal y hacerlo parte de una curva. (Figura 3.89)

Alinear Texto con Trazo...

Figura 3.89 Alinear texto a una línea

Las opciones de esta ventana son:

- Distancia desde el Trazo: Esta es la distancia de separación desde el trazo y el texto selecto.
 - Alineación al Trazo: Esta función decide en que parte de la curva quiere que esté su texto.
 - Mover Texto: Esto mueve el texto con la curva por una distancia específica.
- (Figura 3.90)

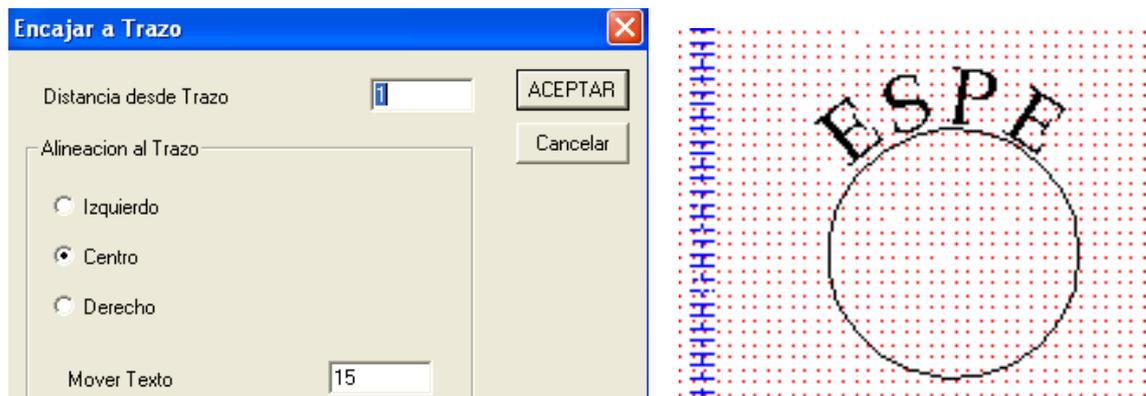


Figura 3.90 Encajar texto

Menú NC/CAM.- Es una ventana de la parte CAM.

Insertar NC.- Al seleccionar esta función se abrirá una ventana Insertar NC permitiendo realizar selecciones relacionadas con el lado CAM. El procesador de Post y archivos del directorio, esta acción introduce el objeto NC. (Figura 3.91)

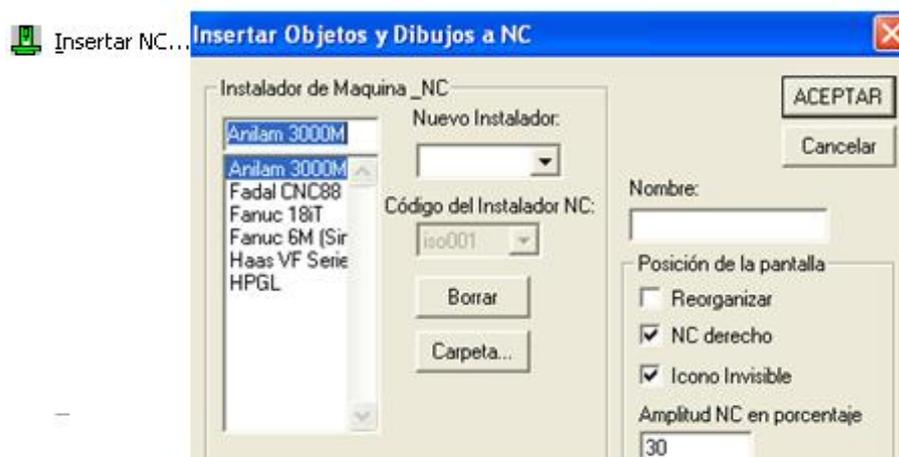


Figura 3.91 Insertar objetos

En esta ventana aparecerán, los códigos G generados. (Figura 3.92)

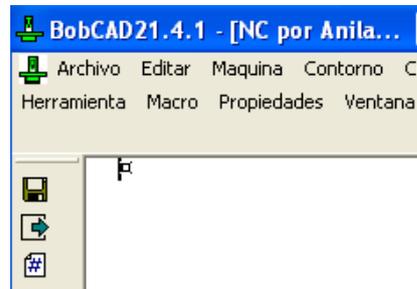


Figura 3.92 Ventana NC de códigos G

Guardar Archivos.- Permite guardar los códigos en las siguientes extensiones: .cnc, .txt, nct que son compatibles con Mach3.

3.2.4.3 Bob Art Pro x

BobART Pro-X.- Este programa permite realizar fotos gráficas en 3D o en relieve. Se tiene las siguientes funciones:

Menú ARCHIVO.- Este menú permite abrir, importar, guardar, propiedades de trazo.

Para abrir archivos se debe tener archivos con la extensión .BART. (Figura 3.93)



Figura 3.93 Abrir archivos .bart

Para guardar se lo puede hacer en el mismo formato. (Figura 3.94)

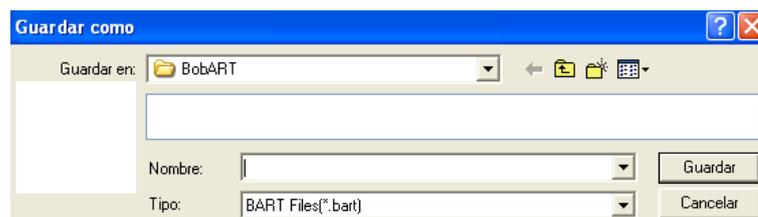


Figura 3.94 Guardar archivos .bart

Para importar archivos de la extensión .bmp, .jpeg, .gif, .tif, png. (Figura 3.95)

Importar Foto Bitmap

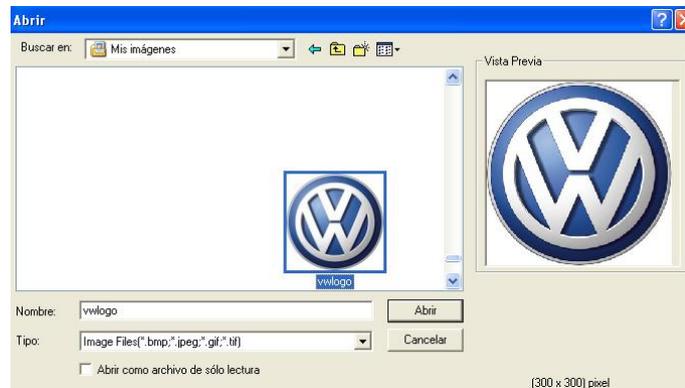


Figura 3.95 Importar imágenes

Una vez que se importa se dirige a la opción Editar Imagen y se selecciona Convertir Imagen. (Figura 3.96)

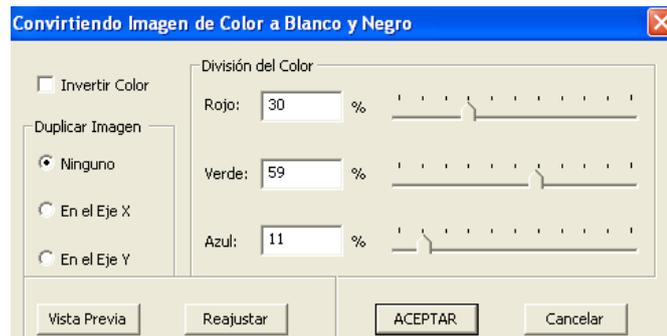


Figura 3.96 Editar imagen

Automáticamente se calibra la división de colores y se dá click en aceptar. (Figura 3.97)

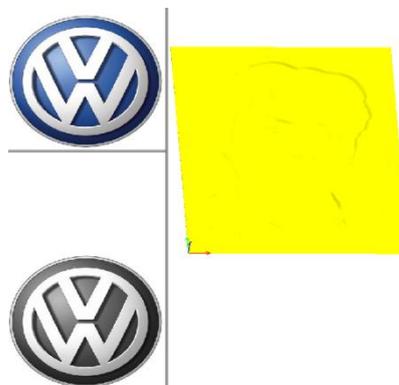


Figura 3.97 Calibración de colores

Se selecciona la opción 2D y se dá click en Convertir en Vector. (Figura 3.98)

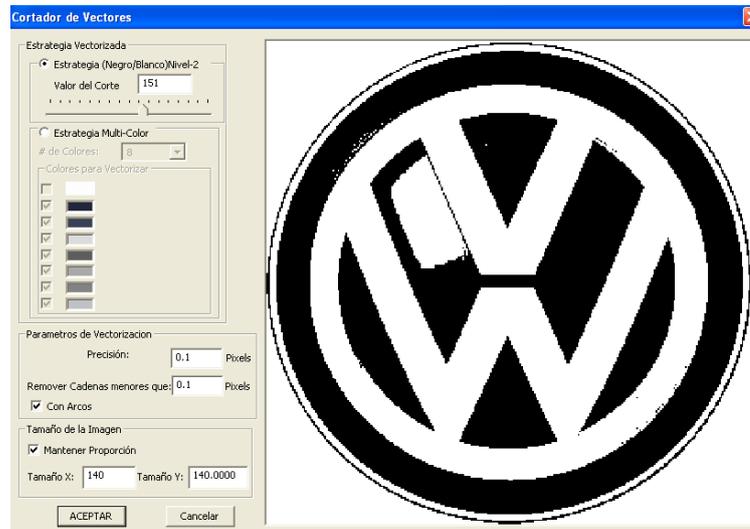


Figura 3.98 Convertir vector

La opción Convertir en Vector permite por medio de estrategia de colores blanco y negro realizar el dibujo en 2D automáticamente. (Figura 3.99)



Figura 3.99 Dibujo 2D

Se selecciona la opción Relieve y después Modificar Material. (Figura 3.100)

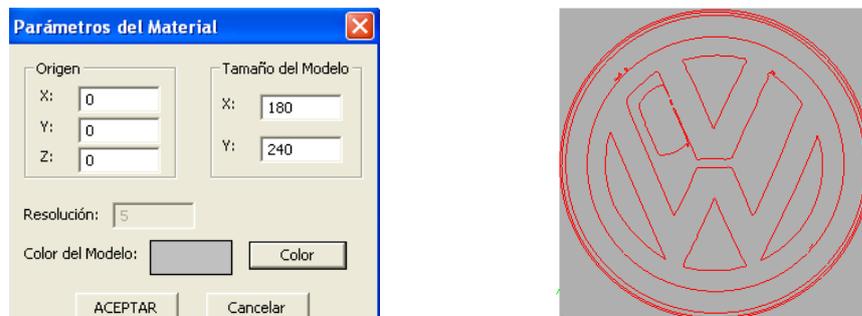


Figura 3.100 Creación de material

Luego se selecciona la opción Relieve desde Imagen para crear el relieve o la imagen 3D. (Figura 3.101)

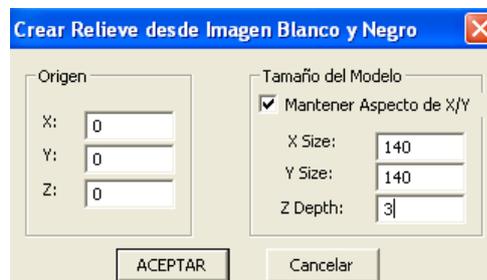


Figura 3.101 Crear relieve

Se ingresa la profundidad del relieve en ZDepth=3 y se tiene el relieve. Luego se selecciona la opción Ver y se selecciona. Esconder 2D Vectores. (Figura 3.102)

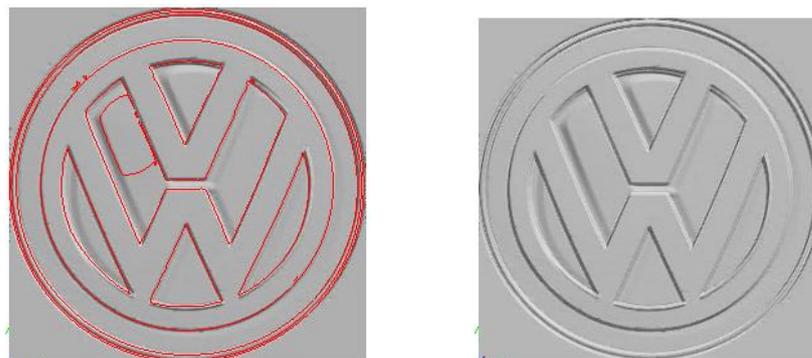


Figura 3.102 Relieve

Se selecciona **Enviar Contornos 2D a Ventana CAD** y se abre el archivo en la parte CAD y se puede guardar con la extensión .dxf y abrir el archivo en el programa Mach3. (Figura 3.103)

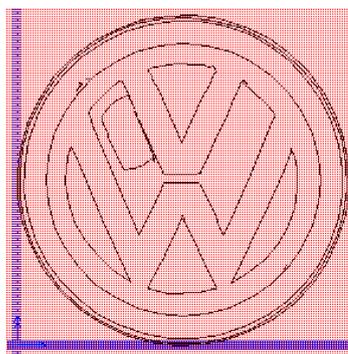


Figura 3.103 Envío de contorno

3.2.5 IMPORTACION DE ARCHIVOS .DXF

Para importar archivos .DXF al programa Mach3 se debe realizar los siguientes pasos:

El primero es dar un click en la ventana Importar DXF's. (Figura 3.104)

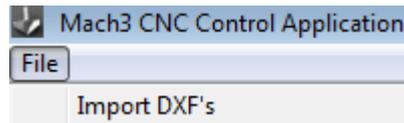


Figura 3.104 Importar .dxf

Se despliega una pantalla. (Figura 3.105)

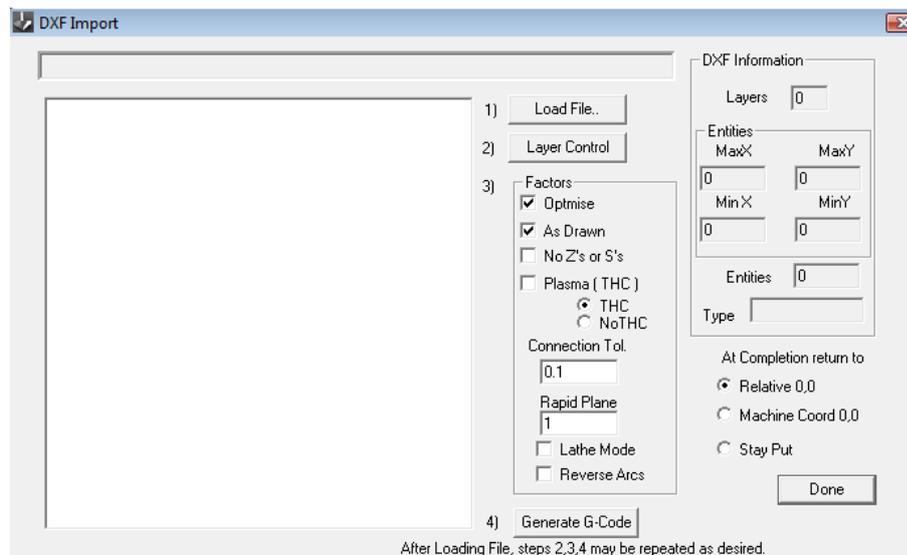


Figura 3.105 Ventana importar

Se carga el archivo .dxf. (Figura 3.106)

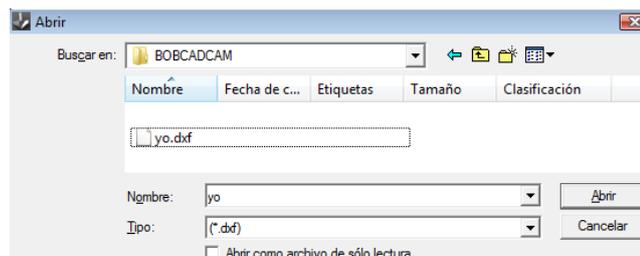


Figura 3.106 Abrir archivos .dxf

Aparece el archivo .dxf en la pantalla. (Figura 3.107)

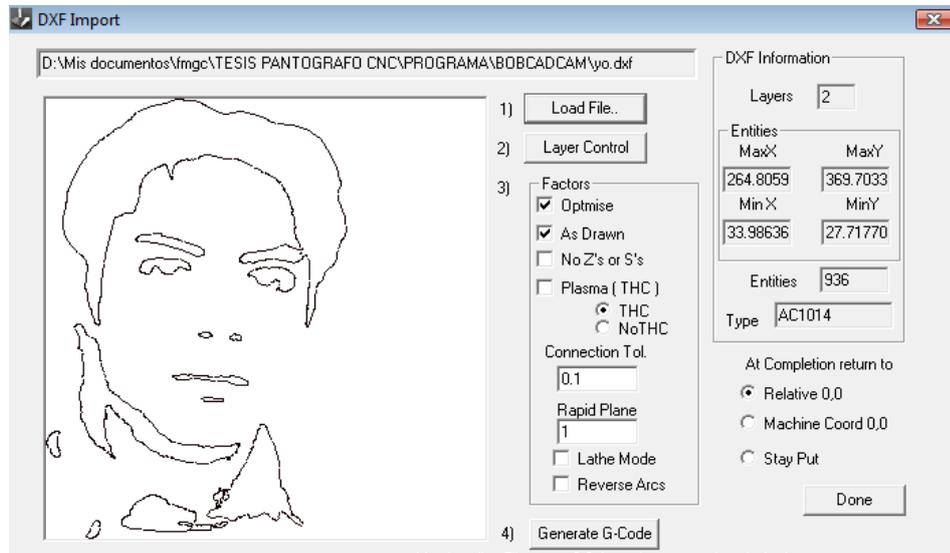


Figura 3.107 Archivo cargado

Se activan las líneas que mecanizará, para ésta se activan las líneas o capas en Layer Control, en este caso es un solo tipo de línea. (Figura 3.108)



Figura 3.108 Control de capas

Se genera el código y se guarda. (Figura 3.109)

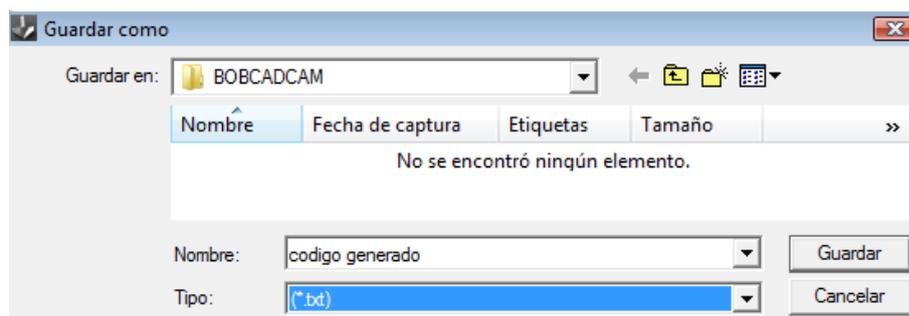


Figura 3.109 Guardar archivos .txt

El programa carga el archivo generado y se despliega en la ventana del programa. (Figura 3.110)

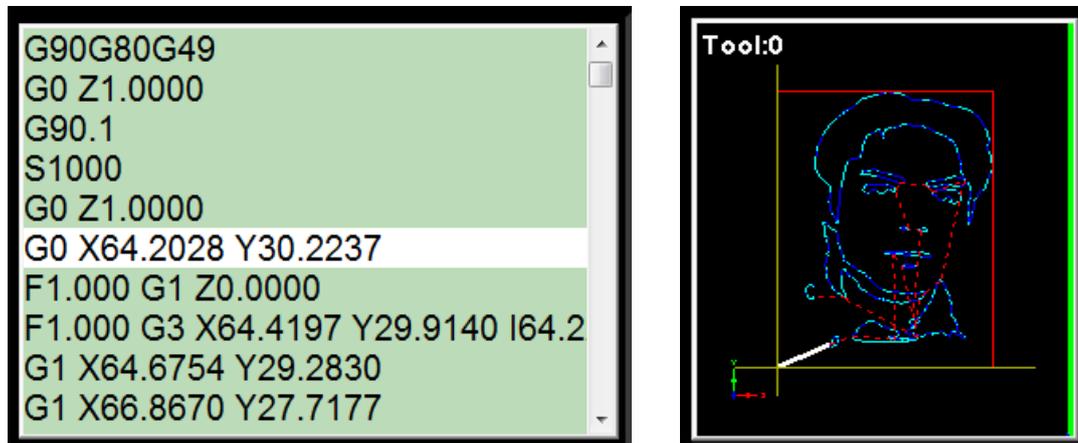


Figura 3.110 Ventana del programa

3.3 DISEÑO DE LA INTERFACE DE COMUNICACIÓN HACIA EL SISTEMA DE CONTROL.

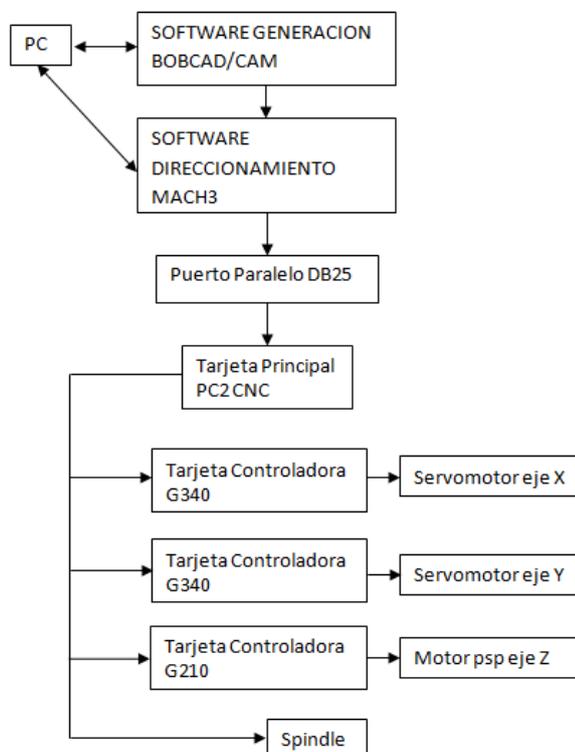


Figura 3.111 Diseño interface

3.3.1 INTERFACE DE COMUNICACIÓN ENTRE PC Y TARJETA PRINCIPAL.

La comunicación entre la computadora y la tarjeta principal es por medio de puerto paralelo. Primero es configurar el software de Direccionamiento (Mach3) el cual proporcionara el paso y señales en la dirección correcta.

3.3.2 INTERFACE DE COMUNICACIÓN ENTRE PC Y TARJETA CONTROLADORA DE LOS SERVOMOTORES.

La comunicación es entre la PC y la tarjeta principal controla a las tarjetas de los servomotores.

CAPITULO IV

IV. IMPLEMENTACION Y PRUEBAS DEL PANTOGRAFO

4.1 IMPLEMENTACIÓN Y MONTAJE DEL SISTEMA MECÁNICO

Luego de realizar el diseño del sistema mecánico se puede implementar y montar cada una de sus partes.

4.1.1 IMPLEMENTACION Y MONTAJE DE LA BASE PRINCIPAL

La base principal esta implementada junto con las placas laterales y frontales que alojan los bocines de centrado para los ejes guías X y Y. (Figura 4.1)

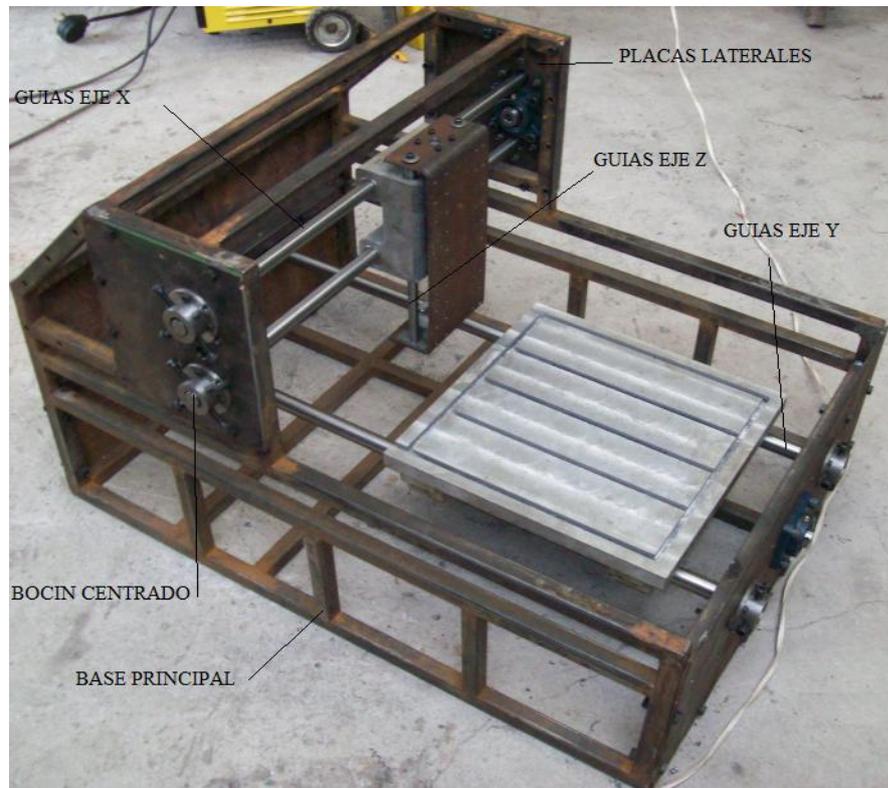


Figura 4.1 Base principal

4.1.2 IMPLEMENTACIÓN Y MONTAJE DEL CABEZAL GRABADOR.

El cabezal grabador esta formado por el carro eje X que también sirve de soporte para las guías del eje Z, la tuerca del husillo y la placa que sostiene al motor para las fresas y el grabador neumático. (Figura 4.2).

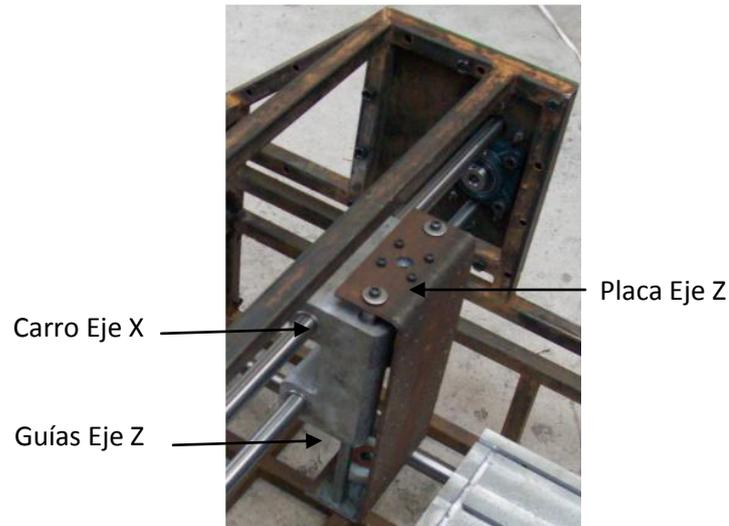


Figura 4.2 Cabezal Grabador

4.1.3 IMPLEMENTACIÓN Y MONTAJE DEL SISTEMA DE SUJECCIÓN

Para el sistema de sujeción se tiene una mesa (Figura 4.3) con 7 ranuras en T (Figura4.5) en la cual van acopladas en la parte inferior van sujetos 4 bocines (Figura4.4) para los rodamientos lineales para el sistema de guías del eje Y.



Figura 4.3 Mesa

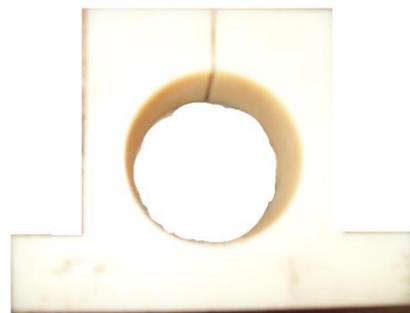


Figura 4.4 Bocín nylon



Figura 4.5 Ranuras en T

4.2 IMPLEMENTACIÓN DE LOS SISTEMAS DE CONTROL

4.2.1 FUENTE DE ALIMENTACIÓN

Para alimentar a las tarjetas controladoras de los servomotores se requiere 18 a 80Vdc este voltaje es proporcionado por una fuente externa que tiene un rectificador en puente. (Figura 4.6) Este rectificador de doble onda es muy usado ya que elimina la necesidad de tener que emplear transformadores con secundario dividido (más voluminosos y pesados). El esquema de una fuente de alimentación simple que use este tipo de rectificador es el siguiente:

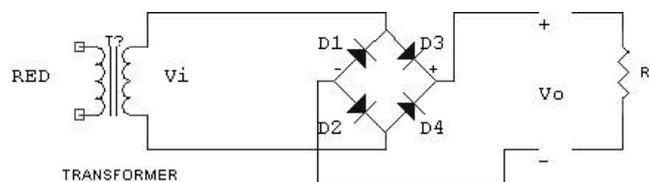


Figura 4.6 Fuente externa de alimentación

El funcionamiento es que cuando V_i es positiva los diodos D2 y D3 conducen, siendo la salida V_o igual que la entrada V_i , y cuando V_i es negativa los diodos D1 y D4 conducen, de tal forma que se invierte la tensión de entrada V_i haciendo que la salida vuelva a ser positiva.

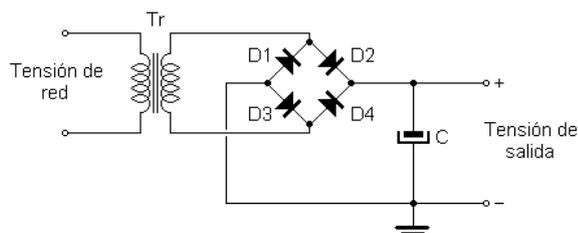


Figura 4.7 Puente de diodos rectificadores

El puente consigue reconducir el paso de la corriente eléctrica haciendo que en cada semiciclo de la tensión del secundario del transformador siempre circule por la carga en el mismo sentido. (Figura 4.7) La tensión inversa máxima que ha de soportar cada diodo del puente rectificador es tan sólo igual al valor de tensión máxima entregado por el secundario del transformador.

El resultado es el siguiente (Figura 4.8):

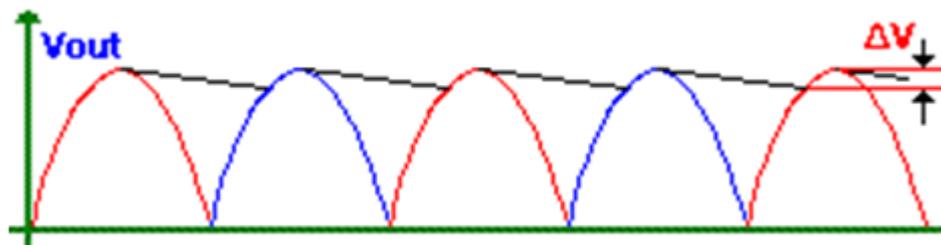


Figura 4.8 Señal rectificada

Para el valor del condensador se debe ajustar el valor del condensador al menor posible esta fórmula dará el valor del condensador para que el rizado sea de un 10% de V_o (regla del 10%):

$$C = (5 * I) / (f * V_{max}) \quad (\text{Ec. 4.1})$$

Donde:

C: Capacidad del condensador del filtro en faradios

I: Corriente que suministrará la fuente

f: frecuencia de la red

V_{max} : tensión de pico de salida del puente (aproximadamente V_o)

4.2.2 FINALES DE CARRERA E INTERRUPTORES DE REFERENCIA.

Los interruptores o finales impiden un movimiento en el eje lineal fuera del área limitada.

