



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

“MODELADO DE UN SOPORTE DE BRIDA FY 512 U/AH PARA RODAMIENTOS HACIENDO USO DE TECNOLOGÍAS CNC Y SOFTWARE DE DISEÑO CAD- CAM”

**PILLAJO COLCHA MARIO FERNANDO
SHAGÑAY CURICAMA FRANKLIN VINICIO**

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO INDUSTRIAL

**RIOBAMBA – ECUADOR
2015**

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS

2014-11-12

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

**PILLAJO COLCHA MARIO FERNANDO
SHAGÑAY CURICAMA FRANKLIN VINICIO**

Titulada:

**“MODELADO DE UN SOPORTE DE BRIDA FY 512 U/AH PARA
RODAMIENTOS HACIENDO USO DE TECNOLOGÍAS CNC Y SOFTWARE
DE DISEÑO CAD-CAM”**

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO INDUSTRIAL

Ing. Carlos Santillán Mariño
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Ángel Guamán Mendoza
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Iván Acosta Velarde
ASESOR DE TESIS

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: PILLAJO COLCHA MARIO FERNANDO

TRABAJO DE TITULACIÓN: “MODELADO DE UN SOPORTE DE BRIDA FY 512 U/AH PARA RODAMIENTOS HACIENDO USO DE TECNOLOGÍAS CNC Y SOFTWARE DE DISEÑO CAD-CAM”

Fecha de Examinación: 2015-12-16

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Marcelo Jácome Valdez PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Ángel Guamán Mendoza DIRECTOR			
Ing. Iván Acosta Velarde ASESOR			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. Marcelo Jácome Valdez
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: SHAGÑAY CURICAMA FRANKLIN VINICIO

TRABAJO DE TITULACIÓN: “MODELADO DE UN SOPORTE DE BRIDA FY 512 U/AH PARA RODAMIENTOS HACIENDO USO DE TECNOLOGÍAS CNC Y SOFTWARE DE DISEÑO CAD-CAM”

Fecha de Examinación: 2015-12-16

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Marcelo Jácome Valdez PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Ángel Guamán Mendoza DIRECTOR			
Ing. Iván Acosta Velarde ASESOR			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. Marcelo Jácome Valdez
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

DERECHOS DE AUTORÍA

El trabajo de grado que presentamos, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teóricos - científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de los autores. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Pillajo Colcha Mario Fernando

Shagñay Curicama Franklin Vinicio

DEDICATORIA

Dedico la presente tesis a Dios, mi hijo Matías y a mis padres María y Luis, a mi esposa por haberme apoyado en toda mi carrera tanto profesional y en la vida misma, dándome con ejemplo de lucha y sacrificio el valor de alcanzar metas que con constancia, humildad y perseverancia he logrado culminar. A mis hermanos, mis amigos y toda mi familia quienes me brindaron su apoyo y confianza les doy las gracias y espero contar con ellos en todos los momentos de mi vida.

Mario F. Pillajo C.

Quiero dedicar esta tesis a mis padres Pedro y María porque ellos han dado razón a mi vida por sus consejos, su apoyo incondicional y su paciencia, todo lo que hoy soy es gracias a ellos. A mis hermanas Elena, Martha, Nancy que más que hermanas son mis verdaderos amigos y a toda mi familia que es lo mejor y más valioso que Dios me ha dado.

Franklin V. Shagñay C.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi Dios por darme la vida y salud necesaria para luchar durante todo este tiempo y afrontar cada obstáculo que se presenta en el camino, estaré agradecido por las bendiciones que me brinda cada día.

A mis padres les debo mucho por haber sido el pilar fundamental para que un gran sueño como este que se haya cumplido y en especial a mi hijo que desde el cielo me está cuidando, a mi novia y familia por darme el apoyo moral de lograr mis objetivos con sacrificio y humildad, todos sus buenos deseos se ven reflejados en la culminación de este gran objetivo. A si mismo agradezco a la Escuela de Ingeniería Industrial y Docentes por todos los conocimientos infundidos durante mi carrera.

Mario F. Pillajo C.

Agradezco a Dios por brindarme fuerzas, y guiarme siempre por el buen camino y así poder culminar una etapa más de la vida como es la obtención de un título profesional.

De igual manera quiero agradecer a mis padres; por darme una estabilidad emocional, económica, sentimental para poder llegar hasta este logro tan importante, que definitivamente no hubiese podido ser realidad sin ustedes gracias.

A mis hermanas y hermanos por brindarme su apoyo incondicional y las palabras de aliento que necesitaba en los momentos difíciles, a todos ellos que siempre serán mi inspiración para alcanzar mis metas, por enseñarme que todo se aprende y que todo esfuerzo es al final recompensa y a cada uno de mis familiares y amigos que han estado presente en cada etapa de mi vida.

Franklin V. Shagñay C.

CONTENIDO

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN	
1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Justificación.....	2
1.3. Objetivos.....	2
1.3.1. <i>Objetivo general.</i>	2
1.3.2. <i>Objetivos específicos</i>	2
2. MARCO TEÓRICO	
2.1. Soportes de Brida.....	4
2.1.1. <i>Materiales de los soportes y superficies exteriores.</i>	6
2.1.2. <i>Aplicaciones.</i>	6
2.2. Alcance y campo de aplicación de las Maquinas-Herramientas CNC.....	8
2.3. Control numérico computarizado CNC.....	9
2.3.1. <i>Introducción.</i>	9
2.3.2. <i>Definición de un sistema de Control Numérico.</i>	10
2.3.3. <i>Ventajas del CNC</i>	10
2.3.4. <i>Controladores CNC</i>	11
2.3.5. <i>Clasificación de controladores Numéricos</i>	13
2.3.5.1. <i>Según el sistema de referencia</i>	14
2.3.5.2. <i>Según el tipo de accionamiento.</i>	15
2.3.5.3. <i>Según el bucle de control.</i>	15
2.3.5.4. <i>Según la tecnología de control</i>	15
2.3.6.1. <i>Bloque de programación</i>	16
2.3.6.2. <i>Bloque Condicionales</i>	16
2.3.6.3. <i>Instrucciones de movimiento o preparatorias (Funciones G).</i>	17
2.3.6.4. <i>Funciones Auxiliares o complementaria</i>	18
2.3.6.5. <i>Funciones X, Y, Z.</i>	19
2.3.6.6. <i>Funciones S, F, T</i>	19
2.4. Fresadoras CNC.....	19
2.4.1. <i>¿Cómo funciona una fresadora CNC?</i>	20
2.4.2. <i>Puntos de Referencia</i>	21
2.4.2.1. <i>Cero máquina</i>	21
2.4.2.2. <i>Cero Pieza</i>	22
2.4.2.3. <i>Punto de Referencia.</i>	23
2.4.3. <i>Tipos de Fresadoras CNC</i>	23
2.4.3.1. <i>Por el número de ejes</i>	23
2.4.3.2. <i>Por la orientación del eje de giro.</i>	24
2.4.4. <i>Operaciones básicas de fresado CNC.</i>	24
2.4.4.1. <i>El Planeado</i>	24
2.4.4.2. <i>Ranurado</i>	25
2.4.4.3. <i>Corte</i>	25
2.4.4.4. <i>Perfilado</i>	25
2.4.5. <i>Parámetros de Corte</i>	25
2.4.5.1. <i>Fresado en concordancia</i>	25
2.4.5.2. <i>Fresado en oposición.</i>	26
2.4.5.3. <i>Velocidad de corte</i>	26

2.4.5.4.	<i>Velocidad del Husillo</i>	27
2.4.5.5.	<i>Velocidad de Avance</i>	27
2.4.5.6.	<i>Profundidad de Pasada</i>	27
2.4.5.7.	<i>Espesor y Sección</i>	28
2.4.5.8.	<i>Volumen de viruta arrancada</i>	28
2.4.5.9.	<i>Tiempo de mecanizado</i>	28
2.5.	CAD/CAM	29
2.5.1.	<i>Introducción</i>	29
2.5.2.	<i>Definición CAD</i>	30
2.5.3.	<i>Definición del CAM</i>	31
2.5.4.	<i>Historia y evolución de CAD/CAM</i>	32
2.5.5.	<i>Integración de los sistemas CAD/CAM</i>	33
2.5.6.	<i>Difusión global del CAD/CAM</i>	37
2.5.6.1.	<i>Áreas de aplicación para el CAD/CAM</i>	37
2.5.7.	<i>Ventajas del Uso de CAD/CAM</i>	38
2.5.8.	<i>Diferentes software CAD/CAM</i>	39
2.5.8.1.	<i>BOBCAD-CAM</i>	39
2.5.8.2.	<i>Modelador NX</i>	40
2.5.8.3.	<i>Mastercam</i>	41
3.	ANÁLISIS Y SELECCIÓN DEL SOFTWARE	
3.1.	<i>Aplicación de un Software CAD/CAM</i>	43
3.1.1.	<i>Análisis y selección de software CAD/CAM</i>	43
3.1.2.	<i>Método ordinal corregido de criterios ponderados</i>	45
3.1.3.	<i>Alternativas de Software de Diseño CAD/CAM</i>	46
3.1.4.	<i>Criterios de Valorización</i>	46
3.1.4.1.	<i>Evaluación de peso específico de criterio postprocesador</i>	47
3.1.4.2.	<i>Evaluación de peso específico de criterio de funcionalidad</i>	47
3.1.4.3.	<i>Evaluación de peso específico de criterio de aprendizaje</i>	48
3.1.4.4.	<i>Evaluación de peso específico de criterio de Herramientas</i>	48
3.1.4.5.	<i>Evaluación de peso específico de criterio de postprocesadores</i>	48
3.1.4.6.	<i>Evaluación de peso específico por el Costo</i>	49
3.1.4.7.	<i>Conclusiones</i>	49
4.	MODELADO Y SIMULACIÓN DEL MECANIZADO DEL SOPORTE FY 512 U/AH EN EL SOFTWARE NX SIEMENS	
4.1.	<i>Parámetros de mecanizado</i>	51
4.1.1.	<i>Componente y material de la pieza</i>	51
4.1.1.	<i>Parámetros de la máquina</i>	53
4.1.2.	<i>Herramientas de corte</i>	54
4.1.2.1.	<i>Especificaciones técnicas</i>	54
4.1.2.2.	<i>Selección por catálogo</i>	55
4.1.3.	<i>Velocidades y avances de corte</i>	60
4.1.3.1.	<i>Fresa plana de 18 mm - HSS</i>	60
4.1.3.2.	<i>Fresa plana de 12 MM - HSS</i>	61
4.1.3.3.	<i>Fresa plana de 4 MM - HSS</i>	62
4.1.3.4.	<i>Fresa redonda R6 MM-HSS</i>	63
4.1.3.5.	<i>Fresa frontal 80 MM – Insertos de Carburo</i>	64
4.1.3.6.	<i>Broca 12.7 MM – HSS</i>	65
4.1.3.7.	<i>Broca de centro 10MM – HSS</i>	66

4.2.	Modelado 3D del soporte FY 512 U/AH en NX.....	67
4.2.1.	<i>Elaboración de los planos del soporte FY 512.....</i>	67
4.2.2.	<i>Modelado en NX10 Siemens.....</i>	68
4.3.	Simulación del mecanizado.....	80
4.3.1.	<i>Entorno de mecanizado.....</i>	80
4.3.2.	<i>Especificación del material del soporte.....</i>	81
4.3.3.	<i>Sobredimensionamiento del material.....</i>	82
4.3.4.	<i>Selección de Máquina y Postprocesador.....</i>	83
4.3.5.	<i>Herramientas de corte.....</i>	84
4.3.5.1.	<i>Para metros de la herramienta.....</i>	84
4.3.5.2.	<i>Selección del material de la herramienta.....</i>	85
4.3.5.3.	<i>Herramientas de mecanizado.....</i>	87
4.3.6.	<i>Operaciones de Trayectoria.....</i>	90
4.3.6.1.	<i>Planeado.....</i>	91
4.3.6.2.	<i>Contorno.....</i>	93
4.3.6.3.	<i>Superficie Cónica.....</i>	94
4.3.6.4.	<i>Contorno Nervio.....</i>	95
4.3.6.5.	<i>Perforaciones.....</i>	96
4.3.6.6.	<i>Planeado Posterior.....</i>	97
4.3.6.7.	<i>Alivianamientos del soporte.....</i>	97

5. FABRICACIÓN DEL SOPORTE FY 512 U/AH EN EL CENTRO DE MECANIZADO BRIDGEPORT VMC 800-22

5.1.	Generación de códigos ISO.....	99
5.1.1	<i>Planeado.....</i>	99
5.1.2	<i>Mecanizado por Contorno.....</i>	101
5.1.3	<i>Mecanizado del contorno cónico.....</i>	103
5.1.4	<i>Refinado de la superficie Cónico.....</i>	105
5.1.5	<i>Fresado de la cavidad de Rodamiento.....</i>	107
5.1.6	<i>Refinado del Nervio del soporte.....</i>	109
5.1.7	<i>Perforaciones 19 mm.....</i>	111
5.1.8	<i>Planeado del sobre material de la base del soporte.....</i>	113
5.1.9	<i>Mecanizado de ranuras posteriores.....</i>	114
5.2.	Transferencia de programación a la fresadora Bridgeport VMC 800-22.....	116
5.3.	Mecanizado del soporte FY 512.....	121
5.3.1	<i>Sujeción del material.....</i>	121
5.3.2	<i>Cero piezas.....</i>	121
5.3.3	<i>Compensación de la altura de la herramienta.....</i>	122
5.3.4	<i>Fabricación del soporte.....</i>	123
5.3.4.1	<i>Planeado.....</i>	123
5.3.4.2	<i>Contorno.....</i>	123
5.3.4.3	<i>Superficie cónica.....</i>	123
5.3.4.4	<i>Nervio.....</i>	124
5.3.4.5	<i>Perforaciones 19 mm.....</i>	124
5.3.4.6	<i>Cavidad de rodamiento.....</i>	124
5.3.4.7	<i>Planeado posterior.....</i>	125

6. ANALIS DE COSTOS

6.1.	Costos de fabricación para los soportes FY 512 U/AH en talleres industriales convencionales.....	126
------	--	-----

6.2. Costo de mecanizado del soporte en el centro de mecanizado Bridgeport VMC 800-22..... 127

6.3. Resultado de análisis de los costos. 127

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. Conclusiones..... 128

7.2. Recomendaciones. 129

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

PLANOS

LISTA DE TABLAS

	Pág.
1	Funciones G..... 17
2	Funciones M. 18
3	Evolución CAD/CAM 32
4	Valoración de criterios..... 45
5	Software CAD/CAM. 46
6	Evaluación criterio postprocesador. 47
7	Evaluación criterio Funcionalidad..... 48
8	Evaluación criterio aprendizaje. 48
9	Evaluación criterio herramientas. 48
10	Evaluación criterio postprocesadores. 48
11	Evaluación criterio Costo. 49
12	Evaluación de los criterios..... 49
13	Características del Aluminio. 52
14	Características de acero rápido. 54
15	Características de carburo de titanio..... 54
16	Costos de fabricación del soporte en máquinas convencionales. 126
17	Costos de fabricación del soporte en el centro de mecanizado Bridgeport VMC 800-22 de control numerico..... 127

LISTA DE FIGURAS

		Pág.
1	Tipos de Soporte de brida.....	4
2	Diseño NX.....	6
3	Soporte FY.	7
4	Arquitectura de un módulo de Control CNC.	12
5	Estructura de un programa CNC	16
6	Desplazamientos de ejes principales	20
7	Origen de la máquina.	22
8	Punto de referencia de la pieza.....	22
9	Fresa frontal.....	24
10	Ranurado	25
11	Proceso de Corte.....	25
12	Fresado en concordancia.	26
13	Mecanizado en oposición.	26
14	Diseño CAD	29
15	Integración CAD/CAM/CAE.....	34
16	Etapas del CAD/CAM.....	35
17	Diseño BOBCAD-CAM	40
18	Diseño NX.....	41
19	Diseño Mastercam.	42
20	Soporte FY 512 en NX.....	51
21	Centro de mecanizado Bridgeport VMC 800-22	53
22	Catalogo Vertex.....	55
23	Fresa plana de 18 MM- HSS-Co	56
24	Fresa plana de 12 MM- HSS-Co	57
25	Fresa plana de 4MM- HSS-Co	57
26	Catalogo Vertex.	58
27	Fresa redonda de R3MM- HSS-Co	58
28	Catalogo Vertex.....	59
29	Fresa redonda de R3 mm- HSS-Co	59
30	Dimensiones Generales Soporte FY 512 A/UH.....	67
31	Diseño NX – Croquis Base Soporte FY	68
32	Croquis Base Soporte FY	69
33	Operación de Extruido	70
34	Extrusión de corte de agujeros	70
35	Modelo orientado para manufactura.	71
36	Modelo virtual del soporte.	72
37	Parámetros para extrusión de sección.	72
38	Extrusión de sección.....	72
39	Límites de extrusión de sección.	73

40	Sección cónica.	74
41	Líneas base para revolución.	74
42	Parámetros de revolución.	75
43	Modelo de revolución.....	76
44	Interfaz de ensamblado NX.....	76
45	Ensamblado de Base de Soporte.	77
46	Introducción de la Cavidad de Rodamiento	77
47	Restricciones de Ensamblado.....	78
48	Restricciones de distancias de superficies.....	78
49	Fijación del sistema de coordenadas para la máquina.....	80
50	Sistemas de coordenadas dinámicas.....	80
51	Materiales para el soporte.	81
52	Bloque fundido	82
53	Materiales para el soporte.	82
54	Selección de Máquina-Herramienta	83
55	Parámetros de la herramienta.	84
56	Material de la herramienta.....	85
57	Fresa 18mm HSS – Contorno (T1)	87
58	Fresa 12mm HSS – ACABADO (T2).....	87
59	Fresa 4mm HSS – REFINADO (T3)	88
60	Fresa redonda R3 mm-HSS-CONICO (T4).....	88
61	Fresa para planeado con insertos-80 mm-HSS (T5)	89
62	Broca Centro 10mm HSS (T6).....	89
63	Broca 12,7mm HSS (T7).....	90
64	Selección de Operación de mecanizado.	91
65	Parámetros de Planeado	91
66	Trayectoria de la herramienta.....	92
67	Simulación del planeado.	92
68	Selección de superficies de contorno.	93
69	Mecanizado del contorno.	93
70	Mecanizado superficie cónica.	94
71	Simulación de mecanizado cónico.	94
72	Mecanizado del Nervio.	95
73	Verificación de trayectoria contorno de nervio.....	95
74	Selección de agujeros.	96
75	Perforaciones de centro.	96
76	Perforaciones con broca de 12,7 mm	96
77	Agujeros de 19 mm por contorno.....	96
78	Planeado Posterior.....	97
79	Mecanizado de la base del Soporte FY512.	97
80	Mecanizado de alivianamientos.	97
81	Mecanizado de ranuras.....	98
82	Planeado NX.	99
83	Contorno NX.....	101

84	Mecanizado cónico.....	103
85	Acabado Cónico NX.	105
86	Mecanizado de Cavidad de Rodamiento en NX.	107
87	Mecanizado del nervio del soporte.....	109
88	Ciclo de perforado	111
89	Fresado planar posterior.	113
90	Ranuras posteriores.	114
91	Editor CIMCO.....	116
92	Algoritmo en CIMCO.	118
93	Simulación en CIMCO.....	118
94	Cable RS-232	119
95	Panel de Control Bridgeport.....	119
96	Tranferencia de códigos CPU-Maquina.	120
97	Sujecion del material.	121
98	Compensacion de la herramienta.....	122
99	Mecanizado por contorno.....	123
100	Mecanizado conico.....	123
101	Mecanizado del Nervio.	124
102	Ciclo de perforado.....	124
103	Mecanizado de la cavidad.	124
104	Planeado posterior.....	125
105	Ranurado.	125

LISTA DE ABREVIACIONES

CAD	Diseño asistido por Computadora
CAM	Manufactura Asistida por Computadora
CAE	Ingeniería Asistida por Computadora
CN	Control Numérico
CNC	Control Numérico Computarizado
PC	Personal Computer
CIM	Manufactura integrada por Computadora
SAGE	Semi Automatic Ground Environment
HSS	High Speed Steel
FEM	Finite Element Method

LISTA DE ANEXOS

- A** Diseño del soporte FY 512 U/AH
- B** Tabla de avances por diente.
- C** Ficha técnica del refrigerante.
- D** Manuales del centro de mecanizado Bridgeport VMC 800-22

RESUMEN

En el presente trabajo se efectúa un compendio de conceptos básicos de tecnologías CNC, se enuncia el alcance y campo de aplicación, así como las ventajas frente a las tecnologías convencionales.

Se desarrolla el proceso de modelado (CAD) de un prototipo de Soporte de brida FY 512 en el Software NX10 de Siemens previamente analizado y seleccionado bajo criterios técnicos y se diseña en el ordenador (CAM) tomando en cuenta todos los parámetros técnicos de mecanizado para una eficiente obtención del producto. Se realiza el procesos de fresado de control numérico (CNC) a partir de un sólido de aluminio, en la que se detalla la secuencia de paso, así como el manejo adecuado de la maquina Bridgeport VMC 800-22.