Estos interruptores permiten definir una posición de referencia, el interruptor para el movimiento en un eje que puede estar en una coordenada o posición fuera del límite y por esto permite definir esta ubicación. Así los interruptores no necesariamente tienen que delimitar el cero absoluto de la máquina.

En este caso se va a utilizar dos finales de carrera en cada eje.

Los interruptores de límite son interruptores abiertos que el momento que son activados cierran el circuito y envían una señal a la tarjeta principal para que envíe una señal a los servomotores para que se detengan.

Un interruptor puede compartir todas las entradas para un eje, en este caso van conectados en serie dos interruptores para cada eje los cuales son responsables para limitar en caso de que sobrepasen el área de grabado.

En este caso la tarjeta principal permite que en el pantógrafo se pueda usar las tres entradas para cada eje es decir X Limite, Y Limite, Z Limite. (Figura 4.9)

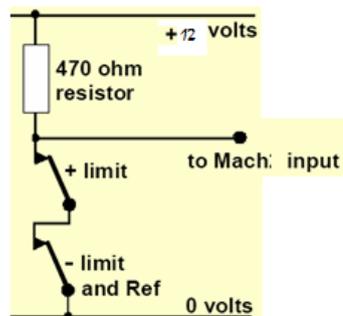


Figura 4.9 Entradas para los Límites

Se va a tener dos interruptores para una entrada entonces necesitan ser unidos así la señal es uno lógico si el interruptor es abierto. Para limitar la corriente ya que es un valor significativo se colocará un valor de resistencia de 470 ohmios es para que dé una corriente de cerca de 10mA. Como la longitud del cable eléctrico de los interruptores pueda ser bastante largo y obligado a interferencia del ruido se debe asegurar de que se tiene una conexión buena a la referencia 0 voltios.

Se puede ver cómo van conectados los interruptores o finales de carrera para cada eje. (Figura 4.10)

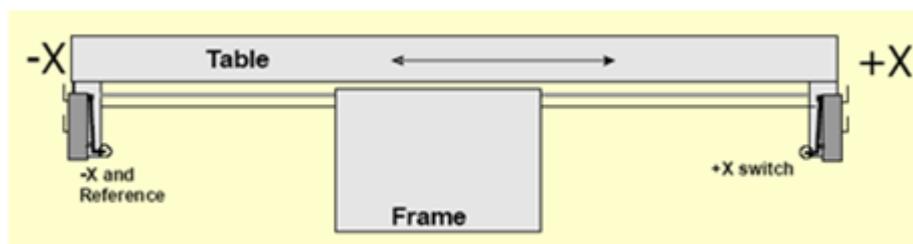


Figura 4.10 Conexión física finales de carrera

Para colocarlos se debe ver que los interruptores se encuentren fuera de virutas y polvo y teniendo una flexibilidad para el cable eléctrico antes que el cable eléctrico fijo.

4.3 PRUEBAS Y RESULTADOS DEL SISTEMA MECÁNICO.

Una vez que esta implementado el sistema de control se puede comenzar a ver el funcionamiento del pantógrafo.

4.3.1 DESPLAZAMIENTOS EN LOS EJES (X, Y, Z)

Una vez conectados los servomotores se comienza a realizar la configuración y a ver el desplazamiento de cada eje.

4.3.1.1 Desplazamiento eje X

Para el eje X se selecciona la opción Calibración de Ejes y se tiene que corregir los pasos por unidad. (Figura 4.11)



Figura 4.11 Botón calibración de ejes

Seleccionamos el eje X Axis. (Figura 4.12)

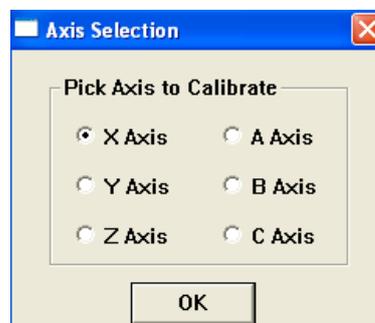


Figura 4.12 Selección de ejes

Se digita la distancia que se desea que recorra en este caso se ingresa 40 que es 4cm. (Figura 4.13)

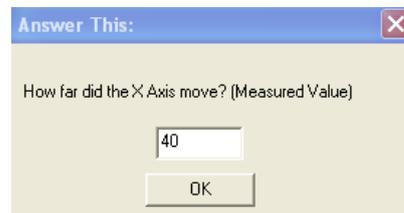


Figura 4.13 Distancia eje X

Comienza a desplazarse y aparece un cuadro para ingresar el valor medido y ver si es igual al valor de desplazamiento. (Figura 4.14)

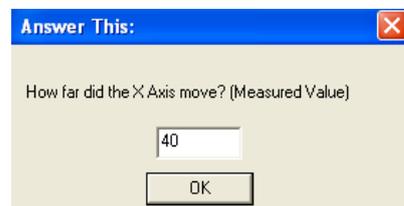


Figura 4.14 Distancia eje X recorrida

En este caso es el mismo valor y aparecen los valores de pasos por unidad, velocidad, aceleración. (Figura 4.15)

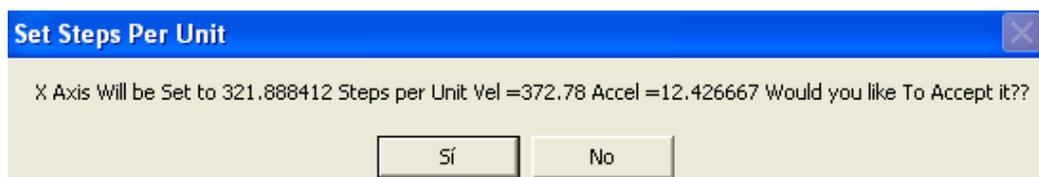


Figura 4.15 Pasos por unidad

Aceptar los valores y el eje esta calibrado para los desplazamientos. (Figura 4.16)



Figura 4.16 Calibración eje X

Luego se selecciona la opción **Motor Tuning** y se despliega un cuadro para ver las propiedades del eje X. (Figura 4.17)

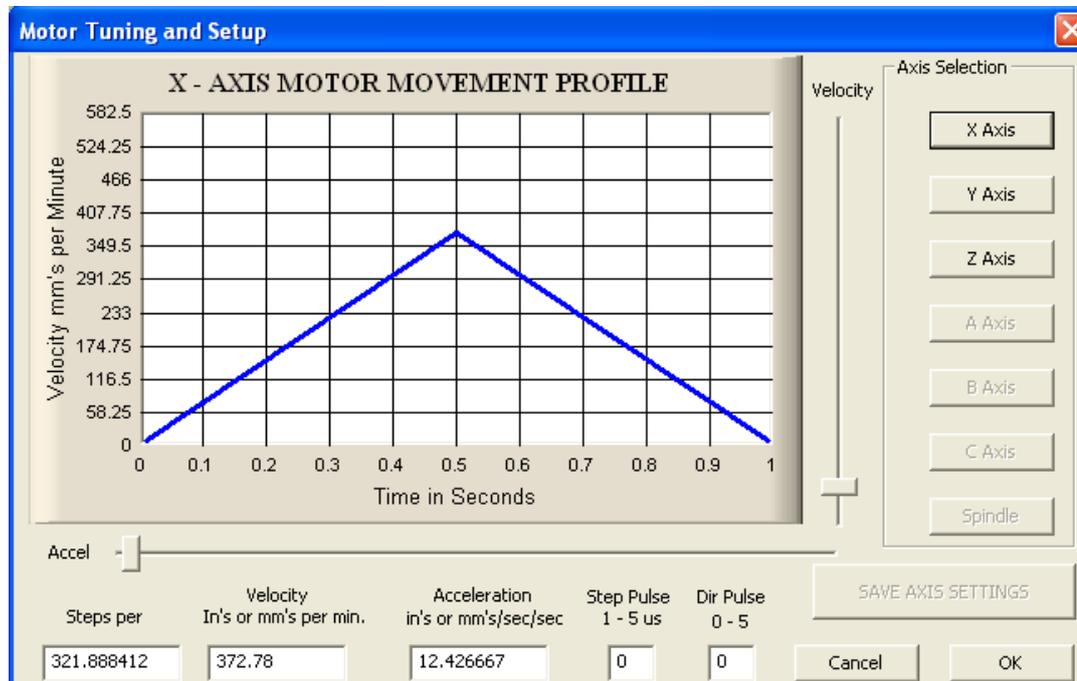


Figura 4.17 Calibración y afinación de motores

Se obtiene el servomotor configurado para que en 0.5S, alcance una velocidad de 372.78mm/min.

4.3.1.2 Desplazamiento eje Y

Para el eje Y se selecciona la opción Calibración de Ejes y se tiene que corregir los pasos por unidad. (Figura 4.18)

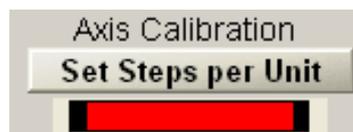


Figura 4.18 Botón calibración ejes

Se selecciona el eje Y Axis. (Figura 4.19)

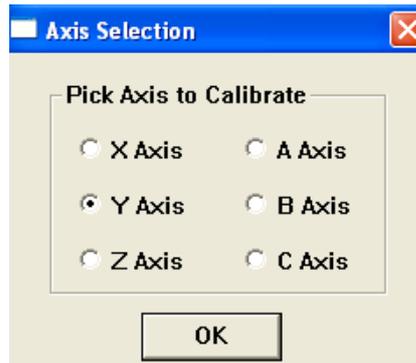


Figura 4.19 Selección ejes

Digitar la distancia que se desea que recorra en este caso se ingresa 60 que es 6cm. (Figura 4.20)

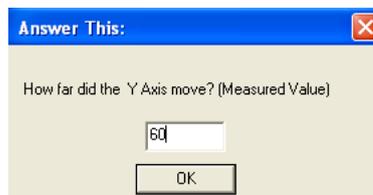


Figura 4.20 Distancia eje Y

Comienza a desplazarse y aparece un cuadro para ingresar el valor medido y ver si es igual al valor de desplazamiento. (Figura 4.21)

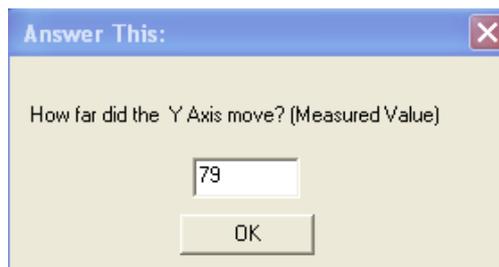


Figura 4.21 Distancia eje Y recorrida

En este caso no es el mismo valor y aparecen los valores de pasos por unidad, velocidad, aceleración.

Se acepta los valores y el eje esta calibrado para los desplazamientos.

Luego volver a ingresar un valor de 30 que es 3cm. (Figura 4.22)

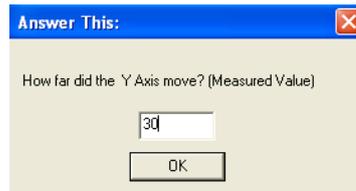


Figura 4.22 Distancia eje Y recorrida

El valor que se ingresa es igual al valor de desplazamiento, aparecen los valores de pasos por unidad, velocidad, aceleración. (Figura 4.23)

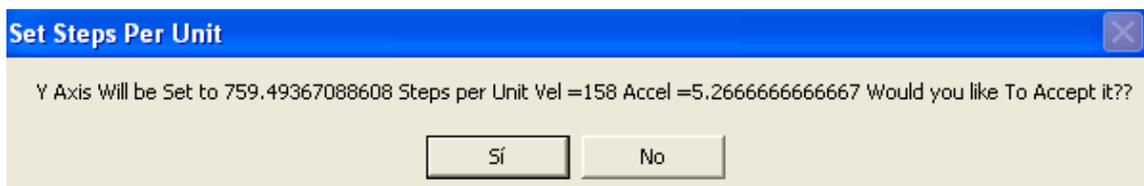


Figura 4.23 Pasos por unidad

Luego seleccionar la opción **Motor Tuning** y se despliega un cuadro para ver las propiedades del eje Y. (Figura 4.24)

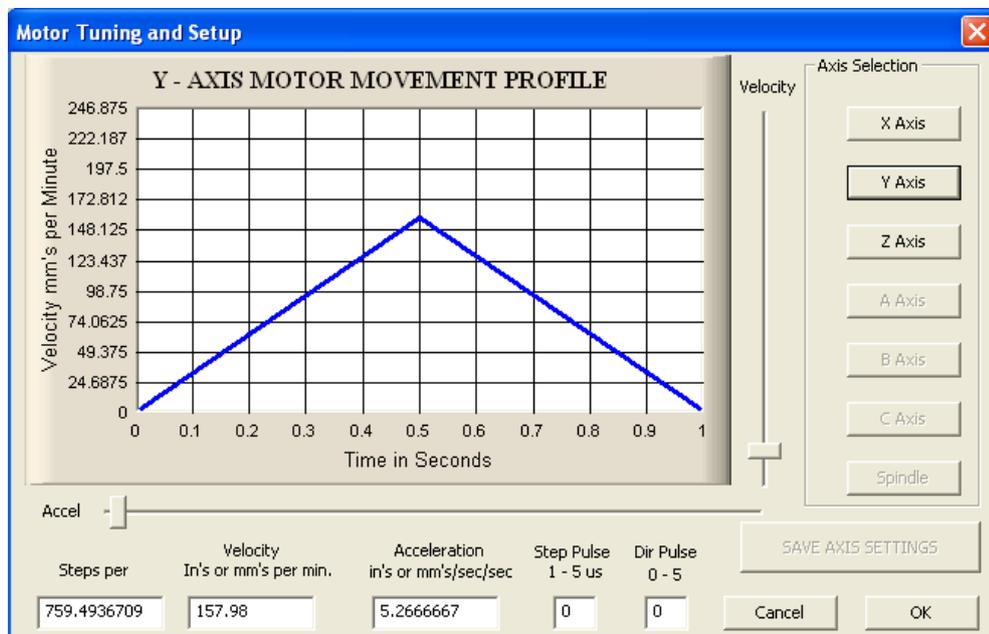


Figura 4.24 Calibración y afinación de motores

Se obtiene el servomotor configurado para que en 0.5S alcance una velocidad de 157.98mm/min.

4.3.1.3 Desplazamiento eje Z

Para el eje Z se selecciona la opción Calibración de Ejes y se tiene que corregir los pasos por unidad. (Figura 4.25)



4.25 Botón Calibración ejes

Seleccionar el eje Z Axis. (Figura 4.26)

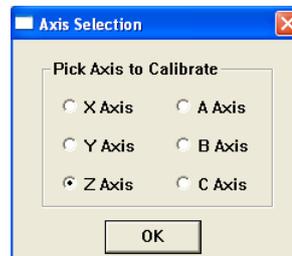


Figura 4.26 Selección ejes

Digitar la distancia que se desea que recorra en este caso ingresar 40 que es 4cm. (Figura 4.27)

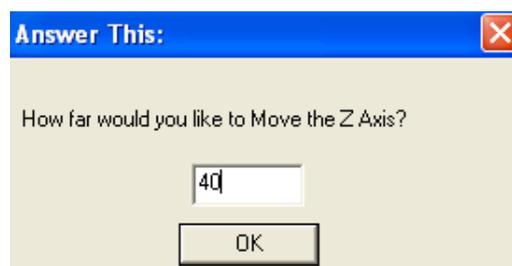


Figura 4.27 Distancia eje Z

Ingresar para ver las propiedades de calibración del motor. (Figura 4.28)

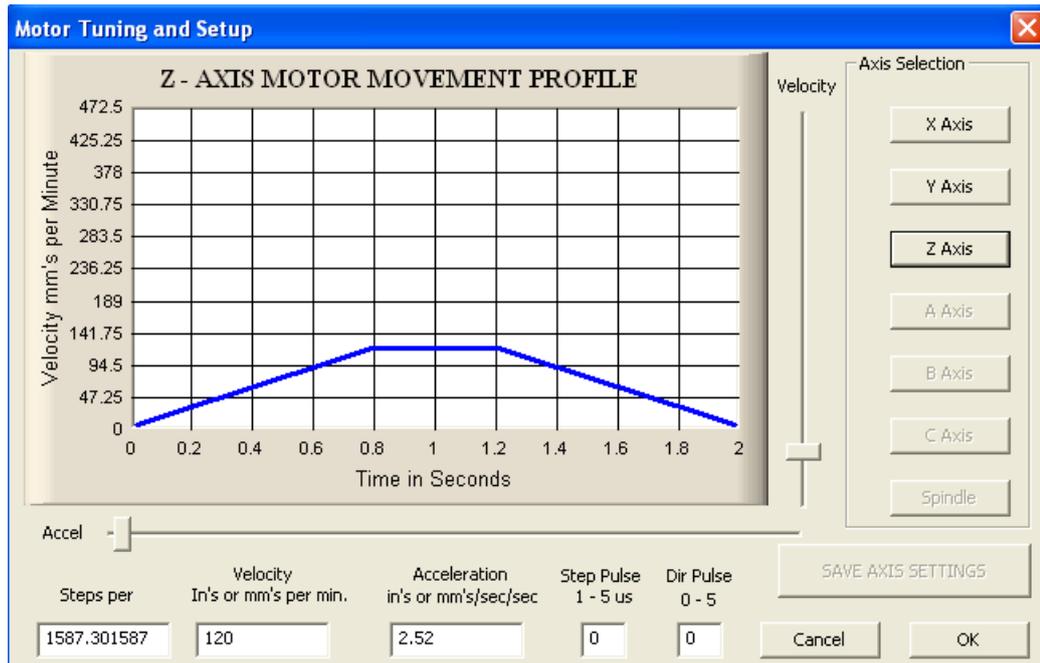


Figura 4.28 Calibración y afinación de motores

Se obtiene un valor de pasos por unidad de 1587.301, velocidad de 120mm/min, aceleración de 2.52 mm/s.

4.3.2 ACTIVACIÓN DEL CABEZAL GRABADOR

4.3.2.1 Activación Grabador

El grabador funciona con una entrada de aire de 90-100 psi (6-7bar), se activa el grabador el momento que se enciende el compresor de aire. El efecto marcador se consigue girando la válvula en dirección contraria a las agujas del reloj. (Figura 4.29)

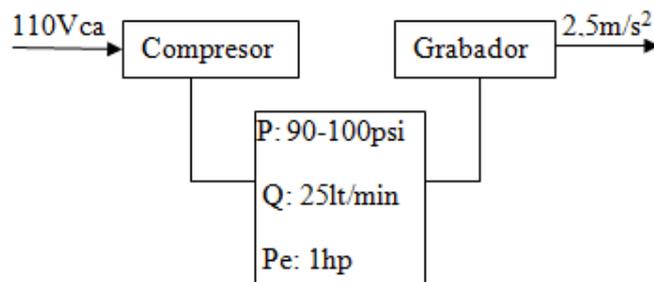


Figura 4.29 Funcionamiento del grabador

4.3.2.2 Activación Motor Fresador

Se seleccionó un motor trifásico para el control se utilizará un variador de frecuencia que permite realizar un control de velocidad en función de la frecuencia.

$$n = \frac{V \times f}{p} \quad \text{(Ec. 4.2)}$$

Donde:

$n = \text{Velocidad (RPM)}$

$V = \text{Voltaje (V)}$

$f = \text{Frecuencia (Hz)}$

$p = \text{Numeropolos}$

$$n = \frac{V \times f}{p} = \frac{220 \times 60}{4} = 3300 \text{ RPM}$$

El variador permite obtener una velocidad máxima de 200Hz

$$n = \frac{V \times f}{p} = \frac{220 \times 200}{4} = 11000 \text{ RPM}$$

Se tiene un rango de 0 a 11000RPM de velocidad para ser seleccionada de acuerdo al material

El variador debe ser alimentado por una red monofásica de 200 a 230Vca. (Figura 4.30)

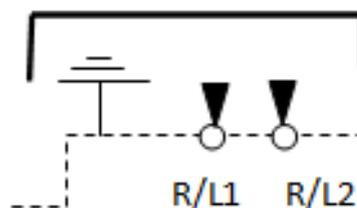


Figura 4.30 Red monofásica

El motor se conecta al variador a las líneas T1, T2, T3. (Figura 4.31)

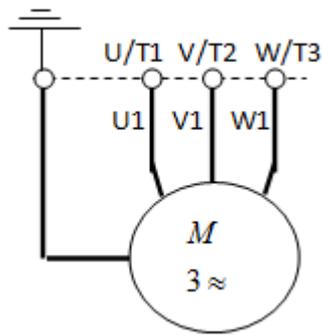


Figura 4.31 Conexión del motor al variador

El tipo de control es de dos hilos es decir el estado abierto o cerrado de la entrada controla el arranque o la parada del motor. (Figura 4.32)

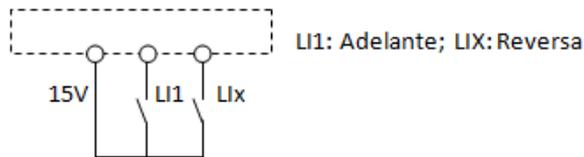


Figura 4.32 Control de dos hilos

4.3.3 CALIBRACIÓN DE LA TARJETA PRINCIPAL Y DE CONTROL DE LOS SERVOMOTORES.

Para calibrar el óptimo funcionamiento de la tarjeta controladora de los servomotores se debe calibrar tres aspectos fundamentales que son calibrados por medio de potenciómetros.

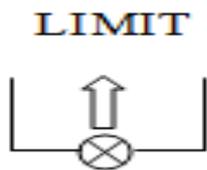


Figura 4.33 Límite de corriente

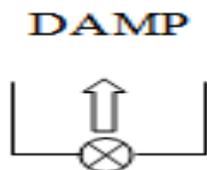


Figura 4.34 Amplitud de Onda

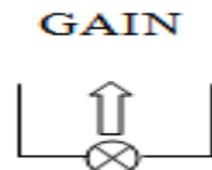


Figura 4.35 Ganancia

Límite de Corriente.- En la tarjeta controladora de los servomotores se debe calibrar el límite de corriente de funcionamiento del servomotor y se lo realiza por medio de un potenciómetro lineal. (Figura 4.33)

Amplitud de Onda.- Se refiere a los pulsos de Dirección que se refiere a la salida de los pulsos de la tarjeta principal. (Figura 4.34)

Numero de ciclos.- Es la forma de onda de transición que puede ser críticamente amortiguada, sobreamortiguado, subamortiguado. (Figura 4.35)

Críticamente Amortiguado.- Es una curva en la cual el servomotor trabaja en las mejores condiciones de funcionamiento.

Sobreamortiguado.- Disminuye el amortiguamiento y se incrementa la ganancia.

Subamortiguado.- Disminuye la ganancia y aumenta el amortiguamiento.

4.4 PRUEBAS Y RESULTADOS DEL SOFTWARE GRABADOR.

4.4.1 IMPORTACIÓN DE ARCHIVOS .DXF

El programa de direccionamiento MACH3 importa archivos de Autocad con la extensión .dxf estos archivos pueden ser diseñados en Autocad o generados en BOB CAD/CAM.

A continuación se va a importar una grafica para ser tallada en madera.

Para importar una foto se debe realizarlo en el programa BOB ART PRO-X. Se debe seleccionar la opción Descargar BobART Pro-X..

Aparece la barra de menú principal. (Figura 4.36)



Figura 4.36 Menú principal

Seleccionar Importar Foto Bitmap.

Se escoge la imagen en formatos: .bmp, jpeg, gif, tif, png. (Figura 4.37)



Figura 4.37 Imagen .jpeg

Seleccionar editar imagen y convertir la imagen y aparece una ventana. (Figura 4.38)

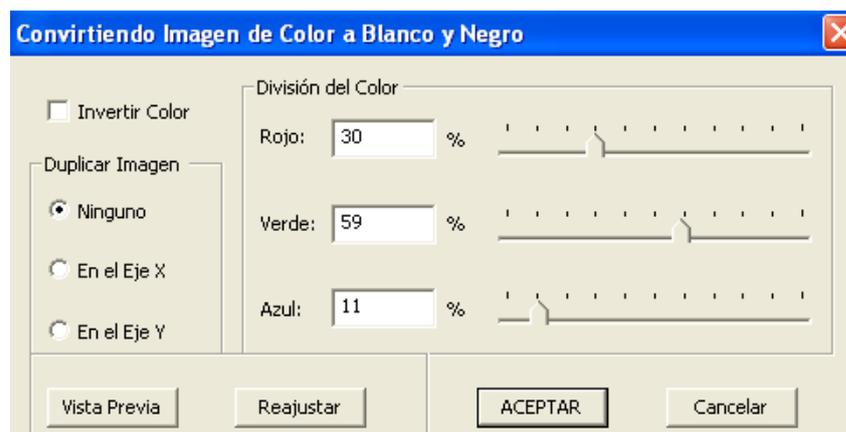


Figura 4.38 Convertir imagen

La foto se convierte a blanco y negro para ser vectorizado y se puede ir variando la tonalidad en la División del Color.

Seleccionar la opción de 2D para convertir en vector la foto seleccionada. Para transformar la foto en vectores variar la Estrategia Vectorizada (Figura 4.39) que varía la tonalidad de vectorización de la imagen, luego ingresar los valores de vectorización que permite obtener una imagen con una mayor calidad. Ingresar el tamaño de la imagen que puede ser hasta de 400x400mm.

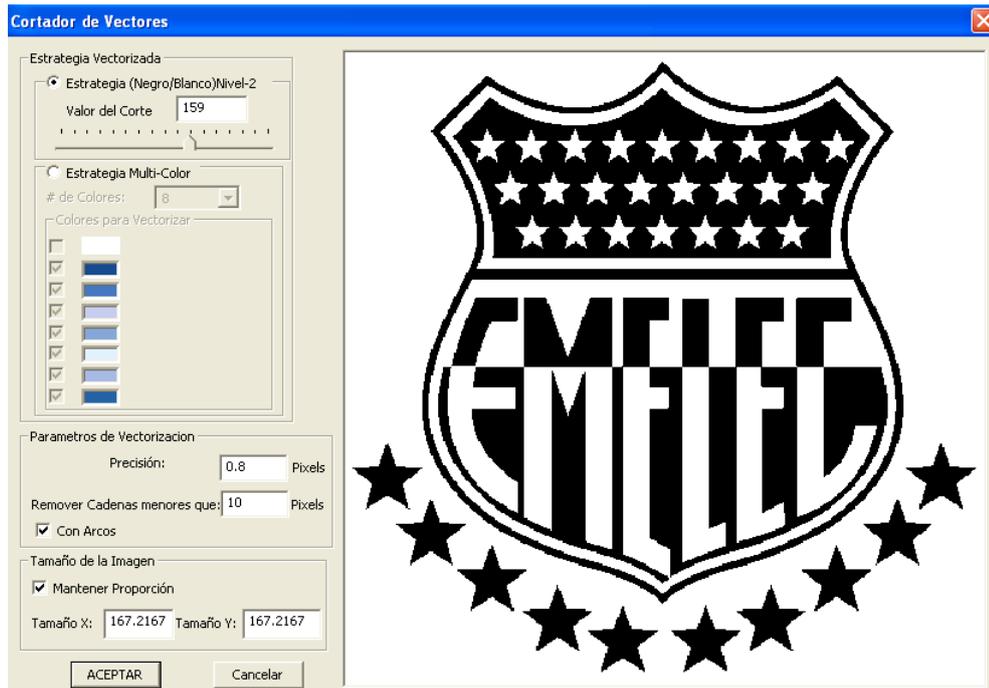


Figura 4.39 Cortador de vectores

Se obtiene la foto vectorizada lista para mecanizar. (Figura 4.40)

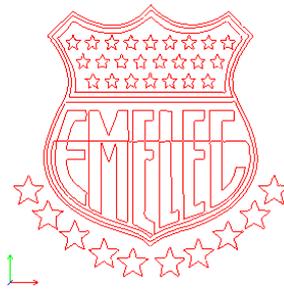


Figura 4.40 Imagen vectorizada

4.4.2 Generación de códigos.

ISO 6983 (International Standardization Organization)

Estándares de instrucciones de programación (código) que permiten a la máquina herramienta llevar a cabo ciertas operaciones en particular.

Un programa es una lista secuencial de instrucciones de maquinado que serán ejecutadas por la máquina de CNC.

A las instrucciones se les conoce como CODIGO de CNC, las cuales deben contener toda la información requerida para lograr el maquinado de la pieza. (Figura 4.41)

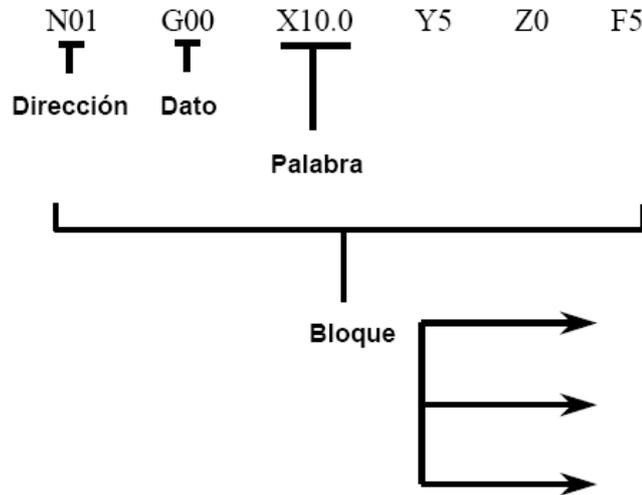


Figura 4.41 Instrucciones código G

Cada movimiento o acción se realiza secuencialmente
 Cada BLOQUE debe ser numerado y usualmente contiene un solo comando.
 (Figura 4.42)

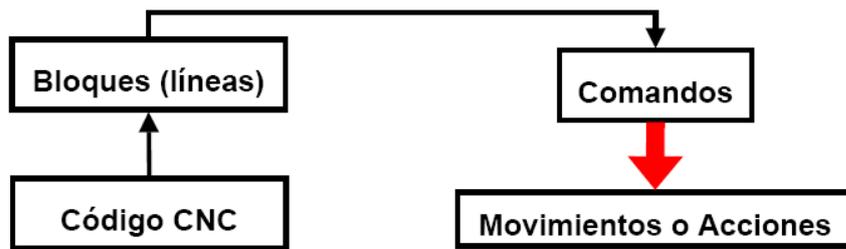


Figura 4.42 Secuencia

Por ejemplo para un pantógrafo CNC que ejecute en la línea de código 001 un desbaste relativo al origen con un avance de 100 mm/min a lo largo del eje X 1.25 mm y del eje Y 1.75mm.

N001 G01 X1.25 Y1.75 F100

4.4.3 Comunicación con la tarjeta principal y de control de los servomotores

Para ver la comunicación o el funcionamiento de la tarjeta principal se debe calibrar el PASO y Dirección. Primero se debe realizar los siguientes pasos:

1. En la PC abrir el programa Mach3.
2. Conectar la Interfaz de la PC a la tarjeta principal.
3. Encender la Tarjeta Principal.
4. Conectar las salidas de PASO y DIRECCION a las tarjetas de los servomotores.
- 5.- Energizar los drive y se puede ver que los LED de las tarjetas se enciende y se apagan luego de 3segundos.
6. Pulsar el botón STAR y observe que se encienda el LED 10 PWR de encendido de la tarjeta principal
7. Pulsar en RESET del programa para poder ejecutar el programa se enciende el LED 9
8. Se puede comenzar a ver si existe desplazamiento en cada eje. Se debe desplazar el eje de las Y pulsando la tecla de flecha ARRIBA El Paso LED ON GREEN y se quedara encendido intermitentemente. Los impulsos son demasiado estrechos para notarlos. (Figura 4.43).