El soporte FY 512 U/AH se toma como modelo para demostrar la capacidad de mecanizado de las máquinas de control numérico en la fabricación de elementos o piezas mecánicas. Estas tecnologías son herramientas que permiten mejorar los procesos de producción en las diferentes empresas dentro del campo industrial, además actualiza la educación superior con nuevos métodos de enseñanza para el manejo y utilización de estos centros de mecanizado CNC.

Los procesos que involucran el manejo de las tecnologías de control automático que se basan en criterios de diseño, simulación, programación y mecanizado que mejoran la calidad de un producto y reducen tiempos de fabricación así como costos. La Escuela de Ingeniería Industrial ha complementado la metodología de aprendizaje de un conocimiento teórico a un desarrollo práctico por medio de la implementación de un centro de mecanizado.

ABSTRACT

This paper is a summary of basic concepts of technologies CNC, the significance and field of application are reported, as well as the advantages over conventional technologies.

The modeling process (CAD) of a prototype of support FY 512 in the Software NX10 of Siemens is developed previously analyzed and selected under technical criteria and it is designed in the computer (CAM) by taking into account all the technical parameters of machining for an efficient production of goods. The milling process of computerized numerical control (CNC) is performed from solid aluminum, in which the step sequence and proper handling of the Bridgeport VMC 800-22 is detailed.

The FY 512 U/AH support is taken as a model to demonstrate the workability of numerical control machines in the manufacture of elements or mechanical parts. These technologies are tools to improve production processes in different companies within the industrial field, also it updates higher education with new teaching methods to handle and use these machining centers CNC.

The processes which involve numerical control technologies handling are based on design, simulation, scheduling and machining criteria enhancing product quality and reducing manufacturing time and costs.

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

En la industria, las nuevas tecnologías CNC han insertado a muchas empresas en un entorno altamente competitivo tanto nacional e internacionalmente.

El uso de CNC (Computerized Numerical Control) tuvo sus inicios en la industria de aviación durante la Segunda Guerra Mundial. Nació con el objetivo de mejorar la producción de piezas para que tuvieran mayor exactitud y precisión.

La primera máquina CNC que redujo la producción de 8 horas a 15 minutos fue desarrollada por John Runyon. En 1956, la Fuerza Aérea de Estados Unidos aceptó la propuesta para producir el lenguaje de programación de control numérico y utilizaba grandes equipos de controladores de válvulas de vacío, que consumían una gran cantidad de energía eléctrica y generaban mucho calor. El desarrollo de estos sistemas en los últimos años ha sido muy notorio y las tecnologías de CNC son la mejor alternativa para insertar a cualquier tipo de industria en un mercado donde la calidad y el mejoramiento continuo de sus productos es uno de los objetivos principales.

Los procesos automatizados y paquetes de diseño asistido por computadora han permitido mejorar la productividad, reducir costos y tiempos; y es que cada vez los productos deben presentar un alto estándar de calidad, precisión y funcionalidad. Una alternativa frente a esto es la reconversión de las industrias introduciendo los conceptos de la automatización y uso de paquetes CAD-CAM en la forma adecuada de modo que se pueda implementar gradualmente acorde a la capacidad y tiempo adecuado; todo esto sin olvidar los factores de rendimiento de la inversión y capacidad de producción.

Paquetes de modelado NX 10, Bob CAD/CAM, Mastercam, Solid CAM son la solución que nos permitía diseñar y hacer el mecanizado en un proceso completo y no tener que diseñar en un programa y exportarlo a otro como hacíamos antes, además cuentan con herramientas para realizar una ingeniería asistida por computadora (FUNCOSA, 2013).

1.2. Justificación

En la actualidad industrias especializadas en la fabricación de elementos mecánicos han adoptado tecnologías convencionales para la producción de diferentes piezas que desde un punto de vista técnico las hace más costosas, de baja calidad y requiere tener un utillaje completo que en sí aumenta el tiempo de fabricación, un proceso que se ha visto necesario es introducir nuevas tecnologías como centros de mecanizado CNC que mejoran tiempos, precisión y calidad del elemento.

Los soportes FY 512 U/AH presentan una geometría compleja lo cual dificulta el mecanizado en fresadoras comunes, es por ello que se toman como modelo para identificar la capacidad de fabricación de estos centros de mecanizado, además el proyecto implementa una nueva estrategia de fabricación mediante la selección adecuada de un software CAD/CAM que proporciona nuevas técnicas de desarrollo de la producción en cuanto al diseño y post fabricación del elemento.

Con la utilización de tecnologías CNC como centros de mecanizado se disminuye el costo de mecanización del soporte FY 512 U/AH en un 50% en comparación a la fabricación con máquinas convencionales que requieren una alta calificación y destreza del operario.

1.3. Objetivos

1.3.1. *Objetivo general.* Aplicar el uso de nuevas tecnologías CNC y paquetes CAD-CAM en la modelación de un soporte de brida FY 512 U/AH para rodamientos.

1.3.2. *Objetivos específicos:*

- Realizar el modelo de un prototipo de un soporte FY 512 U/AH utilizando el software Siemens NX10.
- Analizar los parámetros de la fabricación del soporte de brida FY 512 U/AH.
- Simular y generar el algoritmo para el mecanizado del soporte en normativas estándar en función a los requerimientos del centro de mecanizado.

9

- Fabricar el soporte de brida FY 512 U/AH en el centro de mecanizado de control numérico computarizado CNC

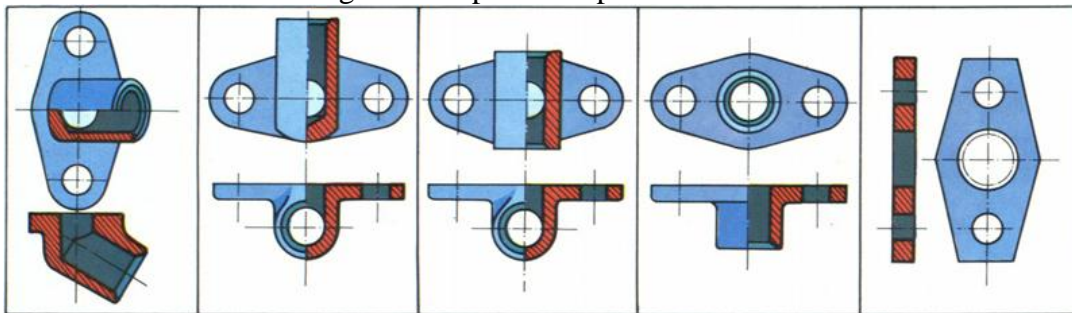
CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Soportes de Brida.

La designación original de brida corresponde a las llamadas bridas planas, firmes en una pletina en forma de disco o con orejetas, con dos o más agujeros, que se suelda o se atornilla en el extremo de los tubos o árboles y sirve para efectuar empalmes entre sí o uniones con otras piezas mecánicas. En las figuras se relacionan los tipos más utilizados de bridas planas con dos agujeros dentro de la industria.

Figura 1 . Tipos de Soporte de brida



Fuente: <http://diccionario.motorgiga.com>

Habitualmente los soportes de brida para Rodamientos se suministran como unidades de dos, tres y cuatro agujeros la forma del soporte, puede ser ovalada, triangular, cuadrada o redonda. Para la fijación, los soportes tienen agujeros pasantes.

Alguna serie está disponible con resalte alineamiento. El resalte de alineamiento se ajusta en un mecanismo en la pared de la máquina. De esta forma, los portes se alinean concéntricamente y los tornillos de fijación quedan libres de cargas radiales. La versatilidad de estos soportes está en la facilidad de montaje y desmontaje del rodamiento.

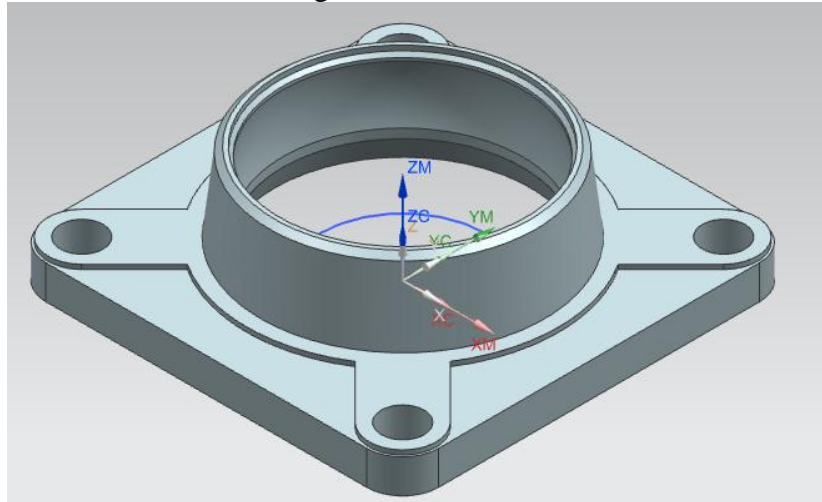
Normalmente, los asientos de los rodamientos en el soporte están mecanizados de tal manera que los rodamientos se puedan desplazar, es decir, que actúan como apoyos libres.

9

Los apoyos fijos se obtienen mediante la introducción de anillos de fijación estos soportan las cargas y mantienen al rodamiento con ajuste con tolerancias.

El soporte de brida FY 512/AH, se utiliza en condiciones donde el eje del árbol es perpendicular a la superficie de montaje del rodamiento. Para proporcionar ajustes precisos montaje y soporte de carga.

Figura 2. Diseño NX



Fuente: Autores

2.1.1. Materiales de los soportes y superficies exteriores. Normalmente, los soportes están fabricados en fundición gris. Los soportes de acero moldeado y de fundición de grafito esferoidal se suministran bajo consulta. Como los rodamientos se suelen lubricar con grasa y el primer engrase tiene una larga vida útil, la mayoría de los soportes no tienen agujeros de re-engrase. Sin embargo, hay salientes o marcas de modo que, en caso necesario, se puede taladrar agujeros de engrase fácilmente.

Todas las superficies exteriores de los soportes y accesorios de los mismos, no mecanizados con arranque de viruta, tiene una capa de pintura universal (color RAL 7031, gris azulado). La pintura se puede recubrir con resina sintética, poliuretano, acrílicos, resina epoxi, caucho clorado, celulosa y esmaltes. La protección anticorrosiva de las superficies interiores y exteriores, mecanizadas con arranque de viruta se puede eliminar fácilmente (Stenberg, 2015).

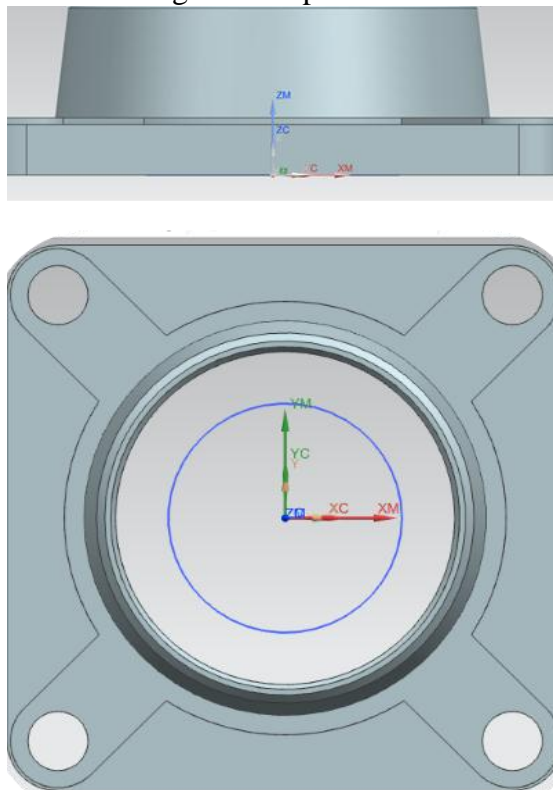
2.1.2. Aplicaciones. El término brida se aplica generalmente a los elementos mecánicos que sirven para unir o sujetar dos o más piezas entre sí.

Las bridas de soporte, formadas generalmente por un fleje conformado con los extremos agujereados para poderse unir a la chapa de la carrocería o al bloque del motor, etc.

Este tipo de brida se utiliza normalmente para sujetar los órganos auxiliares del motor bien sea a la carrocería o al motor propiamente dicho, ejes para bandas transportadoras, tractores para la agricultura y e si maquinaria grande donde el nivel de transmisión de movimiento es muy grande.

Ejemplos: bridas de sujeción de los depósitos de gasolina, depósitos de líquido de refrigeración, depósitos de líquido, de la bobina de alta tensión, etc.; bridas de soporte del árbol de transmisión, de la barra estabilizadora; brida de fijación de posición del alternador o la dinamo, que posee un coliso para poder tensar la correa del ventilador. Este tipo de bridas se conocen también como abrazaderas en el lenguaje corriente.

Figura 3. Soporte FY.



Fuente: Autores.

En la figura se muestra un soporte con en su designación FY que es en modelos con una forma cuadrada, nervaduras y superficie cónica y 512 el diámetro máximo del eje. Estos prefijos se componen de entre una y seis letras. La siguiente lista de prefijos que aparecen en las tablas de productos está ordenada alfabéticamente. FYU unidad/soporte

de brida cuadrado con rodamiento Y, de fundición, con cuatro orificios para los tornillos FYC FYJ Unidad/soprote de brida cuadrado con rodamiento Y.

2.2. Alcance y campo de aplicación de las Maquinas-Herramientas CNC.

La aplicación de sistemas de control numérico por computadora en las máquinas-herramienta permite aumentar la productividad respecto a las máquinas convencionales y ha hecho posible efectuar operaciones de conformado que son imposibles de realizar con un elevado grado de precisión dimensional en máquinas convencionales, por ejemplo la realización de superficies esféricas.

El uso del control numérico incide favorablemente en los costos de producción al propiciar la reducción del número de tipos de máquinas utilizadas en un taller de mecanizado, manteniendo o mejorando su calidad.

Los procesos que utilizan máquinas-herramienta de control numérico tienen un coste horario superior a los procesos que utilizan máquinas convencionales, pero inferior a los procesos que utilizan máquinas especiales con mecanismos de transferencia (transfer) que permiten la alimentación y retirada de piezas de forma automatizada.

En el mismo sentido, los tiempos de preparación para un lote son mayores en una máquina de control numérico que en una máquina convencional, pues se necesita preparar la programación de control numérico de las operaciones del proceso.

Sin embargo, los tiempos de operación son menores en una máquina de control numérico que en una máquina convencional, por lo cual, a partir de cierto número de piezas en un lote, el mecanizado es más económico utilizando el control numérico. Sin embargo, para lotes grandes, el proceso es más económico utilizando maquinas especializadas con mecanismos de transferencia.

Los diseños compactos de máquinas de última tecnología CNC como centros de mecanizado de 5 ejes proporcionan trabajos múltiples de alto rendimiento a las industrias de alta productividad con un diseño ergonómico para facilitar las demandas de los operarios para la disposición, el cargamento y descargar, además incluye una gran área de mecanizado por sus recorridos en X, Y, Z que superan 1500mm. El

desarrollo jamás para en las industrias que proporcionan maquinaria CNC y el control se extiende en todas las ramas de las industrias a nivel global (Kalpakjian, 2002).

2.3. Control numérico computarizado CNC

2.3.1. Introducción. El control numérico o control decimal numérico (CN) es un sistema de automatización de máquinas herramientas que son operadas mediante comandos programados en un medio de almacenamiento, en comparación con el mando manual mediante de volantes y palancas.

El control numérico computarizado (CNC) ha ampliado exponencialmente las aplicaciones de las máquinas industriales mediante la automatización programable de la producción y el logro de movimientos imposibles de efectuar manualmente, como círculos, líneas diagonales y otras figuras más complicadas que posibilitan la fabricación de piezas con perfiles sumamente complejos.

Esto también se traduce en la optimización de muchas variables esenciales de todo proceso de manufactura: productividad, precisión, seguridad, rapidez, repetitividad, flexibilidad y reducción de desechos.

Existe un ambiente de grandes expectativas e incertidumbre. Mucho de esto se da por los rápidos cambios de la tecnología actual, pues estos no permiten asimilarla en forma adecuada de modo que es muy difícil sacar su mejor provecho. También surgen cambios rápidos en el orden económico y político los cuales en sociedades como la nuestra (países en desarrollo) inhiben el surgimiento de soluciones autóctonas o propias para nuestros problemas más fundamentales.

Entre todos estos cambios uno de los de mayor influencia lo será sin duda el desarrollo de las nuevas políticas mundiales de mercados abiertos y globalización. Todo esto habla de una libre competencia y surge la necesidad de adecuar nuestras industrias a fin de que puedan satisfacer el reto de los próximos años.

Una opción o alternativa frente a esto es la reconversión de las industrias introduciendo el elemento de la automatización. Sin embargo se debe hacerse en la forma más adecuada de modo que se pueda absorber gradualmente la nueva tecnología en un

tiempo adecuado; todo esto sin olvidar los factores de rendimiento de la inversión y capacidad de producción. Los sistemas son confiables acorde a la programación del operario.

2.3.2. *Definición de un sistema de Control Numérico.* Quizá la definición más clara en lo que se refiere al CN aplicado a las máquinas- herramienta sea la siguiente:

Sistema que aplicado a una máquina-herramienta automatiza y controla todas las acciones de la misma, entre las que se encuentran:

- El valor y el sentido de las velocidades de avance y de corte.
- Los movimientos de los carros y de cabezal.
- Los cambios de herramientas y de piezas a mecanizar.
- Las condiciones de funcionamiento de la máquina que son los bloqueos, refrigerantes, lubricación.
- El estado de funcionamiento de la máquina (averías, funcionamiento defectuoso, etc.)
- La coordinación y el control de las propias acciones del CN como flujos de información, sintaxis de programación, diagnóstico de su funcionamiento, comunicación con otros dispositivos.

2.3.3. *Ventajas del CNC.* Algunas ventajas que presenta la aplicación del CNC en las maquinas herramientas:

- Mayor precisión y mejor calidad de productos.
- Mayor uniformidad en los productos producidos.
- Un operario puede operar varias máquinas a la vez.
- Fácil procesamiento de productos de apariencia complicada.

9

- Flexibilidad para el cambio en el diseño y en modelos en un tiempo corto que mediante el software se lo puede modificar.
- Fácil control de calidad.
- Reducción en costos de inventario.
- Es posible satisfacer pedidos urgentes.
- Se reduce la fatiga del operador.
- Mayor seguridad en las labores.
- Aumento del tiempo de trabajo en corte por maquinaria.
- Fácil control de acuerdo con el programa de producción lo cual facilita la competencia en el mercado.
- Fácil administración de la producción e inventario lo cual permite la determinación de objetivos o políticas de la empresa.
- Permite simular el proceso de corte a fin de verificar que este sea correcto.

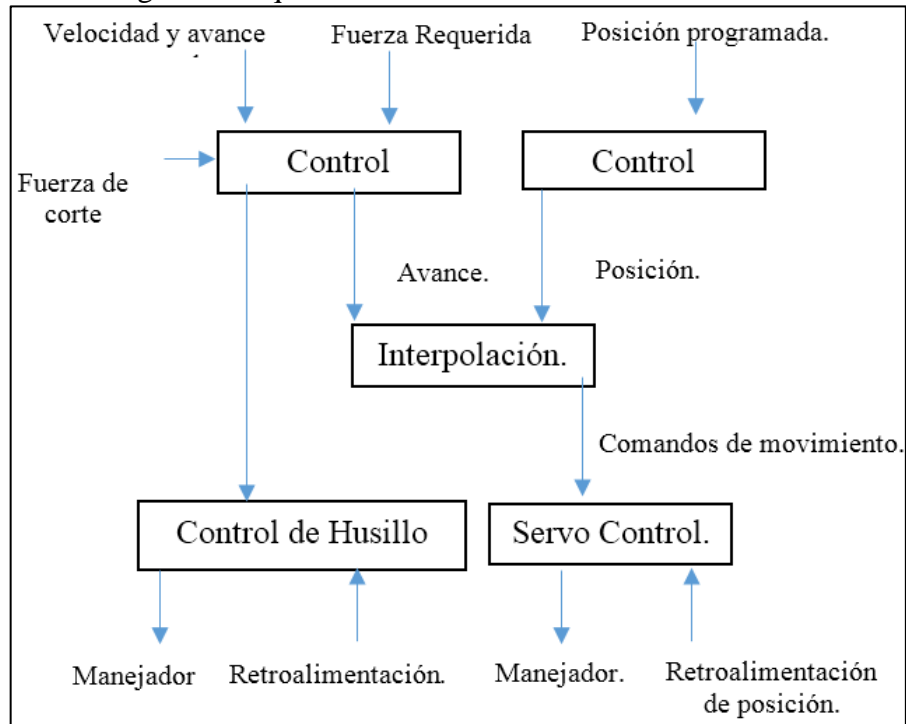
2.3.4. *Controladores CNC.* Generalmente el módulo de control CNC de los ejes de una máquina herramienta está compuesto por tres niveles de jerarquía: (1) el servo-control; (2) el interpolador que se encarga de coordinar los movimientos de los diferentes ejes de la máquina herramienta y el (3) control adaptativo.

Utiliza un código estándar en el que se varían diferentes parámetros de un bloque predefinido. En geometrías complejas existen diferentes interfaces que pueden generar de manera automática este tipo de código.

En la actualidad se presentan una serie de Controladores CNC, los cuales son representados por distintas firmas que lideran, bajo especificaciones técnicas sus propios controladores, entre las principales se pueden citar las siguientes:

FANUC, SIMUMERIK, MITSUBISHI, GSK, HNC, KND, WA, SKY, HAAS, GREAT, RENHE, FAGOR, DASEN.

Figura 4. Arquitectura de un módulo de Control CNC.



Fuente: Autores

Las características más importantes de un algoritmo de control son:

- Estabilidad.
- Precisión.
- Velocidad de respuesta.
- Integración.
- Identificación.
- Eficiente.
- Finitud.

Un servo controlador es un sistema que permite controlar las variables de un sistema, tales como la cantidad o la distancia exacta de un determinado proceso. En el caso de los motores, puede controlar su movimiento de rotación de manera precisa, en función del número de ciclos o avances radiales del motor. Además, puede regular la velocidad de inicio y la velocidad de trabajo.

El modo de control de posición permite programar nuevas posiciones, rampas y valores de desplazamientos en cualquier momento, sin tener que suspender los procesos de posicionamiento. En las máquinas herramienta CNC, los servos controladores son implementados para reducir los errores de posicionamiento axial y los errores en las operaciones de mecanizado.

En los procesos de maquinado, la exactitud del movimiento de la herramienta de corte depende de la precisión del servo controlador para minimizar los errores generados en el proceso de movimiento y contorneado por parte de los diferentes ejes de la máquina herramienta.

El control habilita el movimiento de cada uno de los ejes basados en los comandos de posicionamiento del interpolador. El interpolador es el encargado de generar los datos de movimiento de los ejes de la máquina herramienta, estos datos son enviados a los manejadores de los ejes de movimiento de la máquina para producir la cantidad de movimiento deseada por el control.

El servo control debe ser capaz de controlar la posición y la velocidad en una amplia gama de posibilidades, tanto para las altas velocidades de maquinado, como para las bajas velocidades, con el objetivo de lograr una alta precisión en el proceso.

2.3.5. Clasificación de controladores Numéricos. Debido a las diferencias que existen entre las máquinas que son susceptibles de ser gobernadas por un CN, a las dificultades técnicas en el diseño de los controladores y a condicionantes de tipo económico, han aparecido diversos tipos de CN que pueden clasificarse de varias maneras:

- Según el sistema de referencia
- Según el control de las trayectorias
- Según el tipo de accionamiento
- Según el bucle de control
- Según la tecnología de control.

Con estos sistemas se pueden generar recorridos tales como rectas con cualquier pendiente, arcos de circunferencia, cónicas o cualquier otra curva definible matemáticamente. Estos sistemas se utilizan, sobre todo, en fresados complejos.

2.3.5.1. *Según el sistema de referencia.* Para programar los sistemas de CN es necesario establecer un sistema de referencia estándar en el que puedan ser especificadas las diferentes posiciones relativas de la máquina herramienta con respecto al trabajo a realizar.

Para facilitar las cosas de cara al programador la pieza a ser maquinada se fija a una mesa de trabajo mientras que la máquina herramienta se mueve en torno a ella. De este modo el sistema de referencia se fija con respecto a la mesa de trabajo.

El propósito de los sistemas de referencia es localizar la herramienta en relación con la pieza a ser maquinada. Dependiendo del tipo de máquina de CN el programador puede tener varias opciones para especificar esta localización.

En el caso de sistemas de referencia fijos, el origen siempre se localiza en la misma posición con respecto a la mesa de trabajo. Normalmente, esta posición es la esquina inferior de la izquierda de la mesa de trabajo y todas las posiciones se localizan a lo largo de los ejes XY positivos y relativos a ese punto fijo de referencia.

2.3.5.2. *Según el tipo de accionamiento.* Según el tipo de accionamiento pueden ser: hidráulicos, eléctricos o neumáticos.

2.3.5.3. *Según el bucle de control.* El control del sistema se puede realizar de dos formas: en bucle cerrado como servomotores con encoder, donde a través de sensores se mide el valor a la salida, y se compara en todo instante con un valor de referencia proporcionando una adecuada señal de control; o en bucle abierto como motores a paso donde no existe tal realimentación.

2.3.5.4. *Según la tecnología de control.* Si atendemos a la clasificación según la forma física de realizar el control encontramos los siguientes tipos : Control Numérico (CN), Control Numérico Computarizado (CNC), Control Numérico Adaptativo (CNA).

2.3.6. *Estructura de un programa CNC.* Todos los programas deben tener un nombre o un número de identificación. Algunos controles numéricos solo aceptan números. Los programas CNC están compuestos por bloques sucesivos que permiten la identificación de cada operación y evita choques de materiales.

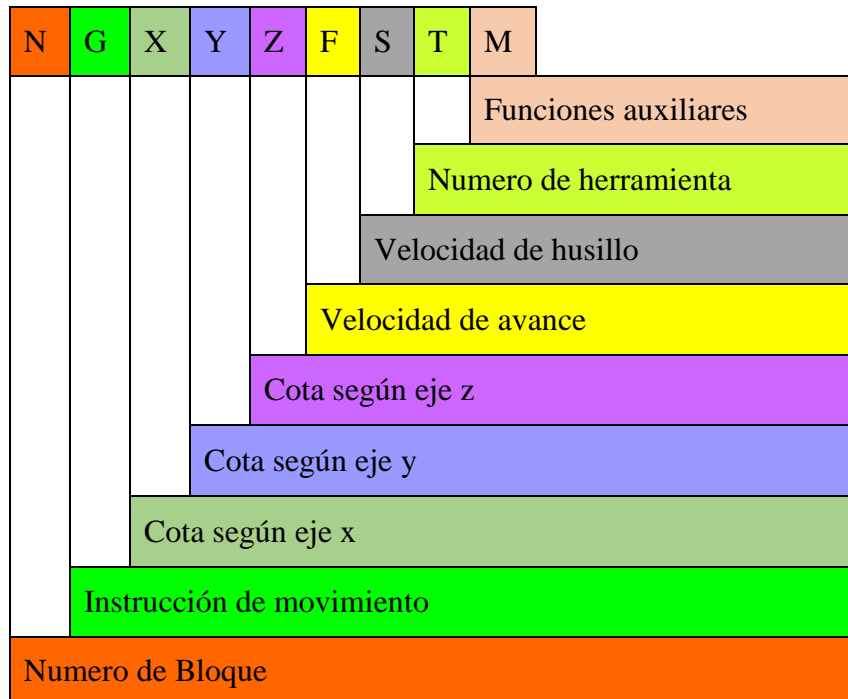
Cada uno de éstos es una instrucción para el control. Los bloques pueden estar numerados o no. De no estarlos el control los ejecutará en el orden en que los vaya encontrado. La numeración de los bloques puede no ser de uno en uno. Puede ser de cinco en cinco, de diez en diez, etc. Esto es conveniente para introducir luego bloques intermedios sin alterar toda la numeración. La numeración debe ser siempre creciente. Si existiera un bloque cuyo número sea menor al interior, el control detiene la ejecución del programa.

En el caso de realizar la programación a través de un paquete computacional, el programa se registrará a la configuración de trabajo del mismo, el cual puede ser en bloque o no.

Cada máquina de control numérico funciona con su propio controlador, dependiendo de la marca, por ejemplo, para máquinas CNC marca Siemens, existe el controlador Sinumerik, mismo que tiene variaciones como 840Di, 840D, 810D, entre otros. En el caso del centro de mecanizado tiene la misma característica que el mencionado.

2.3.6.1. Bloque de programación. Todos los programas deben tener un nombre o un número que los pueda identificar, en ciertos casos hay programas solo aceptan números. Los programas CNC están compuestos por bloques sucesivos y cada uno identifica una instrucción para el control.

Figur5. Estructura de un programa CNC



Fuente: Autores.

Se pueden programar en milímetros y en pulgadas el diseño y la simulación en ciertos paquetes CAD/CAM, determinando si la maquina CNC tenga las mismas características para un lenguaje de programación común, si no el programa lee el código de acuerdo a la configuración de fábrica.

- N4 G71 G2 X, Y, Z +/- 4.3 F100S400T2.2 M2 (métrica)
- N4 G70 G2 X, Y, Z +/- 3.4 F5.5 S4 T2.2 M2 (en pulgadas)

2.3.6.2. Bloque Condicionales. Los bloques condicionales son ejecutados ó no en función de la presencia de una señal externa al programa. Sirven por ejemplo para programar paradas para inspecciones del trabajo, cambios de herramienta, etc. Se determina la condicionalidad de un bloque agregando un punto luego del número del bloque. La señal externa normalmente es un switch en el control. Si este switch está

activado, la ejecución del programa se detendrá al encontrar un bloque condicional. Si no lo está, el programa seguirá ejecutándose normalmente.

2.3.6.3. *Instrucciones de movimiento o preparatorias (Funciones G).* Son funciones preparatorias que controlan el movimiento de la máquina herramienta y que indica la acción que se va a realizar seguidamente en la línea de programación.

Tabla 1. Funciones G

Código G	Función
0	Marcha rápida
1	Interpolación lineal
2	Interpolación circular en sentido horario
3	Interpolación circular en sentido anti-horario
4	Permanencia
8	Anular desaceleración modal desactivado
9	Anular desaceleración modal activado
10	Taladrado tangencial
12	Interpolación helicoidal CW
13	Interpolación helicoidal CCW
14	Alineación Horaria
15	Giro del cabezal superior
16	Desplazamiento rápido de la mesa
17	Selección del plano XY
18	Selección del plano XZ
19	Selección del plano YZ
22	Interpolación circular, entrada de redondeo CW
23	Interpolación circular, entrada de redondeo CCW
30	Imagen de espejo desactivado
31	Imagen de espejo en X activado
32	Imagen de espejo en Y activado
40	Compensación diámetro de la fresa desactivado
41	Compensación a izquierda de la fresa
42	Compensación a derecha de la fresa
44	Compensación de la fresa, velocidad de alimentación normal
45	Compensación de la fresa, velocidad de alimentación modificado
48	Redondeo en la esquinas en compensación de la fresa desactivado
49	Redondeo en la esquinas en compensación de la fresa activado
50	Transformación/giro
70	Entrada en pulgadas

Código G	Función
71	Entrada en milímetros
72	Transformación desactivado
73	Transformación/rotación, escala
74	Entrada de círculo multi-cuadrante desactivado
75	Entrada de círculo multi-cuadrante activado
77	Ciclo de la fresa en Zig-Zag
78	Ciclo de la fresa en pocket
79	Ciclo de la fresa en perforado
80	Ciclo de taladrado desactivado
81	Ciclo Z, taladrado (alimentar, salida rápida)
82	Ciclo Z, punto de cara (alimentar, salida rápida)
83	Ciclo Z, agujero profundo (salida rápida)
84	Ciclo Z, golpear (alimentar, alimentar a cabo)
85	Ciclo Z, agujero (alimentar, alimentar a cabo)
86	Ciclo Z, agujero (alimentar, parada-espera, alimentar a cabo)
87	Ciclo de ranurado
88	Entrada tangencial
89	Giro de automático de cabezal
90	Coordenadas Absolutas
91	Coordenadas Relativas

Fuente: Catalogo Bridgeport VMC 800-22

Estos bloques condicionales son ejecutados en función de la presencia de una señal externa al programa. Sirven para programar paradas, inspecciones del trabajo.

2.3.6.4. Funciones Auxiliares o complementarias. Las funciones auxiliares M producen distintas acciones en la máquina. Ejemplo: arrancar o detener el husillo, arrancar o detener el suministro de líquido refrigerante. Hay otras que están relacionadas con la ejecución del programa CNC: finalizarlo, resetear valores, que no pueden ser programadas junto con otras funciones porque las acciones son inmediatas encender el husillo y detenerlo al mismo tiempo, deben ir en bloques exclusivos.

Tabla 2. Funciones M.

CODIGO	FUNCIÓN
M00	Parada del programa
M01	Parada condicional del programa
M02	Final del programa

M03	Arranque del husillo en sentido horario
M04	Arranque del husillo en sentido anti-horario
M05	Para del husillo
M30	Fin del programa

Fuente: Catalogo Bridgeport VMC 800-22

2.3.6.5. *Funciones X, Y, Z.* Son los desplazamientos de la mesa y del husillo principal

Determinan la dirección que toma la máquina para en el sistema de coordenadas y estas pueden programarse en absolutas y relativas.

2.3.6.6. *Funciones S, F, T.* Estas funciones controlan los accionamientos de la maquina

La Función S controla la velocidad de giro del Husillo y esta generalmente en unidades de revoluciones por minuto (rpm).

El grupo F es el comando para regular el avance del husillo en mm/min y la mayor parte de proveedores de herramientas especifican el rango de velocidades para los distintos materiales de construcción de elementos.

La función T es el número de herramienta, de acuerdo a la maquina esta puede configurarse para un cambio de control manual y automático, el sistema de cambio es neumático con presiones constantes especificadas en los manuales (PROGRAMACION DE CONTROL NUMERICO, 2012).

2.4. Fresadoras CNC

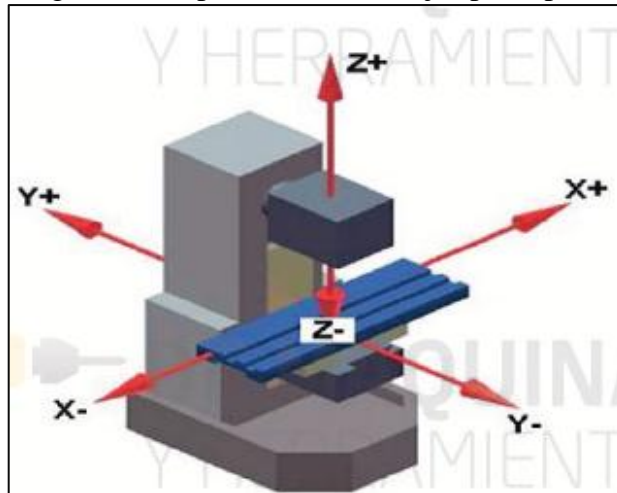
Las fresadoras modernas con Control Numérico son muy similares a las convencionales y poseen las mismas partes móviles, la bancada, el husillo, carros de desplazamiento longitudinal y transversal. En estas máquinas herramientas ya no se encuentra ni manivelas, ni palancas de accionamiento para el mecanismo, por el contrario tenemos un panel de control y un caja eléctrica donde se encuentran todos los dispositivos

e

electrónicos que controlan el funcionamiento de los distintos motores de desplazamiento.

2.4.1. *¿Cómo funciona una fresadora CNC?* En las máquinas convencionales podemos encontrar el desplazamiento lineal de la herramienta de corte a través de sus ejes principales:

Figura 6. Desplazamientos de ejes principales



Fuente: (DE MAQUINAS Y HERRAMIENTAS, 2013)

Eje X: horizontal y paralelo a la superficie de sujeción de la pieza. Se asocia con el movimiento en el plano horizontal longitudinal de la mesa de fresado.

Eje Y: forma un triedro de sentido directo con los ejes X y Z. Se asocia con el movimiento en el plano horizontal transversal de la mesa de fresado y si el movimiento es automático puede generar operaciones con juntas con los demás ejes.

Eje Z: donde va montada la fresa, es el que posee la potencia de corte y puede adoptar distintas posiciones según las posibilidades del cabezal. Se asocia con el desplazamiento vertical del cabezal de la máquina.

Una fresadora CNC controla su movimiento a través de datos numéricos que se generan por la utilización de paquetes CAD-CAM.

CAD realiza el diseño del elemento u pieza a construir y el CAM calcula los desplazamientos generando códigos G, M, S, T, F que por medio de un software basado

en un lenguaje de programación ejecuta los diferentes órdenes desplazamientos de la máquina y funciones como velocidad de avance, cambio de herramientas, velocidades del husillo.

Las fresadoras CNC están adaptadas especialmente para el fresado de perfiles, cavidades, contornos de superficies y operaciones de tallado de dados, en las que se deben controlar simultáneamente dos, tres o varios ejes.

2.4.2. Puntos de Referencia:

2.4.2.1. Cero máquina. El Cero de máquina también se llama el punto de origen de la máquina, se trata de un punto fijo de la máquina, es fijado por el fabricante como el origen del sistema de coordenadas de la máquina. Se controla la posición según este punto. Cuando se enciende la máquina, no se sabe dónde está el presente punto es por eso se configuración para nuestro de mecanizado un cero que se establece al inicio o fin del recorrido de la mesa.

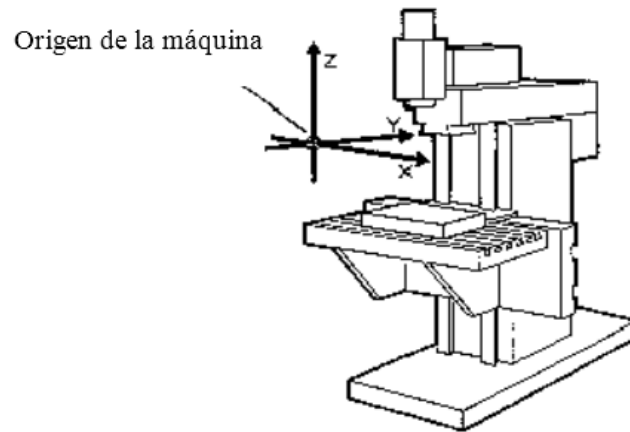
Después de desplazarse hasta el Punto de Referencia, se define la posición del Cero de máquina, tomando “coordenadas del punto de referencia de máquina” para cambiar el punto de referencia máquina del punto referencia control.

Si la posición del punto de referencia y los parámetros no se cambian, el cero de máquina permanece en su lugar. Si “el punto de referencia tiene el parámetro 0”, la máquina retorna el punto de referencia o a la configuración que se implanto durante la verificación de los parámetros iniciales de cada máquina.

Cuando utilizamos un punto de referencia, indicamos a la máquina mediante los decalajes que posición inicial debe tener la mesa para el mecanizado del soporte, especificando velocidades y avances, además de los parámetros de las herramientas como el material y la forma.

Cuando llamamos a home la bancada de nuestro centro de mecanizado CNC se establece en este punto de inicio para los decalaje que vamos a configurar para la fabricación.

Figura 7. Origen de la máquina.

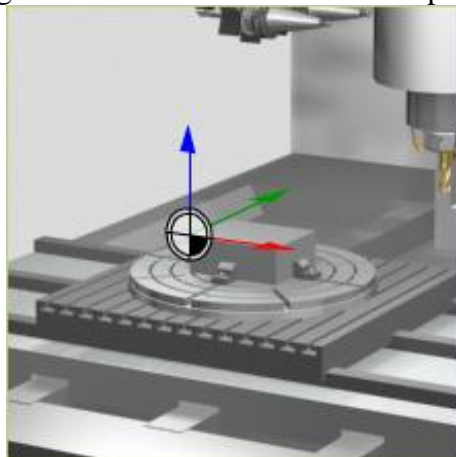


Fuente: <http://www.virtual.unal.edu.com>

2.4.2.2. Cero Pieza. El sistema de coordenadas de pieza sólo se utiliza en la programación, los técnicos optan por un punto conocido de pieza como el origen (o lo llaman Origen de Programa), construyendo el sistema de coordenadas de pieza cuyas ejes están paralelos a los de la máquina. El sistema de coordenadas de pieza se funcionará hasta que otro nuevo lo sustituya.

Aunque el control de posición de CNC depende del sistema de coordenadas de mecanizado, se realiza las operaciones y programación en el sistema de coordenadas de pieza. Es que utilizando este sistema, el programa no se cambia y depende de la posición colocada de la pieza.

Figura 8. Punto de referencia de la pieza.



Fuente: Autores

En una programación de mecanizado debe establecerse un encabezado para identificar nuestro primer decalaje de origen con G54.

2.4.2.3. Punto de Referencia. Es un punto de la máquina fijado por el fabricante sobre el que se realiza la sincronización del sistema. El control se posiciona sobre este punto, en lugar de desplazarse hasta el origen de la máquina, tomando entonces, las cotas de referencia que están definidas mediante el parámetro de máquina de los ejes. y programación en el sistema de coordenadas de pieza. Es que utilizando este sistema, el programa no se cambia y depende de la posición colocada de la pieza.

2.4.3. Tipos de Fresadoras CNC.

2.4.3.1. Por el número de ejes:

- *De 3 ejes.* Se trata de fresadoras con posibilidad de movimiento horizontal, vertical y oblicuo, este último, como resultado de la combinación de movimientos entre mesa, ménsula y husillo.
- *De 4 ejes.* Las fresadoras tipo cuatro ejes, cumplen todas las funciones descritas en el tipo anterior: movimiento relativo entre pieza y herramienta, en los tres ejes con un giro para la pieza de mecanizado.
- *De 5 ejes.* Además de cumplir con todas las posibilidades de las descritas anteriormente; las fresadoras de cinco ejes cuentan con dos particularidades. De una parte, permitir el control de giro de la pieza sobre dos de sus ejes.

Uno de ellos perpendicular al husillo y el otro, paralelo (como en el caso de las de cuatro ejes, que se consigue por medio de un plato giratorio o mecanismo divisor).