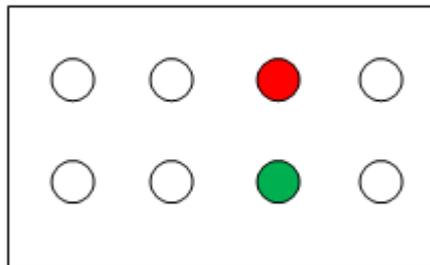


Figura 4.43 Desplazamiento eje Y(+)

La Dirección LED ON GREEN y LED OFF RED a medida que se alternan entre el pulsar en una dirección y la otra es decir tecla de flecha abajo. (Figura 4.44)

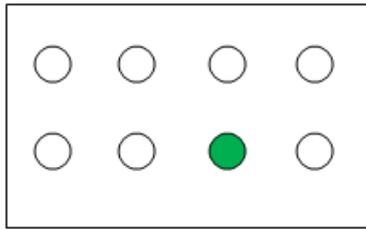


Figura 4.44 Desplazamiento Y(-)

9. Prueba de los demás ejes de la misma. El eje X es la flecha izquierda / derecha. (Figura 4.45)

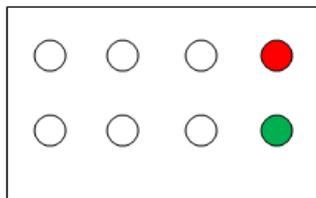


Figura 4.45 Desplazamiento X(+)

En la dirección contraria (Figura 4.46)

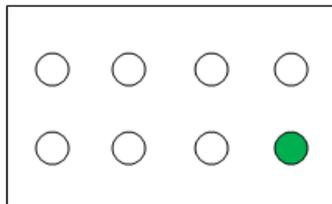


Figura 4.46 Desplazamiento X(-)

El eje Z es la tecla página y permite el desplazamiento hacia abajo. Para que el eje suba se pulsa RevPag. (Figura 4.47)

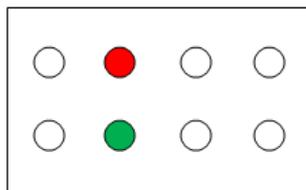


Figura 4.47 Desplazamiento Z(+)

Para que baje el eje Z se pulsa AvPag. (Figura 4.48)

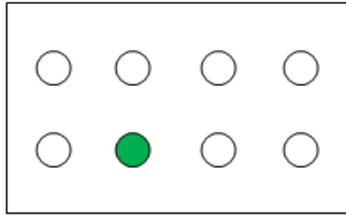


Figura 4.48 Desplazamiento Z(-)

4.5 Pruebas y resultados del pantógrafo.

Para iniciar con el grabado se tiene que dibujar el área de la placa a grabar. (Figura 4.49)

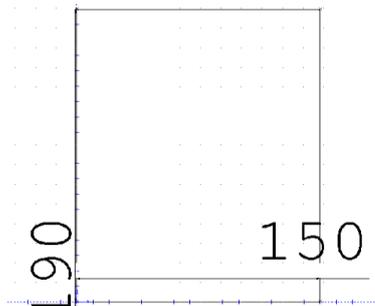


Figura 4.49 Área de placa a grabar

Se ingresa el texto que se desee grabar. (Figura 4.50)

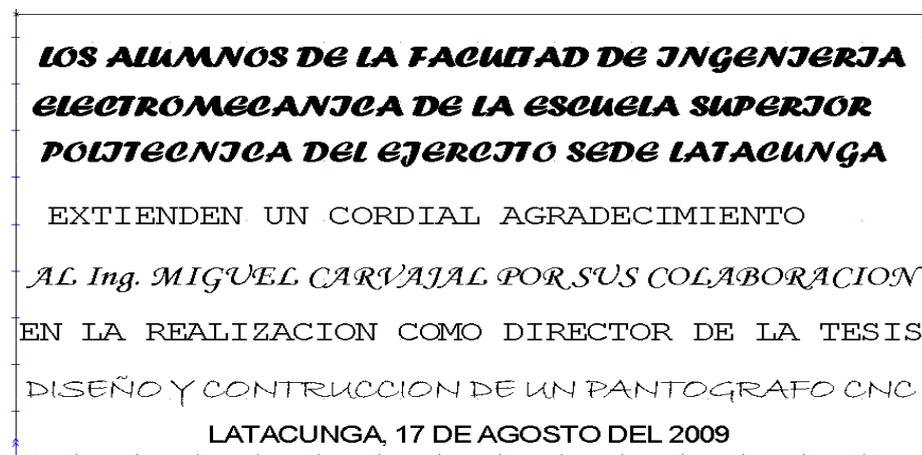


Figura 4.50 Texto a grabar

Se vectoriza el texto para poder transformar el texto en vectores y poder tener los codigos G. (Figura 4.51)

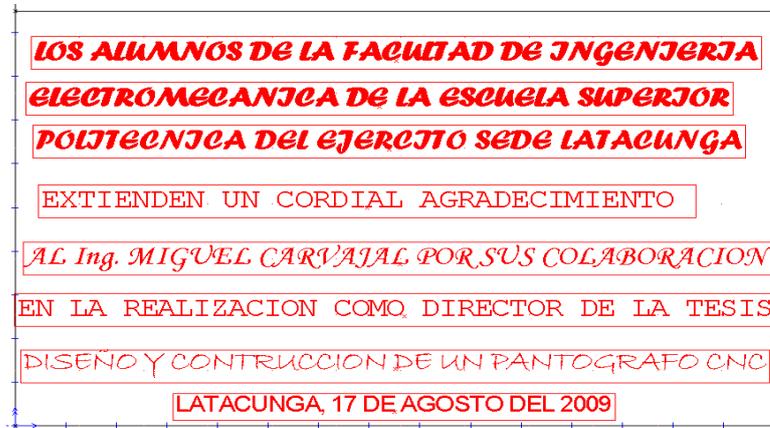


Figura 4.51 Vectorizar texto a grabar

Una vez vectorizado se puede generar el codigo para enviar al programa de direccionamiento. (Figura 4.52)

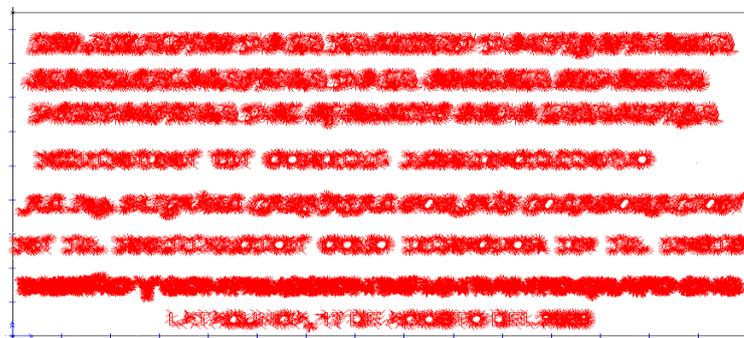


Figura 4.52 Texto vectorizado

Seleccionar el tipo de procesador de máquina para generar los códigos en este caso ANILAM 3000M. (Figura 4.53)



Figura 4.53 Insertar Nc

En la profundidad de la herramienta es importante ingresar los valores como:
Plano Rapido: es la distancia que recorre la herramienta libremente sin contacto con el material a grabar, en este caso para grabado se ingresa una distancia de 3 décimas de milímetro en adelante.

Para el material principal se debe ingresar el espesor del material para el grabado, el espesor de la placa de aluminio, bronce es 1mm

La profundidad de corte se ingresa, en este caso para el grabado es mínimo; debe estar en decimas desde 1 a 3 que quiere decir 0.1-0.3mm. (Figura 4.54)

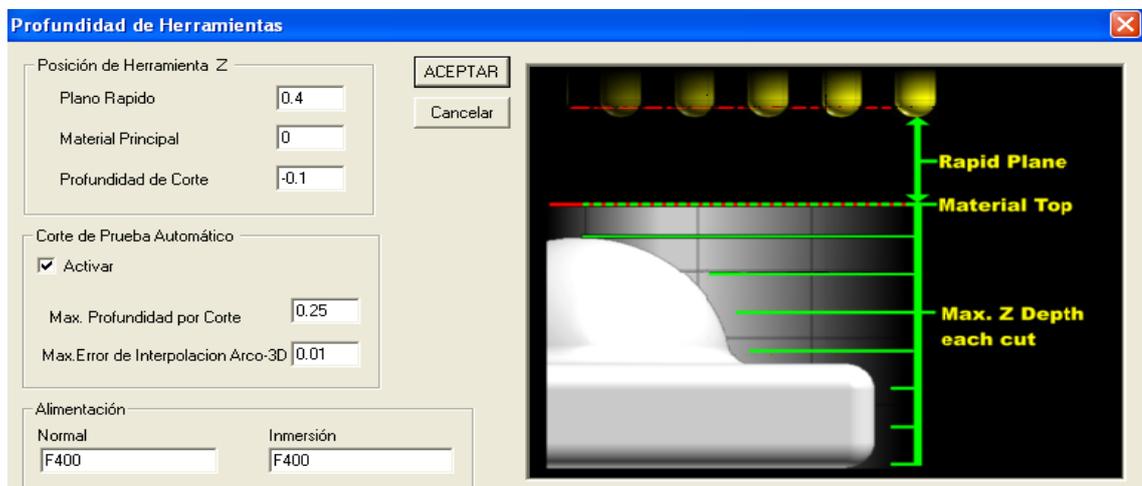


Figura 4.54 Profundidad Herramienta

Para generar las líneas de código se debe seleccionar Automático. (Figura 4.55)



Figura 4.55 Código Automático

Las líneas de código aparecen. (Figura 4.56)

```

BobCAD21.4.1 - [NC por Anila...
Archivo Editar Maquina Contorno Ciclo
Herramienta Macro Propiedades Ventana Ayuda
N10 G00 X+0. Y+0. Z+0.4
N20 X+5.966 Y+86.33
N30 G01 Z-0.1F400
N40 X+5.888 Y+86.133
N50 G03 X+5.561 Y+85.257 R+3
N60 X+5.429 Y+84.854 R+8.195
N70 X+5.271 Y+84.303 R+29.95
N80 G02 X+5.389 Y+84.331 R+3
N90 X+5.84 Y+84.424 R+39.76
N100 X+5.991 Y+84.453 R+7.55
N110 G01 X+6.067
N120 G02 X+6.122 Y+84.47 R+C
N130 X+6.241 R+1.3

```

Figura 4.56 Código G

Se debe guardar este archivo de la parte CAM. (Figura 4.57)



Figura 4.57 Guardar parte CAM

Ingresar un nombre con la extensión .txt que puede abrir el MACH3. (Figura 4.58)

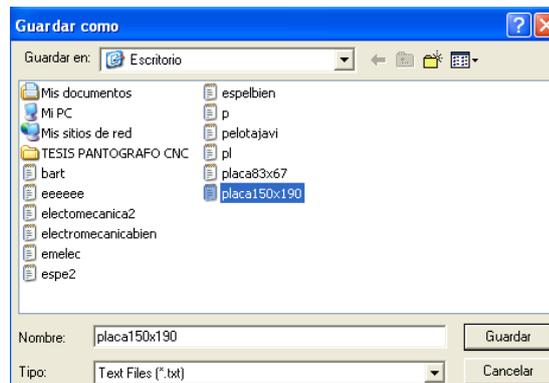


Figura 4.58 Archivo txt

Ingresar al programa de direccionamiento y cargar el archivo CAM .txt (Figura 4.59)



Figura 4.59 Cargar código G

Seleccionar el archivo y abrir. (Figura 4.60)

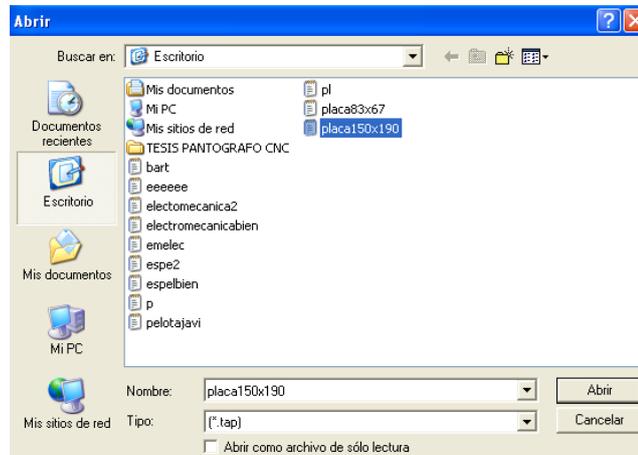


Figura 4.60 Seleccionar archivo .tap

Una vez seleccionado aparecerá el código en la pantalla del MACH3. (Figura 4.61)

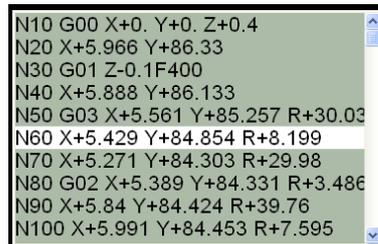


Figura 4.61 Pantalla MACH3

Antes de iniciar el programa revisar si tiene errores y seleccionar la ventana. (Figura 4.62)



Figura 4.62 Revisar errores

Si no existen errores pulsar el boton de inicio de programa. (Figura 4.63)



Figura 4.63 Inicio programa

4.5.1 Ubicación de coordenadas.

Cuando la posición a la que la herramienta ha de desplazarse ha sido programada, el sistema de Control Numérico Computarizado mueve la herramienta a esa posición, para el pantógrafo se definen tres diferentes tipos de sistemas coordenados:

- El Cero de Máquina.

El origen de este sistema se conoce como cero máquina. Este punto se a definido. El sistema coordenado de la máquina se establece cuando se enciende ésta y la herramienta es llevada al punto de referencia.

Una vez que el sistema de referencia de la máquina se ha establecido, este no puede ser cambiado por definición de un sistema local o de trabajo. La única posibilidad para que el sistema sea borrado es que la máquina sea apagada. (Figura 4.64)



Figura 4.64 Cero de máquina

- El Punto de Referencia.

La posición de este punto es con respecto al acero de máquina o el punto origen del cero máquina se define en los extremos de la carrera de la máquina. Cuando la máquina es encendida la operación de llevar la máquina a su punto de referencia es la primera tarea que debe ejecutarse. Una vez que este punto es alcanzado el sistema de referencia de la máquina es establecido.

En este caso se puede ver en el grafico el punto de referencia que es en el centro de la mesa. (Figura 4.65)

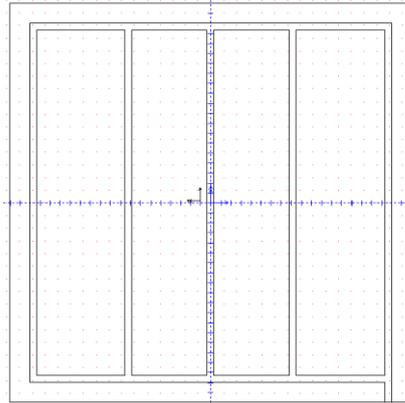


Figura 4.65 Punto de referencia

- El Punto de Trabajo.

El sistema coordenado utilizado en el maquinado de la pieza se conoce como sistema coordenado de trabajo. El origen de este sistema se define en un punto de utilidad para la programación de la geometría de la pieza. El sistema de trabajo coordenado puede ser establecido utilizando cualquiera de los dos métodos siguientes:

Para poder realizar el grabado o fresado la herramienta debe partir desde una posición única, esta posición se la conoce como posición inicial absoluta de coordenadas $(X, Y, Z) = (0, 0, 0)$ para realizar cualquier operación, se puede tener tres opciones de posicionamiento que son las siguientes:

Se puede variar este punto en el programa BOB CAD/CAM y desplazar a un punto determinado automáticamente (Figura 4.66) para que este punto sea el inicio para comenzar a grabar.

Desde el mach3 se puede desplazar los ejes manualmente y luego de realizado los movimiento colocar los valores de las coordenadas en coordenadas $(0, 0, 0)$. (Figura 4.67)

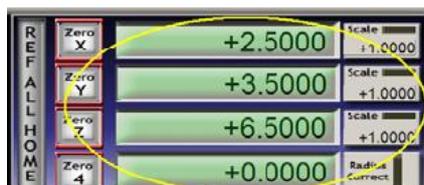


Figura 4.66 Desplazamiento

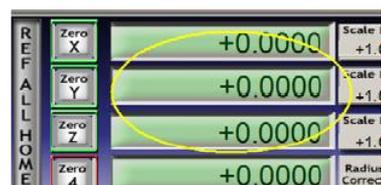


Figura 4.67 Punto inicial

En el grafico se puede ver que primero la herramienta parte desde el centro a cualquier punto para que este sea el punto de trabajo. (Figura 4.68)



Figura 4.68 Desplazamiento G00

4.5.2 Grabado o fresado.

Para el grabado o fresado en placas de aluminio se debe ingresar el texto que desee que grave y seleccionar el estilo de fuente el estilo de letra, luego digitar el ángulo de texto para que el texto tenga una inclinación, también ingresar el espacio extra para separar entre caracteres. (Figura 4.69)

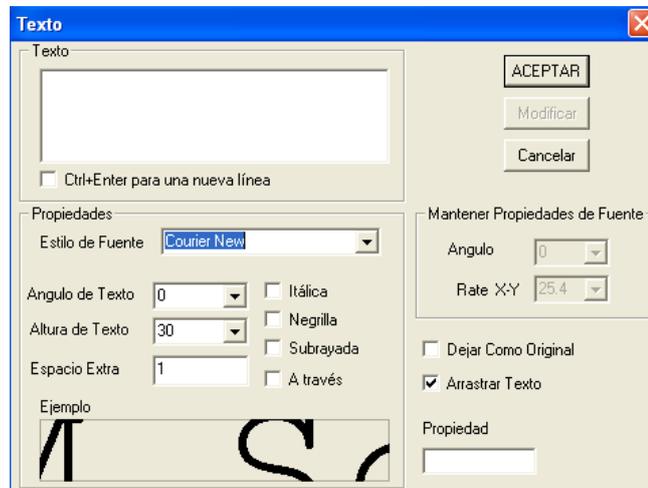


Figura 4.69 Ingreso de Texto

Seleccionar Aceptar y el texto aparece en la pantalla. (Figura 4.70)



Figura 4.70 Texto

Para transformar a vectores se tiene que Vectorizar Texto.

Ingresar la precisión que es la división en cadena de vectores lo más pequeñas posible para que los desplazamientos sean mínimos y sea un grabado con una excelente geometría. (Figura 4.71)

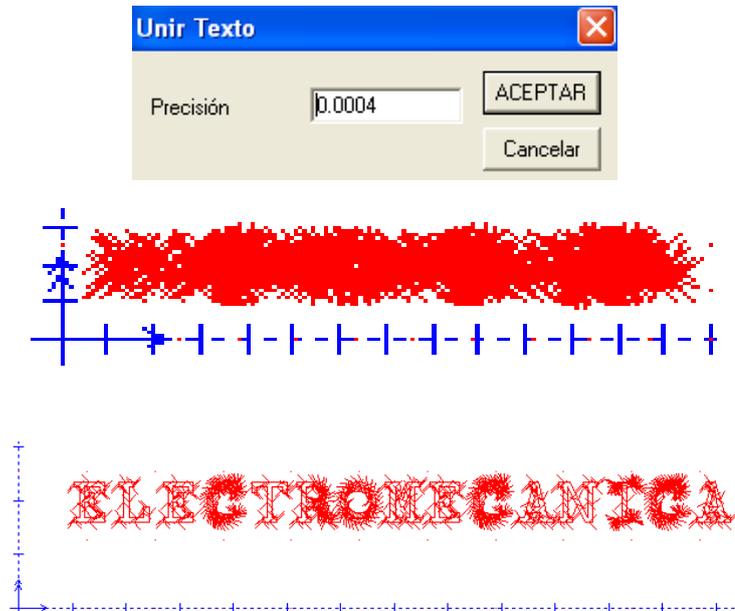


Figura 4.71 Vectorizar

Tenemos el código G generado. (Figura 4.72)

```
N10 G00 X+0. Y+0. Z+0.3
N20 X+12.243 Y+19.675
N30 G01 Z+0 F850
N40 Y+16.884
N50 X+15.033
N60 Y+17.814
N70 X+15.498
N80 X+15.963
N90 Y+15.954
N100 X+10.383
N110 Y+16.419
N120 Y+16.884
N130 X+11.313
N140 Y+22.465
N150 X+10.383
N160 Y+22.93
N170 Y+23.395
N180 X+15.963
N190 Y+21.535
N200 X+15.498
N210 X+15.033
N220 Y+22.465
N230 X+12.243
N240 Y+20.605
N250 X+13.173
N260 Y+21.535
N270 X+13.638
N280 X+14.103
N290 Y+18.745
N300 X+13.638
N310 X+13.173
N320 Y+19.675
N330 X+12.243
N340 G00 Z+0.3
N350 X+20.521 Y+22.465
N360 G01 Z+0 F850
N370 Y+16.884
N380 X+23.311
N390 Y+18.745
N400 X+23.776
N410 X+24.241
N420 Y+15.954
N430 X+18.661
N440 Y+16.419
```

Figura 4.72 Código generado

4.5.3 Diseño AutoCAD.

El AutoCAD permite en este caso corregir la importación de imágenes de la imagen vectorizada ya que importa y existen cadenas de líneas muy pequeñas que están en la imagen vectorizada pero que alteran el diseño, esto se corrige en el Autocad, o se puede dibujar una imagen para grabarla. (Figura 4.73)



Figura 4.73 Diseños autocad

4.5.4 Generación de códigos para el grabado o fresado.

Para la generación de códigos se debe tener en cuenta que el instalador es el ISO001 code drive que permite generar los códigos de esta manera para poderlos interpretar.

Código para Desplazamiento a un punto.- para esto en el plano cartesiano ingresar un punto de coordenadas (10,10) mm. Seleccionar el punto y se genera el código. (Figura 4.74)

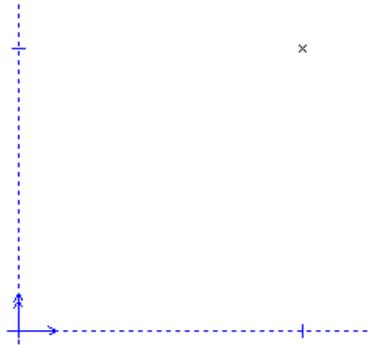


Figura 4.74 Desplazamiento a un punto

Para generar el código se debe ingresar los datos de plano rápido para el desplazamiento hasta un punto seleccionado, no es necesario ingresar el espesor del material y la profundidad. (Figura 4.75)

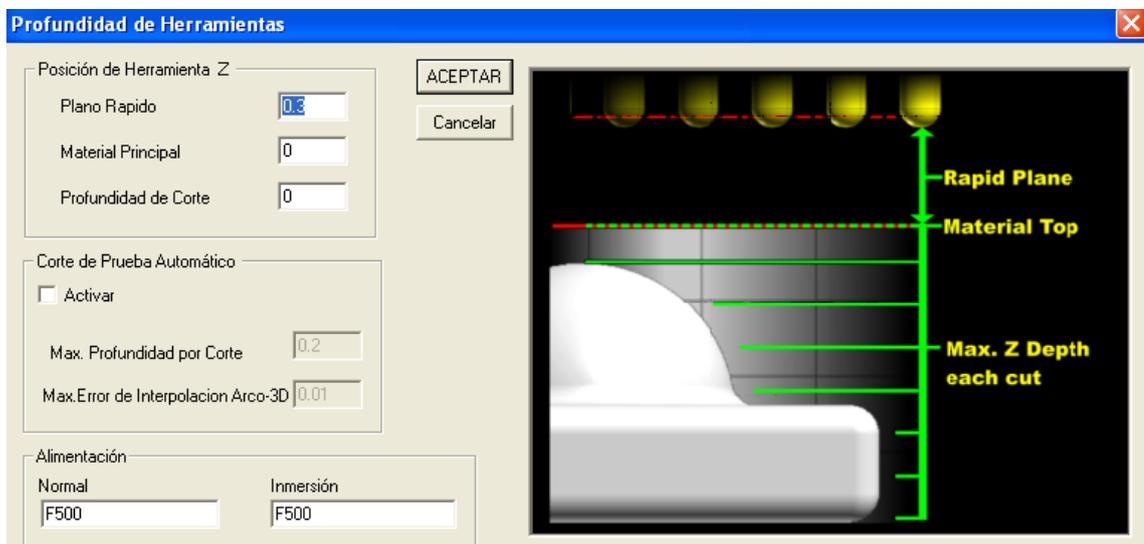


Figura 4.75 Profundidad herramienta

Seleccionar la opción Mover a un punto en la ventana Máquina y se traza la trayectoria y se genera el código. (Figura 4.76)

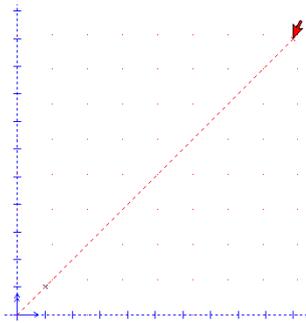


Figura 4.76 Mover a un punto

Se obtiene el código generado. (Figura 4.77)

```
N10 G00 X+100. Y+100. Z+0.
```

Figura 4.77 Instrucción

Para generar una línea desde el origen o desde cualquier parte del plano ingresar los puntos de inicio y final de la línea. (0,0), (20,20) mm. (Figura 4.78)

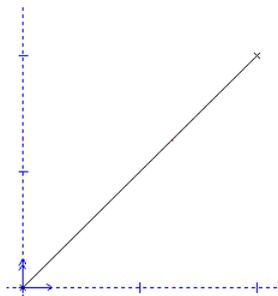


Figura 4.78 Código desde origen

Ingresar el valor de plano rápido en este caso no se puede poner ya que parte del origen. (Figura 4.79)

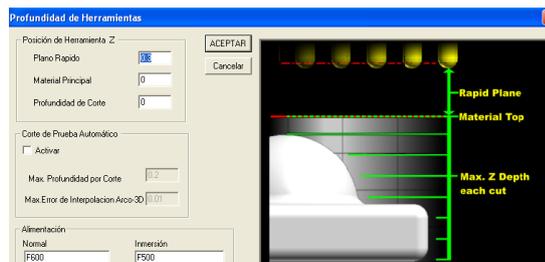


Figura 4.79 Valores plano rápido

Se obtiene el código de una línea desde el origen. (Figura 4.80)

```
N10 G01 X+20. Y+20. Z+0. F600  
N20 G00 Z+0.3
```

Figura 4.80 Línea de código

Para el código de una línea desde un punto cualquiera se tiene (Figura 4.81):

```
N10 G00 X+0. Y+0. Z+0.3  
N20 X+5. Y+5.  
N30 G01 Z+0. F500  
N40 X+20. Y+20. F600  
N50 G00 Z+0.3
```

Figura 4.81 Código de línea desde un punto

Para generar un código de un Arco.- trazar el arco. (Figura 4.82)

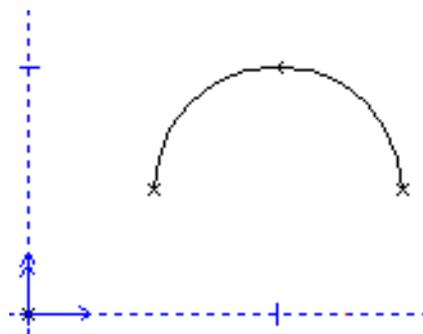


Figura 4.82 Generar código arco

Seleccionar el arco y se genera el código. (Figura 4.83)

```
N10 G01 X+0. Y+0. Z+0.3  
N20 X+5. Y+5.  
N30 G01 Z+0. F500  
N40 G02 X+15. R+5. F600  
N50 G00 Z+0.3
```

Figura 4.83 Generar código arco

Para generar un círculo se debe dibujar una circunferencia en el origen de radio 20mm. (Figura 4.84)

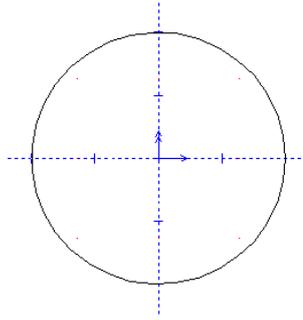


Figura 4.84 Dibujar un círculo

Seleccionar y se genera el código de esta figura geométrica. (Figura 4.85)

```
N10 G00 X+0. Y+0. Z+0.3  
N20 X+20.  
N30 G01 Z+0. F500  
N40 G02 X-20. R+20. F600  
N50 X+20. R+20.  
N60 G00 Z+0.3
```

Figura 4.85 Generar código círculo

4.6 Manual de operaciones.

Para operar el pantógrafo se debe tener en cuenta los siguientes pasos (Figura 4.86):

Para empezar con la operación del pantógrafo primero se debe realizar un orden de operaciones es decir se planea las secuencias de principio a fin antes de generar el código en el programa, eso depende de la parte CAM en el caso del Bob CAD/CAM esta secuencia la realiza de forma automática.

Las coordenadas son un paso importante ya que se debe conocer las coordenadas de origen y las coordenadas del punto de donde comenzara a mecanizar.

La selección de la herramienta, velocidad de corte, avance, profundidad son factores que determinan la calidad del mecanizado.

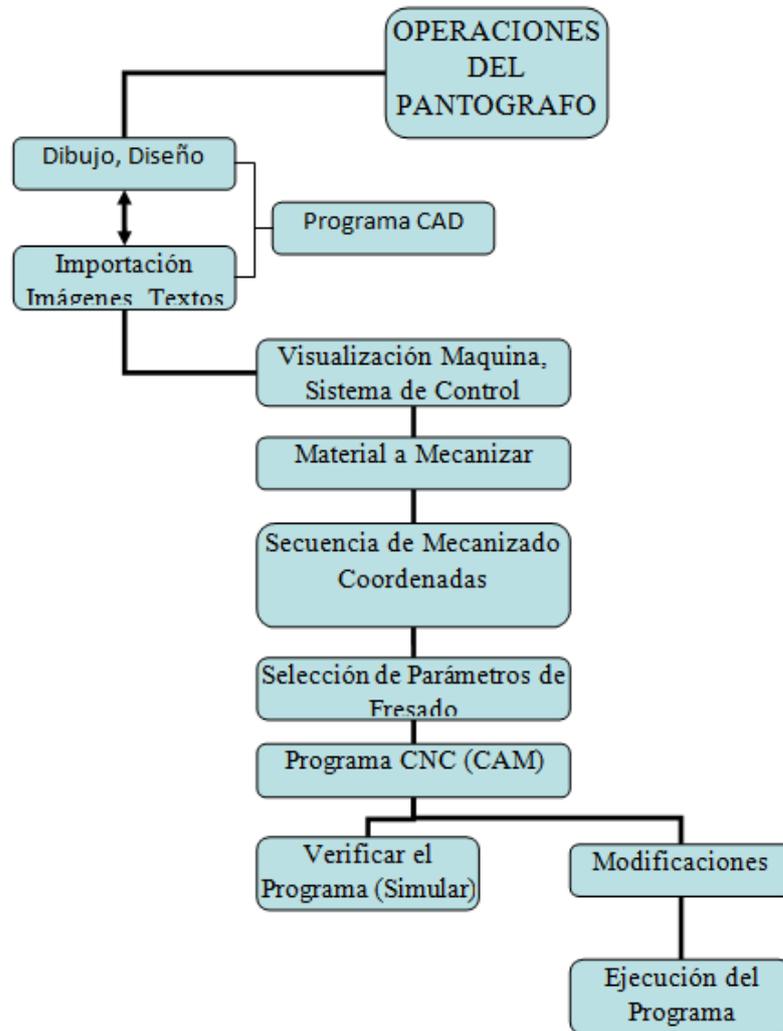


Figura 4.86 Operaciones

4.6.1 Especificaciones técnicas.

MAQUINA: PANTOGRAFO CNC
MODELO: 001
FABRICANTE: ESPEL
MARCA: EMCNC
Nº SERIE: 001
AÑO FABRICACION: 2009
ANCHO: 830mm
ALTURA: 1150mm
PROFUNDIDAD: 700mm
CARACTERISTICAS TECNICAS:
 Longitud para el recorrido del carro longitudinal (coordenada X): 620 mm
 Longitud para el recorrido del carro transversal (coordenada Y): 900 mm
 Longitud para el recorrido del carro vertical (coordenada Z): 210 mm
 Diámetro del tornillo a bolas (X, Y, Z): 16 mm
 Paso del tornillo a bolas (X, Y, Z): 5 mm

Error en el desplazamiento: 0,1mm/300mm
Reductores Mecánicos (X, Y, Z): 40:1

Grabado:

Grabador 2,5m/s²
Compresor 1hp, 15lt/min,90-100psi (7-8bar)

Fresado:

Motor 3 ϕ , Variador de Frecuencia
220Vca, 0-200Hz

Actuadores	RPM	Voltaje	Pulso
Servomotor HITACHI	1200	24Vdc	360 CPR
Servomotor HITACHI	1200	24Vdc	360 CPR
Motor a pasos		24Vdc	8 ⁰

4.6.2 Rangos de Operación.

Se tiene una mesa de 400x400mm esta sería el área que el cabezal se puede desplazar libremente en los ejes X, Y esta área viene a determinarse como el área de trabajo que se tiene en el grafico se puede ver lo que indica las fechas es el recorrido longitudinal que viene a ser de 400mm en el eje Y. (Figura 4.87)

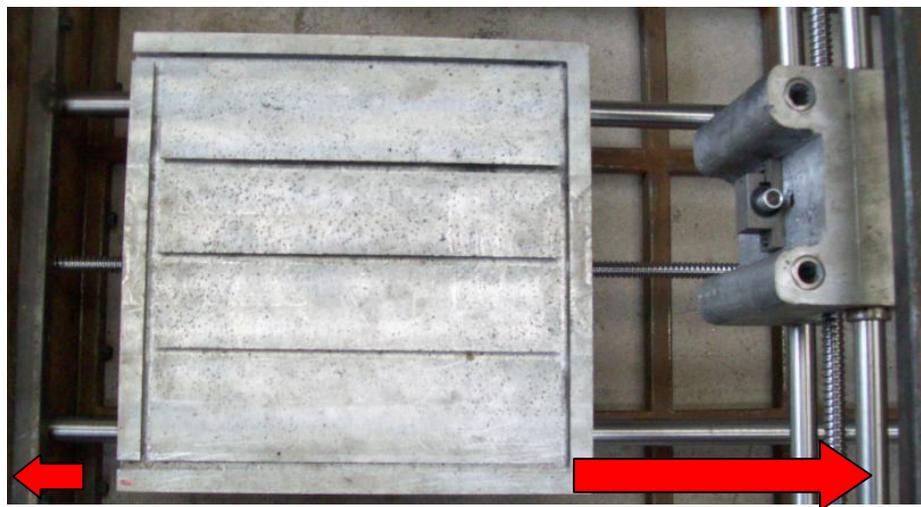


Figura 4.87 Recorrido longitudinal

En el caso del eje X tiene también recorrido transversal del cabezal de 400mm. (Figura 4.88)

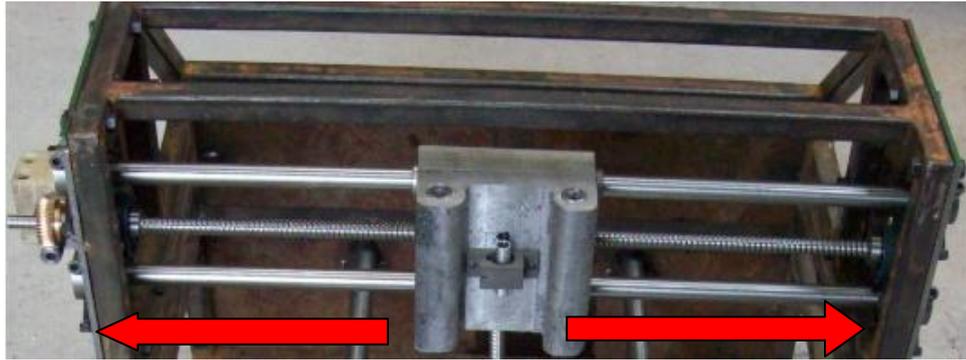


Figura 4.88 Recorrido transversal

En el caso del eje Z se puede tener un desplazamiento vertical de 50mm hasta el nivel de la mesa. (Figura 4.89)



Figura 4.89 Recorrido vertical

4.6.3 Técnicas y procedimientos para el grabado o fresado.

Para el fresado se puede realizar en madera en un área de 300x300mm y un espesor de 25,4mm (1plg), a una velocidad mayor a 2500 rpm.

El grabado por vibración se utiliza para el grabado de placas de aluminio de 1mm de espesor y su medida estándar es 600mmX300mm y las áreas de grabado que se pueden obtener son las siguientes:

300x300mm

300x200mm

150x150mm

300x150mm

100x100mm

150x100mm

200x150mm

200x200mm

200x100mm

Estas áreas se pueden obtener sin desperdicio de material, para la elaboración de placas conmemorativas no existe norma alguna que determine el área de grabado. Una vez que se tiene la placa con el área de trabajo seleccionada se procede a la sujeción de la placa en el pantógrafo, con un ligero apriete de los elementos de sujeción.

Se realiza el diseño para grabar en la placa en el programa Bob cad/cam, los márgenes lo determinan los elementos de sujeción en este caso son de 10mm.

Se debe tener en cuenta la presión mínima del grabador neumático que es de 4bar.

Una vez que se encuentra listo el diseño y la herramienta se ejecuta en el programa MACH3.

4.6.4 Normas de Seguridad.

- Los interruptores, pulsadores y demás mandos de puesta en marcha del pantógrafo, se han de asegurar para que no sean accionados involuntariamente.
- Los engranajes, correas de transmisión, poleas, cardanes, e incluso los ejes lisos que sobresalgan, deben ser protegidos por cubiertas.
- Todas las operaciones de comprobación, medición ajuste, deben realizarse con el pantógrafo apagado.

- En el momento que el pantógrafo este funcionando no debe el operador distraerse en ningún momento.
- Ajustar fuertemente la pieza a las placas de sujeción de la mesa, permitiendo que la pieza a trabajar esté firmemente sujeta al dispositivo de sujeción.
- Observar que en la mesa no se encuentre obstáculos en su recorrido, por lo general tratar de sujetar con las placas fuera del área de trabajo, de esta manera se evita que puedan topar el mandril o la fresa con los tornillos de sujeción.
- Ajustar la herramienta para grabado o fresado al mandril, y observar que esté bien colocada el mandril al eje del motor.
- Colocar la fresa de manera perpendicular y que este sujeta por las tres muelas del mandril, y luego ir girando manualmente el mandril para ver que la fresa este bien sujeta y que realice un giro concéntrico. Una vez sujeta la fresa encender el motor para ver que el giro sea concéntrico.
- Siempre revisar y ajustar que los tornillos, prisioneros o elemento de sujeción estén correctamente posicionados.
- Durante el mecanizado, se han de mantener las manos alejadas de la fresa que gira. Si el trabajo se realiza en ciclo automático el operador deberá estar junto al computador.
- Todas las operaciones de comprobación, ajuste, deben realizarse con la fresadora parada, estas tareas se deben realizar antes de empezar a trabajar.
 - alejarse o abandonar el puesto de trabajo.
 - sujetar la pieza a trabajar.

- medir y calibrar.
 - comprobar el acabado.
 - limpiar y engrasar.
 - ajustar protecciones.
 - dirigir el refrigerante.
-
- El pantógrafo debe mantenerse en perfecto estado de conservación, limpio y correctamente engrasado.

 - Se debe cuidar el orden y conservación de las herramientas, utillaje y accesorios; tener un sitio para cada herramienta.

 - La zona de trabajo y las inmediaciones del pantógrafo deberán mantenerse limpias y libres de obstáculos y manchas de aceite.

 - Las virutas deben ser retiradas con regularidad al final de cada operación.

4.6.5 Partes principales, accesorios y herramientas.

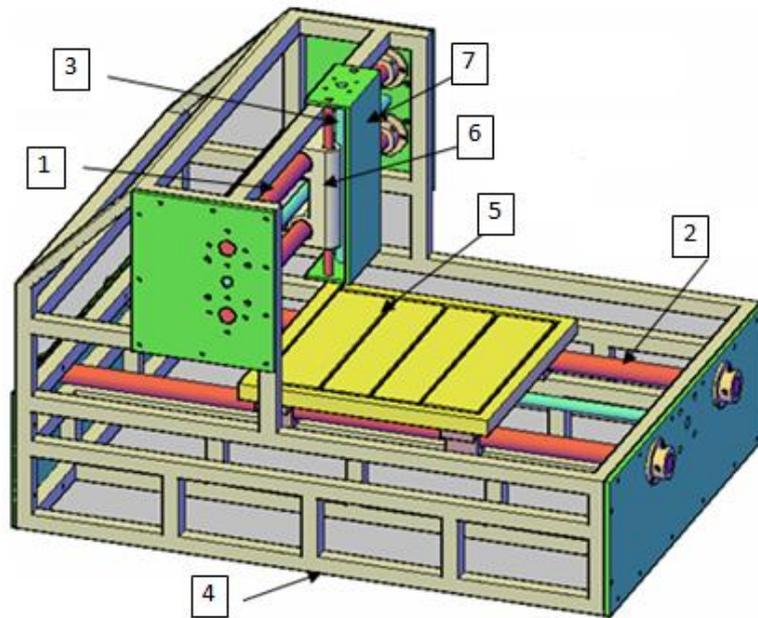


Figura 4.90 Partes principales

Numero	Parte	Componentes
1	Sistema de Guías Eje X	Ejes $\phi 20\text{mm} \times 760\text{mm}$ Tornillo a bolas $\phi 16\text{mm} \times 850\text{mm}$, p5mm Chumacera $\phi 1/2\text{plg}$ Bocines de Centrado $\phi 25\text{mm}$ Placa Acero SAE1018 e=6mm
2	Sistema de Guías Eje Y	Ejes $\phi 25\text{mm} \times 1000\text{mm}$ Tornillo a bolas $\phi 16\text{mm} \times 1015\text{mm}$, p5mm Chumacera $\phi 1/2\text{plg}$ Bocines de Centrado $\phi 36\text{mm}$ Placa Acero SAE018 e=6mm
3	Sistema de Guías Eje Z	Ejes $\phi 14\text{mm} \times 360\text{mm}$ Tornillo a bolas $\phi 16\text{mm} \times 380\text{mm}$, p5mm Chumacera $\phi 1/2\text{plg}$
4	Estructura Metálica	Tubo cuadrado 1plg

5	Mesa	Aluminio Estructural 400x400x25mm, Ranuras en T 7mm Rodamientos lineales SKF ϕ 25mm
6	Carro Eje X, Z	Aluminio Estructural Rodamientos lineales NTN ϕ 20mm eje X Rodamientos lineales NTN ϕ 14mm eje Z
7	Placa Soporte	Placa Acero SAE 1018 e=4mm

Accesorios y Herramientas.

- Compresor de aire comprimido: 1Hp.
- Llaves hexagonales.
- Fresa en V 6mm.
- Fresas END MILL HSS CO5 4F ϕ 3mm x 6mm 1PC.
- Fresa END MILL ϕ 2mm x3mm 4Fb-EM TICN ACCUPRO.
- Fresa de punta redonda DG-171, 120° , 11/64x7.
- Punta Fina, Intermedia, Gruesa, Cuchilla, Cíncel.

4.6.6 Operaciones de la máquina.

- Montar el material a mecanizar en la mesa y ajustar con el sistema de sujeción de placas.
- Revisar las conexiones de la entrada de aire comprimido del grabador.
- Revisar las conexiones de eléctricas del motor fresador.

- Revisar la conexión del puerto paralelo de la PC a la tarjeta principal.
- Encender la PC.
- Realizar el diseño en AutoCAD o importar una imagen desde el programa BOB ART PRO-X, o realizar un formato para texto desde BOB CAD/CAM.
- Guardar el archivo en extensión .dxf si es en AutoCAD, si es BOB ART PRO-X guardar en extensión .bart y si es en BOB CAD/CAM se puede guardar en extensión .cad
- Si se debe crear un archivo CAD se debe realizarlo en BOB CAD/CAM, en este caso generar el código y guardar el código G del dibujo en extensión .txt y cargar en MACH3.
- Se puede manejar cualquiera de estas maneras de generar códigos G directo desde MACH3 o desde BOB CAD/CAM.
- Abrir el programa de Direccionamiento MACH3, en este programa es posible importar los archivos .dxf de AutoCAD o BOB CAD/CAM.
- Una vez que se tiene listo el código G en la pantalla del MACH3 se puede encender la alimentación para la tarjeta principal y los ServoDrive.
- Alimentar el variador de Frecuencia y observar en la pantalla que estén las letras rYd para poder arrancar el motor.
- Pulsar el Boton Reset en el programa MACH3 y se energizan los ServoDrive, observar que destellen los led de los ServoDrive por 3 segundos y que se apaguen.
- Pulsar los botones Home X, Y para que el cabezal se desplace al punto de origen del pantógrafo.
- Encender el interruptor para arranque del motor luego de seleccionar la velocidad de corte.
- Pulsar el botón Inicio de Ciclo para comenzar a mecanizar.
- Estar pendiente si se produce alguna anomalía para pulsar el botón Reset/Stop.

4.6.7 Hoja de mantenimiento.

EQUIPO: PANTOGRAFO CNC		FECHA DE REVISION: 11-07-09			
ACTIVIDAD		CODIGO CONTROL		RESULTADO	
Inspeccionar		Diario		Satisfactorio	
Medir		Semanal		Cambiar	
Ajustar		Mensual		Reparar	
Limpiar		Trimestral		Revisión	
Lubricar		Anual			
Puntos de Revisión	Actividad	Control	Resultado	Revisión	Observación
Cabezal Grabador (Coordenada Z)					
Placa de sujeción del Motor y Grabador					
Guías, Rodamientos					
Bocin de Centrado					
Tornillo y Tuerca					
Acoplamiento Servomotor					
Motor a Pasos					
Acople Motor, Mandril					
(Coordenada X)					
Guías y Rodamientos					
Tornillo y Tuerca					
Acoplamiento					
Servomotor					
Mesa de Sujeción (Coordenada Y)					
Guías y Rodamientos					
Tornillo y Tuerca					

Sistema de Sujeción					
Sistema de Control			⊙	✓	
Tarjeta Principal	▱ ▴	◇		✓	
Tarjetas de Servomotores	▱ ▴	◇	⊙	✓	
Puerto Paralelo	▱	○	⊙	✓	
Motor Fresador					
Motor Trifásico	▱ ▴ ▱ ▱	○	⊙	✓	
Variador de Frecuencia	▱ ▴ ▱	○	⊙	✓	
Alimentación	▱ ▴	○	⊙	✓	
Grabador					
Compresor	▱ ▴ ▱	○	⊙ ⊙	✓ ✓	
Acople de aire	▱	○ ○	⊙	✓	
Grabador	▱				
Actividades Adicionales					
Calibración trimestral de los sistemas de guías X, Y, Z.					

CAPITULO V

5.1 ANALISIS FINANCIERO

El análisis de los proyectos constituye la técnica matemático-financiera y analítica, a través de la cual se determinan los beneficios o pérdidas en los que se puede incurrir al pretender realizar una inversión o algún otro movimiento, en donde uno de sus objetivos es obtener resultados que apoyen la toma de decisiones referente a las actividades de inversión.

Asimismo, al analizar los proyectos de inversión se determinan los costos de oportunidad en que se incurre al invertir al momento para obtener beneficios al instante, mientras se sacrifican las posibilidades de beneficios futuros, o si es posible privar el beneficio actual para trasladarlo al futuro, al tener como base específica a las inversiones.

Una de las evaluaciones que se debe realizar para apoyar la toma de decisiones en lo que respecta a la inversión de un proyecto, es la que se refiere a la evaluación financiera, que se apoya en el cálculo de los aspectos financieros del proyecto. El análisis financiero se emplea también para comparar dos o más proyectos y para determinar la viabilidad de la inversión de un solo proyecto.

Para el presente caso se ha decidido utilizar un software que facilite los cálculos a realizar, para ello se empleará el software llamado **EvalAs** que es una herramienta diseñada para asistir en la Evaluación de Proyectos de Inversión Productivos.

En este software se ingresa los datos tales y como se muestra a continuación (Figura 5.1)

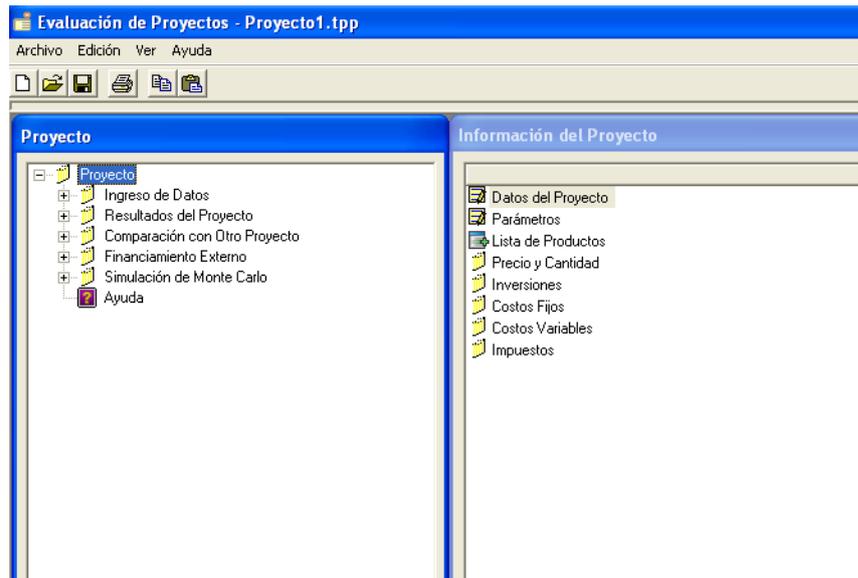


Figura 5.1 Ingreso de datos

Para el ingreso de datos se tiene los siguientes ítems:

- Datos del proyecto
- Parámetros
- Lista de productos
- Precio y cantidad
- Inversiones
- Costos fijos
- Costos variables
- Impuestos

Luego del ingreso de datos se obtiene:

- Resultado del proyecto
- Comparación con otro proyecto
- Financiamiento externo
- Simulación de Monte Carlo

Por medio de este software se puede obtener los siguientes resultados para analizar

5.1 ANALISIS DE LA INVERSION

En todo proyecto se debe realizar un análisis de inversiones de acuerdo a las amortizaciones lo cual se ingresa en el software como se puede ver a continuación (Figura 5.2)



The screenshot shows the 'Evaluación de Proyectos - Proyecto1.tpp' application window. The interface includes a menu bar (Archivo, Edición, Ver, Ayuda) and a toolbar. The main window is divided into two panes. The left pane, titled 'Proyecto', shows a tree view with folders for 'Precio y Cantidad' and 'Inversiones'. The right pane, titled 'Amortización de Inversiones', displays a table with the following data:

	Año 0	2009	2010	2011	2012	2013
PANTOGRAFO	0,00	60,00	60,00	60,00	60,00	60,00
PLACAS ALUMINIO	0,00	8,00	12,00	17,00	22,00	27,00
PLACAS MARMOL	0,00	10,00	15,00	21,00	27,00	33,00
PLACAS ACERO	0,00	2,00	3,00	4,25	5,50	6,75
PLACAS VIDRIO	0,00	4,00	6,00	8,60	11,20	13,80

Figura 5.2 Amortización de inversiones

Las inversiones que se realiza en el proyecto y con un porcentaje de amortización del 1% son las siguientes:

- Pantógrafo
- Placas aluminio
- Placas mármol
- Placas acero
- Placas vidrio

5.2 TIEMPO DE RECUPERACION

El tiempo de recuperación que se estima es de cinco años por lo que en el software se introdujo este dato obteniendo los resultados que se muestran a continuación:

Matriz de Flujos						
	Año 0	2009	2010	2011	2012	2013
+ Ingresos	0,00	3.120,00	3.120,00	3.620,00	3.700,00	4.200,00
- Costos Fijos	0,00	-80,00	-80,00	-115,00	-115,00	-115,00
- Costos Variables	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
- Amortizaciones	0,00	-72,00	-84,00	-98,85	-113,70	-128,55
= Flujo Caja antes de Impuestos	0,00	2.968,00	2.956,00	3.406,15	3.471,30	3.956,45
- Impuestos	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
= Flujo Caja después de Impuestos	0,00	2.968,00	2.956,00	3.406,15	3.471,30	3.956,45
+ Amortizaciones	0,00	72,00	84,00	98,85	113,70	128,55
- Inversiones	0,00	-7.200,00	-1.200,00	-1.485,00	-1.485,00	-1.485,00
+ Valor Residual del Proyecto	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00
= Flujo de Caja Neto	0,00	-4.160,00	1.840,00	2.020,00	2.100,00	2.601,00
Flujo Acumulado	0,00	-4.160,00	-2.320,00	-300,00	1.800,00	4.401,00

Figura 5.3 Matriz de flujos

Como se observa en la Figura 5.3 de la Matriz de Flujos, en los primeros tres años se obtiene un flujo acumulado negativo (-4160 USD) que indica que no se obtiene recuperación, pero a partir del cuarto año se obtiene un flujo acumulado positivo (1800 USD) el cual nos indica que se tiene una recuperación de lo invertido e inclusive se tiene una ganancia.

5.3 RENTABILIDAD DE LA INVERSION

Para la rentabilidad de la inversión se obtuvieron los siguientes resultados como se muestra en la Figura 5.4

Principales Indicadores	
Principales Indicadores del Proyecto	
VAN (o VPN) (\$)	3.217,61
TIR (% anual)	34,25
TIR Modificada (% anual)	19,87
Período Repago	3,14
Período Repago con Descuento	0,00
Reglas de Decisión:	
Con una Tasa de Descuento de 5,0 (% anual):	
VAN (o VPN) (\$) > 0	
Debe aceptarse el Proyecto	

Figura 5.4 Principales indicadores

Los principales indicadores del proyecto por medio del software brinda la certeza de que el proyecto es rentable

CAPITULO VI

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

- ✓ El pantógrafo sirve para grabar en aluminio, bronce, cobre, madera, nylon, acrílico, vidrio, en un área mayor a 400cm^2 .
- ✓ Se puede grabar cualquier carácter alfanumérico, desde 4mm de altura.
- ✓ Se puede realizar gráficos desde un área de 10cm^2
- ✓ El grabado es una técnica libre en la que no existen normas, reglas que determinen el área de grabado y los tamaños de los caracteres alfanuméricos.
- ✓ Para el grabado por vibración el ancho de la línea de grabado es de 0,5mm.
- ✓ Para el grabado por fresado el ancho de la línea de grabado es de acuerdo al diámetro de la fresa a utilizar.
- ✓ El grabado por vibración no realiza arranque de material obteniendo un excelente acabado superficial.
- ✓ El grabado por fresado realiza arranque de material que es en micrómetros.
- ✓ El pantógrafo tiene un error en el desplazamiento mínimo determinado por el tornillo a bolas de 0,1mm por cada 300mm, lo cual no afecta en el desplazamiento; por lo que tenemos una trayectoria en los ejes X, Y, Z exacta que es determinada por la eficiencia del 90% lo cual permite obtener lo que se diseña en el computador.
- ✓ El desplazamiento en cada eje es de gran precisión, exactitud y no se produce vibración, juego, o movimientos que alteren la trayectoria de la herramienta, lo cual obtiene el trazo de una línea continua sin desviaciones.

- ✓ Para el diseño del sistema de guías se escogió rodamientos lineales que se mueven a lo largo de ejes calibrados los cuales cumplen con un desplazamiento óptimo.
- ✓ La estructura del pantógrafo diseñada no presenta problemas de vibración que afecten al movimiento del cabezal grabador y de la mesa de sujeción.
- ✓ El sistema de sujeción permite que las placas de aluminio de 1mm para grabado se sujeten correctamente permitiendo un grabado uniforme en toda el área de grabado.
- ✓ El acoplamiento del motor grabador y grabador por vibración se encuentran acoplados correctamente y no presentan movimientos que alteren el correcto funcionamiento.
- ✓ El software Cam Mach3 y Bob Cad/Cam funcionan correctamente y no tienen ningún problema en abrir, guardar, enviar, procesar, simular, verificar los archivos que se ejecutan.
- ✓ Se determinó que los métodos de cálculo escogidos ayudaron al dimensionamiento de los ejes guías, diámetro del tornillo, torque requerido, los cuales se basan en la carga total que se requiere desplazar en los ejes X, Y, Z, utilizando un factor de seguridad de 2.
- ✓ La velocidad de desplazamiento en los ejes X, Y, Z lo determina las características del servomotor que se puede variar hasta el valor máximo o mínimo en el programa de direccionamiento.
- ✓ La selección de los servomotores se realizó en función del tipo de motor dc, característica de voltaje, corriente, velocidad, torque, numero de pasos y su compatibilidad con el drive, costo.
- ✓ El drive se seleccionó en base al lenguaje de máquina, tipo de control, corriente, voltaje, costo.
- ✓ La tarjeta principal se seleccionó por el tipo de interface, controlador, voltaje, frecuencia, costo

6.2 RECOMENDACIONES

- ✓ Al realizar las conexiones de los servomotores en los drive verificar que el eje del servomotor no rote debido a que es señal de que el encoder no esta realizando la retroalimentación
- ✓ Ajustar los bocines de centrado de los ejes guías de manera que no se produzcan vibraciones que afectan en el desplazamiento del cabezal grabador y de la mesa.
- ✓ Lubricar los reductores mecánicos cada vez que se empiece una nueva operación.
- ✓ No sobrepasar la presión de alimentación de 7bar del grabador neumático. Se determina que con una presión de 4bar el grabador funciona correctamente.
- ✓ Al realizar los desplazamientos de los ejes X, Y, Z se debe verificar la linealidad en el movimiento sin que la herramienta tenga ningún tipo de desviaciones.
- ✓ Para determinar y comprobar la precisión en el desplazamiento se debe ingresar por código G un movimiento en milímetros en los ejes X, Y, Z y comprobar este desplazamiento verificando con un calibrador, esta distancia debe ser la misma.
- ✓ Al realizar la afinación y calibración de los servomotores guiarse por el sonido de las bobinas del servomotor, cuando se encuentra calibrado el servomotor no realiza ningún sonido.
- ✓ La calibración de los ejes guías se debe realizar desplazando al cabezal grabador en cinco puntos distintos que se ubican en la mesa.
- ✓ Cuando se va a realizar la conexión del encoder ver la numeración y verificar en el manual los terminales de alimentación, canales ya que se puede dañar el encoder.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Tyler.G. Hicks.Pe," Fórmulas de Ingeniería Mecánica Schaun" Primera Edición, Editorial McGRAW-HILL, España 2005.

Nicolás Larburu,"Máquinas Prontuario", Tercera Edición, Editorial Paraninfo S.A., España 2005.

Joseph E. Shigley, "Diseño en Ingeniería Mecánica", Sexta Edición, Editorial McGRW-HILL, México 2005.

Victoriano Ángel Martínez Sánchez, " Automatización Industrial Moderna" Primera Edición, Editorial RA-MA, España 2001

Joseph Edward Shigley,"Diseño en Ingeniería Mecánica", Tercera Edición, Editorial McGRW-HILL, México 1985.

CEAC, "Máquinas de Corriente Alterna" Cuarta Edición, Editorial CEAC S.A., España 1982.

Catálogo Aceros Especiales, Ivan Bohman C.A.

ENLACES

<http://www.techno-isel.com/>

<http://www.technocomponents.com/>

<http://www.technocomponents.com/LMC/H860/PDF/H860P096.pdf>

<http://www.technocomponents.com/LMC/H860/PDF/H860p097.pdf>

<http://www.elmeqmotor.es/produits-mdp-2/catalogue/liste.asp?idGamme=4>

<http://www.elmeqmotor.es/produitsmdp2/catalogue/fiche.asp?idGamme=4&aff=car&idVersion=10027&url=http%3A%2F%2Fwww.elmeqmotor.es%2Fproduits-mdp-2%2Fcatalogue%2Fliste.asp%3FidGamme%3D4>

<http://www.electricidadlynch.com.ar/variadorvelocidad.html>

<http://www.electricidadlynch.com.ar/variadorvelocidadschneider.htm>

<http://www.electricidadlynch.com.ar/ATV11.htm>

<http://www.revistadyna.com/Dyna/cms/noticias/NoticiaFicha.asp?IdMenu=3&IdNoticia=262>

http://www.skf.com/portal/skf/home/products?maincatalogue=1&lang=es&newlink=1_0_20

http://www.bobcadcam.com/download/BobCADCAM%20Version%2021%20Manual%20-%20English_Lc.pdf

ANEXOS

GP1A30R

OPIC Photointerrupter with Encoder Function

■ Features

1. 2-phase (A, B) digital output
2. Possible to use plastic disk
3. High sensing accuracy
(Disk slit pitch : 0.7mm)
4. TTL compatible output
5. Compact and light

■ Applications

1. Electronic typewriters, printers
2. Numerical control machines

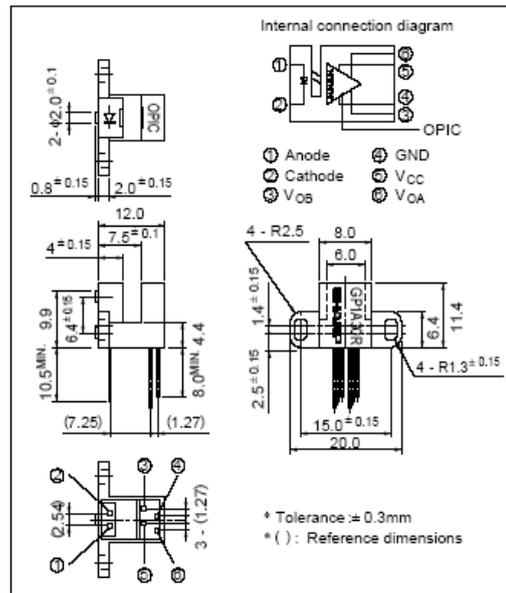
■ Absolute Maximum Ratings (Ta= 25°C)

Parameter		Symbol	Rating	Unit
Input	Forward current	I_F	65	mA
	*1Peak forward current	I_{FM}	1	A
	Reverse voltage	V_R	6	V
Power dissipation		P	100	mW
Output	Supply voltage	V_{CC}	7	V
	Low level output current	I_{OL}	20	mA
	Power dissipation	P_O	250	mW
Operating temperature		T_{opr}	0 to + 70	°C
Storage temperature		T_{stg}	- 40 to + 80	°C
*2Soldering temperature		T_{sol}	260	°C

*1 Pulse width $\leq 100\mu s$, Duty ratio= 0.01

*2 For 5 seconds

■ Outline Dimensions (Unit : mm)



*"OPIC" (Optical IC) is a trademark of the SHARP Corporation.
An OPIC consists of a light-detecting element and signal-processing circuit integrated onto a single chip.