De otra, permitir el giro de la pieza sobre un eje horizontal y que la herramienta pueda inclinarse alrededor de un eje, perpendicular al anterior. Este tipo de máquinas multi-ejes permiten trabajos donde el diseño es mucho más complejo.

La utilización de las diferentes maquinas CNC deben ser acorde a la industria donde estén insertadas dependiendo al rango de tolerancias durante el diseño.

2.4.3.2. Por la orientación del eje de giro.

- Fresadora Horizontal.
- Fresadora Vertical
- Fresadora Especial.
 - Fresadora circular.
 - Fresadora copiadora
 - Fresadoras de puente Móvil.
- Fresadoras para madera.

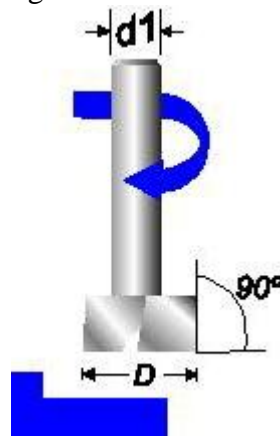
2.4.4. Operaciones básicas de fresado CNC.

2.4.4.1. El Planeado. Se realiza con fresas cilíndricas o frontales, el objetivo es conseguir superficies planas. Para el planeado se utilizan generalmente fresas de planear de plaquitas intercambiables de metal duro, existiendo una gama muy variada de diámetros de estas fresas y del número de plaquitas que monta cada fresa.

Los trabajos dependerán del material donde se ejecute la operación, sea este de desbaste o acabado, y también de la herramienta que se emplea como HSS, carburo de titanio, carburo de cilio y otras materiales con aleaciones.

Es una operación básica dentro de un proceso de fabricación de elementos o mecanismos que en algunos casos sirven como puntos de referencia para generar las distintas operaciones que requiere para la construcción de la pieza.

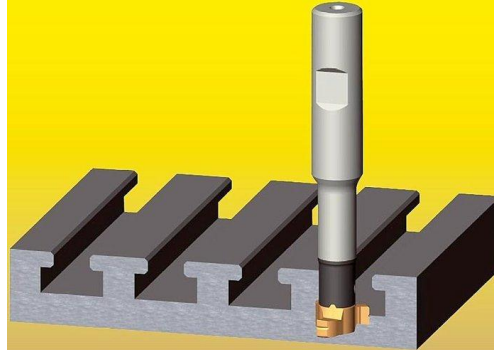
Figura 9. Fresa frontal.



Fuente: (PYROSISPROYECT, 2011)

2.4.4.2. Ranurado. Normalmente se las realiza con herramientas de 3 cortes y en operaciones específicas acorde al diseño programado.

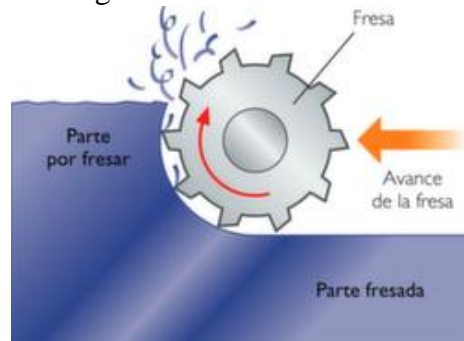
Figura 10. Ranurado



Fuente: (PYROSISPROYECT, 2011)

2.4.4.3. Corte. Se realiza con fresas sierra en forma de disco.

Figura 11. Proceso de Corte



Fuente: (PYROSISPROYECT, 2011)

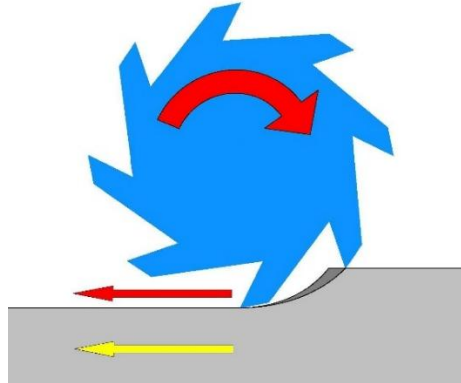
2.4.4.4. Perfilado. Se emplean fresas de línea periférica adecuada al perfil que se desea obtener a lo largo de la sección transversal de las piezas que se producen.

2.4.5. Parámetros de Corte.

2.4.5.1. Fresado en concordancia. En el fresado en concordancia, la herramienta gira en el mismo sentido en el que avanza la pieza. Este tipo de fresado es también conocido como fresado hacia abajo debido a que, cuando el eje de giro de la fresa es horizontal, la componente vertical de la fuerza de corte está dirigida hacia la abajo.

Aquí la herramienta sufre menos desgaste y la operación que se realice a través de este método puede aumentar la velocidad de corte y los avances de la herramienta.

Figura 12. Fresado en concordancia.

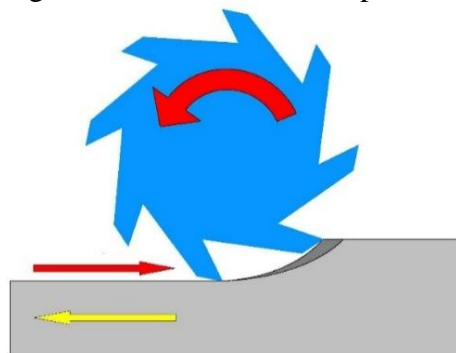


Fuente: (WIKIPEDIA, 2015).

2.4.5.2. Fresado en oposición. En el fresado en oposición, también conocido como fresado hacia arriba, ocurre lo contrario, es decir, la herramienta gira en sentido contrario al avance de la pieza y la componente vertical de la fuerza de corte se dirige hacia arriba.

Los choques que se producen entre los elementos pueden generar alteraciones de fabricación y es por eso se identifica que tipo de fresado vamos a escoger acorde al proceso de fabricación a realizar.

Figura 13. Mecanizado en oposición.



Fuente: (WIKIPEDIA, 2015)

2.4.5.3. Velocidad de corte. Se define como velocidad de corte a la velocidad lineal de la periferia de la fresa u otra herramienta que se utilice en el fresado.

La velocidad de corte, que se expresa en metros por minuto (m/min), tiene que ser elegida antes de iniciar el mecanizado y su valor adecuado depende de muchos factores, especialmente de la calidad y tipo de fresa que se utilice, de la dureza y de la velocidad de avance empleada.

Las limitaciones principales de la máquina son su gama de velocidades, la potencia de los motores y de la rigidez de la fijación de la pieza y de la herramienta.

$$V_c \left[\frac{m}{min} \right] = \frac{n [min^{-1}] \times \pi \times D_c [mm]}{1000 \left[\frac{mm}{m} \right]} \quad (1)$$

2.4.5.4. Velocidad del Husillo. La velocidad de rotación del husillo portaherramientas se expresa habitualmente en revoluciones por minuto (rpm).

En las fresadoras convencionales hay una gama limitada de velocidades, que dependen de la velocidad de giro del motor principal y del número de velocidades de la caja de cambio de la máquina.

En las fresadoras de control numérico, esta velocidad es controlada con un sistema de realimentación en el que puede seleccionarse una velocidad cualquiera dentro de un rango de velocidades, hasta una velocidad máxima.

$$n [min^{-1}] = \frac{V_c \left[\frac{m}{min} \right] \times 1000 \left[\frac{mm}{m} \right]}{\pi \times [mm]} \quad (2)$$

2.4.5.5. Velocidad de Avance. El avance o velocidad de avance en el fresado es la velocidad relativa entre la pieza y la herramienta, es decir, la velocidad con la que progresa el corte. El avance y el radio de la punta de la herramienta de corte son los dos factores más importantes de los cuales depende la rugosidad de la superficie obtenida en el fresado.

$$fn \left[\frac{mm}{rev} \right] = f_z \left[\frac{mm}{diente} \right] \times z \left[\frac{diente}{rev} \right] \quad (3)$$

2.4.5.6. Profundidad de Pasada. La profundidad de corte o profundidad de pasada (p) es la profundidad de la capa arrancada de la superficie de la pieza en una pasada de la herramienta. Habitualmente se expresa en milímetros (mm).

La anchura de corte (s), expresado en mm, es la anchura de la parte de la pieza implicada en el corte. Estos parámetros hay que tenerlos en cuenta por la influencia que

e

tiene en el cálculo de la sección de viruta y consecuentemente en la fuerza de corte necesaria para poder realizar el mecanizado.

$$la = p \times \cos(kr) \quad (4)$$

2.4.5.7. Espesor y Sección. La relación que existe entre el avance por diente de la fresa (fz) y la profundidad de pasada (p) constituye la sección de la viruta. La sección de viruta guarda también relación con el tipo de fresado que se realice, la sección de viruta es igual a:

$$S[mm^2] = p[mm] \times fz[mm] \quad (5)$$

2.4.5.8. Volumen de viruta arrancada. En el fresado tangencial, el volumen de viruta arrancado por minuto se expresa en centímetros cúbicos por minuto y se obtiene de la siguiente fórmula:

$$Q \left[\frac{cm^3}{min} \right] = \frac{Ac[mm] \times p[mm] \times f \left[\frac{mm}{min} \right]}{1000 \frac{mm^3}{cm^3}} \quad (6)$$

2.4.5.9. Tiempo de mecanizado. Para poder calcular el tiempo de mecanizado en una fresadora hay que tener en cuenta la longitud de aproximación y salida de la fresa de la pieza que se mecaniza. Esta longitud depende del tipo de fresado.

$$Tm[min] = \frac{Lon \ de \ aproxón[mm] + Lon \ pi[mm]}{f \left[\frac{mm}{min} \right]} \quad (7)$$

Todos los parámetros se crean de acuerdo a las herramientas que fueron seleccionadas a través de tres criterios muy fundamentales: la forma del soporte, las dimensiones y el tipo de material en que se va a mecanizar.

Las especificaciones deben ser claras porque estos valores se introducen en los parámetros de mecanizado del simulador del software NX que generan las operaciones de trayectoria con las diferentes compensaciones de las fresas tanto en su longitud, número de filos y el diámetro que es el valor más importante para evitar choques.

2.5. CAD/CAM

2.5.1. Introducción. En la actualidad los sistemas de diseño asistido por computadora/fabricación asistido por computadora (CAD/CAM por sus siglas en inglés) son disciplinas que estudian a los sistemas informáticos como herramientas de soporte en todos los procesos involucrados en el diseño y fabricación de cualquier tipo de producto, estos sistemas nos permiten conocer de manera anticipada como el comportamiento, las limitantes y la apariencia real que tendrán nuestros diseños al aplicar en el mundo real.

Los sistemas CAD/CAM además brindan ayuda al momento de diseñar cualquier producto que tenga en mente, precisamente por medio de la simulación por computadora podemos optar el tipo de material adecuado, el tipo de pieza y el tamaño apto para un mejor desempeño.

Estos sistemas han sido usados con éxito en fabricación de moldes de fundición, diseño de dados para operaciones de trabajo de metales, diseño de herramientas, así también para el diseño de componentes para sistemas robóticos que precisan medición y calidad por ser elementos utilizados para la fabricación de maquinaria.

La integración de los sistemas puede variar de acuerdo a las herramientas que facilitan el diseño y la simulación para el mecanizado, trayectorias y líneas de programación que pueden ser de bloque a bloque a automático

Figura 14. Diseño CAD



2.5.2. Definición CAD. Básicamente existen dos significados que se le pueden dar a las abreviaturas CAD como Diseño Asistido por computadora o Dibujo asistido por computadora.

CAD cuya sigla en inglés significa Computer Aided Desing básicamente es el conjunto de aplicaciones informáticas que permite al ingeniero u otros profesionales de diseño “definir” un producto a fabricar, este conjunto de aplicaciones informáticas permiten al profesionista versatilidad del desarrollo y pruebas del producto.

El significado del diseño asistido por computadora ha alterado en diversas ocasiones durante su corta historia. Inicialmente CAD era un sinónimo de análisis de elemento finito.

Después, el énfasis en el CAD cambio al dibujo asistido por computadora y, en estas épocas, el termino CAD se asocia con el diseño y modelado de los objetos tridimensionales.

En sí, el diseño asistido por computadora implica lógicamente el uso de computadoras para la creación de dibujos y modelos todas las características del producto permitiendo al diseñador la manipulación del mismo y adaptarlo para futuras reingenierías.

Los sistemas CAD admiten la simulación de un producto por medio de la verificación del mecanismo y de esa manera verifica si funciona tal y como está previsto.

Las formas de representación de un diseño asistido por computadora son básicamente de dos maneras: en dos dimensiones (2D) y tres dimensiones (3D).Las formas de representación de un CAD 2D son básicamente para planos donde la información se representan de manera bidimensional, por lo que la información con lo que el computador también es bidimensional.

En cambio el modelado geométrico en (3D) da la información analítica de la volumetría del objeto o producto, incluyendo relaciones geometrías, algebraicas y restricciones que el usuario puede definir. Estas representaciones volumétricas pueden partir de modelos

por medio de alambres generados de superficies cerrados o extrusiones de sólidos. Los modelos pueden ser creados automática o manualmente.

La mayoría de los paquetes de diseño mecánico integra con herramientas de cálculo rápido de las partes dibujadas para la obtención de centros de gravedad, momentos de inercia, masa y propiedades físicas muy útiles en los procesos de cálculo y diseño ingenieril.

La recomendación es que antes de hacer uso de cualquier paquete de CAD se parte de un boceto a mano que ayude a centrar la idea general del concepto que se desea del producto, tomar y calcular el mayor número de medidas posible.

En resumen el término CAD es útil para definir como el uso de sistemas informáticos (hardware y software) en la creación, modificación, acotación, análisis, optimización y representación foto realista de un producto.

2.5.3. Definición del CAM. Las siglas CAM se pueden definir como el uso de sistemas informáticos para la planeación, gestión y control de las operaciones de una planta de fabricación mediante una interfaz entre el sistema informático y los recursos de producción

Cuando los sistemas CAD se conectan a equipos de fabricación también controlados por control numérico, conforman un sistema integrado CAD/CAM (CAM, siglas en inglés, Computer Aided Manufacturing).

La manufactura asistida por computadora ofrece significativas ventajas con respecto a los métodos tradicionales de control para los equipos de fabricación. Por lo general los equipos CAM con llevan la eliminación de los posibles errores del operario y la reducción de los costos de mano de obra que en comparación con las maquinas convencionales pueden mejorar la calidad del producto.

Los equipos de CAM se basan en una serie de códigos numéricos para controlar las tareas de fabricación. El control numérico de las herramientas para la fabricación de un producto se logra al descubrir las operaciones que debe realizar dicha máquina. El plan es entonces ejecutado en un ambiente de producción, como control numérico directo

(DNC), administración de herramientas, maquinado CNC, o ejecución de CCM, para la preparación de modelos, programación NC, programación de la inspección de la máquina.

2.5.4. *Historia y evolución de CAD/CAM.*

Tabla 3. Evolución CAD/CAM

AÑO	EVENTOS PRINCIPALES
1955	El primer sistema gráfico SAGE, utilizaba tecnología de radares.
1962	E. Sutherland desarrolla utilización del teclado y lápiz óptico.
1963	El sistema Sketchpad fue el primer programa de dibujo por computadora
1965	Comercialización del primer CAD Basado en ITEK Control Data Corp.
1969	COMPUTERVISION desarrolla el primer plotter (trazador).
1975	TEXTRONIX desarrolla la primera pantalla de 19".
1977	Se crea DELTA TECHNICAL SERVICES en la Cambridge University
1978	COMPUTERVISION desarrolla la primer terminal gráfico que utiliza la tecnología raster.
1979	Boeing, General Electric y NIST, desarrollan un formato neutral de intercambio de datos IGES (Inicial Graphics Exchange Standard)
1980	Se crea la empresa española INVESTRÓNICA, con desarrollos CAD y CAM para la industria textil-confección.
1981	Se crea DASSAULT SYSTEM. La pionera en 3D y tecnología de gráficos.
1982	John Walker funda AUTODESK y se crea el Primer AUTOCAD
1983	Inicio del sistema universal de transferencia de datos STEP
1985	MicroStation, desarrollo CAD para PC.
1992	El primer AutoCAD sobre plataforma SUN en una empresa informática.
1995	El primer AutoCAD (versión 12), sobre Windows.
1999	La empresa Autodesk tiene 1.000.000 usuarios de AutoCAD LT y 100.000 3D Studio
2000	Autodesk inicia la venta por Internet de AutoCAD 2000.
2002	Primer lanzamiento de la nueva versión de "Next Generation" de Unigraphics y I-DEAS, llamado NX.
2007	Introducción de Synchronous Technology en NX5
2011	Lanzamiento de NX8 de siemens

2013	Lanzamiento de NX9 de siemens
2014	Lanzamiento de NX10 de siemens
2015	Solid Works crea una extensión denominada Solid CAM.

Fuente: (Higuera, y otros, 2007)

2.5.5. Integración de los sistemas CAD/CAM. El Ingeniero Industrial debe tener muy clara la idea de que el diseño y al manufactura son dos cuestiones totalmente inherentes, ya que el principal objetivo de cualquier diseño es llevar a cabo su construcción física.

Las características de los sistemas CAD/CAM son aprovechadas por los diseñadores ingenieros y fabricantes para adaptarlas a la necesidad específicas de sus situaciones. Por ejemplo, un diseñador puede utilizar el sistema para crear un primer prototipo en un breve periodo de tiempo y analizar la viabilidad de un producto, mientras que un fabricante quizá pueda emplear el sistema porque es el único modo de poder fabricar con precisión elementos complejos, o para minimizar pérdidas de material.

Gracias a la realidad virtual, estos sistemas permiten a los diseñadores interactuar con prototipos y maquetas virtuales, en lugar de tener que construir costosos modelos o simuladores para comprobar su viabilidad.

La Ingeniería Asistida por ordenador (Computer Aided Engineering o CAE) es la tecnología que se ocupa del uso de sistemas informáticos para analizar la geometría generada por las aplicaciones del CAD, permitiendo al diseñador simular y estudiar el comportamiento del producto para refinar y optimizar dicho diseño. Existen herramientas para un amplio rango de análisis.

Los programas de cinemática, por ejemplo, pueden usarse para determinar trayectorias del movimiento y velocidad de ensamblado de mecanismos.

Los programas de análisis dinámico de (grandes) desplazamientos se usan para determinar cargas y desplazamientos en productos complejos como los automóviles. Las aplicaciones de temporización lógica y verificación simulan el comportamiento de circuitos electrónicos complejos.

El método más usado FEM (de Finite Element Method). Se utiliza para determinar, tensiones, deformaciones, transmisión de calor, distribución de campos magnéticos, flujo de fluidos y cualquier otro problema de campos continuos que serían prácticamente imposibles de resolver utilizando otros métodos. Es el requisito básico que las ecuaciones constitutivas y ecuaciones de evolución temporal del problema.

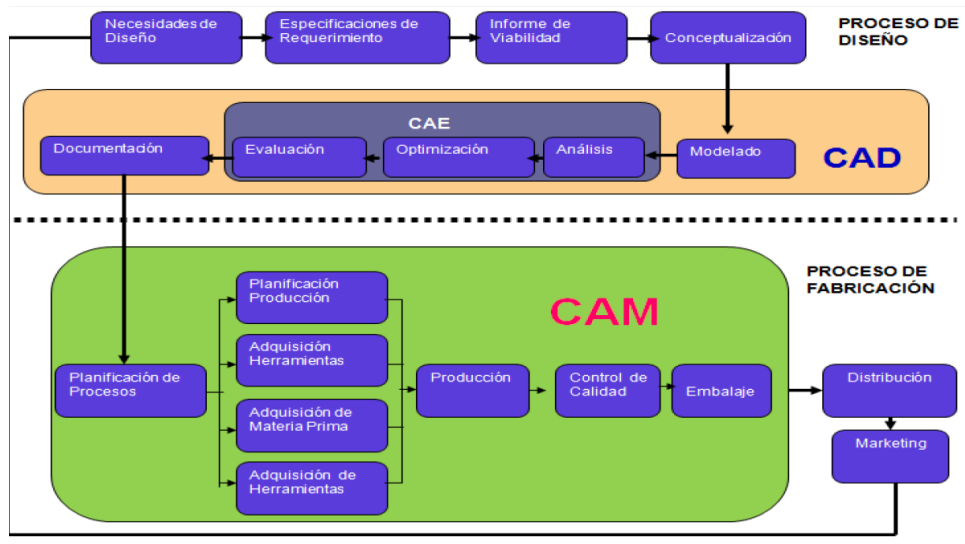
Dicho de otro modo, CAD CAM Y CAE son tecnologías que tratan de automatizar ciertas tareas del ciclo del producto y hacerlas más eficientes. Dado que se han desarrollado de forma separada, aun no se han conseguido todos los beneficios potenciales de integrar las actividades de diseño y fabricación del ciclo del producto.

Para solucionar este problema ha parecido una nueva tecnología: la fabricación integrada por ordenador o CIM (de Computer Integrated Manufacturing). Esta tecnología tiene el objetivo de aunar las islas de automatización conjuntándolas para que cooperen en un sistema único y eficiente.

El CIM trata de usar una única base de datos que integre toda la información de la empresa y a partir de la cual se pueda realizar una gestión integral de todas las actividades de la misma, repercutiendo sobre todas las actividades de administración y gestión que se realicen en la empresa, además de la tarea de ingeniería propias del CAD y el CAM. Se dice que el CIM es más una filosofía de esta asignatura (Higuera, y otros, 2007).