■ Electro-optical Characteristics

(Unless otherwise specified, Ta = 0 to + 70°C)

Parameter		Symbol	Conditions	MIN.	TYP.	MAX.	Unit
Input	Forward voltage	V_F	Ta = 25°C, $I_F = 30mA$	-	1.2	1.5	V
	Reverse current	I_R	Ta = 25°C, $V_R = 3V$	-	-	10	μA
Output	Operating supply voltage	V_{CC}		4.5	5.0	5.5	V
	High level output voltage	V_{OH}	*3 $V_{CC} = 5V$, $I_F = 30mA$	2.4	4.9	-	V
	Low level output voltage	V_{OL}	*3 $I_{OL} = 8mA$, $V_{CC} = 5V$, $I_F = 30mA$	-	0.1	0.4	V
	Supply current	I_{CC}	*3*4 $I_F = 30mA$, $V_{CC} = 5V$	-	5	20	mA
Transfer characteristics	Duty ratio	*5 D_A	$V_{CC} = 5V$, $I_F = 30mA$,	20	50	80	%
		*5 D_B	*3 $f = 2.5kHz$	20	50	80	%
	Response frequency	f_{MAX}	*3 $V_{CC} = 5V$, $I_F = 30mA$	-	-	5	kHz

*3 Measured under the condition shown in Measurement Conditions.

*4 In the condition that output A and B are low level.

*5

$$D_A = \frac{t_{AH}}{t_{AP}} \times 100, \quad D_B = \frac{t_{BH}}{t_{BP}} \times 100$$

Small Optical Encoder Modules Technical Data

Features

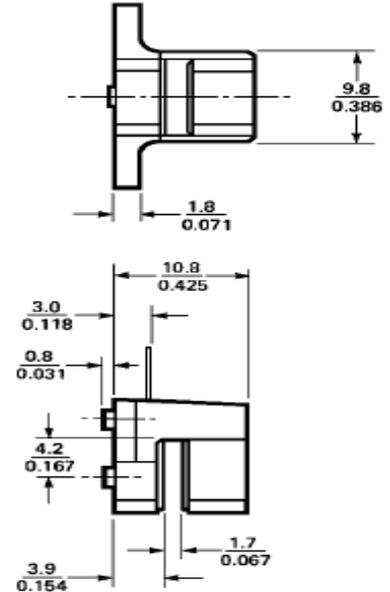
- Small Size
- Multiple Mounting Options
- Linear and Rotary Options Available
- No Signal Adjustment Required
- Insensitive to Radial and Axial Play
- -40°C to +85°C Operating Temperature
- Two Channel Quadrature Output

- TTL Compatible or 5.0 V CMOS Compatible
- Single 5 V Supply
- Wave Solderable

Description

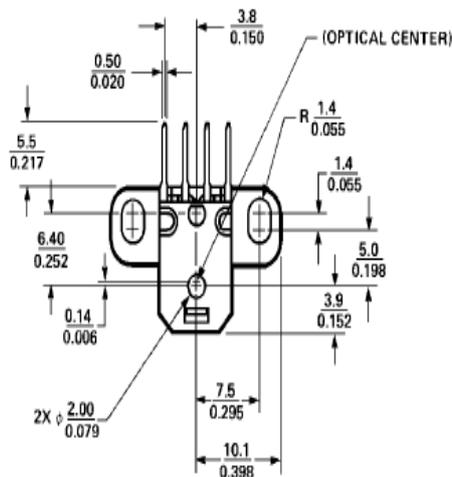
The HEDS-978x series is a high performance, low cost, optical incremental encoder module. When operated in conjunction

HEDS-978x Series

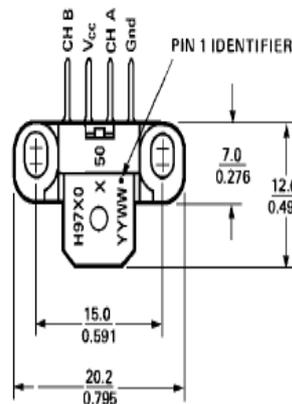


LEAD THICKNESS – 0.25 mm
LEAD PITCH – 2.54 mm

Package Dimensions



DIMENSIONS ARE $\frac{\text{MILLIMETRES}}{\text{INCHES}}$
LEAD THICKNESS: $\frac{0.25}{0.010}$



Mounting Option #50 - Standard (Baseplane Mounting) Contact Factory for Detailed Package Dimensions

ESD WARNING: NORMAL HANDLING PRECAUTIONS SHOULD BE TAKEN TO AVOID STATIC DISCHARGE.

with either a codewheel or codestrip, this module detects rotary or linear position. The module consists of a lensed LED source and a detector IC enclosed in a small C-shaped plastic package. Due to a highly collimated light source and a unique photo-detector array, the module is extremely tolerant to mounting misalignment.

The two channel digital outputs and 5 V supply input are accessed through four solder-plated leads located on 2.54 mm (0.1 inch) centers.

The standard HEDS-978x is designed for use with an 11 mm optical radius codewheel, or linear codestrip. Other options are available. Please contact factory for more information.

Applications

The HEDS-978x provides sophisticated motion detection at a low cost, making closed-loop control very cost-competitive! Typical applications include printers, plotters, copiers, and office automation equipment.

Note: Agilent Technologies encoders are not recommended for use in safety critical applications. Eg. ABS braking systems, power steering, life support systems and critical care medical equipment. Please contact sales representative if more clarification is needed.

Theory of Operation

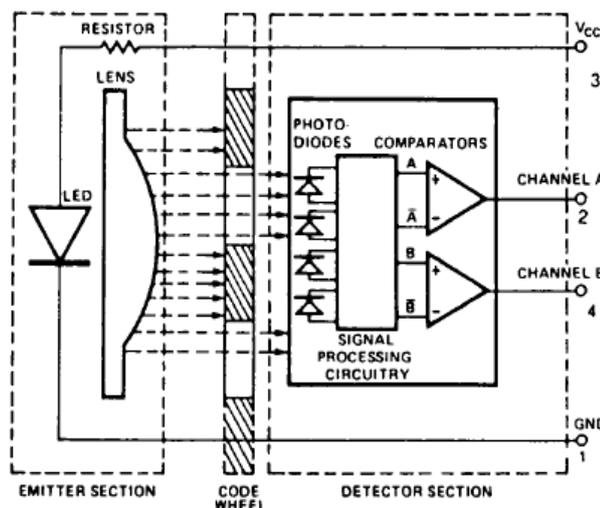
The HEDS-978x is a C-shaped emitter/detector module. Coupled with a codewheel, it translates rotary motion into a two-channel

digital output. Coupled with a codestrip, it translates linear motion into a digital output.

As seen in the block diagram, the module contains a single Light Emitting Diode (LED) as its light source. The light is collimated into a parallel beam by means of a single lens located directly over the LED. Opposite the emitter is the integrated detector circuit. This IC consists of multiple sets of photodiodes and the signal processing circuitry necessary to produce the digital waveforms.

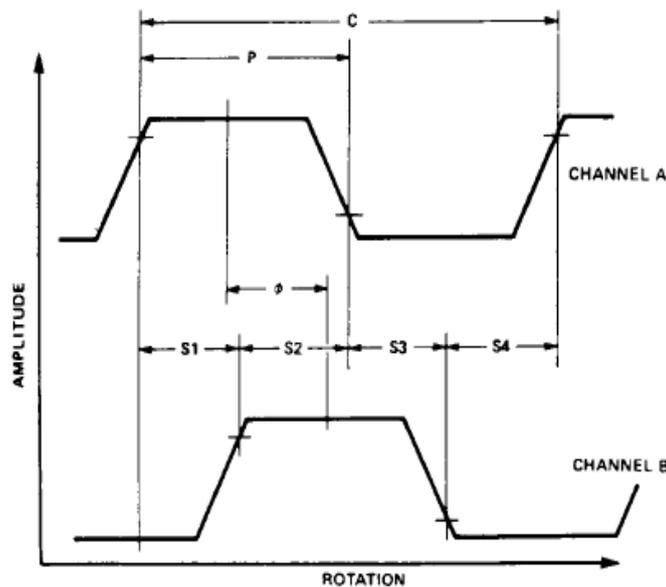
The codewheel/codestrip moves between the emitter and detector, causing the light beam to be interrupted by the pattern of spaces and bars on the codewheel/code-strip. The photodiodes which detect these interruptions are arranged in a pattern that corresponds to the radius and count density of the codewheel/code-

Block Diagram



strip. The photodiodes which detect these interruptions are arranged in a pattern that corresponds to the radius and count density of the codewheel/code-strip. These detectors are also spaced such that a light period on one pair of detectors corresponds to a dark period on the adjacent pair of detectors. The photodiode outputs are fed through the signal processing circuitry. Two comparators receive these signals and produce the final outputs for channels A and B. Due to this integrated phasing technique, the digital output of channel A is in quadrature with channel B (90 degrees out of phase).

Output Waveforms



Phase (ϕ): The number of electrical degrees between the center of the high state of channel A and the center of the high state of channel B. This value is nominally 90° for quadrature output.

Phase Error ($\Delta\phi$): The deviation of the phase from its ideal value of 90° .

Direction of Rotation: When the codewheel rotates counterclockwise, as viewed looking down on the module (so the marking is visible), channel A will lead channel B. If the codewheel rotates in the opposite direction, channel B will lead channel A.

Definitions

Count (N) = The number of bar and window pairs or counts per revolution (CPR) of the codewheel, or the number of lines per inch of the codestrip (LPI).

1 Shaft Rotation = 360

mechanical
degrees

= N cycles

1 cycle (c) = 360 electrical
degrees ($^\circ$)

= 1 bar and
window pair

Pulse Width (P): The number of electrical degrees that an output is high during one cycle. This value is nominally 180° or $1/2$ cycle.

Pulse Width Error (ΔP): The deviation, in electrical degrees, of the pulse width from its ideal value of 180° .

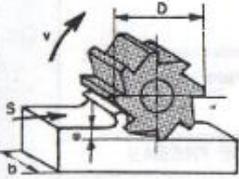
State Width (S): The number of electrical degrees between a transition in the output of channel A and the neighboring transition in the output of channel B. There are 4 states per cycle, each nominally 90° .

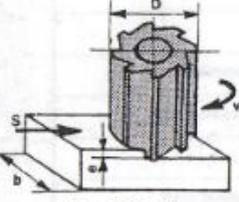
State Width Error (ΔS): The deviation, in electrical degrees, of each state width from its ideal value of 90° .

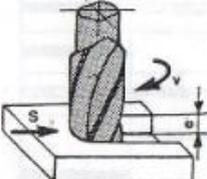
Optical Radius (R_{op}): The distance from the codewheel's center of rotation to the optical center (O.C.) of the encoder module.

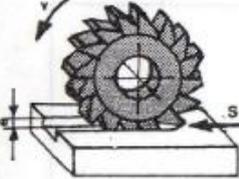
Angular Misalignment Error (E_A): angular misalignment of the sensor in relation to the tangential direction. This applies for both rotary and linear motion.

Mounting Position (R_M): Distance from Motor Shaft center of rotation to center of Alignment Tab receiving hole.

Operación de fresado	Material	Desbastado		Acabado		Observaciones
		Velocidad <i>v</i> m/min	Desplazamiento 5 mm/min	Velocidad <i>v</i> m/min	Desplazamiento 5 mm/min	
		Profundidad de pasada ≈ 5 mm		Profundidad de pasada ≈ 1 mm		
CILINDRADO O PLANEADO  <i>b</i> = ancho de la fresa	Acero no aleado hasta 80 kg/mm ²	16...18	90...150	18...22	60...90	Toda clase de fresado hasta 100 mm de ancho en fresado normal
	Acero ligeramente aleado hasta 110 kg/mm ² .	10...13	50...70	13...16	35...45	
	Fundición gris	12...14	10...170	14...18	70...100	
	Latón, bronce	30...40	160...220	40...60	100...160	
	Aluminio aleado	180...300	200...350	220...320	100...200	

REFRENTADO						Ancho del fresado = 0,8 · D, siendo D el diámetro de la fresa
 <i>b</i> = 0,8 · D	Acero no aleado	20...25	80...120	25...30	45...70	
	Acero ligeramente aleado	12...15 32...40	50...70 80...90	16...30 40...45	45...70 56...70	
	Fundición gris	16...20 50...63	110...160 140...200	20...25 63...70	50...80 125...180	
	Latón, bronce.	45...60	220...280	50...70	90...140	
	Aluminio aleado	240...320 400...500	240...360 350...400	260...380 500...630	90...170 250...350	

RANURADO						Las fresas de alto rendimiento deben estar sólidamente fijadas
 Fresas de manguito	Acero no aleado	16...18	35...55	20...24	75...100	
	Acero ligeramente aleado	12...14	15...25	16...28	40...55	
	Fundición gris	14...16	40...75	18...20	80...110	
	Latón, bronce	30...40	60...100	50...60	100...140	
	Aluminio aleado	160...200	60...100	180...240	80...120	

RANURADO						Valores contraavance para perfil simple y fresado normal.
 Fresas de disco	Acero no aleado	12...16	26...34	18...24	20...30	
	Acero ligeramente aleado	10...14	18...24	14...18	15...20	
	Fundición gris	14...16	35...45	16...22	25...35	
	Latón, bronce	26...32	50...65	30...40	35...35	
	NOTA. — Se considerarán valores iguales a los indicados en operaciones de fresado similares a las expuestas.					

VALORES INDICATIVOS						
Material	Velocidad de corte v m/min	Diámetro				Refrigeración-lubricación
		5	12	25	40	
		Avance por vuelta, s mm.				
Acero 45 kg/mm ²	25...40	0,10	0,20	0,30	0,40	Emulsión de aceite soluble
Acero 60 kg/mm ²	25...32	0,10	0,18	0,27	0,35	Emulsión de aceite soluble
Acero 85 kg/mm ²	20...28	0,08	0,15	0,24	0,32	Emulsión de aceite soluble
Acero 90-110 kg/mm ²	12...20	0,06	0,20	0,20	0,28	Emulsión de aceite soluble
Acero 150 kg/mm ²	8...15	0,04	0,10	0,16	0,24	Aceite de corte
Acero fundido 50 kg/mm ²	20...35	0,15	0,25	0,40	0,55	Emulsión de aceite soluble
Acero fundido 50-80 kg/mm ²	15...25	0,10	0,20	0,30	0,40	Emulsión de aceite soluble
Fundición gris	20...35	0,15	0,25	0,40	0,55	En seco
Fundición dura	15...25	0,10	0,18	0,28	0,38	En seco
Cobre	30...70	0,12	0,20	0,28	0,36	Aceite soluble
Latón	40...80	0,10	0,20	0,30	0,40	En seco
Latón duro	30...70	0,15	0,25	0,35	0,45	En seco
Bronce	30...70	0,10	0,20	0,30	0,40	Aceite soluble
Aleaciones de aluminio	80...120	0,15	0,25	0,35	0,45	Aceite soluble o en seco
Aleaciones duras de aluminio	100...160	0,15	0,25	0,40	0,55	Aceite soluble con petróleo
Aleaciones de magnesio	120...175	0,30	0,45	0,60	0,75	En seco
Plásticos	30...40	según observaciones				Aire comprimido
Mármol	10	0,03	0,05	0,10	0,15	Agua

los avances s por vuelta se reducirán de acuerdo con los valores que se indican en la Tabla que sigue:

Broca de...	Profundidad hasta...	Profundidad de...	Profundidad superior a...
20 mm diámetro	≈ 5 veces \varnothing broca	5 hasta 8 veces \varnothing broca	8 veces \varnothing broca
32 mm diámetro	≈ 4	4 6,3	6,3
50 mm diámetro	≈ 3,15	3,15 5	5
80 mm diámetro	≈ 2,5	2,5 4	4
	1 Avance	0,8 del avance	0,5 del avance

NOTA.—Para pequeños diámetro se tomarán las mayores velocidades v de corte por minuto, y para las de grandes diámetros se tomarán los menores valores de v .

Tabla para factores de corrección del valor k_{vm} de acuerdo con variaciones en el espesor medio de la viruta.

hm (pulgada)	hm (mm)	factor
,002	0,05	1,50
,004	0,10	1,23
,006	0,15	1,10
,008	0,20	1,00
,010	0,25	0,94
,012	0,30	0,89
,014	0,35	0,85
,016	0,40	0,81
,018	0,45	0,79
,020	0,50	0,76
,024	0,60	0,72
,028	0,70	0,69
,032	0,80	0,66
,036	0,90	0,64
,040	1,00	0,62

Tabla para valores k_m según los tipos de material de la pieza a trabajar. (El espesor medio de la viruta es 0,2 mm o 0,008 pulgadas)

Material		Dureza HB	k_s	
			K_p/mm^2	$lb/pulgada^2$
Acero al carbono no aleado normali- zado	C 0,15%	125	245	348390
	C 0,35%	150	270	383940
	C 0,70%	250	295	419490
Acero poco aleado	Recocido	125-200	285	405270
	Endurecido	200-450	350	497700
Acero alta- mente aleado	Recocido	150-250	315	447930
	Endurecido	250-500	365	519030
Acero inoxidable	Ferr. Mart.	175-225	325	462150
	Aust.	150-200	350	497700
Acero fundi- do (inoxi- dable)	No aleado	225	230	327060
	Poco aleado	150-250	250	355500
	Altamente aleado	150-300	285	405270
Acero al manganeso		>50 HRC	600	853200
Fundición maleable	Viruta corta	110-145	195	277290
	Viruta larga	200-250	180	255960
Fundición gris	Poca resistencia a la tracción	150-225	125	177750
Fundición gris & fundi- ción aleada	Alta resis- tencia a la tracción	200-300	160	227520
Fundición nodular, hierro SG	Ferrítica	125-200	135	191970
	Perlítica	200-300	200	284400
Fundición endurecida en coquilla		HRC 40-60	425	604350
Aluminio aleado		100	75	106650

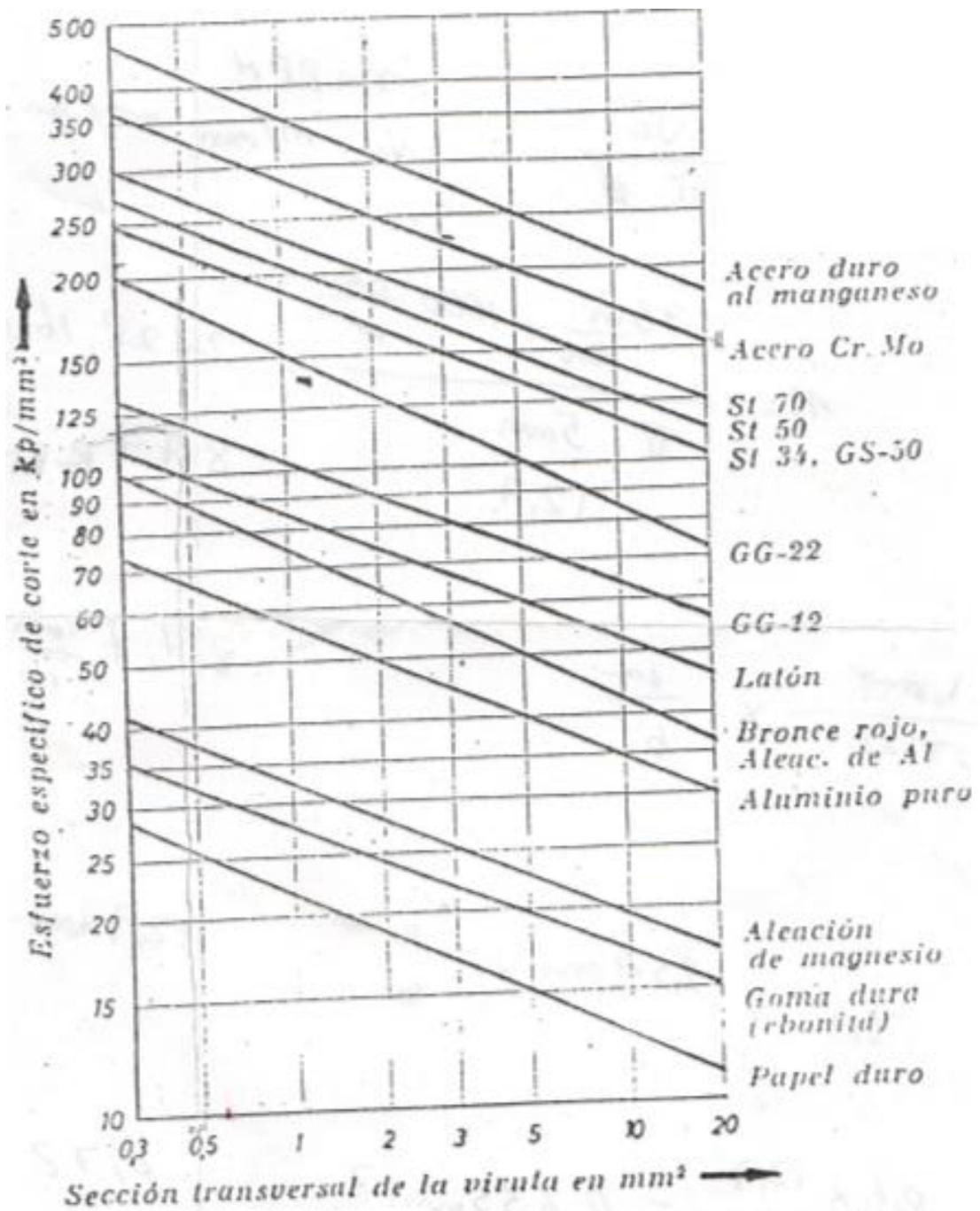


Fig. 22,1 Magnitud de la fuerza específica de corte en función del material y de la sección de viruta.

MOTORES TRIFÁSICOS SIEMENS**Nuevos motores de alto rendimiento Series 1LA y 1LG**

- ▶ Motores de eficiencia aumentada y ahorro de energía que cumplen con la clase de eficiencia EFF2.
- ▶ Motores de alta eficiencia y ahorro de energía que cumplen con la máxima clase de eficiencia EFF1.

Los costos de operación son la clave del éxito Nuestros motores de alta eficiencia y ahorro de energía tienen un notable rendimiento (80%). Y el desembolso inicial de la compra se recupera en un período de tiempo extremadamente corto, por la muy larga vida útil, casi libre de mantenimiento, que evita paradas innecesarias de máquina o de línea. Más del 97% de los costos en el ciclo total de vida de un motor común son costos de energía. Gracias a su excepcional eficiencia, los motores de alta eficiencia EFF1 permiten reducir la pérdida de energía (pérdida de calor) en casi un 45%, con lo que mejoran la rentabilidad de la planta industrial. Los motores de alta eficiencia son motores estándar, diseñados para ser usados en cualquier lugar del mundo, y siempre con el máximo de potencia disponible. Nuestros motores EFF2 poseen un factor de servicio (SF) igual a 1,1. Es decir, tienen una reserva de potencia del 10%.

Características

- ▶ Aislación y rodamientos de máxima calidad.
- ▶ Menores costos de mantenimiento

Alta calidad de arranque

Menor peso que series anteriores

Todos los tipos constructivos estándar

Para todas las tensiones estándar

Potencia nominal entre 0.12 y 400 kW para EEx e II

Temperatura clase F utilizada en Clase B (10% más de reserva de potencia)

VARIADOR ATV11

El es un convertidor de frecuencia para motores asíncronos trifásicos de jaula para potencias comprendidas entre 0,18 kW y 2,2 kW.

Tres tipos de alimentación están disponibles: 100 V a 120 V monofásico, 200 V a 240 V monofásico, 200 V a 230 V trifásico. El Altivar 11 integra las especificaciones de los mercados locales (gama Europa, gama América, gama Asia) y dispone de las funciones para responder a las aplicaciones más corrientes, en especial: transporte horizontal (pequeños transportes),



Las principales funciones integradas en el Altivar 11 son:

Arranque y variación de velocidad, inversión del sentido de giro, aceleración, desaceleración, parada, protecciones del motor y variador, comando 2 hilos/3 hilos, 4 velocidades preseleccionadas, guardar la configuración del variador, inyección de corriente continua en la parada, conmutación de rampas, peza al vuelo de la velocidad, comando local (gama Asia únicamente). Varias funciones pueden ser efectuadas sobre una misma entrada lógica. La oferta Altivar 11 está compuesta de 3 gamas destinadas a 3 mercados diferentes:

Gama América: ATV 11 /U ///U (Figuras) (Consultar)

Alimentación: 120 V monofásico, 240 V monofásico o 230 V trifásico, funcionamiento en lógica positiva, niveles de corriente en función de la norma NEC 1999 208 V.

Compatibilidad electromagnética CEM

La incorporación de filtros CEM dentro de los variadores **ATV 11 /U//M2E** facilita la instalación en conformidad de las máquinas para el mercado &, de manera muy económica. Los variadores **ATV 11 /U///U** y **ATV 11 /U////A** están disponibles sin filtro CEM. Los filtros, propuestos como opción, pueden ser instalados en los mismos, si la conformidad a las normas CEM son requeridas. El variador puede comunicarse, punto a punto, con los siguientes elementos:

Solución de diálogo PowerSuite :Software PowerSuite para configuración del variador (Figura), Pack PowerSuite para Pocket PC (Figura), Accesorios de conexión para PC o Pocket PC.

Las opciones que pueden ser asociadas al variador Altivar 11 son: módulo de frenado conectado al bus DC del variador, resistencias de frenado, para disipación de la energía reenviada por el variador cuando el motor actúa como generador, filtros de entrada CEM, atenuadores de radio-perturbaciones, platinas para montaje sobre riel, platina de adaptación para reemplazo de un variador Altivar 08, brida de ayuda para montaje CEM, para la puesta a tierra de los cables blindados.

Variadores con disipador (gama de frecuencias de 0 a 200 Hz)

Motor	Red (1)	Altivar 11			Referencia (4)	Peso
Potencia indicada sobre la placa	Corr. de línea max. para Icc presunta 1 kA	Corr. de salida perm. (2)	Corr. transitoria max. (3)	Potencia disipada a carga nominal		
kW	A	A	A	W		kg
Tensión de alimentación monofásica : 200...240 V 50/60 Hz						
0,18	2,9	1,1	1,6	12	ATV 11HU05M2E	0,900
0,37	5,3	2,1	3,1	20,5	ATV 11HU09M2E	1,000
0,55	6,3	3	4,5	29	ATV 11HU12M2E	1,100
0,75	8,6	3,6	5,4	37	ATV 11HU18M2E	1,100
1,5	14,8	6,8	10,2	72	ATV 11HU29M2E (5)	1,800
2,2	20,8	9,6	14,4	96	ATV 11HU41M2E (5)	1,800

TECHNO, INC.

Joe Griffin

Linear Motion Product Manager

Techno, Inc.

(516) 302-2292

jgriffin@techno-isel.com

www.techno-isel.com

http://www.techno-isel.com/tech_linear.htm



Linear Motion Components



Techno Linear Motion Components: For OEM Designs, Linear Bearings, Linear Rails, Acme Lead Screw, Linear Rails, Ball Screws, Guide ways, Cross Roller Tables, Anti-Backlash Ball Nuts, Enclosure Profiles, or Aluminum Extrusions. Purchase Online through the Component e-Store!

[Linear Components Web Site](#)



lead screws linear rails linear ball screw
double bearing ballscrews guideways pitch
profile BALL SCREW - METRIC acme ball nuts

Linear Motion Components

Part Number [Search](#)

[RETURN TO HOMEPAGE](#) [Rails](#) [Ball/Acme Screws](#) [Slides](#) [Al. Profiles](#) [View Quotes](#)

Ball Screws & Nuts - Metric

LINEAR MOTION COMPONENTS PRODUCTS

- Isel Rails, Carriages, Accessories

Series 1 Rails

Series 2 Rails

Series 200 Rails

Series 300 Rails

Series 400 Rails

Series 500 Rails

Short Carriages

Long Carriages

Roller 1 Carriages

Linear Bearings

Roller 2 Carriages

Bearing CarriageMS4

BALL SCREWS - METRIC

16 mm DIAMETER



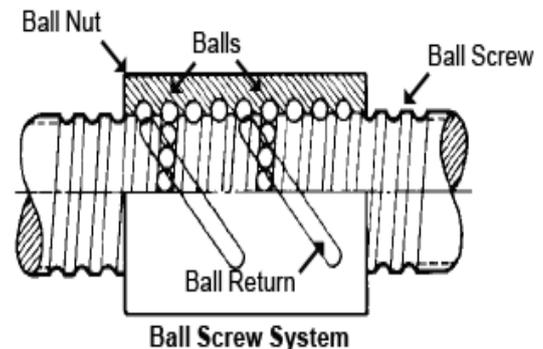
- 16 mm dia., precision rolled and polished
- High life expectancy
- Pitch accuracy ≤ 0.1 mm / 300 mm
- Excellent cost/performance ratio
- ISO class 7

25 mm DIAMETER

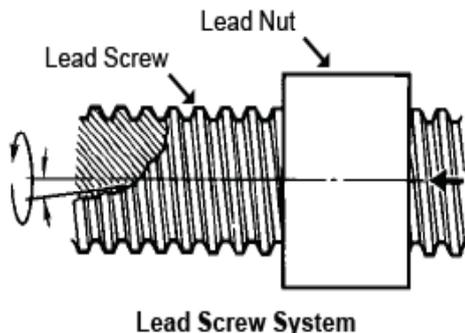


- 25 mm dia., precision rolled and polished
- High life expectancy
- Pitch accuracy ≤ 0.1 mm / 300 mm
- Excellent cost/performance ratio
- ISO class 7

Ball Screws are very similar to lead screws with the exception of a ball bearing train riding between the screw and nut in a recirculating raceway. This raceway is generally lubricated, which allows for predictable service life. Due to the increased number of mating and moving parts, matching tolerances becomes more critical. The screw threads have rounded shapes to conform to the shape of the balls. The function, terminology, and formulas are the same as found with lead screws, however the performance of ball screws is far superior. The rolling action of the balls versus the sliding action of the ACME nut provides significant advantages. **Advantages** of ball screw drives are increased efficiency (typically up to 90 – 95%) which allows required motor torque to be lower, predictable service life, low wear rate and maintenance costs. **Disadvantages** include limited material choice, higher initial cost, and an auxiliary brake is required to prevent back driving with vertical applications.



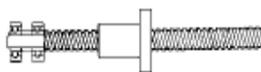
Helpful Formulas: When determining the amount of input torque required to produce an amount of output linear force, there are many factors to consider. The following equations provide a practical approach in making force and torque calculations.



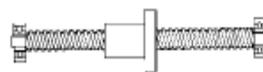
Lead screws are threaded rods that are fitted with a nut. There are many types of threads used, but the most prevalent in industry is the ACME lead screw. Because the ACME thread is an industry standardized thread style, it is easily interchanged with parts from various manufacturers. The basic function of a screw is to convert rotary input motion to linear output motion. The nut is constrained from rotating with the screw, so as the screw is rotated the nut travels back and forth along the length of the shaft. The friction on the nut is a function of environment, lubrication, load, and duty cycle; therefore, practical life cycle is difficult to quantify.

Lead screw/nut drive systems are available in a variety of sizes and tolerances. Contact is primarily sliding, resulting in relatively low efficiency and a wear rate proportional to usage. **Advantages** include the self-locking capability in back drive mode which is good for vertical applications, low initial costs, near silent operation, manufacturing ease, and a wide choice of a materials. **Disadvantages** of ACME screws include lower efficiencies (typically 30-50%, depending on nut preload) which require larger motor drives, and unpredictable service life.

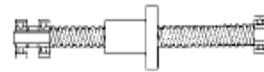
Selecting and Sizing Screw Drive Systems: When choosing a particular screw for a given application, there are several factors to be considered. Required rpm, critical speed and maximum compressive strength are the most important design features that determine screw design parameters, and can be calculated according to the following equations. Since thread style design is irrelevant in these calculations, the same equations and charts can be used for both lead screws and ball screws. Bearing configuration must be considered when using these equations. The following diagrams represent the typical bearing end support arrangements.



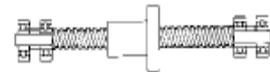
A. Fixed-Free



B. Simple-Simple



C. Fixed-Simple



D. Fixed-Fixed

ANEXO B.G

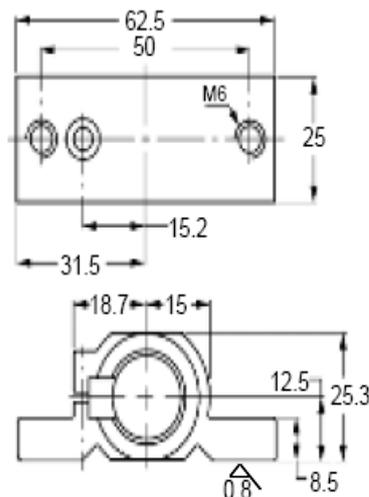
Tornillo a Bolas

1-4

Techno Inc. *Series 1 Anti-Backlash Ball Nuts** (16 mm dia.)

FEATURES:

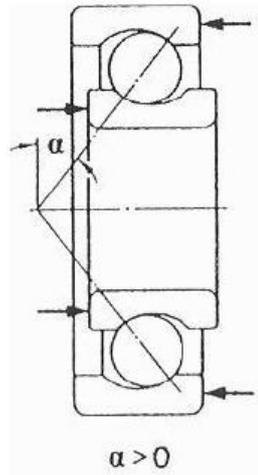
- Can be used with Techno 16 mm ball screws.
- Ball nut is a patented anti-backlash design made of steel, Cf53, ground, polished and hardened to HRC 62±2.
- Repeatability of 0.01 mm, accuracy of 0.1 mm/300 mm when used with our ball screws.
- Blank shaft is used to retain balls during shipment.
- Balls are hardened steel HRC 63±2.



Catalog Number	Pitch
HL5233M213002	4 mm
HL5234M213001	5 mm

Dimensiones principales			Capacidad de carga		Limite de velocidad		Masa	Designación
d	D	B	dinám. C	estát. C ₀	Lubricación con grasa	aceite		
mm			N (1 N = 0,102 kgf)		r/min		kg	—
3	10	4	375	176	40 000	48 000	0,0015	623
4	13	5	695	335	38 000	45 000	0,0031	624
	16	5	865	440	36 000	43 000	0,0054	634
5	16	5	865	440	36 000	43 000	0,0050	625
	19	6	1 290	695	32 000	38 000	0,0090	635
6	19	6	1 290	695	32 000	38 000	0,0084	626
7	19	6	1 320	710	34 000	40 000	0,0075	607
	22	7	2 500	1 340	30 000	36 000	0,013	627
8	22	7	2 500	1 340	32 000	38 000	0,012	608
9	24	7	2 850	1 530	30 000	36 000	0,014	609
	26	8	3 550	1 960	26 000	32 000	0,020	629
10	26	8	3 550	1 960	30 000	38 000	0,019	6000
	30	9	3 900	2 240	24 000	30 000	0,032	6200
	35	11	6 200	3 750	20 000	26 000	0,053	6300
12	28	8	3 900	2 240	26 000	32 000	0,022	6001
	32	10	5 300	3 100	22 000	28 000	0,037	6201
	37	12	7 500	4 650	19 000	24 000	0,060	6301
15	32	9	4 300	2 500	22 000	28 000	0,030	6002
	35	11	6 000	3 550	19 000	24 000	0,045	6202
	42	13	8 800	5 400	17 000	20 000	0,082	6302
17	35	10	4 650	2 800	19 000	24 000	0,039	6003
	40	12	7 350	4 500	17 000	20 000	0,065	6203
	47	14	10 400	6 550	16 000	19 000	0,12	6303
	62	17	17 600	11 800	12 000	15 000	0,27	6403
20	42	12	7 200	4 500	17 000	20 000	0,069	6004
	47	14	9 800	6 200	15 000	18 000	0,11	6204
	52	15	12 200	7 800	13 000	16 000	0,14	6304
	72	19	23 600	16 600	10 000	13 000	0,40	6404
25	47	12	8 650	5 600	15 000	18 000	0,080	6005
	52	15	10 800	6 950	12 000	15 000	0,13	6205
	62	17	17 300	11 400	11 000	14 000	0,23	6305
	80	21	27 500	19 600	9 000	11 000	0,53	6405
30	55	13	10 200	6 800	12 000	15 000	0,12	6006
	62	16	15 000	10 000	10 000	13 000	0,20	6206
	72	19	21 600	14 600	9 000	11 000	0,35	6306
	90	23	33 500	24 000	6 500	10 000	0,74	6406

Rodamientos rígidos con una hilera de bolas



Ángulo de contacto

Carga dinámica combinada:

X - Factor radial (tabla)

Factor de ángulo de contacto e

$$\frac{F_a}{C_0} \rightarrow e$$

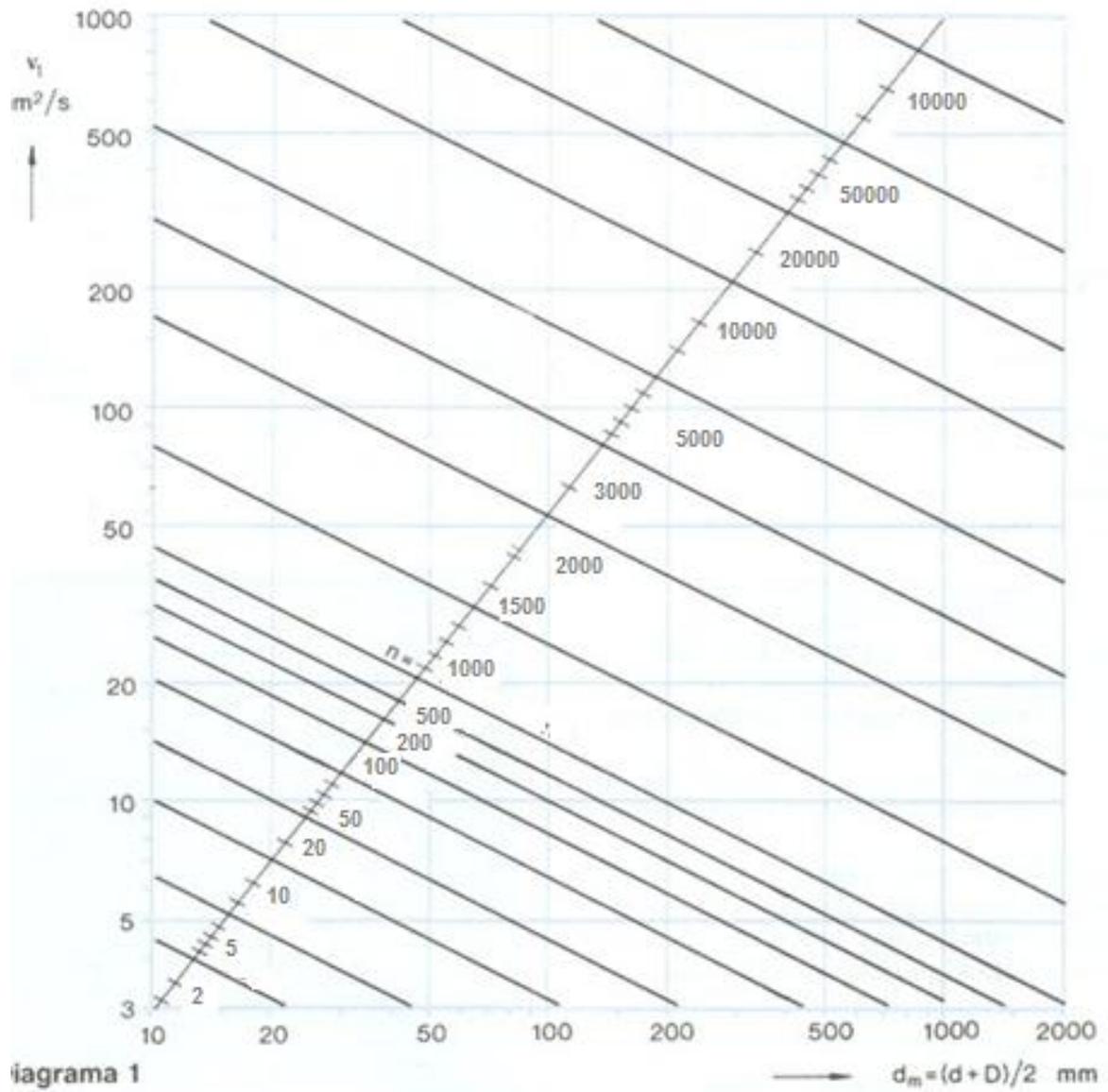

 Seleccionar X i Y de la taula

Tabla de factores X e Y para rodamientos rígidos de bolas

▼ Factores radiales y axiales en rodamientos rígidos de bolas

$\frac{F_a}{C_0}$	Juego radial normal				Juego radial C3				Juego radial C4						
	$\frac{F_a}{F_r} \leq e$		$\frac{F_a}{F_r} > e$		$\frac{F_a}{F_r} \leq e$		$\frac{F_a}{F_r} > e$		$\frac{F_a}{F_r} \leq e$		$\frac{F_a}{F_r} > e$				
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y			
0,025	0,22	1	0	0,56	2	0,31	1	0	0,46	1,75	0,4	1	0	0,44	1,42
0,04	0,24	1	0	0,56	1,8	0,33	1	0	0,46	1,62	0,42	1	0	0,44	1,36
0,07	0,27	1	0	0,56	1,6	0,36	1	0	0,46	1,46	0,44	1	0	0,44	1,27
0,13	0,31	1	0	0,56	1,4	0,41	1	0	0,46	1,3	0,46	1	0	0,44	1,16
0,25	0,37	1	0	0,56	1,2	0,46	1	0	0,46	1,14	0,53	1	0	0,44	1,05
0,5	0,44	1	0	0,56	1	0,54	1	0	0,46	1	0,56	1	0	0,44	1

ANEXO B.J	Vida Estimada	1-1
Guía de valores requeridos de vida nominal L10h para diferentes clases de máquinas		
Clases de máquinas		L10h horas de servicio
Electrodomésticos, máquinas agrícolas, instrumentos, aparatos para uso médico.		300 a 3 000
Máquinas usadas intermitente o por cortos períodos: Máquinas-herramienta portátiles, aparatos elevadores para talleres, máquinas para la construcción.		3 000 a 8 000
Máquinas para trabajar con alta fiabilidad de funcionamiento por cortos períodos o intermitentemente: Ascensores, grúas para mercancías embaladas.		8 000 a 1 2000
Máquinas para 8 horas de trabajo diario no totalmente utilizadas: Transmisiones por engranajes para uso general, motores eléctricos para uso industrial, machacadoras giratorias.		10 000 a 25 000
Máquinas para 8 horas de trabajo diario totalmente utilizadas: Máquinas-herramientas, máquinas para trabajar la madera, máquinas para la industria mecánica general, grúas para materiales a granel, ventiladores, cintas transportadoras, equipo de imprenta, separadores y centrífugas.		20 000 a 30 000
Máquinas para trabajo continuo, 24 horas al día: Cajas de engranajes para laminadores, maquinaria eléctrica de tamaño medio, compresores, tornos de extracción para minas, bombas, maquinaria textil.		40 000 a 50 000
Maquinaria para abastecimiento de agua, hornos giratorios, máquinas cableadoras, maquinaria de propulsión para trasatlánticos.		60 000 a 100 000
Maquinaria eléctrica de gran tamaño, centrales eléctricas, ventiladores y bombas para minas, rodamientos para la línea de eje de trasatlánticos.		≈ 100 000



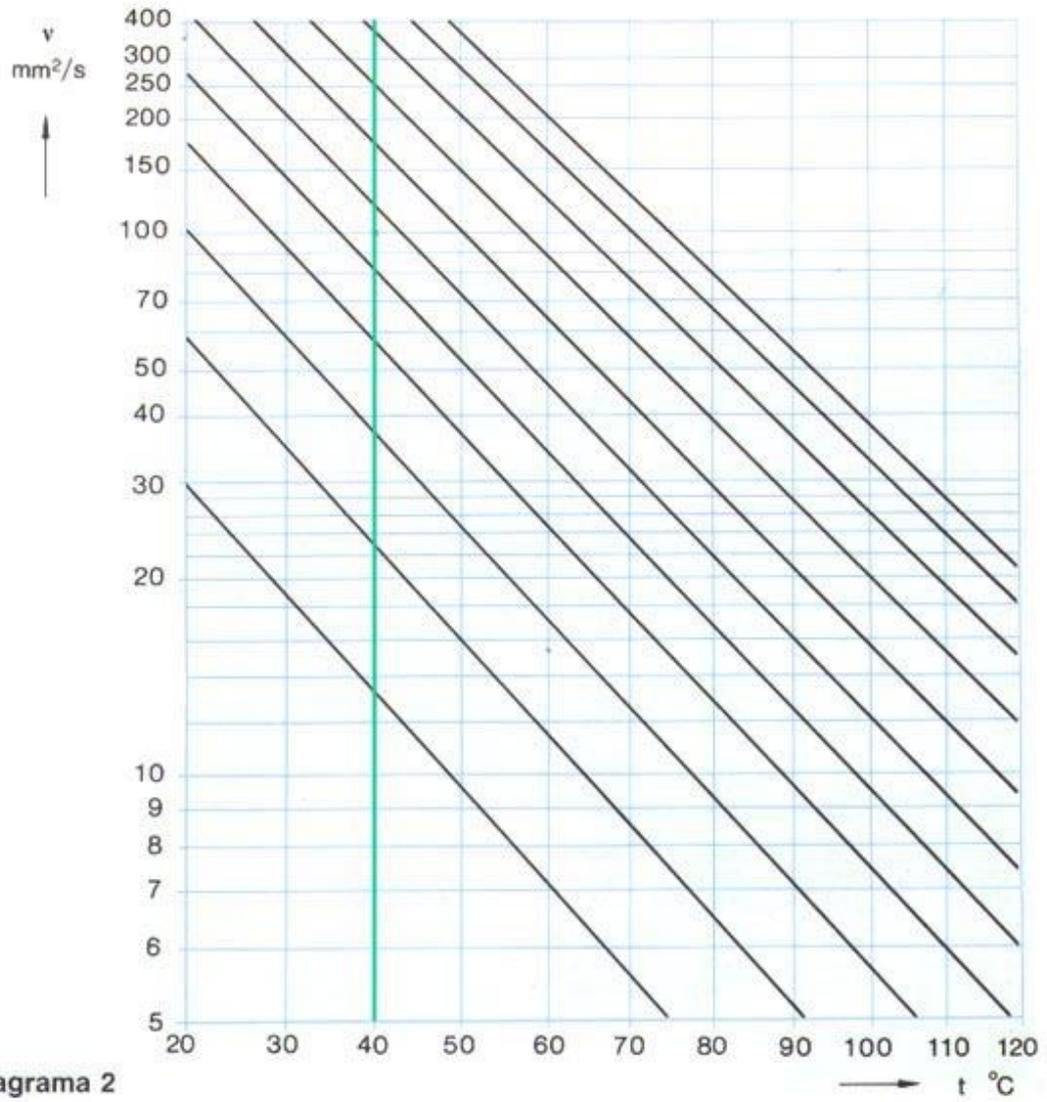


Diagrama 2

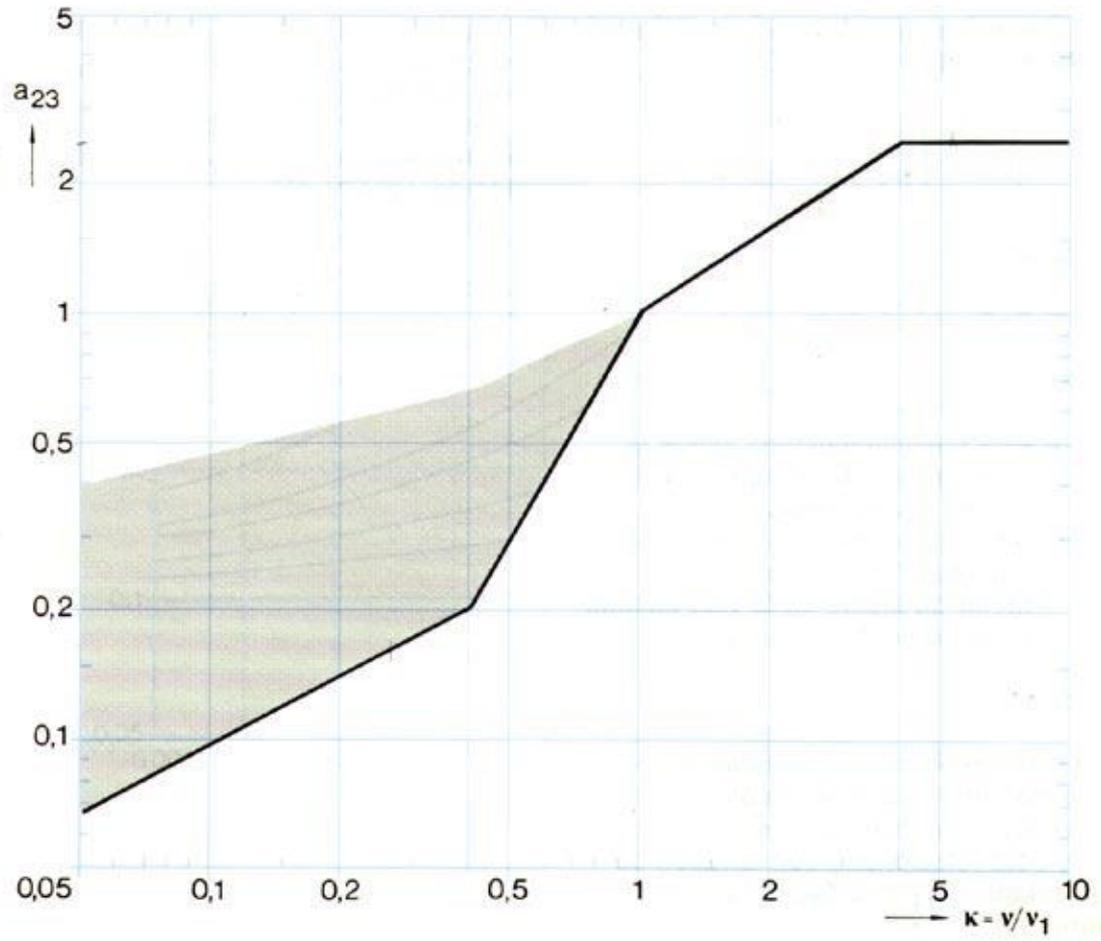
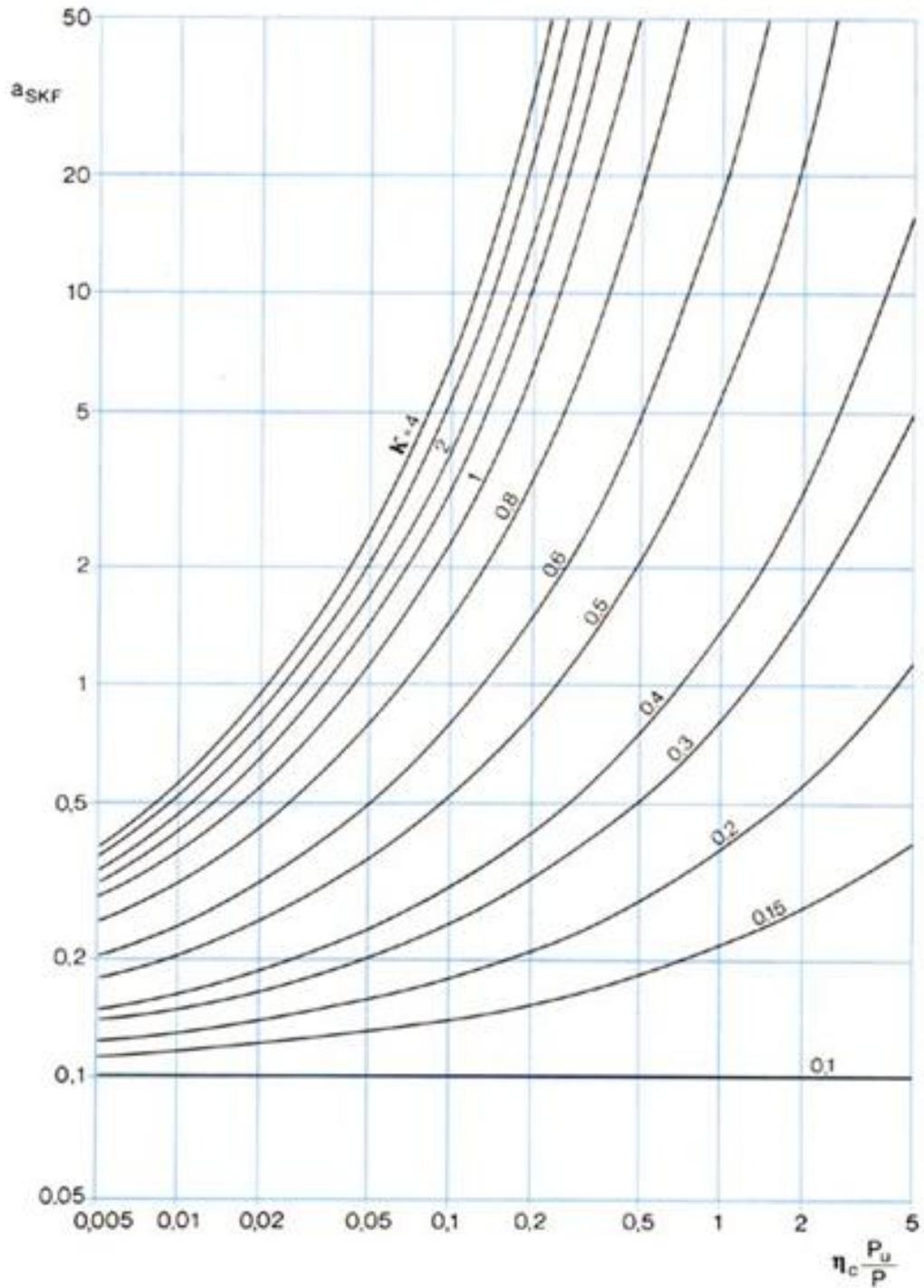


Diagrama 3



ANEXO C.A	Tarjeta Principal	1-1
-----------	-------------------	-----

Sound Logic

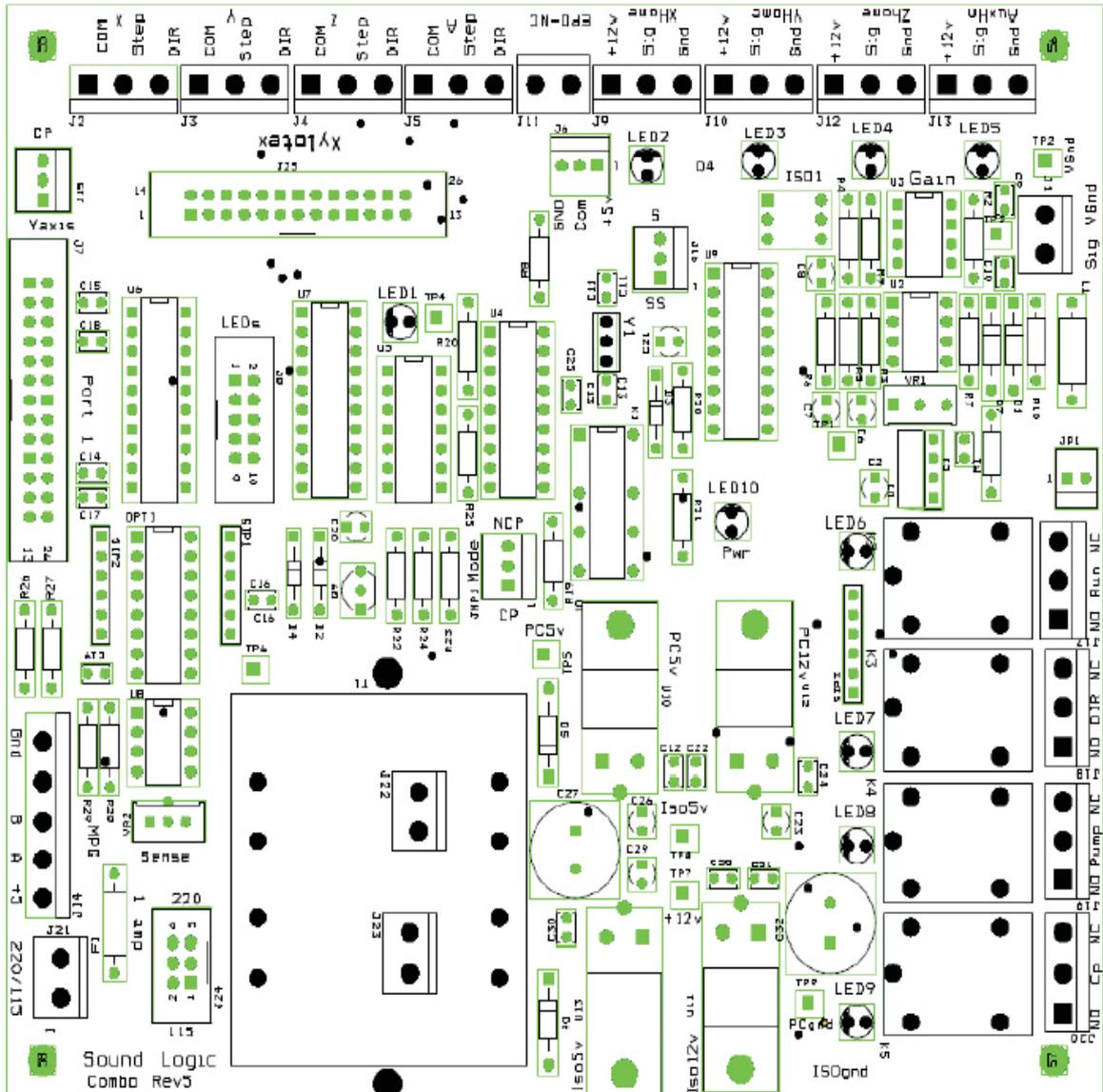
**PC-2-Route All In One Model M2
Combo Board Rev 5
This is for Mach3 only**

**PC parallel port break-out board
For Mach3 OEM model which includes the
Relay board and Spindle Speed board
functions**

General User's Guide



**Sound Logic
James Cullins
3454 Sprindletree Dr.
Grapevine, Tx. 76051
James_cullins@sbcglobal.net**



ANEXO C.A	Tarjeta Principal	1-3
<p>To interface the PC parallel port to the Gecko stepper motor drives and to control four relays for powering on aux devices such as spindle, vacuum pump, and coolant pump from 115VAC.</p> <p>The all-in one board also includes the spindle speed function that can control a variable frequency drive (VFD) through an optically isolated 0 to 10 volts analog signal.</p> <p>The board has an output for one Quadrature encoder that can be used for a manual pulse generator.</p> <p>The interface uses a transformer with dual primary, dual secondary windings and optical-isolators to totally isolate the PC parallel port from the stepper motor power supply and the equipment being controlled. Operates on 115 volts AC or 220 volts AC (jumper selectable) 50hz or 60hz.</p> <p>Connectors: . All terminals are labeled as to their function.</p> <ul style="list-style-type: none"> 12 - screw type terminals for attaching the step, direction signals to the Gecko drives 12 - screw type terminals for home and limit proximity sensors or switches. 26 pin header for the ribbon cable to connect to the printer parallel port. 26 pin header for the ribbon cable to connect to a Xylotex driver. t. J11 EPO connector. J24 220/120 power connector jumpers. Jmp1 Mode switch to selects the mode of operation CP/NCP J20 MPG screw terminals J2 Spindle speed output JP1 jumper for VFD J16-J19 Relay outputs J9 Selection for + 5 volts or Ground to the Common screw terminal. J3 See note 1. Used to select Out 4 for charge pump. J1 See note 2. Used to select the relay K1 for use with the spindle speed function. 		