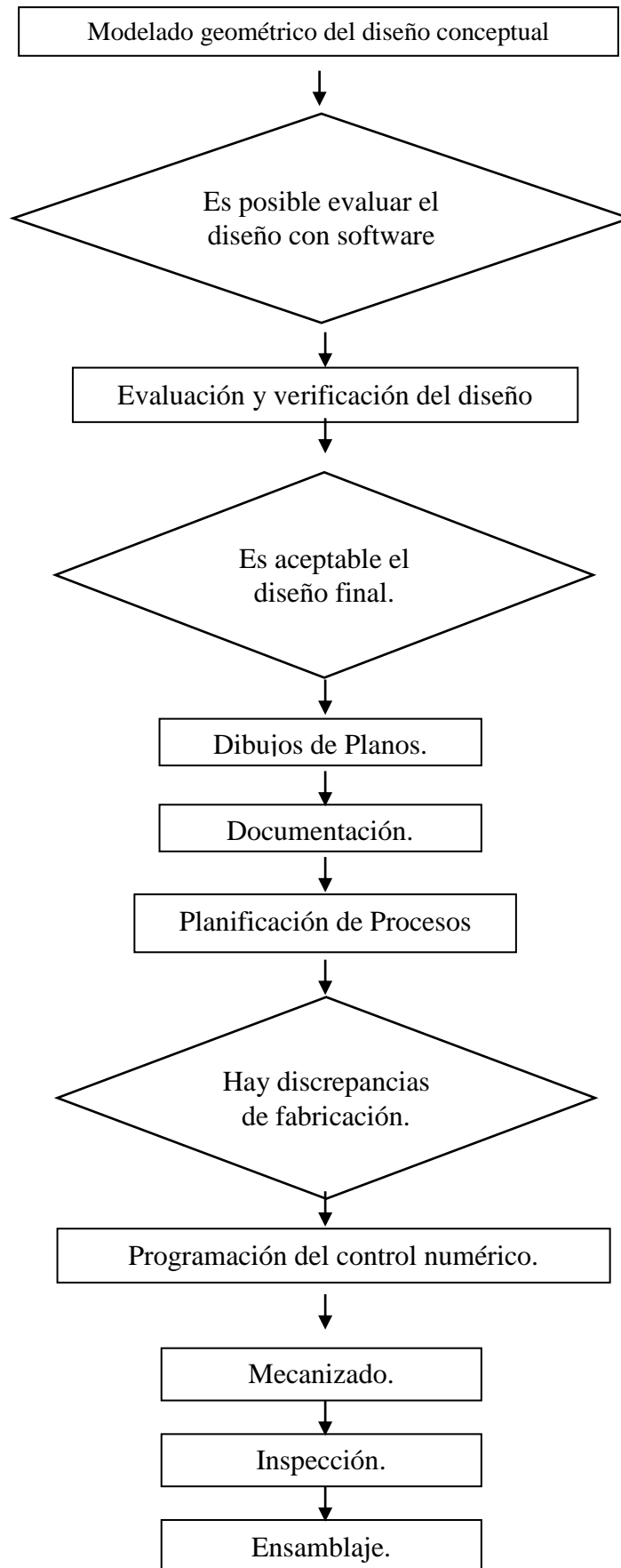
Por lo general el desarrollo de productos siempre es un trabajo en conjunto del diseñador industrial con los ingenieros de manufactura. Este proceso de integración proceso diseño/proceso de fabricación, regularmente también es un proceso de retroalimentación con el fin de mejorar no solo los productos, sino sus procesos de producción. Además la utilización de técnicas y equipos sirvió para gobernar un proceso industrial en forma óptima y de manera automática.

Figura 15. Integración CAD/CAM/CAE



Fuente: Autores

Figura 16. Etapas del CAD/CAM



Fuente: Autores

2.5.6. *Difusión global del CAD/CAM.* Una gran ventaja de los sistemas CAD/CAM es combinar el diseño y la fabricación que permite la transferencia de información desde la fase de diseño hasta la fase de fabricación del elemento, sin la necesidad de obtener en todo momento los datos geométricos del producto.

El uso de estas herramientas permite reducir costes, acortar tiempos y aumentar la calidad de los productos fabricados. Estos son los tres factores críticos que determinan el éxito comercial de un producto en la situación social actual en la que la competencia es cada vez mayor y el mercado demanda productos de mayor calidad y menor tiempo de vida.

Ante este panorama, las herramientas CAD/CAM han tenido un auge espectacular, extendiéndose su uso a la práctica totalidad de las áreas industriales en todo el mundo.

2.5.6.1. *Áreas de aplicación para el CAD/CAM.* Las herramientas CAD/CAM han tenido un auge espectacular, extendiéndose su uso prácticamente en todas las áreas industriales.

- Ingeniería Mecánica.
- Ingeniería Automotriz.
- Ingeniería Industrial.
- Artística
- Medicina
- Ingeniería Eléctrica y electrónica
- Ingeniería Aeroespacial.
- Diseño artístico.
- Ingeniería Naval
- Arquitectura.

El diseño y la fabricación asistidos por ordenador han alcanzado actualmente un gran nivel de desarrollo e implantación y se han convertido en una necesidad esencial para la que las empresas alcancen puestos mal altos dentro de un mercado cada vez más competitivo que día a día presenta nuevos avances y necesidades para mejorar un

producto, mejorar un proceso o una línea de producción que abarca grandes lotes en una población mundial.

2.5.7. Ventajas del Uso de CAD/CAM. Cuando los sistemas CAD/CAM es integrada correctamente ofrece significativas ventajas con relación a los métodos tradicionales de control para los equipos de fabricación y producción. Por lo general, los equipos de CAM conllevan la eliminación de los posibles errores del operario, reduciendo costos en mano de obra. Y paquetería de CAD permite la facilidad de realizar innumerables simulaciones y diseños sin costos extra. Las ventajas de ambos sistemas se pueden mencionar como sigue:

- Producción de dibujos de forma más rápida.
- Mayor precisión y calidad en los dibujos.
- Mayor limpieza en los planos de fabricación
- Facilidad en la corrección de diseños
- Análisis y cálculos de diseños más rápido
- Especificaciones del cliente
- Optimización de diseños
- Menores requisitos de desarrollo
- Mayor rango de diseño.
- Animaciones y simulaciones que permiten visualizar mejor los resultados.
- Integración de diseño con otras disciplinas.
- La facilidad de realizar visualizaciones del producto.
- La transferencia de base de datos de forma directa del sistema CAD al CAM.
- Acotamiento en tiempo y desarrollo, planificación y fabricación de los productos.
- Reducción de tiempos muertos.
- Reducción de costos en proceso de producción.
- Fabricación de prototipos rápidos.
- Generación y simulación de códigos de control numérico.
- Traducción de formatos neutros.

Siempre un nuevo sistema tiende a mejorar un proceso o método de fabricación y hoy en día muchas máquinas implementan herramientas como las tecnologías CNC que

9

cubren cada necesidad humana por más simple que esta parezca, sabemos que el desarrollo para este tipo de industria jamás para y cada día observamos una ventaja más que se añade a la lista.

2.5.8. *Diferentes software CAD/CAM.*

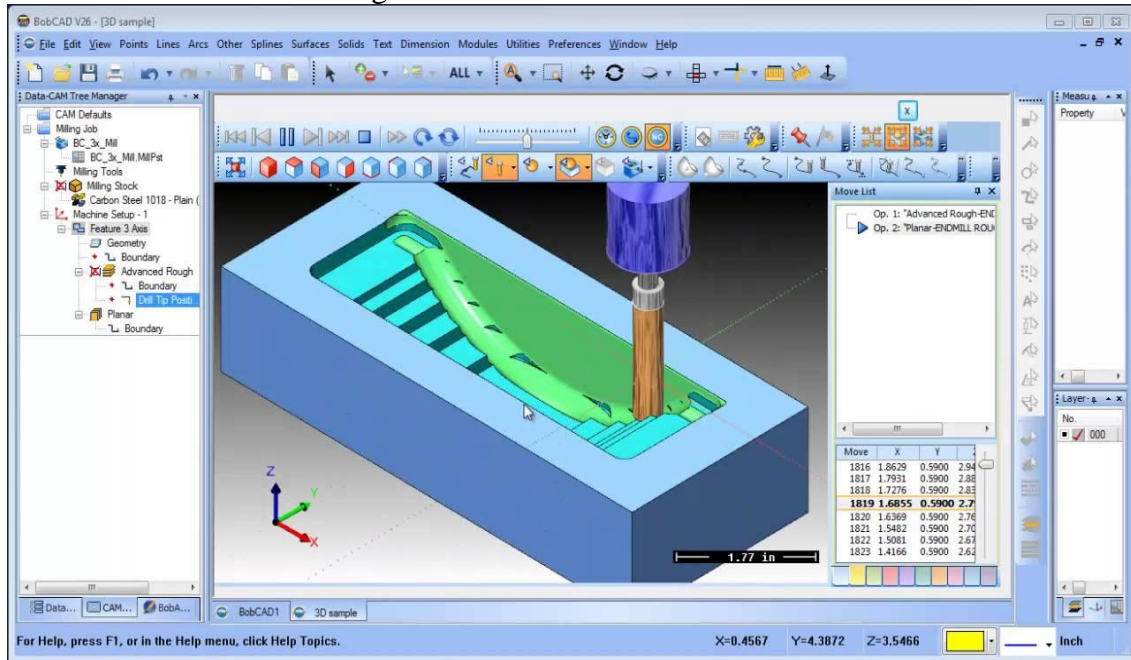
2.5.8.1. *BOBCAD-CAM.* Este software es conocido por ser: práctico, versátil y fácil de usar. El costo es solo un beneficio agregado o quizá el más económico del mercado.

Los programas de BobCAD-CAM han sido diseñados pensando en los maquinistas y sus manufacturas, ofreciendo un CAD muy eficaz y una función de CAM muy eficiente, las dos perfiladas para hacer el diseño y el corte de las piezas fácil y rápido.

La nueva versión BobCAM para Solidwork Gold Partner CAM ofrece una amplia gama de soluciones para diseño y mecanizado y se integra directamente dentro del entorno de SolidWork, pues es una gran ayuda para los diseñadores e ingenieros de mejorar los diseños y entregar los productos a sus clientes, ya que añadir módulos son una pieza fundamental para la eficiencia global en la industria manufacturera a la vez agiliza y permite al usuario maximizar la productividad.

Una de las grandes ventajas es que es el software más accesible económicamente y en cuanto a su funcionalidad tiende a contener grandes herramientas de simulación del mecanizado en fresadoras y en tornos que permiten al usuario manejarlo de manera fácil y rápida para la creación de un diseño particular.

Figura 17. Diseño BOBCAD-CAM



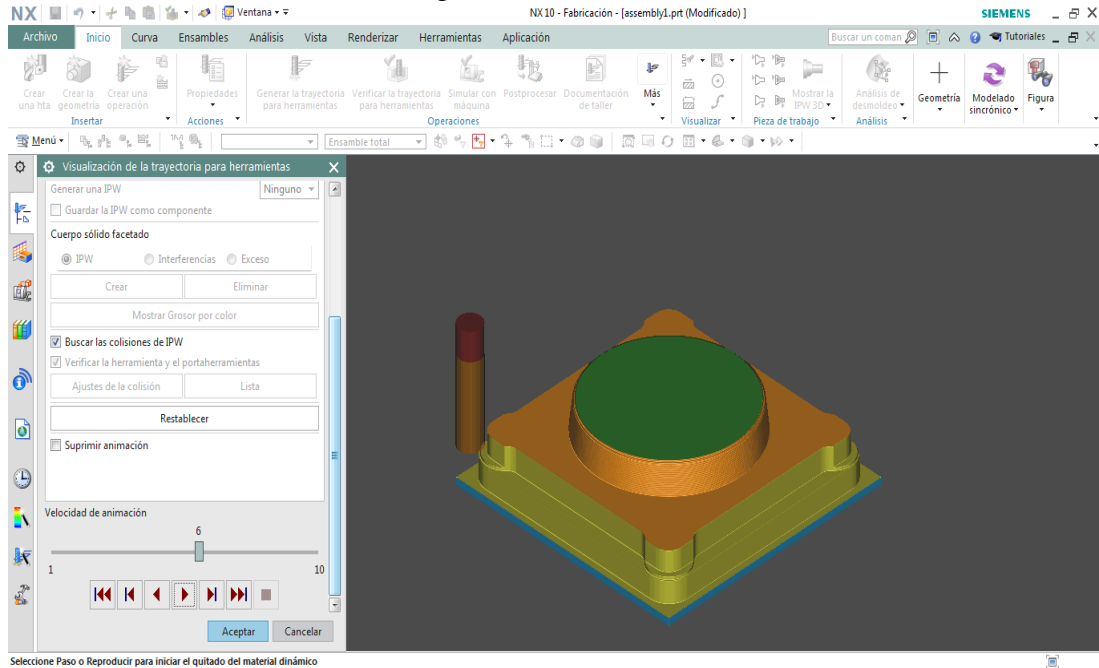
Fuente: Autores.

2.5.8.2. Modelador NX. Software NX cuenta con el respaldo del liderazgo de Siemens PLM Software en el suministro de redes globales de innovación, que permiten que su empresa pueda tomar decisiones unificadas basadas en la información en todas las fases del ciclo de vida del producto.

Es un programa que con funciones integradas como CAD/CAM/CAE con decisiones más inteligentes, mejores productos. NX ofrece capacidades clave para el desarrollo de productos rápido, eficiente y flexible:

- Soluciones avanzadas para el diseño conceptual, modelado 3D y documentación.
- Simulación para aplicaciones estructurales, de movimiento, de flujo y aplicaciones multifísicas.
- Solución integrada que te ayuda a desarrollar nuevos productos innovadores.
- Soluciones para modelar geometría compleja y grandes ensamblajes, mejorando el rendimiento y la capacidad.
- Una alta gama de postprocesadores para la interfaz con la máquina.

Figura 18. Diseño NX



Fuente: Autores.

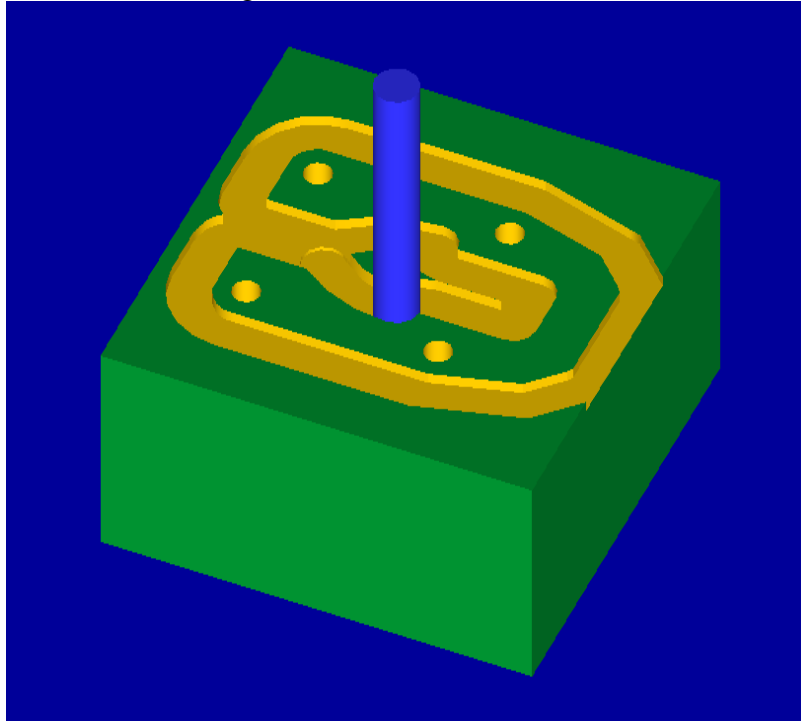
2.5.8.3. Mastercam. Es el programa CAD/CAM más popular para manufactura en máquinas de control numérico y centros de maquinado CNC. El programa abarca la programación de fresadoras, centros de maquinado, tornos, el módulo blade expert para alabes, electro erosionadoras de corte por alambre, cortadoras por láser, oxicorte, routers, y más.

Mastercam ofrece una gama de módulos para aplicaciones especiales, también incluye módulos de modelado 3D con producción de dibujos 2D para la preparación de la geometría 3D antes del CAM. En operaciones CNC de piezas cilíndricas y de torno se tiene desde desbaste y acabado, hasta ranurado y roscado, para operaciones de madera con router es Mastercam router.

Mastercam te permite leer un diseño CAD 3D y manufacturarlo con operaciones para maquinas herramientas, entre ellas, torneado, fresado, taladros, corte por alambre, electro erosión, etc. Para operaciones de diseño, el modulo es Mastercam Design Tools.

Mastercam también ofrece una solución de maquinado para Solid Works llamada mastercam para Solid Works que incluye mecanizado de alta velocidad (HSM) y diferentes aceros de altas durezas.

Figura 19. Diseño Mastercam.



Fuente: Autores.

CAPÍTULO III

3. ANÁLISIS Y SELECCIÓN DEL SOFTWARE

3.1. Aplicación de un Software CAD/CAM

3.1.1. Análisis y selección de software CAD/CAM. Cuando se habla de software empleados en la actualidad en las industrias para los procesos de modelado, manufactura y simulación, se puede referir a un sistema, bien sea híbrido CAD/CAM o simplemente CAM, para la programación de mecanizados para máquinas CNC de 2, 3 y hasta 5 ejes dependiendo del diseño del elemento.

A la hora de valorar sobre el cual es el software adecuado, es conveniente estimar la versatilidad del producto, productividad, relación calidad-precio, etc. En cuanto a versatilidad abarcaría la capacidad del software para manejar tanto superficies generadas con programas de diseño como de mallas procedentes de digitalizadores 3D o programas nurbs.

Referente a la productividad se considera el tiempo necesario invertido en la programación y la potencia del software para calcular una extensa variedad de mecanizados. Todo ello hay que sopesarlo en relación al precio del producto. Y con esto optar por un software como el mejor del mercado a su vez atendiendo.

Dado que en todas las soluciones de ingeniería intervienen múltiples aspectos que hay que considerar de forma global, después de cada despliegue de alternativas, corresponde hacer una evaluación de las mismas que sirva de base para la posterior toma de decisiones.

Estas evaluaciones en general no se centran sobre un determinado elemento, sino que se deben ponderar distintos aspectos del sistema en base a criterios que a menudo implican juicios de valor.

Una apropiada selección de software garantizará la protección, integridad, confidencialidad, accesibilidad y audibilidad de la información, manteniendo bajo control todas las operaciones de la empresa en los distintos procesos de negocio.

Para tomar una decisión siempre deben estar presentes los dos elementos siguientes:

- *Alternativas.* Como mínimo debe de disponerse de dos alternativas (lo más adecuado es entre 3 y 6) cuyas características deben ser diferentes.
- *Criterios.* Hay que establecer los criterios en base a los cuales las alternativas deberán ser evaluadas, así como también la ponderación relativa entre ellas.

3.1.2. Método ordinal corregido de criterios ponderados. La mayor parte de las veces, para decidir entre las soluciones posibles es conocer el orden de preferencia de su evaluación global.

Para esto es recomendable el método ordinal corregido de criterios ponderados que, sin necesidad de evaluar los parámetros de cada propiedad y evitando estimar numéricamente el peso de cada criterio permite lograr resultados globales suficientemente significativos.

Se basa en unas tablas donde cada criterio se confronta con los restantes criterios y se asignan los valores siguientes:

Tabla 4. Valoración de criterios.

VALOR	CRITERIO
1	Si el criterio de las filas es superior que el de las columnas
0,5	Si el criterio de las filas es equivalente al de las columnas
0	Si el criterio de las filas es inferior que el de las columnas

Fuente: Autores.

Luego, para cada criterio, se suman los valores asignados en relación a los restantes criterios al que se le añade una unidad; después, en otra columna se calcula los valores ponderados para cada criterio.

Finalmente, la evaluación total para cada solución resulta de la suma de productos de los pesos específicos de cada solución por el peso específico del respectivo criterio y de

acuerdo al resultado se optara por la mejor decisión. Tomar una buena decisión bajo estos parámetros puede garantizar que el software ayude con la fabricación del soporte.

3.1.3. *Alternativas de Software de Diseño CAD/CAM.* Para el análisis y selección del mejor software CAD/CAM se considera los siguientes paquetes computacionales que incluyen postprocesadores FANUC, FADAL, que permiten el control del panel. La diversidad de programas CAM nos da una amplia gama para seleccionar el determinado software, pero debido a la base legal y la facilidad de adquisición se tomó las siguientes alternativas.

Tabla 5. Software CAD/CAM.

SOTFWARE	ALTERNATIVAS
BOBCAD-CAD	A
NX	B
MASTERCAM	C
SOLIDWORKS	D

Fuente: Autores

3.1.4. *Criterios de Valorización.* Para buscar un buen software de diseño y programación CNC es importante tomar en consideración cuatro puntos importantes:

a) *Funcionalidad del Software.* Esto se refiere a las características técnicas del programa y la capacidad del mismo a la hora de ahorrar tiempo en el proceso de la programación del mecanizado. En el momento de tomar una decisión de adquisición de software, este punto es el más importante ya que la inversión de una maquina no está completa, si se trabaja con un software obsoleto, o con estrategias limitadas de programación.