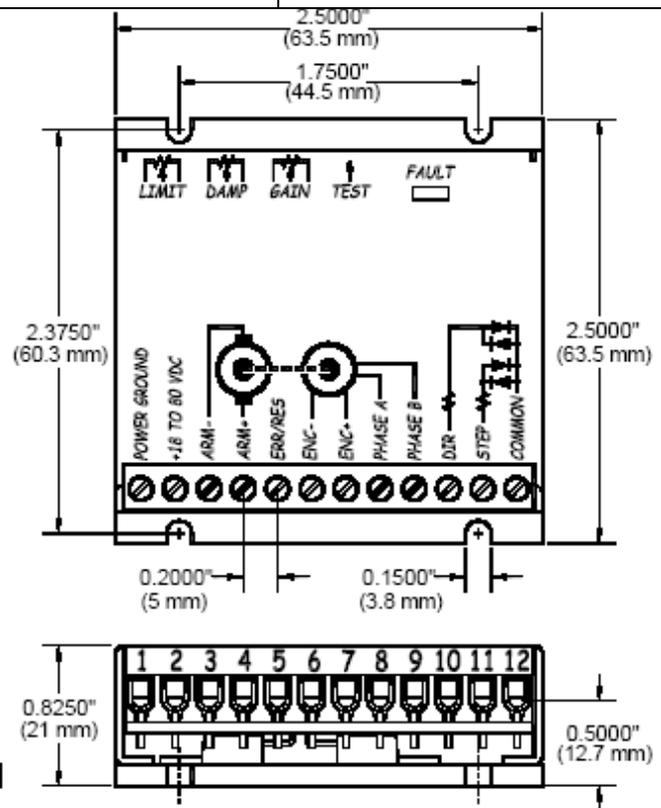
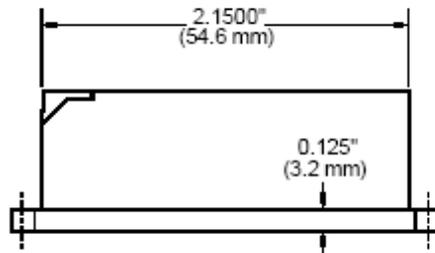
ANEXO C.B

Drive

1-1

G340 Servodrive

Cover: Aluminum, Anodized
 Plate: Aluminum, Hard Anodized
 Color: Black, Green Text
 Weight: 3.6 oz (100 gm)
 Size: 2.5" X 2.5" X 0.825"
 (63.6 X 63.5 X 21 mm)



G340 SPECIFICATIONS:

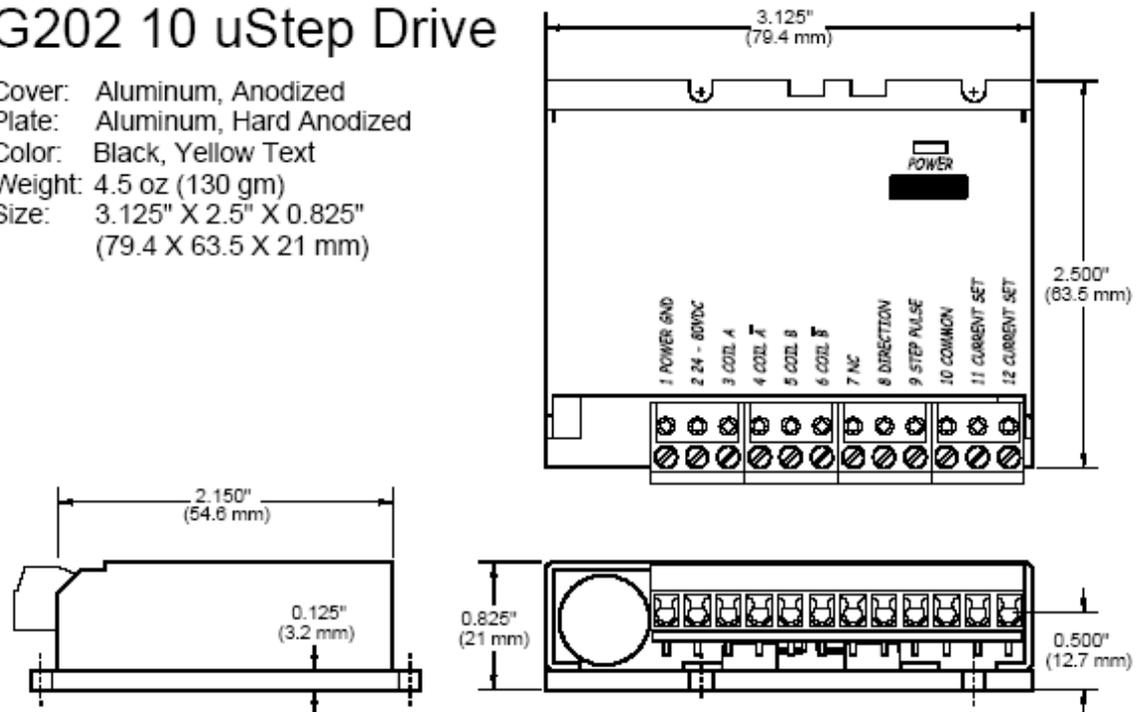
Power Supply	18 to 80 VDC
Motor Current	0 to 20 Amps
Lock Range	+/- 128 count following error
Feedback	Quadrature TTL Encoder
Feedback Resolution	X4 Encoder Line Count
Switching Frequency	25 kHz
Current Limit	0 to 20 Amp, Trimpot Adjustable
Analog PID	Damping and Gain Trimpots
Step Pulse Frequency	0 to 250 kHz
Step Pulse "0" Time	0.5 Microseconds Min.
Step Pulse "1" Time	3.5 Microseconds Min.
Multiplier Settings	X1, X2, X4, X5 and X10
Size	2.5" X 2.5" X 0.825"
Weight	3.6 oz weight
Encoder Supply	+5VDC, 50 mA max

Geckodrive Inc.
 9702 Rangeview Drive
 Santa Ana, CA 92705

Phone: 1-714-771-1662
 Fax: 1-714-771-4867
 Web Site: www.geckodrive.com

G202 10 uStep Drive

Cover: Aluminum, Anodized
 Plate: Aluminum, Hard Anodized
 Color: Black, Yellow Text
 Weight: 4.5 oz (130 gm)
 Size: 3.125" X 2.5" X 0.825"
 (79.4 X 63.5 X 21 mm)



SPECIFICATIONS:

Supply Voltage:	24 to 80 VDC
Phase Current:	1 to 7 Amps and 0.3 to 2 Amps (2 ranges)
Auto Current Reduction:	33% of set current, 1 second after last Step Pulse
Size:	3.125"W, 2.5"D, .85"H (79.4mm, 63.5mm, 21.5mm)
Mounting Pattern:	4 6-32 screws, 1.75" by 2.375" (44.5 mm, 60 mm)
Quiescent Current:	15 Ma or less
Weight:	4.5 oz. (130 gm)
Step Frequency:	0 to 200 kHz
Step Pulse "0" Time:	0.5 uS min (Step on falling edge)
Temp:	0 to 70 C
Step Pulse "1" Time:	4.5 uS min
Humidity:	0 to 95 % (non-condensing)
Direction Setup:	1 uS min (20 uS min hold time after Step edge)
Power Dissipation:	1 to 18 W (1 to 7 Amps)

Geckodrive Inc.
 9702 Rangeview Dr.
 Santa Ana, Ca 92705

Phone: 1-714-771-1662
 Fax: 1-714-771-4867
www.geckodrive.com

ANEXO B

B.P. PLANO: Ensamblaje del sistema mecánico EM - 01 - 09

1

2

3

4

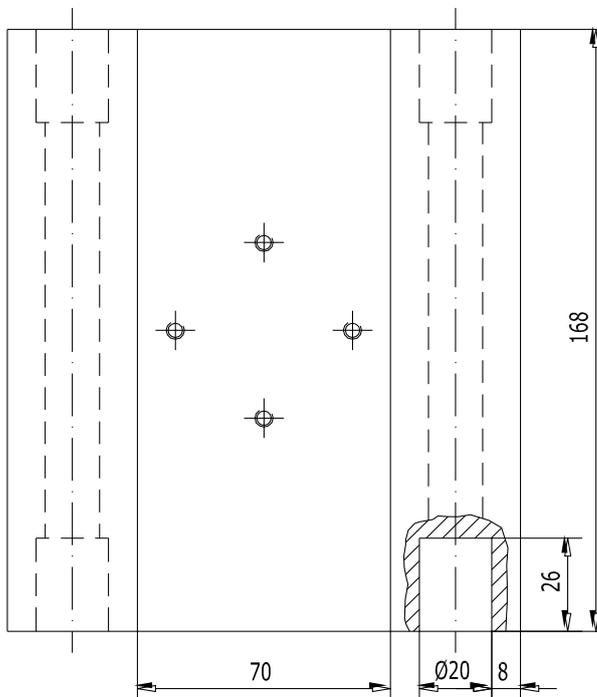
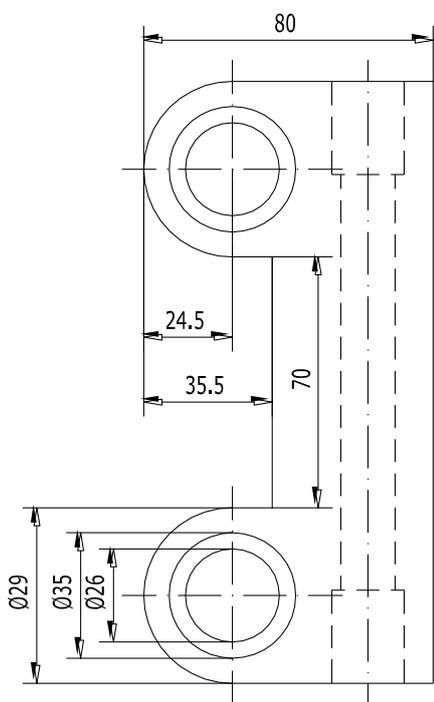
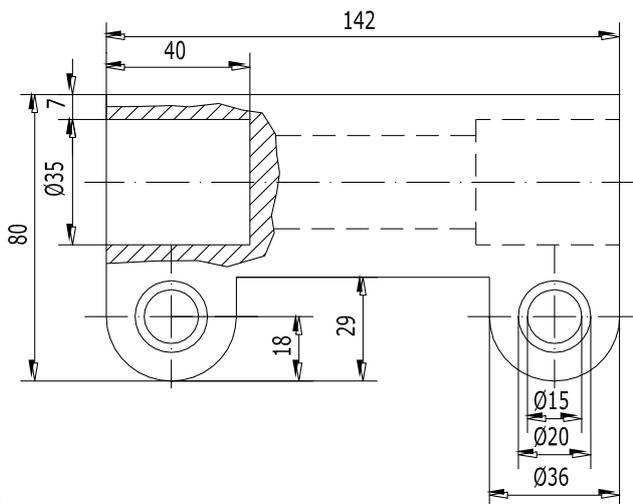
A

B

C

D

E



Tolerancia:

Peso:

AA2024

Soporte XZ

Escala:

1:2

	Fecha	Nombre
Dibujo	21-09-09	García/Zurita
Reviso	21-09-09	Ing. Carvajal
Aprobo	21-09-09	Ing. Carvajal

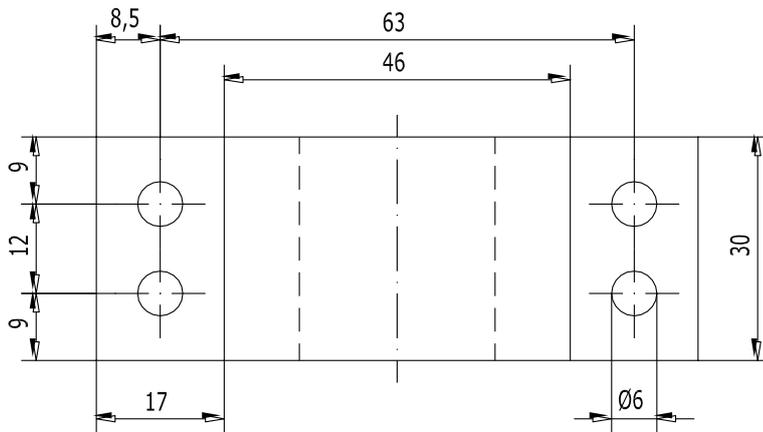
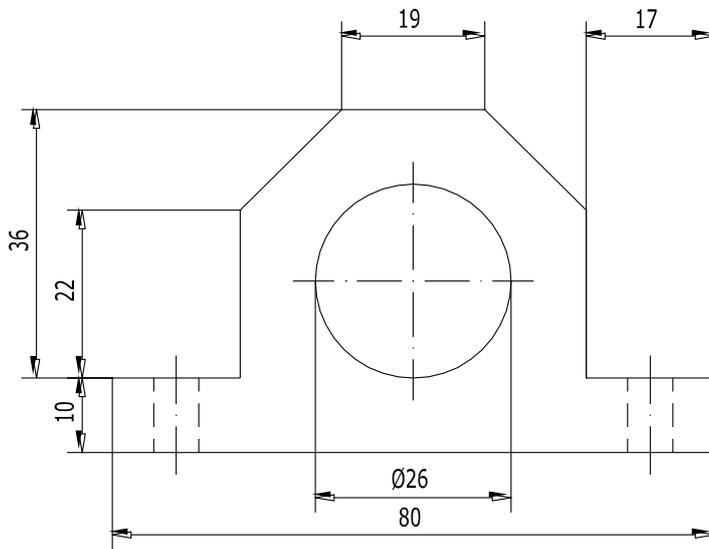
ESPE
ELECTROMECHANICA

EM - 09- 01

(SUSTITUCION)



1 - Ed	Sin Modificación	12-08-08	Grupo
--------	------------------	----------	-------

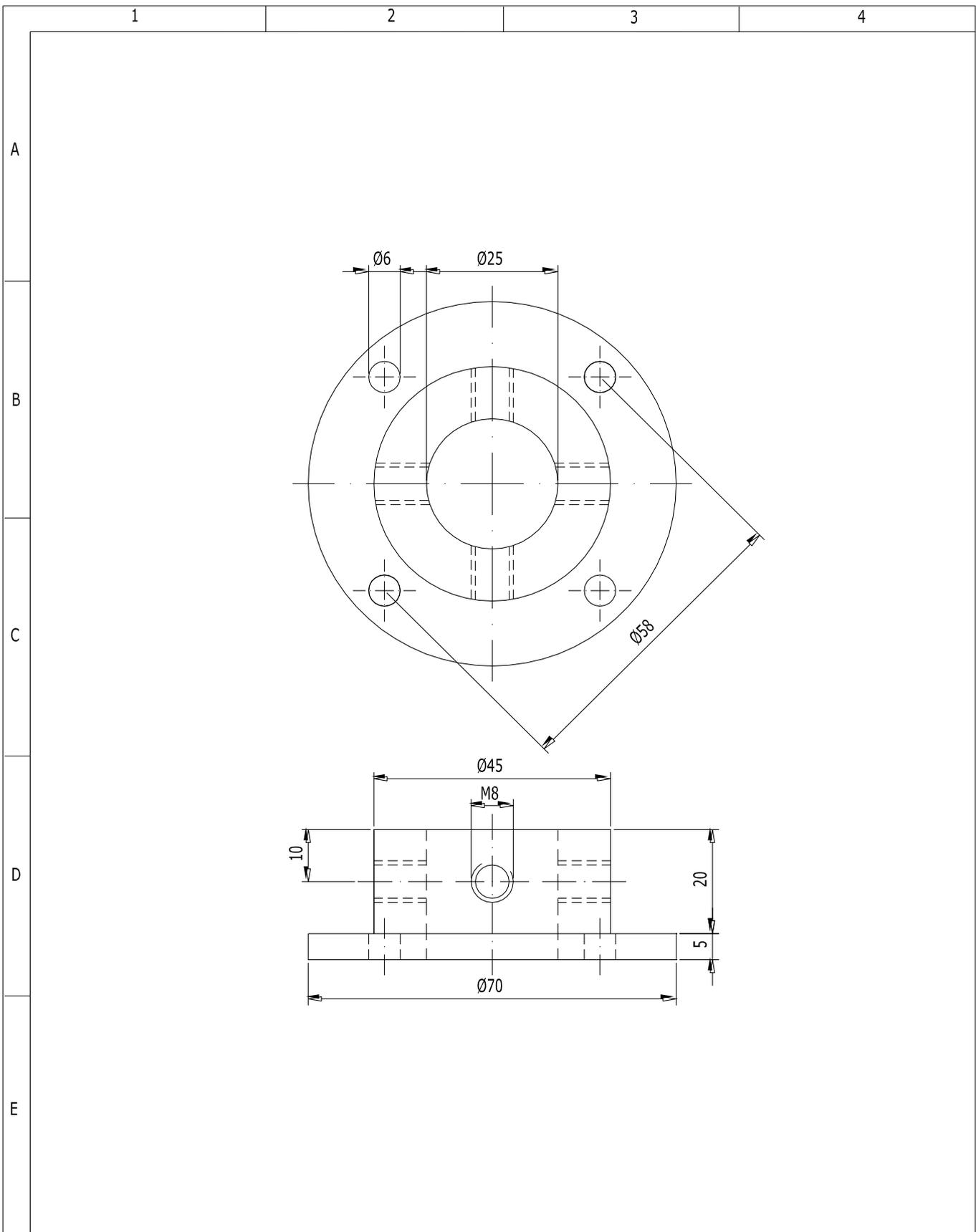


1 - Ed	Sin Modificación	12-08-08	Grupo

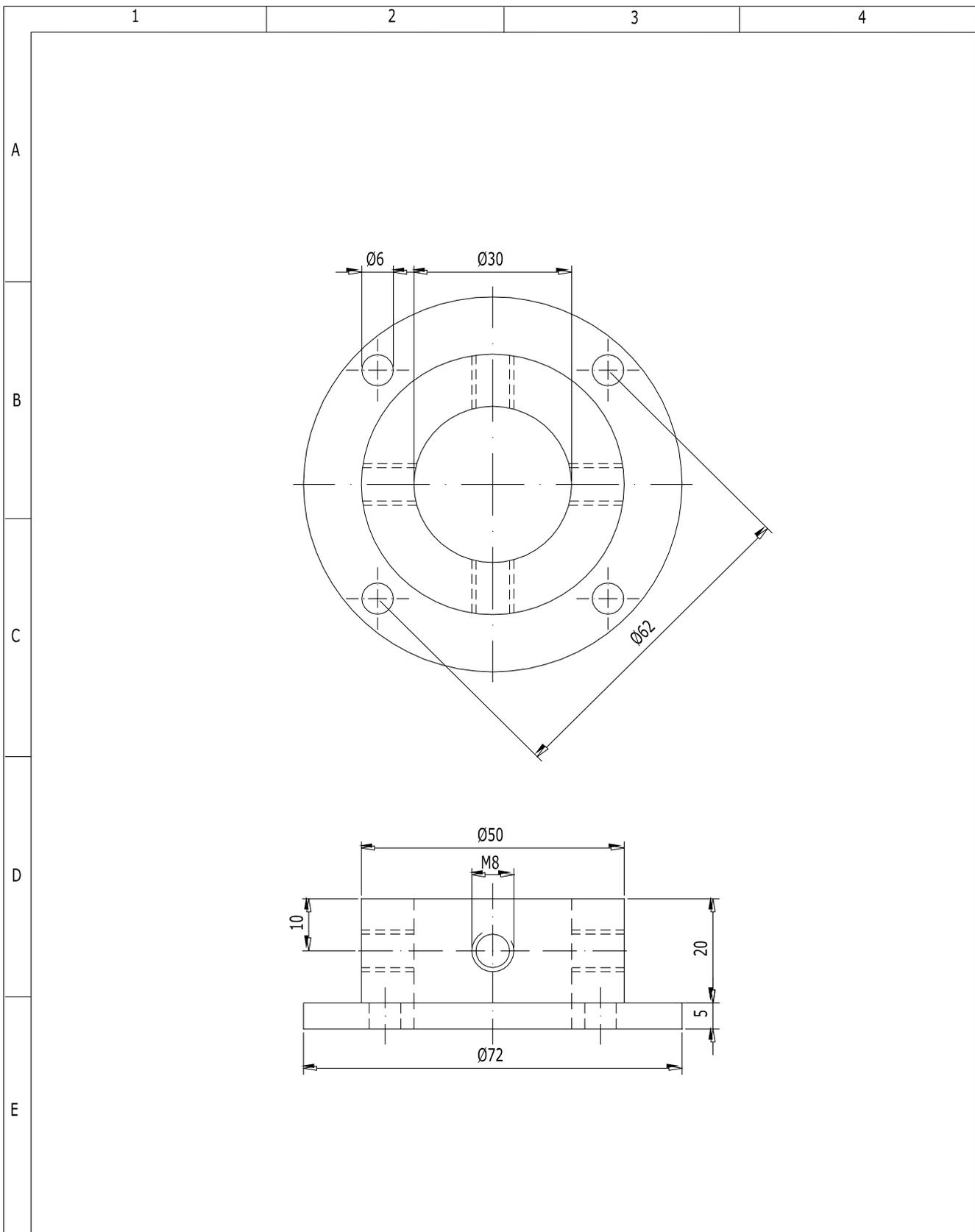
Tolerancia:		Peso:	
	Fecha	Nombre	
Dibujo	21-09-09	Garcia/Zurita	
Reviso	21-09-09	Ing. Carvajal	
Aprobo	21-09-09	Ing. Carvajal	
ESPE			
ELECTROMECHANICA			

<h1>NYLON A6/6</h1>	
<h2>Soporte Ø20</h2>	
<h3>EM - 09- 01</h3>	
(SUSTITUCION)	

Escala:
1:1



				Tolerancia:	Peso:	<h1>SAE1018</h1>	
				Fecha	Nombre	<h2>Bocin de centrado Ø20</h2>	
				Dibujo 21-09-09	Garcia/Zurita		
				Reviso 21-09-09	Ing. Carvajal		
				Aprobo 21-09-09	Ing. Carvajal	Escala: 1:1	
				ESPE		EM - 09- 01	
				ELECTROMECHANICA		(SUSTITUCION)	
1 - Ed	Sin Modificación	12-08-08	Grupo				



				Tolerancia:	Peso:	<h1>SAE1018</h1>	
				Fecha	Nombre	<h2>Bocin de centrado Ø25</h2>	
				Dibujo 21-09-09	Garcia/Zurita		
				Reviso 21-09-09	Ing. Carvajal		
				Aprobo 21-09-09	Ing. Carvajal	Escala: 1:1	
				ESPE		EM - 09- 01	
				ELECTROMECANICA		(SUSTITUCION)	
1 - Ed	Sin Modificación	12-08-08	Grupo				

1

2

3

4

A

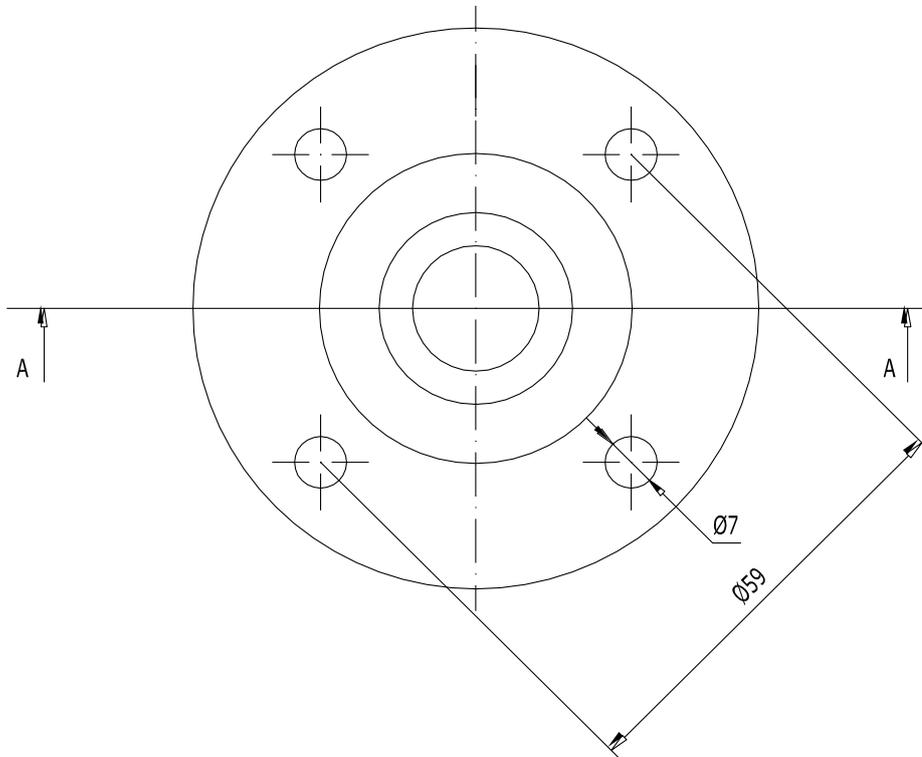
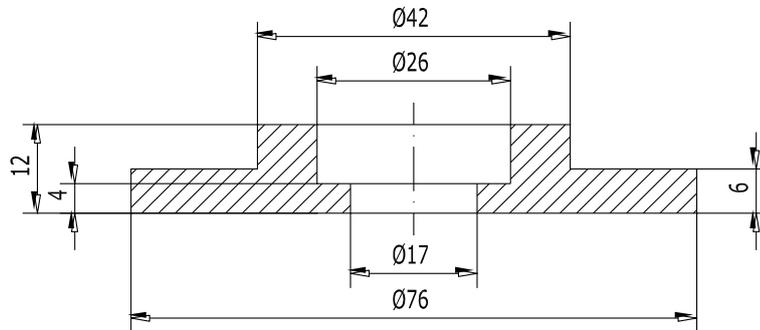
B

C

D

E

SECCION AA



Tolerancia:

Peso:

SAE1018

	Fecha	Nombre
Dibujo	21-09-09	García/Zurita
Reviso	21-09-09	Ing. Carvajal
Aprobo	21-09-09	Ing. Carvajal

Chumacera XY Ø16

Escala:

1:1**ESPE**

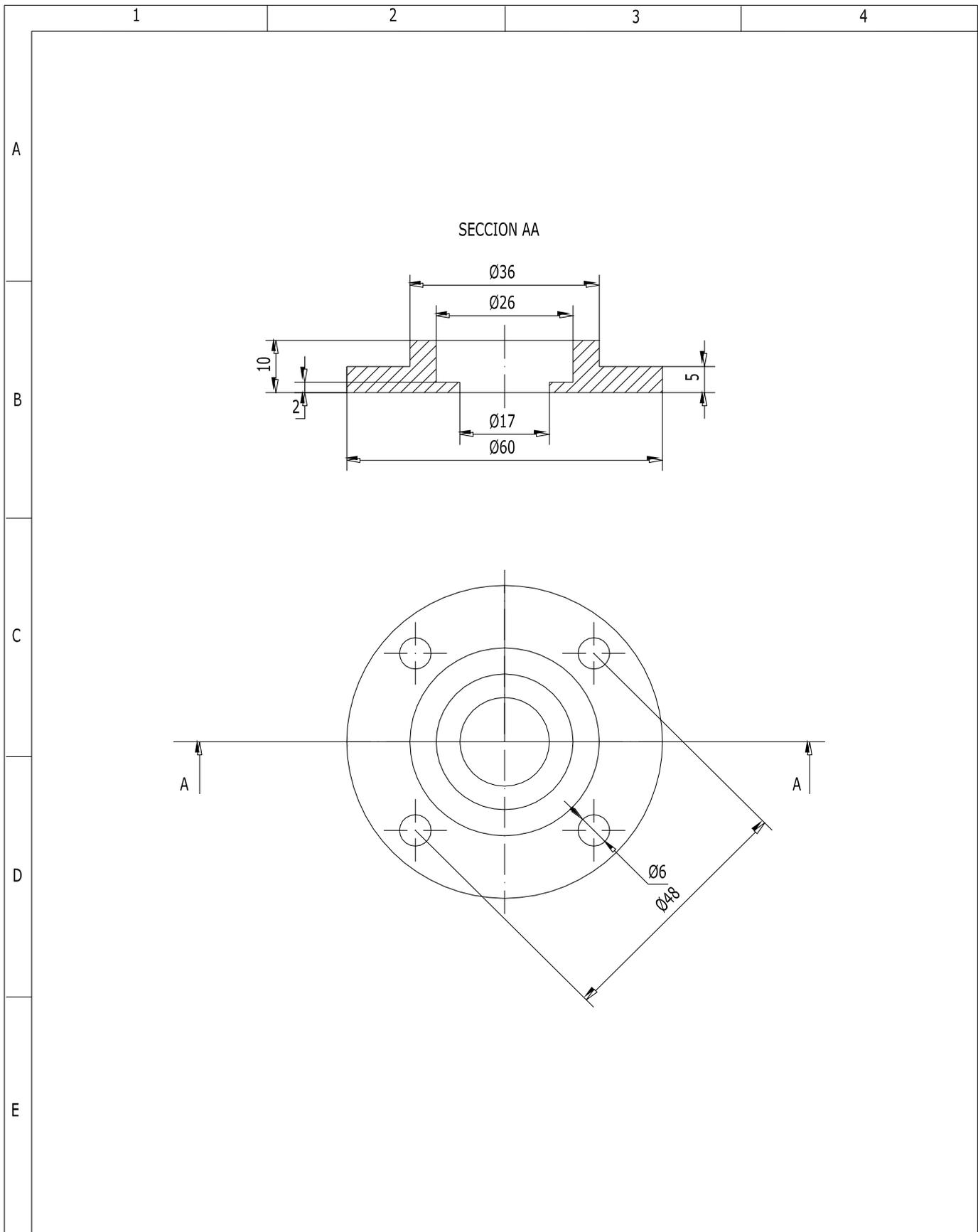
ELECTROMECHANICA

EM - 09 - 01

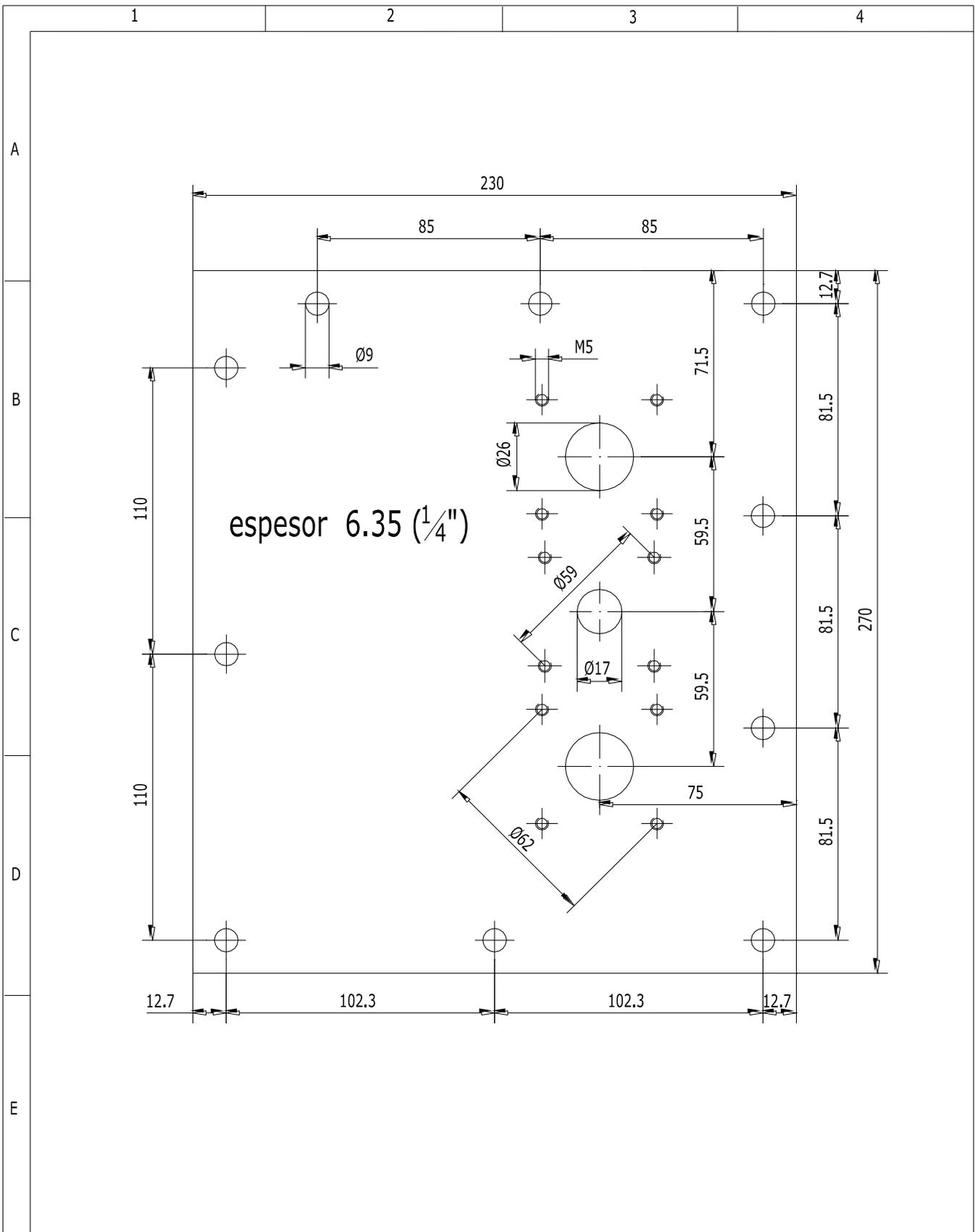
(SUSTITUCION)