- *Aprendizaje.* Describe el grado de éxito obtenido durante el aprendizaje en el transcurso del tiempo.
- *Herramientas.* La capacidad del paquete para ofrecer al usuario diferentes herramientas al momento de desarrollar el diseño de un elemento.

- *Post procesadores.* El post-procesador convierte las instrucciones del programa en un lenguaje que pueda interpretar y ejecutar la máquina CNC.
- *Costo.* Los precios son muy amplio en el mercado CAD-CAM.

3.1.4.1. *Evaluación de peso específico de criterio postprocesador.* Se considera las diferentes aplicaciones, alcances enfoques de cada alternativa, a la vez se realiza la ponderación de estos criterios, y los valores definen el impacto para una en la selección de las alternativas.

Tabla 6. Evaluación criterio postprocesador.

POST PROCESADORES > FUNCIONALIDAD = CURVA DE APRENDIZAJE > COSTO > MODELO GEOMÉTRICO							
CRITERIO	FUNCIONALIDAD	APRENDIZAJE	HERRAMIENTAS	POST PROCESADORES	COSTO	$\sum + 1$	PONDERACIÓN
FUNCIONALIDAD		0,5	1	0	1	3,5	0,25
APRENDIZAJE	0,5		1	0	1	3,5	0,25
HERRAMIENTAS	0	0		0	0	1	0,07
POST PROCESADORES	1	1	1		1	4	0,29
COSTO	0	0	1	0		2	0,14
SUMA						14	1

Fuente: Autores

La tabla, muestra que el criterio Post Procesadores tiene un gran impacto en la selección de alternativas así como funcionalidad y curva de aprendizaje mientras que el modelo geométrico y el costo se podrían considerar como menos relevantes.

3.1.4.2. *Evaluación de peso específico de criterio de funcionalidad.*

B > D = C > A

Funcionalidad	A	B	C	D	$\sum + 1$	PONDERACIÓN
A		0	0	1	2,5	0,19
B	1		1	1	4	0,29
C	1	1		0,5	3,5	0,26
D	1	1	0,5		3,5	0,26
SUMA					13,5	1

Tabla 7. Evaluación criterio Funcionalidad

Fuente: Autores

3.1.4.3. Evaluación de peso específico de criterio de aprendizaje.

Tabla 8. Evaluación criterio aprendizaje.

B > A > D > C						
CRITERIO APRENDIZAJE	A	B	C	D	$\sum + 1$	PONDERACIÓN
A		0,5	1	1	3,5	0,29
B	1		1	1	4	0,33
C	0	0		0,5	1,5	0,13
D	1	0,5	0,5		3	0,25
SUMA					12	1

Fuente: Autores

3.1.4.4. Evaluación de peso específico de criterio de Herramientas.

Tabla 9. Evaluación criterio herramientas.

D=C> B > A						
MODELO GEOMÉTRICO	A	B	C	D	$\sum + 1$	PONDERACIÓN
A		0,5	0	0	1,5	0,15
B	0,5		0,5	0,5	2,5	0,25
C	1	0,5		0,5	3	0,30
D	1	0,5	0,5		3	0,30
SUMA					10	1

Fuente: Autores

3.1.4.5. Evaluación de peso específico de criterio de postprocesadores.

Tabla 10. Evaluación criterio postprocesadores.

C > B > A > D						
POST PROCESADORES	A	B	C	D	$\sum + 1$	PONDERACIÓN
A		0,5	0,5	0	2	0,21
B	0,5		0,5	1	3	0,32
C	1	0,5		1	3,5	0,37
D	0	0	0		1	0,11
SUMA					9,5	1

Fuente: Autores

3.1.4.6. Evaluación de peso específico por el Costo.

B = A > D=C						
COSTO	A	B	C	D	$\sum + 1$	PONDERACIÓN
A		0,5	1	1	3,5	0,35
B	0,5		1	1	3,5	0,35
C	0	0		0,5	1,5	0,15
D	0	0	0,5		1,5	0,15
SUMA					10	1

Tabla 11. Evaluación criterio Costo.

Fuente: Autores

3.1.4.7. Conclusiones.

Tabla 12. Evaluación de los criterios.

COSTO	FUNCIONALIDAD	APRENDIZAJE.	HERRAMIENTAS.	POST PROCESADORES	COSTO	$\sum + 1$	PRIORIDAD
A	0,19(0,25)	0,29(0,25)	0,15(0,07)	0,21(0,29)	0,35(0,14)	0,24	2
B	0,29(0,25)	0,33(0,25)	0,25(0,07)	0,32(0,29)	0,35(0,14)	0,31	1
C	0,26(0,25)	0,13(0,25)	0,30(0,07)	0,37(0,29)	0,15(0,14)	0,25	3

D	0,26(0,25)	0,25(0,25)	0,30(0,07)	0,11(0,29)	0,15(0,14)	0,20	4
----------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	-------------------	-------------	----------

Fuente: Autores

Concluido el análisis y cálculos correspondientes se determina el software adecuado para objeto de nuestro proyecto es el NX.

El éxito en la producción depende de la calidad y rigurosidad del plan de manufactura. Para que sean verdaderamente efectivos, los planes de manufactura de partes deben ser completos, exactos y ofrecerse a producción cuando son necesarios.

CAPÍTULO IV

4. MODELADO Y SIMULACIÓN DEL MECANIZADO DEL SOPORTE FY 512 U/AH EN EL SOFTWARE NX SIEMENS

4.1. Parámetros de mecanizado

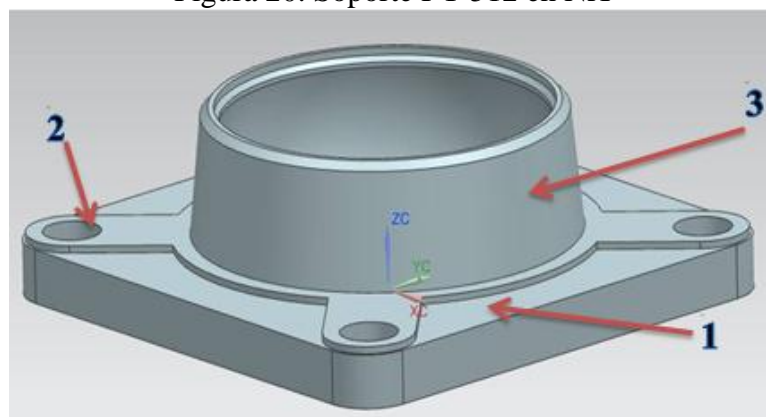
4.1.1. Componente y material de la pieza. Se debe tomar en cuenta ciertos parámetros para una adecuada selección de las herramientas corte, esto implica: la forma geométrica, el material, y las tolerancias.

- *Forma Geométrica.* El soporte para rodamientos FY 512 presenta un diseño único con diferentes y únicas formas geométricas que para un post mecanizado deber estar muy bien definido.

En las superficies se generan las diferentes operaciones y trayectorias de herramientas y tiene que ser bien identificadas para seleccionar que herramientas pueden realizar las operaciones sin ninguna dificultad de mecanizado como choques de herramienta con el material y falta de entrada de la herramienta en ciertos agujeros.

El soporte tiene un diseño cónico para el alojamiento del rodamiento que permite la selección de una herramienta con punta redonda mejorando el acabado superficial del mecanizado. Otro distintivo del soporte es que el rodamiento es esférico y la mecanización de esta superficie hace la construcción de una herramienta adecuada.

Figura 20. Soporte FY 512 en NX



Fuente: Autores

- *Material.* Por efectos de demostración el material a fabricar es la fundición de Aluminio, en las aplicaciones reales estos dispositivos se recomienda fabricar en acero estampado o de fundición gris para la resistencia de la fricción, de temperatura y de cargas dinámicas.

Tabla 13. Características del Aluminio.

ALUMINIO		
CARACTERISTICAS	SI	NO
Maquinabilidad	X	
Formación de virutas	X	
Dureza		X
Elementos de aleación	X	

Fuente: Autores.

- *Tolerancias.* El soporte requiere alta precisión sobre todo en el interior, ya que posterior a la fabricación será necesario acoplar un rodamiento, puesto que el diseño previo está estrictamente dimensionado incluso para juego y apriete.

Las necesidades adecuadas son las siguientes:

- Precisión de dimensiones
- Acabado superficial
- Distorsión de la pieza
- Integridad superficial

Las dimensiones de los soportes deben ser con un rango de tolerancias para evitar aprietos o juegos con el rodamiento ya que está expuesto a cargas axiales, radiales por ser implantadas para bandas transportadoras, en máquinas con alto torque.

El propósito de los intervalos de tolerancia es el de admitir un margen para las imperfecciones en la manufactura de componente, ya que se considera imposible la precisión absoluta desde el punto de vista técnico, o bien no se recomienda por motivos de eficiencia: es una buena práctica de ingeniería el especificar el mayor valor posible de tolerancia mientras el componente en cuestión mantenga su funcionalidad, dado que cuanto menor sea el margen de tolerancia, la pieza será más difícil de producir y por lo tanto más costosa.

4.1.1 *Parámetros de la máquina.* El centro de mecanizado CNC Bridgeport nos ofrece las características que se manifiesta a continuación:

- Movimiento en los 3 ejes
- Portaherramientas amplios voladizos
- Sujeción de la pieza firme
- Altos avances y número de revoluciones.
- Panel de control.
- Carrusel de 22 porta herramientas.
- Lubricación y refrigeración automática.
- Sistema neumático para la sujeción de los conos.
- Entrada RS 232 para transferencia de datos.
- Entrada de voltaje de 220V
- Distancia máximo de mecanizado X=2000 mm , Y= 500mm, Z=700 mm

Figura 21. Centro de mecanizado Bridgeport VMC 800-22



Fuente: Autores.

El centro de mecanizado consta con sus manuales de instalación, control de la máquina y del panel para ser configurada de acuerdo a las indicaciones para un correcto funcionamiento de todos los sistemas y evitar paros por una mala utilización del centro de mecanizado, las herramientas y accesorios son originales de la máquina y poseen características técnicas para el correcto desempeño en el proceso de fabricación.

4.1.2. Herramientas de corte.

4.1.2.1. Especificaciones técnicas.

- *Por el material.*

Tabla 14. Características de acero rápido.

MATERIAL	CARACTERÍSTICAS GENERALES	MODOS DE DESGASTE
ACEROS RAPIDOS	Alta tenacidad, resistencia a la fractura, gran variedad de cortes de desbaste y acabado, buenos para cortes ininterrumpidos.	Desgaste de flanco, desgaste de cráter.

Fuente: Proveedor Vertex

Tabla 15. Características de carburo de titanio.

MATERIAL	CARACTERÍSTICAS GENERALES
CARBURO DE TITANIO	<ul style="list-style-type: none"> • Pueden utilizarse para el mecanizado en altas velocidades y avances. • Tolerancia a mayores temperaturas. • Su dureza aporta resistencia al desgaste por abrasión y menor desgaste en incidencia. • La resistencia a la caracterización al trabajar los aceros. • Excelente para acabados superficiales. • Alta resistencia al desgaste por oxidación.

Fuente: Proveedor Vertex

- *Por el diámetro.* Especifica al programa la compensación de la herramienta para un mecanizado automático.

9

- *Por el número de filos.* Para un mejor acabado influye el número de filos de la herramienta aumentado la durabilidad, además se puede incrementar el número de revoluciones y avances para el mecanizado.

4.1.2.2. *Selección por catálogo.* Una ventaja para la selección de herraminetas de mecanizado es que los proveedores especifican el tipo de material, número de filos, las velocidades máximas de corte y el material donde va estar involucrado.

Hay diferentes tipos de herramientas de corte, en función de su uso. Las podríamos clasificar en dos categorías: herramienta hecha de un único material (generalmente acero al cobalto), y herramienta con plaquitas de corte industrial. La principal diferencia es que la punta de las segundas está hecha de otro material con mejores propiedades (metal duro o conglomerados metálicos).

➤ *Fresas planas.*

Figura 22. Catálogo Vertex

Finishing End Mills VERTEX

130° 4 90° Steels Iron Copper Aluminium Plastics

Work Material / Velocity m/min

ORDER NO.	GR.1 Non alloyed steels Alloyed Steels	GR.3 Hardened steels < 48 HRC	GR.6 Iron	GR.7 Titanium	GR.8 Nickel	GR.9 Copper	GR.10 Aluminium
VEA74	40-120	30-50	40-80	25-80	20-60	100-200	100-450
VEA84	25-70	20-30	25-60	15-50	15-35	60-120	60-300

Standard Length(Order No. VEA74-Dia) Unit:mm

ORDER NO.	Dc h10	Lc mm	L mm	d h6	CODE NO.
VEA74-1.0	1.0	3	38	3	6008-060
VEA74-1.5	1.5	5	38	3	6008-061
VEA74-2.0	2.0	6	38	3	6008-062
VEA74-2.5	2.5	7	38	3	6008-063
VEA74-3.0	3.0	9	38	3	6008-064
VEA74-3.5	3.5	12	50	4	6008-065
VEA74-4.0	4.0	14	50	4	6008-066
VEA74-4.5	4.5	14	50	5	6008-067
VEA74-5.0	5.0	16	50	5	6008-068
VEA74-5.5	5.5	16	50	6	6008-069
VEA74-6.0	6.0	20	63	6	6008-070
VEA74-7.0	7.0	20	63	8	6008-071
VEA74-8.0	8.0	20	63	8	6008-072
VEA74-9.0	9.0	22	72	10	6008-073
VEA74-10.0	10.0	22	72	10	6008-074
VEA74-11.0	11.0	26	75	12	6008-075
VEA74-12.0	12.0	26	75	12	6008-076
VEA74-14.0	14.0	32	89	14	6008-077
VEA74-16.0	16.0	32	89	16	6008-078
VEA74-18.0	18.0	38	100	18	6008-079
VEA74-20.0	20.0	38	100	20	6008-080

Long Length(Order No. VEA84-Dia) Unit:mm

ORDER NO.	Dc h10	Lc mm	L mm	d h6	CODE NO.
VEA84-3	3	20	57	3	6008-090
VEA84-4	4	20	57	4	6008-091
VEA84-5	5	25	63	5	6008-092
VEA84-6	6	28	75	6	6008-093
VEA84-8	8	30	75	8	6008-094
VEA84-10	10	32	75	10	6008-095
VEA84-12	12	50	100	12	6008-096
VEA84-14	14	57	127	14	6008-097
VEA84-16	16	57	127	16	6008-098
VEA84-20	20	57	127	20	6008-099

Fuente: Proveedor Vertex

Para la fabricación del soporte de rodamientos se hizo necesario la utilización de herramientas planas identificadas acorde a la forma o geometría del soporte, seleccionamos fresas para desbaste y acabado.

Figura 23. Fresa plana de 18 MM- HSS-Co



Fuente: Autores

Figura 24. Fresa plana de 12 MM- HSS-Co



Fuente: Autores

Figura 25. Fresa plana de 4MM- HSS-Co




Fuente: Autores

Para mecanizar una pieza existe dos posibilidades: que la pieza este quieta y la que se mueva sea la herramienta como es el caso de la fresa, o que la herramienta permanezca quieta y la que se mueva sea la pieza como en el caso del torno. Esto condiciona la geometría de la herramienta.


➤ *Fresa redonda.* Se la utiliza para superficies de formas redondas, además presenta propiedades mecanizado como dar un mejor acabado superficial y dependiendo del elemento a mecanizar puede ser utilizado para agujeros.

Figura 26. Catalogo Vertex.


Ball Nose End Mills




MG Carbide




Uncoated Blank




30°




2




U




Steels




Iron



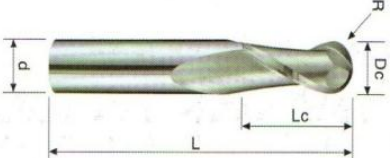
Copper

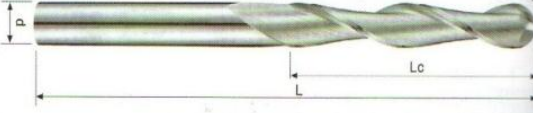


Aluminium



Plastics





Work Material / Velocity m/min						
ORDER NO.	GR.1 Non alloyed steels Alloyed Steels	GR.3 Hardened steels < 48 HRC	GR.6 Iron	GR.9 Copper	GR.10 Aluminium	GR.11 Plastics
VBB12	40-120	30-50	40-80	60-120	60-300	80-120
VBB80	25-70	20-30	25-60	60-120	60-300	80-120

Standard Length(Order No. VBB12-Dia)						
ORDER NO.	Dc h10	R ±0.01	Lc mm	L mm	d h6	CODE NO.
VBB12-0.3	0.3	0.15R	0.6	38	3	6008-100
VBB12-0.4	0.4	0.20R	0.8	38	3	6008-101
VBB12-0.5	0.5	0.25R	1.0	38	3	6008-102
VBB12-0.6	0.6	0.30R	1.2	38	3	6008-103
VBB12-0.7	0.7	0.35R	1.4	38	3	6008-104
VBB12-0.8	0.8	0.40R	1.6	38	3	6008-105
VBB12-0.9	0.9	0.45R	2.0	38	3	6008-106
VBB12-1.0	1.0	0.50R	3.0	38	3	6008-107
VBB12-1.5	1.5	0.75R	5.0	38	3	6008-108
VBB12-2.0	2.0	1.00R	6.0	38	3	6008-109
VBB12-2.5	2.5	1.25R	7.0	38	3	6008-110
VBB12-3.0	3.0	1.50R	9.0	38	3	6008-111
VBB12-3.5	3.5	1.75R	12.0	50	4	6008-112

Standard Length(Order No. VBB12-Dia)					
ORDER NO.	Dc h10	R ±0.01	Lc mm	L mm	d h6
VBB12-10.0	10.0	5.00R	22.0	72	10
VBB12-11.0	11.0	5.50R	26.0	75	12
VBB12-12.0	12.0	6.00R	26.0	75	12
VBB12-14.0	14.0	7.00R	32.0	89	14
VBB12-16.0	16.0	8.00R	32.0	89	16
VBB12-18.0	18.0	9.00R	38.0	100	18
VBB12-20.0	20.0	10.00R	38.0	100	20

Long Length(Order No. VBB80-Dia)					
ORDER NO.	Dc h10	R ±0.01	Lc mm	L mm	d h6
VBB80-3	3	1.5R	20	57	3
VBB80-4	4	2.0R	20	57	4

Unit:mm

Fuente: Vertex

Figura 27. Fresa redonda de R3MM- HSS-Co



Fuente: Autores.

➤ *Fresa frontal con insertos.* Este tipo de fresas la utilizamos para el planeado del aluminio en su estado inicial. Los insertos son de carburo que permite tener una alta gama para velocidades de corte.

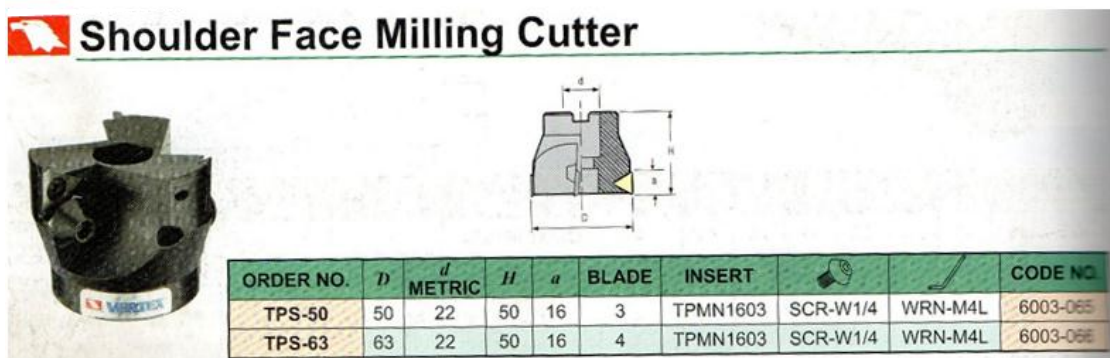
e

La geometría de nuestro material en bruto permitió seleccionar una herramienta con un diámetro que permitiera una mayor área de corte disminuyendo en número de pasadas por profundidad y desplazamiento de la cuchilla.

Proveedores como Vertex nos brindan una gama de herramientas para los diferentes operaciones de planeado con características particulares como adición de insertos de carburo de titanio para incrementar la velocidad de avance en comparación con herramientas de aceros de alta velocidad (HSS).

Figura 28. Catalogo Vertex

Shoulder Face Milling Cutter



ORDER NO.	D	d METRIC	H	a	BLADE	INSERT			CODE NO.
TPS-50	50	22	50	16	3	TPMN1603	SCR-W1/4	WRN-M4L	6003-06E
TPS-63	63	22	50	16	4	TPMN1603	SCR-W1/4	WRN-M4L	6003-06E

Fuente: Vertex

Figura 29. Fresa redonda de R3 mm- HSS-Co



Fuente: Autores.