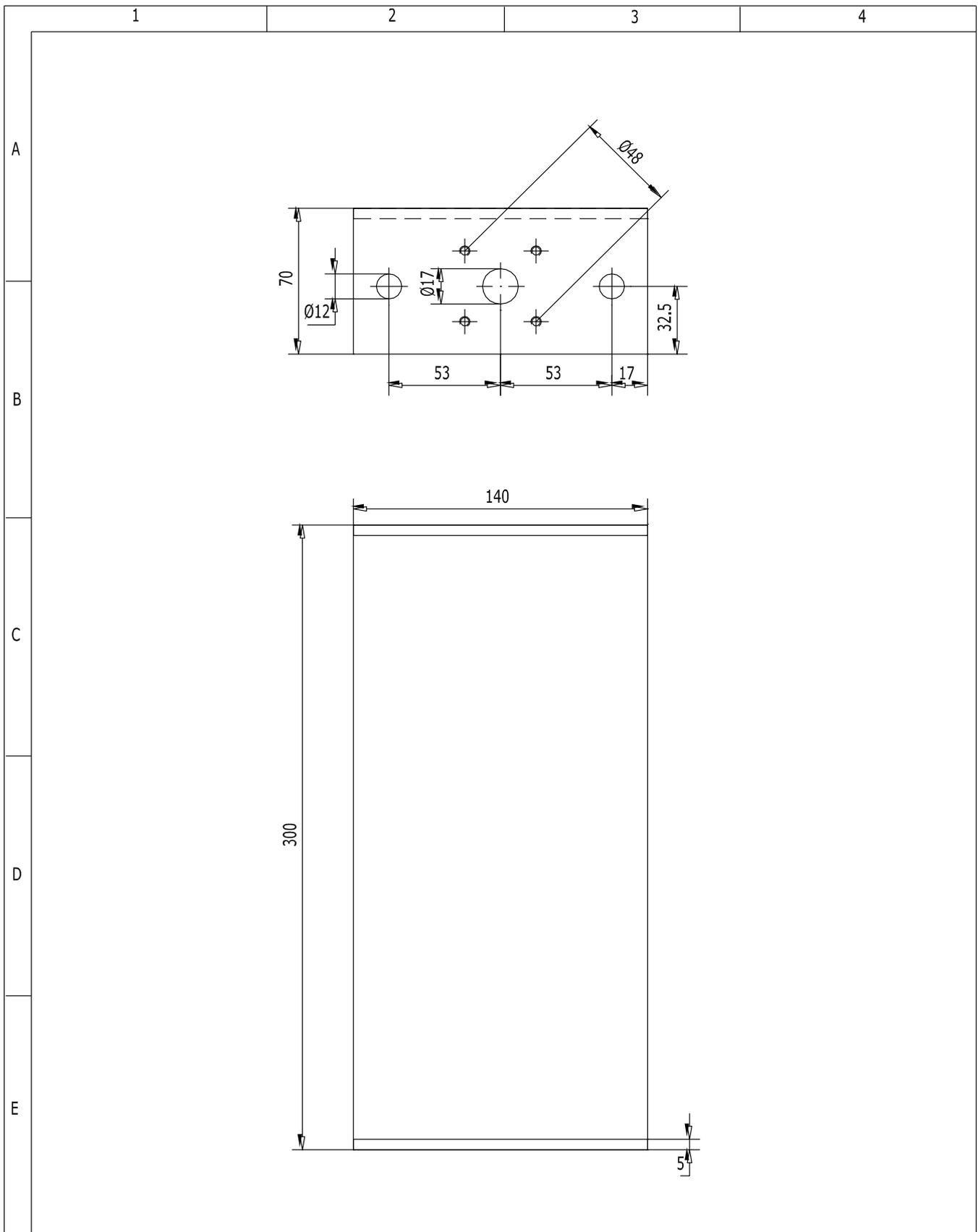
1 - Ed	Sin Modificación	12-08-08	Grupo
--------	------------------	----------	-------



				Tolerancia:	Peso:	NYLON A6/6		
				Fecha	Nombre	Chumacera Z Ø16	Escala: 1:1	
				Dibujo	21-09-09			García/Zurita
				Reviso	21-09-09			Ing. Carvajal
				Aprobo	21-09-09	Ing. Carvajal		
				ESPE ELECTROMECHANICA		EM - 09- 01		
						(SUSTITUCION)		
1 - Ed	Sin Modificación	12-08-08	Grupo					



				Tolerancia:	Peso:	<h1>SAE1018</h1>	<h2>Placas Laterales</h2>	Escala: 1:2
				Fecha	Nombre			
				Dibujo 21-09-09	García/Zurita			
				Reviso 21-09-09	Ing. Carvajal			
				Aprobo 21-09-09	Ing. Carvajal			
				ESPE		EM - 09- 01		
				ELECTROMECHANICA		(SUSTITUCION)		
1 - Ed	Sin Modificación	12-08-08	Grupo					



				Tolerancia:	Peso:	SAE1018	
				Fecha	Nombre	Placa en C	Escala: 1:2.5
				Dibujo 21-09-09	Garcia/Zurita		
				Reviso 21-09-09	Ing. Carvajal		
				Aprobo 21-09-09	Ing. Carvajal		
				ESPE ELECTROMECHANICA		EM - 09 - 01	
						(SUSTITUCION)	
1 - Ed	Sin Modificación	12-08-08	Grupo				

1

2

3

4

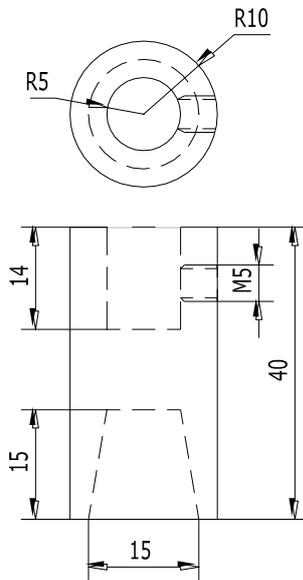
A

B

C

D

E



Tolerancia:

Peso:

SAE1018

	Fecha	Nombre
Dibujo	21-09-09	GArcia/Zurita
Reviso	21-09-09	Ing. Carvajal
Aprobo	21-09-09	Ing. Carvajal

Acople Motor Mandril

Escala:

1:1

ESPE

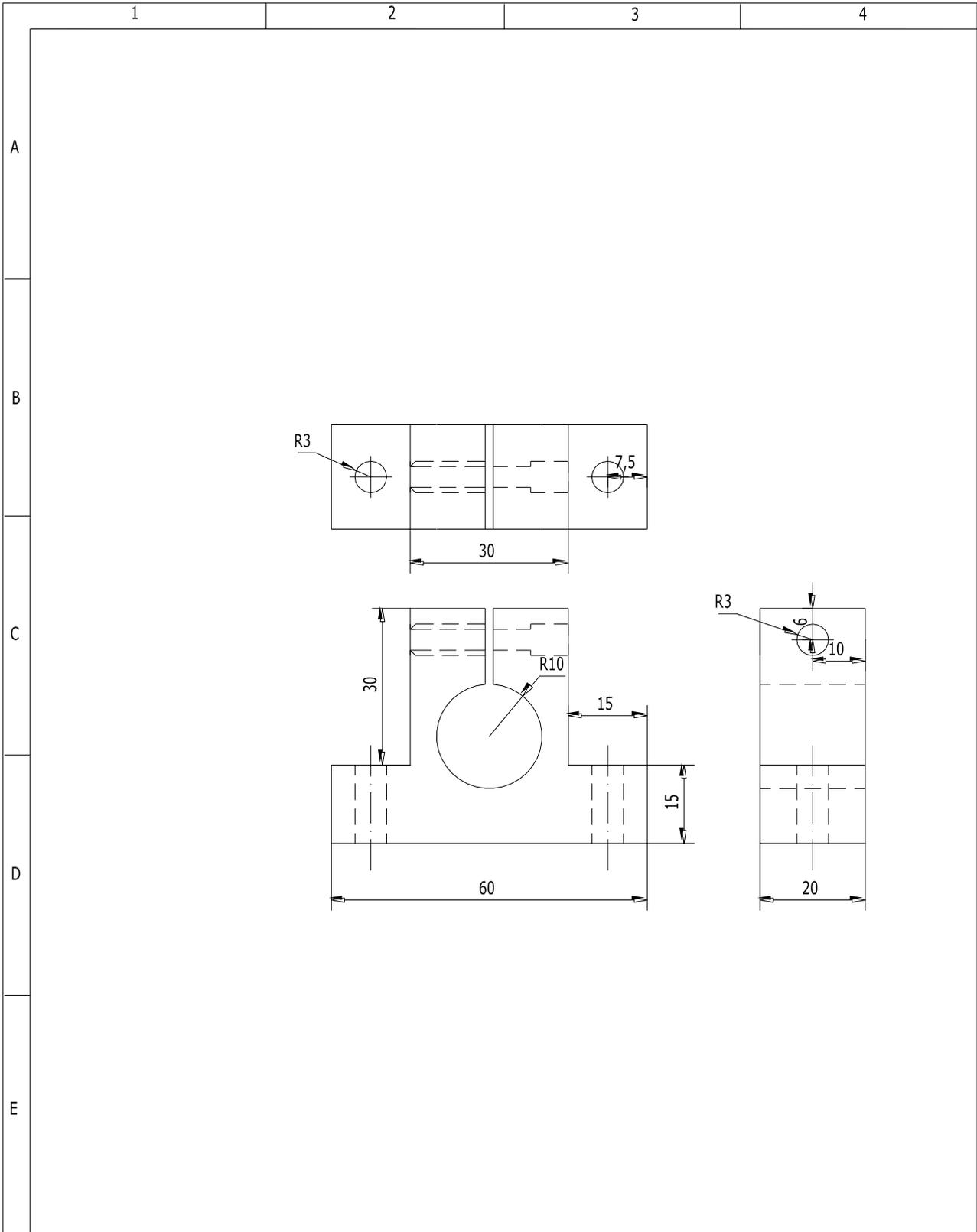
ELECTROMECHANICA

EM - 09- 01

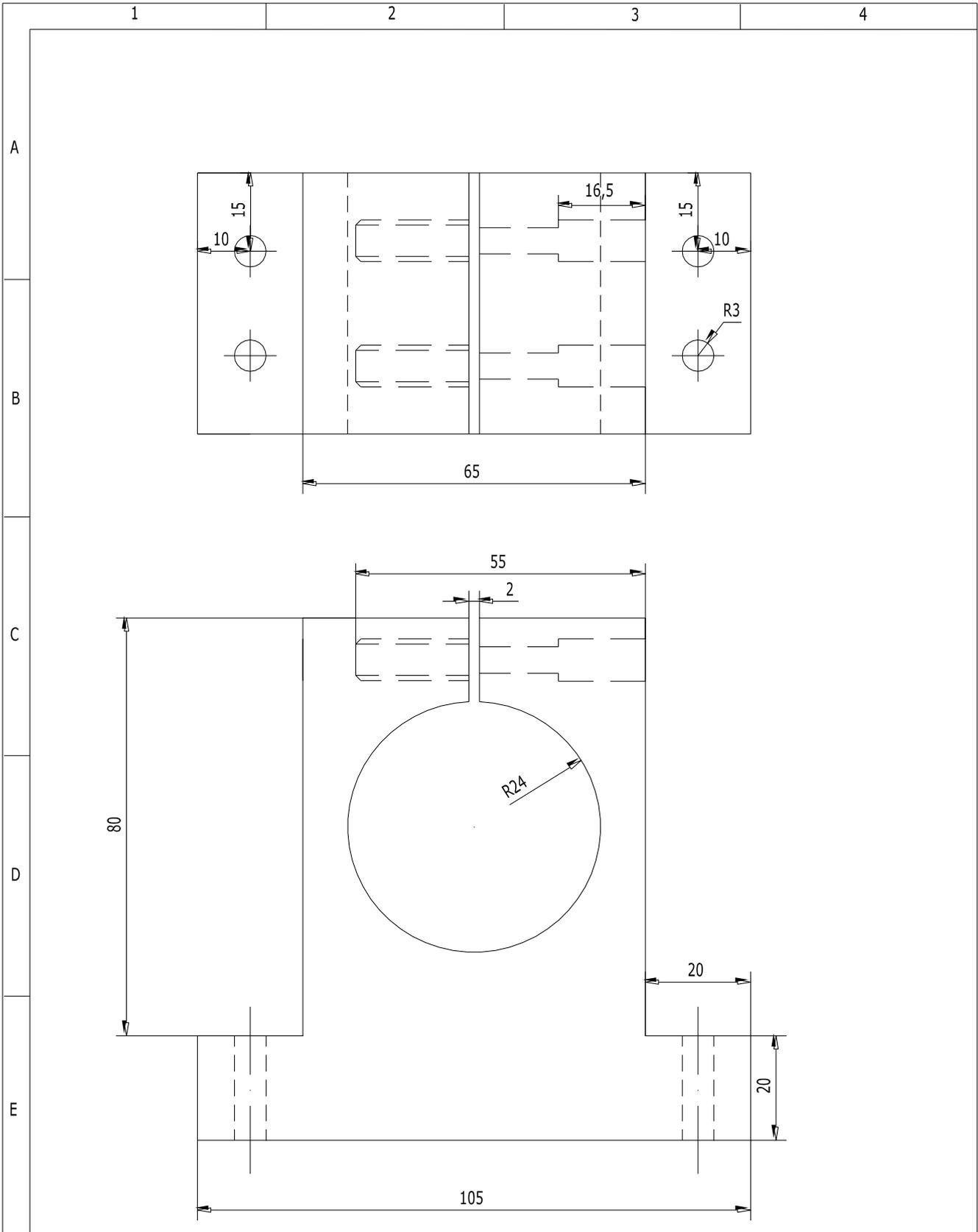
(SUSTITUCION)



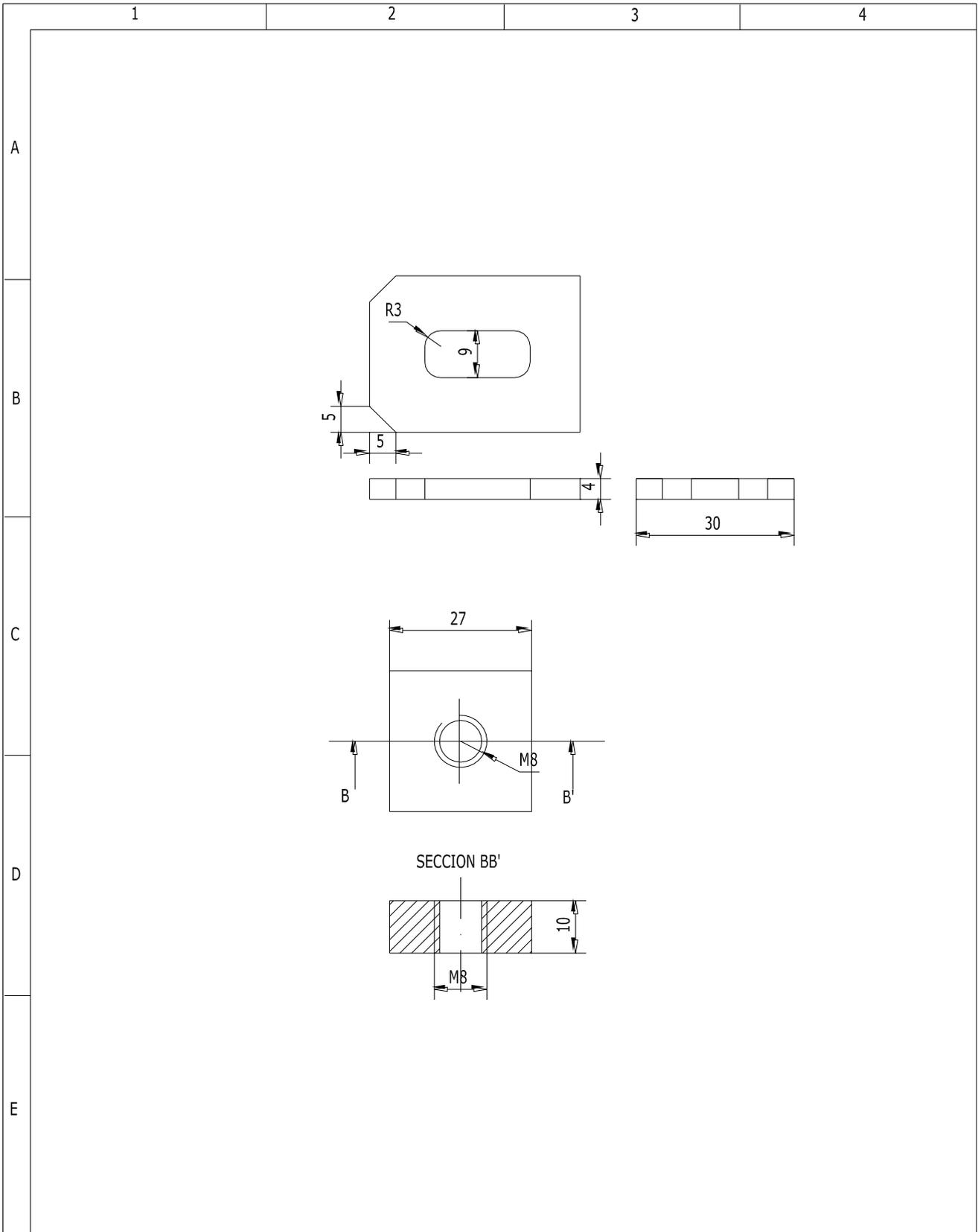
1 - Ed	Sin Modificación	12-08-08	Grupo
--------	------------------	----------	-------



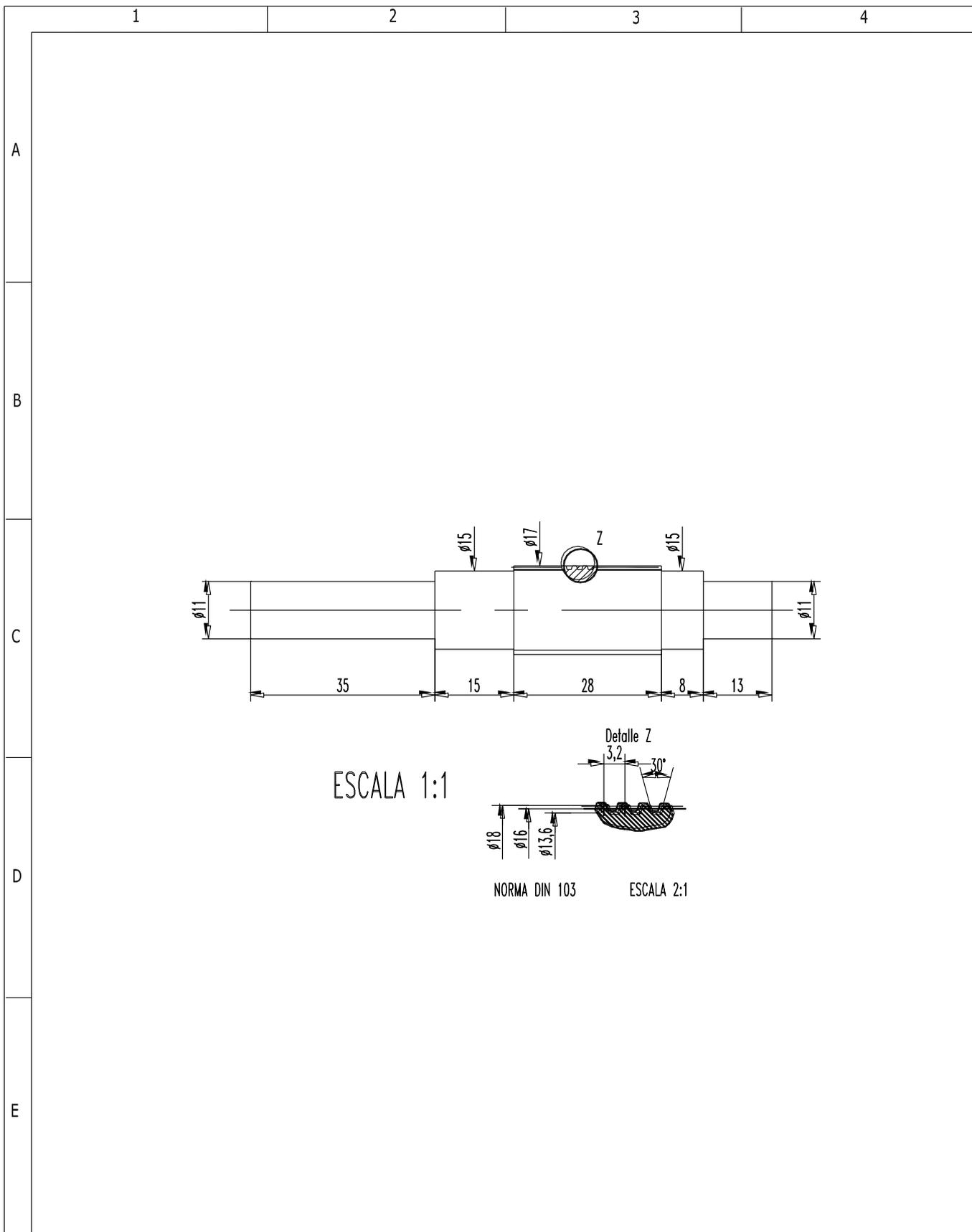
				Tolerancia:	Peso:	NAYLON A6/6		Escala: 1:1
				Fecha	Nombre	Mordaza lápiz vibrador		
				Dibujo 21-09-09	García/Zurita			
				Reviso 21-09-09	Ing. Carvajal			
				Aprobo 21-09-09	Ing. Carvajal	EM - 09- 01		
				ESPE				
				ELECTROMECHANICA		(SUSTITUCION)		
1 - Ed	Sin Modificación	12-08-08	Grupo					



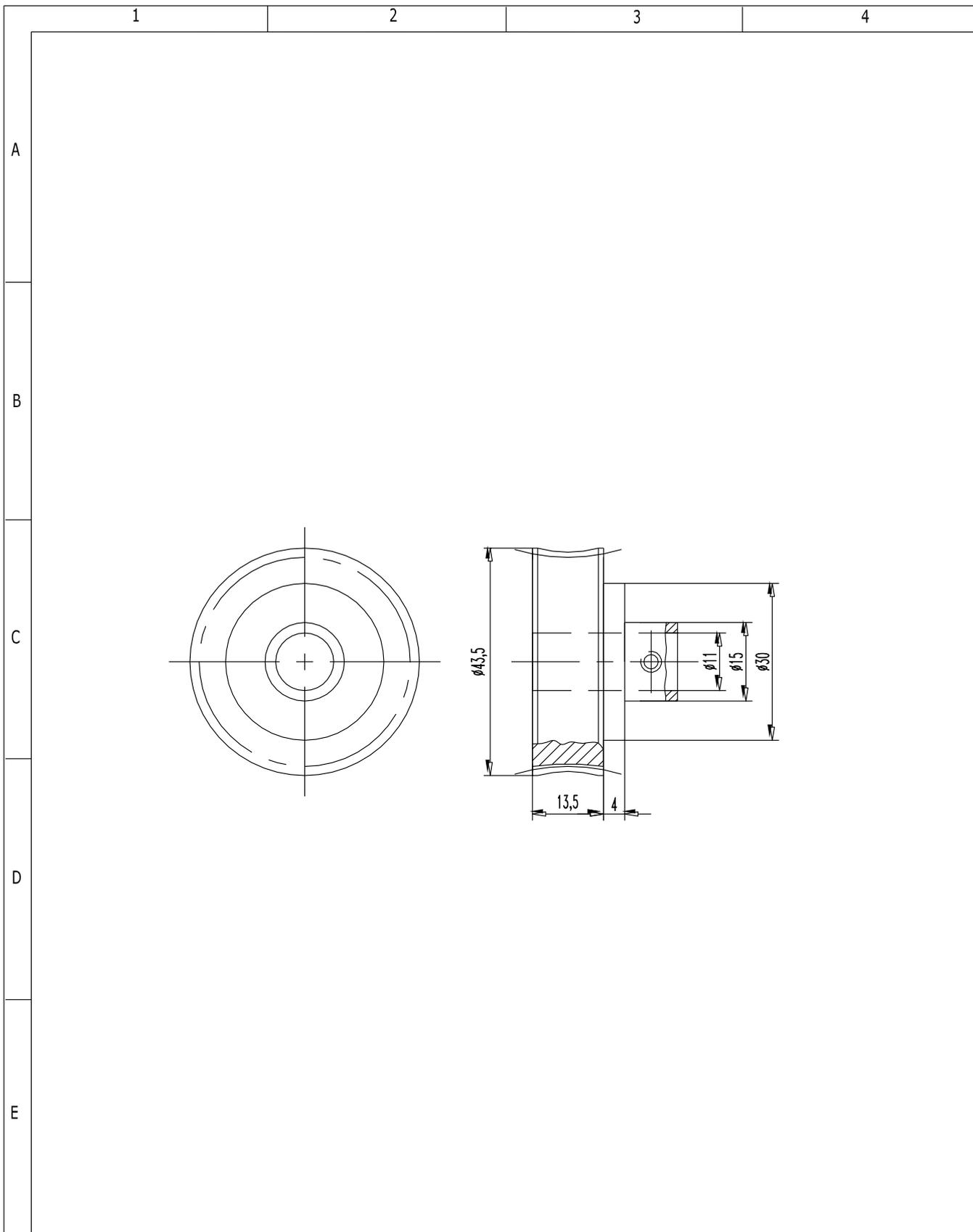
				Tolerancia:	Peso:	NAYLON A6/6	Escala: 1:1
				Fecha	Nombre	Soporte Ø 25	
				Dibujo 21-09-09	GArca/Zurita		
				Reviso 21-09-09	Ing. Carvajal		
				Aprobo 21-09-09	Ing. Carvajal	EM - 09- 01	
				ESPE			
				ELECTROMECHANICA		(SUSTITUCION)	
1 - Ed	Sin Modificación	12-08-08	Grupo				



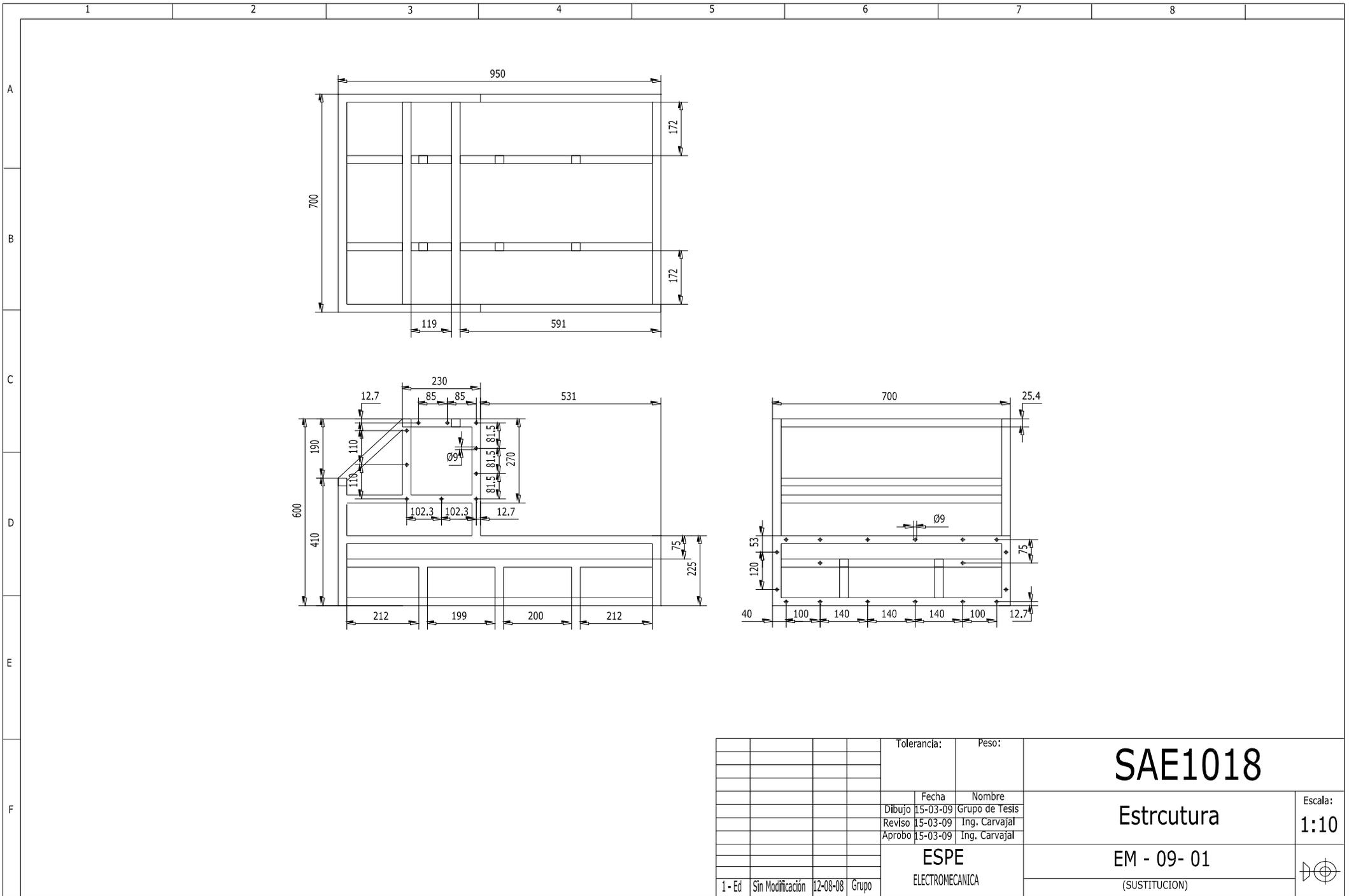
				Tolerancia:	Peso:	<h1>SAE1018</h1>	<h2>Placas de sujecion</h2>	Escala: 1:1
				Fecha	Nombre	<h2>EM - 09- 01</h2>	(SUSTITUCION)	
			Dibujo	21-09-09	GAría/Zurita			
			Reviso	21-09-09	Ing. Carvajal			
				Aprobo	21-09-09	Ing. Carvajal		
				ESPE				
				ELECTROMECHANICA				
1 - Ed	Sin Modificación	12-08-08	Grupo					



				Tolerancia:		Peso:		<h1>ST 42-2</h1>			
				Fecha		Nombre		<h2>Tornillo sin fin</h2>			
				Dibujo 21-09-09		Garcia/Zurita				Escala: 1:1	
				Reviso 21-09-09		Ing. Carvajal					
				Aprobo 21-09-09		Ing. Carvajal					
				ESPE ELECTROMECHANICA		EM - 09- 01 (SUSTITUCION)					
1 - Ed	Sin Modificación	12-08-08	Grupo								



				Tolerancia:		Peso:		<h1>CuAIF 45</h1>	
				Fecha		Nombre		<h2>Rueda dentada</h2>	
				Dibujo 21-09-09		GÁrcia/Zurita			
				Reviso 21-09-09		Ing. Carvajal			
				Aprobo 21-09-09		Ing. Carvajal		Escala: 1:1	
				ESPE ELECTROMECHANICA		EM - 09- 01 (SUSTITUCION)			
1 - Ed	Sin Modificación	12-08-08	Grupo						



				Tolerancia:	Peso:	<h1>SAE1018</h1>	<h2>Estrcutura</h2>	Escala: 1:10
				Fecha	Nombre			
				Dibujo 15-03-09	Grupo de Tesis			
				Reviso 15-03-09	Ing. Carvajal			
				Aprobo 15-03-09	Ing. Carvajal			
				ESPE		EM - 09- 01	(SUSTITUCION)	
				ELECTROMECANICA				
	1 - Ed	Sin Modificación	12-08-08	Grupo				