La profundidad de pasada para estas fresas es muy baja por la altura de los insertos

4.1.3. Velocidades y avances de corte.



4.1.3.1. Fresa plana de 18 mm - HSS.

<i>Proveedor VERTEX</i>	<i>Tabla normativa de avances Heinrich.</i>
Velocidad de corte (m/min)	Avance por diente (mm/diente)
V_c	f_z
100-450	0,1

- *Velocidad de corte (V_c)*. Se recomienda una selección de la velocidad de corte media para evitar el desgaste y deterioro de los filos de corte de la herramienta y mantener una larga durabilidad de la herramienta.

$$V_c = 200 \frac{m}{min} \text{ de la tabla del proveedor}$$

- *Numero de revoluciones del husillo (n)*. Proveniente de la Ecuación (1)

$$n = \frac{V_c \times 1000}{D \times \pi}$$

$$n = \frac{200 \frac{m}{min} \times 1000}{18 \text{ mm} \times \pi}$$

$$n = 3537 \frac{rev}{min}$$

- *Velocidad de avance (V_f)*. Proveniente de la Ecuación (3)

$$V_f = f_z \times Z \times n$$

$$V_f = 0,1 \frac{mm}{diente} \times 4 \times 3537 \frac{rev}{min}$$

$$V_f = 1415 \frac{mm}{min}$$

4.1.3.2. Fresa plana de 12 mm - HSS



Proveedor VERTEX	Tabla normativa de avances Heinrich.
Velocidad de corte (m/min)	Avance por diente (mm/diente)
V_c	f_z
100-450	0,1

- *Velocidad de corte (V_c)*. Se recomienda una selección de la velocidad de corte media para evitar el desgaste y deterioro de los filos de corte de la herramienta.

$$V_c = 150 \frac{m}{\text{min}} \dots \dots \text{para acabado}$$

- *Numero de revoluciones del husillo (n)*. Proveniente de la Ecuación (1)

$$n = \frac{V_c \times 1000}{D \times \pi}$$

$$n = \frac{150 \frac{m}{\text{min}} \times 1000}{12\text{mm} \times \pi}$$

$$n = 3979 \frac{\text{rev}}{\text{min}}$$

- *Velocidad de avance (V_f)*. Proveniente de la Ecuación (3)

$$V_f = f_z \times Z \times n$$

$$V_f = 0,1 \frac{\text{mm}}{\text{diente}} \times 4 \times 3979 \frac{\text{rev}}{\text{min}}$$

$$V_f = 1591 \frac{\text{mm}}{\text{min}}$$

El máximo número de revoluciones del centro de mecanizado es $n_{\text{máx.}} = 4500\text{rpm}$

4.1.3.3. Fresa plana de 4 mm - HSS



Proveedor VERTEX	Tabla normativa de avances Heinrich.
Velocidad de corte (m/min)	Avance por diente (mm/diente)
V_c	f_z
100-450	0,1

- Velocidad de corte (V_c).

$$V_c = 100 \frac{m}{min} \dots \dots \text{para refinado}$$

- Numero de revoluciones del husillo (n). Proveniente de la Ecuación (1)

$$n = \frac{V_c \times 1000}{D \times \pi}$$

$$n = \frac{100 \frac{m}{min} \times 1000}{4mm \times \pi}$$

$$n = 7958 \frac{rev}{min}$$

Tomamos el maximo valor en rpm de la maquina

$$n = 4500 \frac{rev}{min}$$

- Velocidad de avance (V_f). Proveniente de la Ecuación (3)

$$V_f = f_z \times Z \times n$$

$$V_f = 0,1 \frac{mm}{diente} \times 4 \times 4500 \frac{rev}{min}$$

$$V_f = 1800 \frac{mm}{min}$$

4.1.3.4. Fresa redonda R6 mm-HSS



<i>Proveedor VERTEX</i>	<i>Tabla normativa de avances Heinrich.</i>
Velocidad de corte (m/min)	Avance por diente (mm/diente)
V_c	f_z
60-300	0,07

En la velocidad de corte seleccionamos el rango más bajo por características de la herramienta y la longitud del vástago.

- *Velocidad de corte (V_c).*

$$V_c = 60 \frac{m}{min} \dots \dots \dots \text{para acabado}$$

- *Numero de revoluciones del husillo (n).* Proveniente de la Ecuación (1)

$$n = \frac{V_c \times 1000}{D \times \pi}$$

$$n = \frac{100 \frac{m}{min} \times 1000}{4mm \times \pi}$$

$$n = 3183 \frac{rev}{min}$$

- *Velocidad de avance (V_f).* Proveniente de la Ecuación (3)

$$V_f = f_z \times Z \times n$$

$$V_f = 0,07 \frac{mm}{diente} \times 2 \times 3183 \frac{rev}{min}$$

$$V_f = 446 \frac{mm}{min}$$

4.1.3.5. Fresa frontal 80 mm – Insertos de Carburo.

<i>Proveedor VERTEX</i>	<i>Tabla normativa de avances Heinrich.</i>
Velocidad de corte (m/min)	Avance por diente (mm/diente)
V_c	f_z
400-600	0,15

- *Velocidad de corte (V_c).*

$$V_c = 400 \frac{m}{min} \dots \dots \dots \text{para acabado}$$

- *Numero de revoluciones del husillo (n).* Proveniente de la Ecuación (1)

$$n = \frac{V_c \times 1000}{D \times \pi}$$

$$n = \frac{400 \frac{m}{min} \times 1000}{80mm \times \pi}$$

$$n = 1592 \frac{rev}{min}$$

- *Velocidad de avance (V_f).* Proveniente de la Ecuación (3)

$$V_f = f_z \times Z \times n$$

$$V_f = 0,15 \frac{mm}{diente} \times 4 \times 1592 \frac{rev}{min}$$

$$V_f = 956 \frac{mm}{min}$$

Sirve para mecanizar superficies de áreas muy extensas y aumenta el avance de mecanizado que al mismo tiempo disminuye el tiempo de fabricación del soporte FY 512 U/AH que tiene unas longitudes de 175 mm y 175 mm con una profundidad de 52 mm sin contemplar el rodamiento.

4.1.3.6. Broca de 12.7 mm – HSS



<i>Proveedor VERTEX</i>	<i>Tabla normativa de avances Heinrich.</i>
Velocidad de corte (m/min)	Avance por vuelta (mm/vuelta)
V_c	f_n
80-120	0,2

- *Velocidad de corte (V_c)*. Se recomienda una selección de la velocidad de corte media para evitar el desgaste y deterioro de los filos de corte de la herramienta.

$$V_c = 80 \frac{m}{min} \dots \dots \dots \text{para acabado}$$

- *Numero de revoluciones del husillo (n)*. Proveniente de la Ecuación (1)

$$n = \frac{V_c \times 1000}{D \times \pi}$$

$$n = \frac{80 \frac{m}{min} \times 1000}{12.7mm \times \pi}$$

$$n = 2005 \frac{rev}{min}$$

- *Velocidad de avance (V_f)*. Proveniente de la Ecuación (3)

$$V_f = f_n * n$$

$$V_f = 0,2 \frac{mm}{mi} \times 2005 \frac{rev}{min}$$

$$V_f = 401 \frac{mm}{min}$$

Para materiales que presenten mayor dureza se emplea brocas de carburo para un mejor mecanizado de las fresas planas utilizadas para el acabado en los agujeros del soporte, y cavidades del rodamiento.

4.1.3.7. BROCA CENTRO 10 mm – HSS



Proveedor VERTEX	Tabla normativa de avances Heinrich.
Velocidad de corte (m/min)	Avance por vuelta (mm/vuelta)
V_c	fn
80-120	0,12

- *Velocidad de corte (V_c)*. Se recomienda una selección de la velocidad de corte media para evitar el desgaste y deterioro de los filos de corte de la herramienta.

$$V_c = 90 \frac{m}{min} \dots \dots \dots \text{para acabado}$$

- *Numero de revoluciones del husillo (n)*. Proveniente de la Ecuación (1)

$$n = \frac{V_c \times 1000}{D \times \pi}$$

$$n = \frac{90 \frac{m}{min} \times 1000}{10mm \times \pi}$$

$$n = 2865 \frac{rev}{min}$$

- *Velocidad de avance (V_f)*. Proveniente de la Ecuación (3)

$$V_f = fn * n$$

$$V_f = 0,12 \frac{mm}{mi} \times 2865 \frac{rev}{min}$$

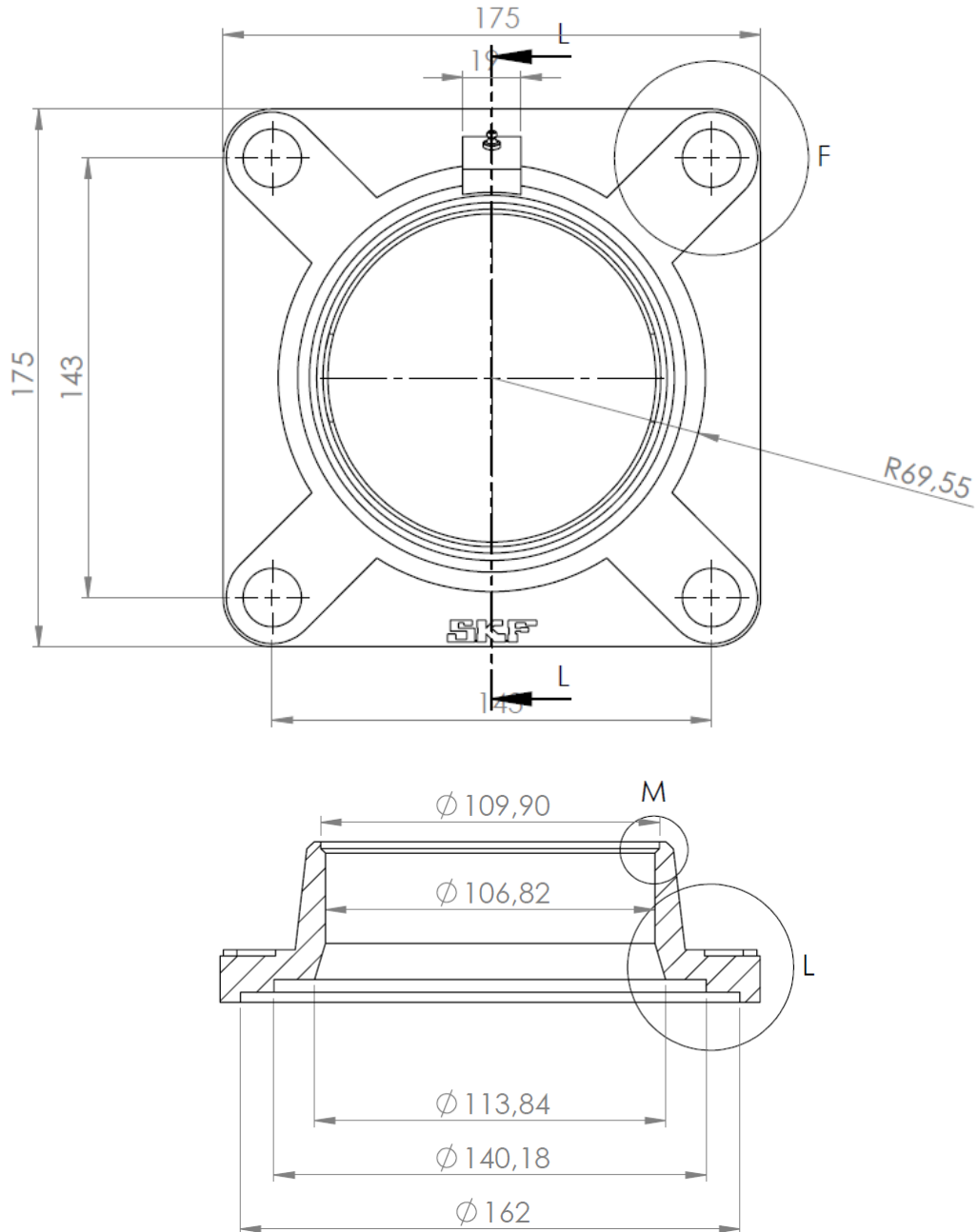
$$V_f = 344 \frac{mm}{min}$$

Los valores calculados son introducidos en el software CAD/CAM para aumentar la calidad del elemento y mejorar los tiempos de fabricación.

4.2. Modelado 3D del Soporte FY 512 U/AH en NX

4.2.1. *Elaboración de los planos del soporte FY 512.* Para la elaboración del modelado fue necesario generar los planos de diseño, que permitirá identificar las dimensiones del soporte.

Figura 30. Dimensiones Generales Soporte FY 512 A/UH



Fuente: Autores

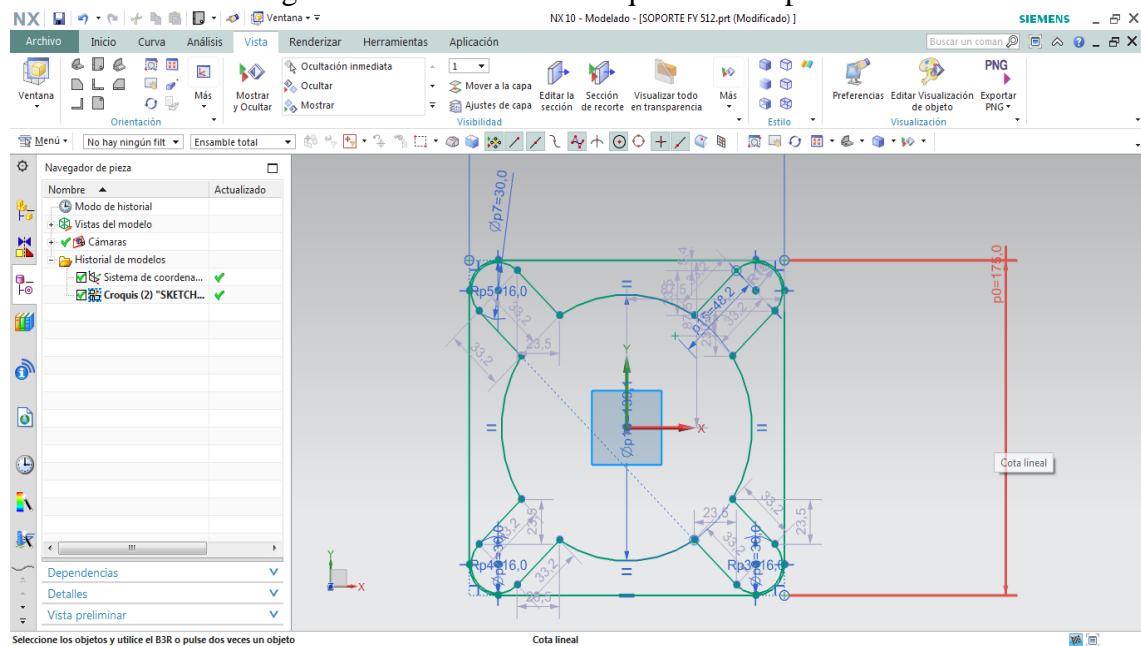
Los soportes SKF FY 512 A/UH se determinan por la denominación de los rodamientos en este caso el eje máximo permisible para tipo de chumacera es de un diámetro 512mm.

4.2.2. Modelado en NX10 Siemens. El modelo del soporte se diseña en dos piezas la primera la denominamos la base del soporte y la segunda se nombra cavidad de rodamiento.

Tomando en referencia las dimensiones del soporte realizamos el dibujo para nuestra base en un plano de construcción, el diseño dependerá de la facilidad de manejo del software en el caso particular logramos definir nuestro modelo por dos partes.

El croquis para cada extrusión es vital para un post mecanizado en NX permitiendo obtener límites de referencia.

Figura 31. Diseño NX – Croquis Base Soporte FY



Fuente: Autores.

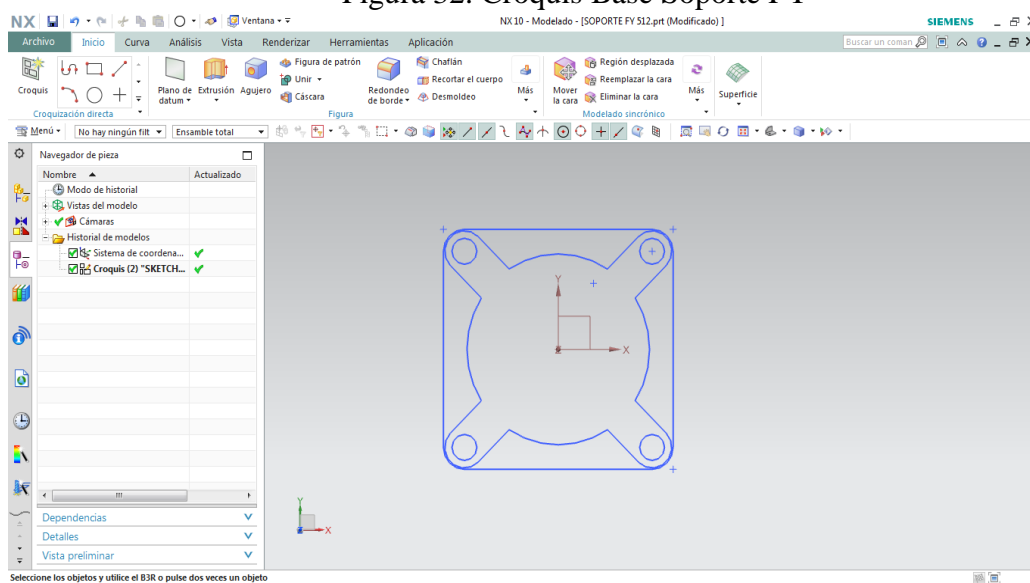
El soporte contiene nervios que pueden ser diseñados y mecanizados en forma particular por medio de un contorno.

Por medio del NX10 con nuevas y mejoradas capacidades, la última versión de NX mejora la velocidad y la eficiencia a lo largo del desarrollo del producto, NX CAD,

CAM y CAE puede ayudar a acelerar los procesos de diseño, ingeniería y fabricación. NX es más integrada solución de la industria, flexible y eficiente para el diseño de productos, ingeniería y fabricación de todo tipo de elementos o piezas que constituyan una geometría compleja.

Usando las herramientas de visualización comprobamos las dimensiones de nuestro croquis para rediseñar si es que no se ajusta a la medida de nuestro soporte FY. El dimensionamiento debe ser exacto para la cavidad del rodamiento.

Figura 32. Croquis Base Soporte FY



Fuente: Autores.

Realizado el croquis de la base con las dimensiones especificadas, se inicia la construcción del sólido a través del conjunto de líneas con los diferentes métodos disponibles en el módulo de construcción NX. En la figura 24 se muestra una doble extrusión tanto de la base como el nervio.

Los parámetros pueden configurarse para el sentido inverso de la extrusión, para ciertos valores de sección se puede generar por medio superficies, croquis de revolución o segmentos.

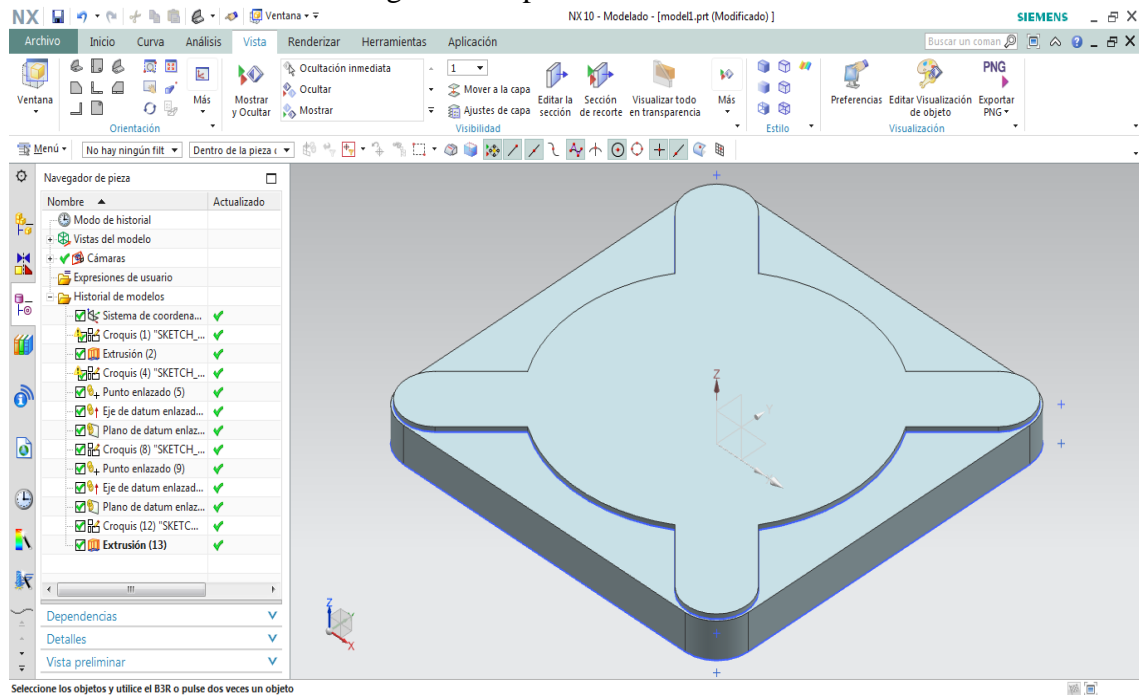
Se continúa con la construcción del modelo elaborado las diferentes partes y complementos para la obtención de nuestro soporte que definidas sus dimensiones

9

podemos realizar un simulado correcto, y además generar todas las operaciones de mecanizado.

Las soluciones NX para simulación incluyen NX CAE, que es un ambiente CAE moderno y multidisciplinario para analistas avanzados, equipos de trabajo y diseñadores que necesitan brindar percepciones de desempeño de alta calidad.

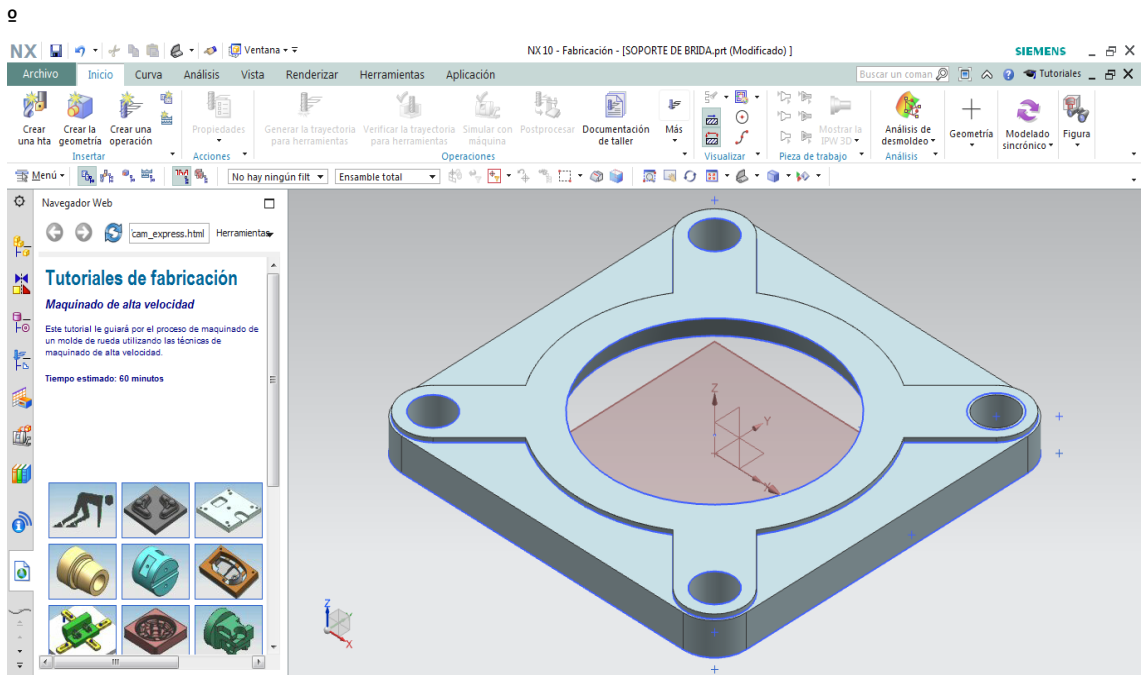
Figura 33. Operación de Extruido



Fuente: Autores.

Removemos material para los agujeros de sujeción y el eje pasante para la cavidad de rodamiento.

Figura 34. Extrusión de corte de agujeros

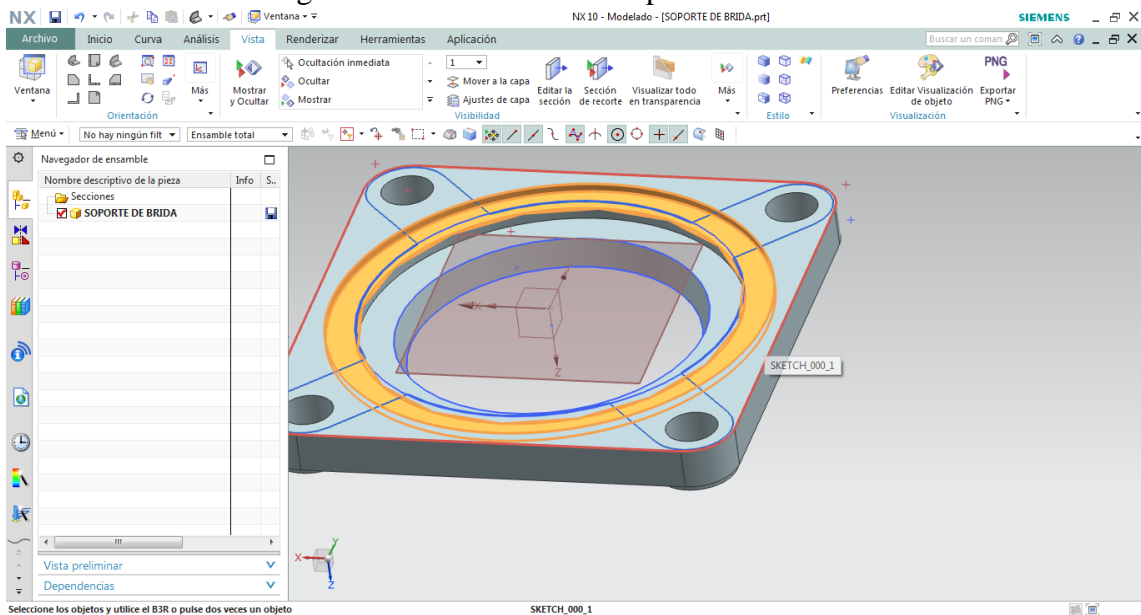


Fuente: Autores.

NX CAE integra lo más avanzado en modelado de análisis con soluciones de simulación para sólidos.

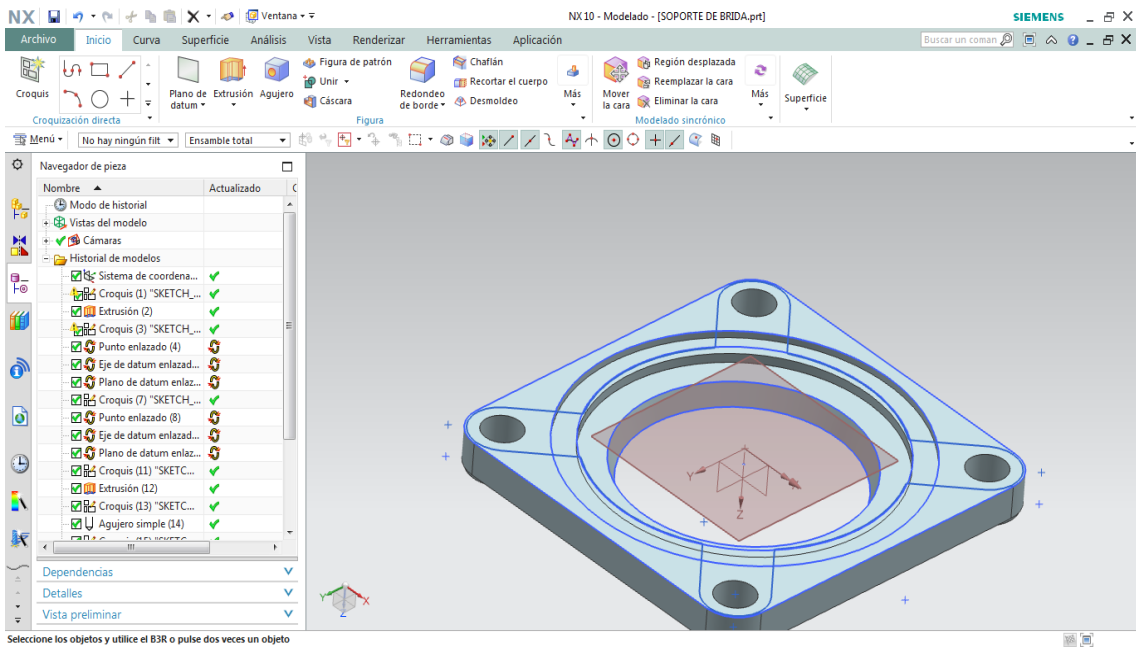
Modelamos la parte posterior de la base, con las diferentes perforaciones. Extrudimos las cavidades de alojamiento del eje para los rodamientos skf, estas permiten una alivianamiento de todo el soporte en si para mantener sus propiedades mecánicas.

Figura 35. Modelo orientado para manufactura.



Fuente: Autores.

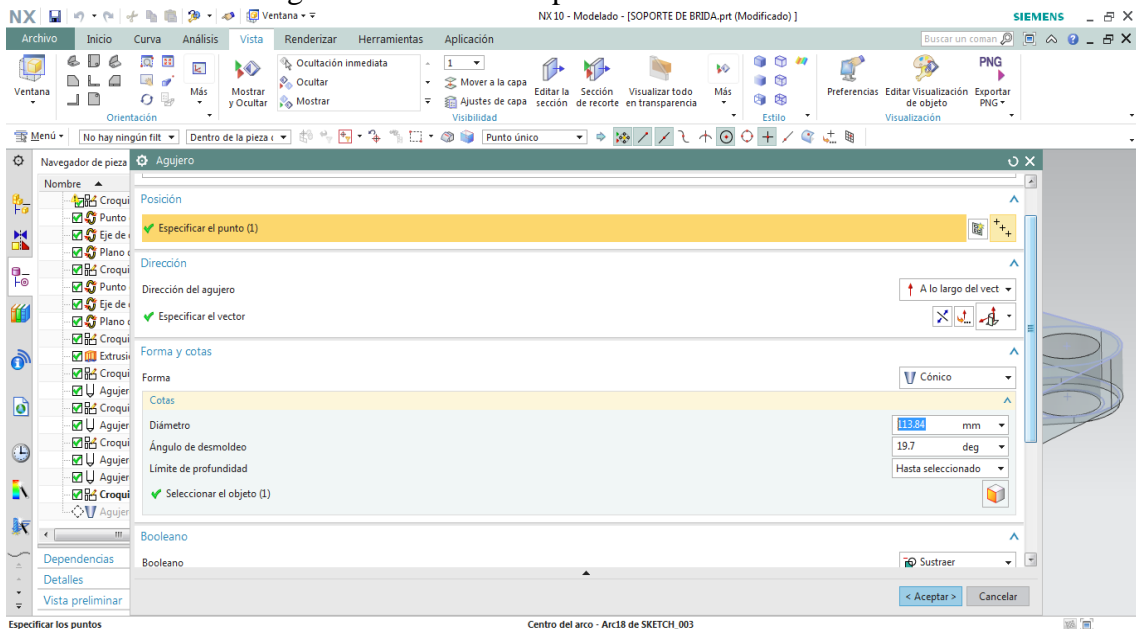
Figura 36. Modelo virtual del soporte.



Fuente: Autores.

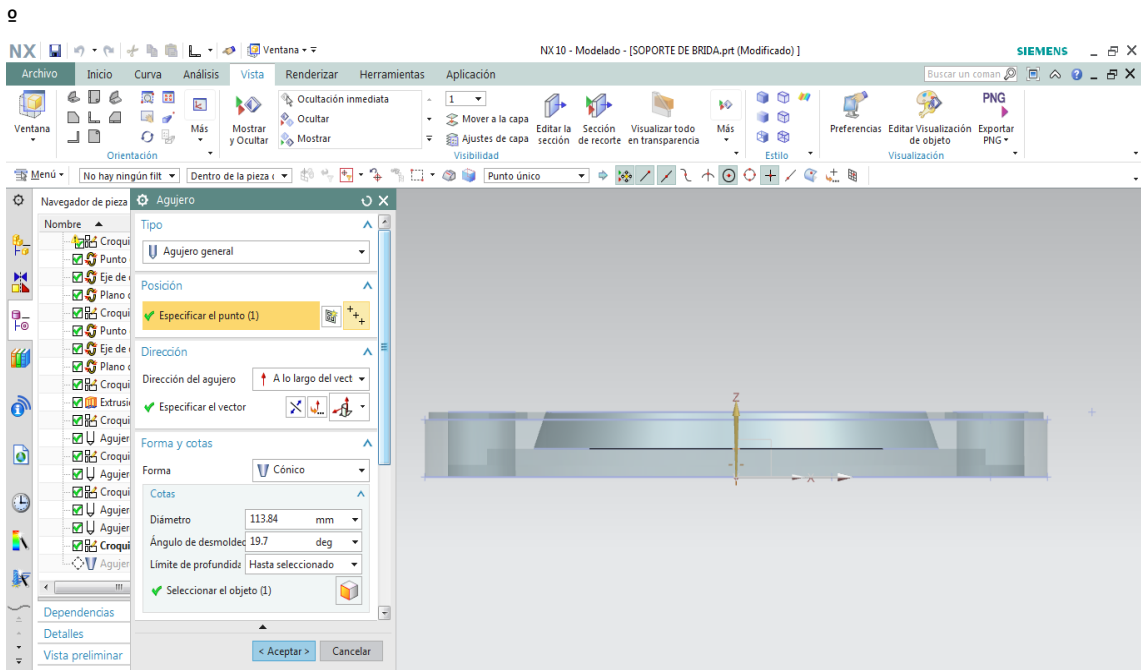
El diseño es particular para cada modelador en este caso el soporte se conformamos de 2 partes que en lo posterior se ensamblan especificando las posiciones.

Figura 37. Parámetros para extrusión de sección.



Fuente: Autores.

Figura 38. Extrusión de sección.

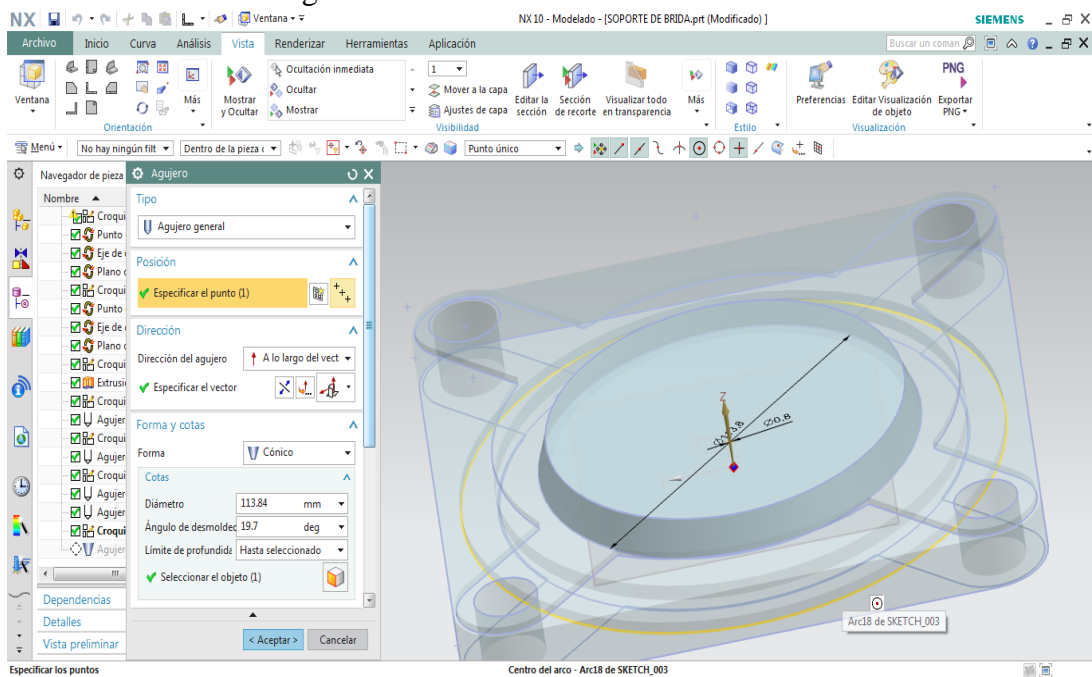


Fuente: Autores.

Podemos generar superficies o extrusiones cónicas a través del comando desmoldeo a partir de una sección, desde el límite de inicio o un ángulo específico en este caso es de 6.65° para identificar la superficie cónica.

La cavidad para el rodamiento es una de las superficies más complicadas para el mecanizado y podemos generarlo por medio de mecanizado especiales.

Figura 39. Límites de extrusión de sección.



Fuente: Autores

9

El límite debe coincidir con las medidas de la cavidad para que el ensamble se constituya de forma coincidente y en el momento de la fabricación no tenga ningún defecto para introducir el rodamiento. El sistema soporte-rodamiento tiene tolerancias mínimas de ajuste para que el eje no proporcione vibraciones.

Figura 40. Sección cónica.

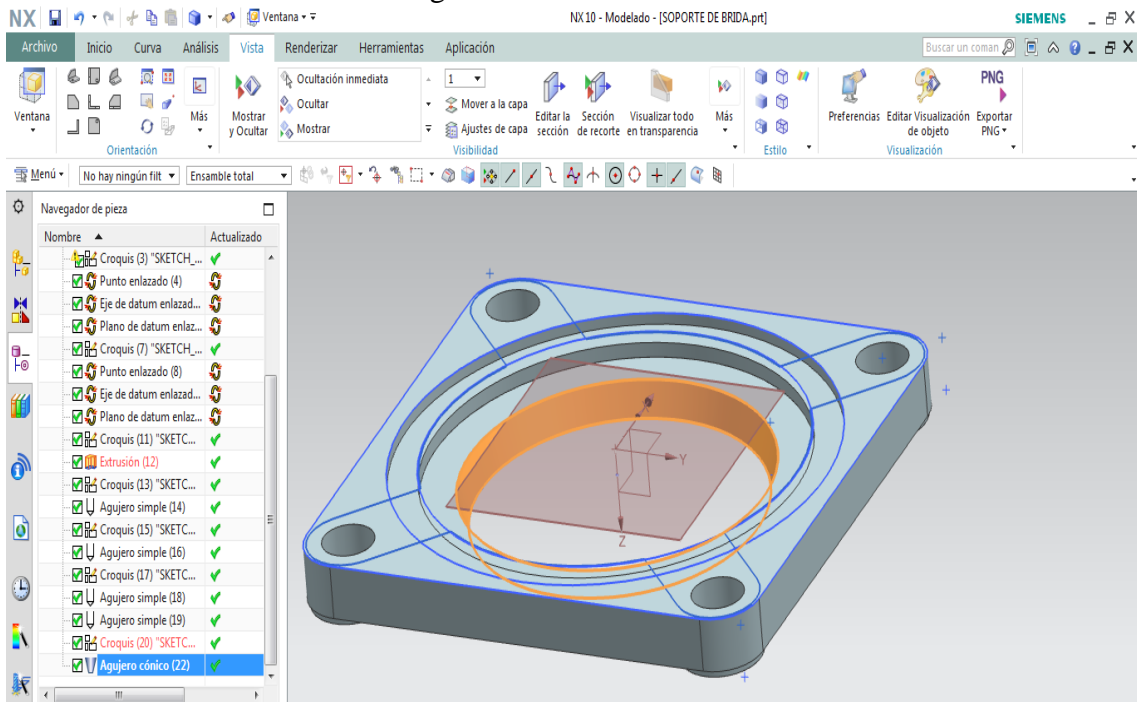
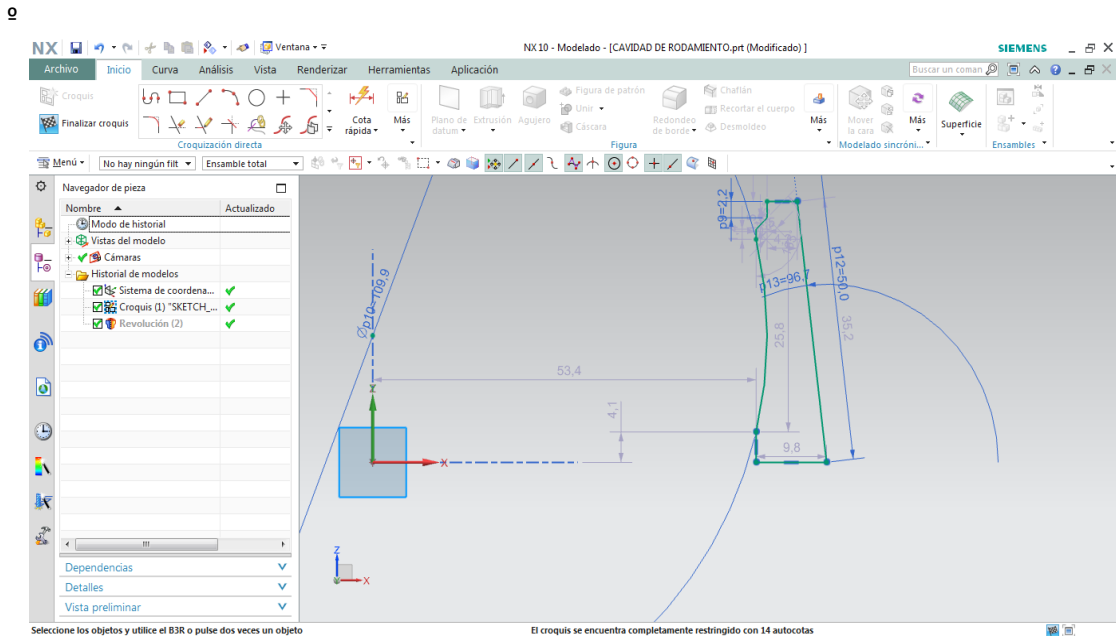


Figura: Autores.

Generamos la cavidad de alojamiento del rodamiento FY 512 U/AH mediante la revolución de un croquis sobre el eje central. El sistema revoluciona una o más cadenas de curvas seleccionadas sobre un eje de rotación formado por una línea.

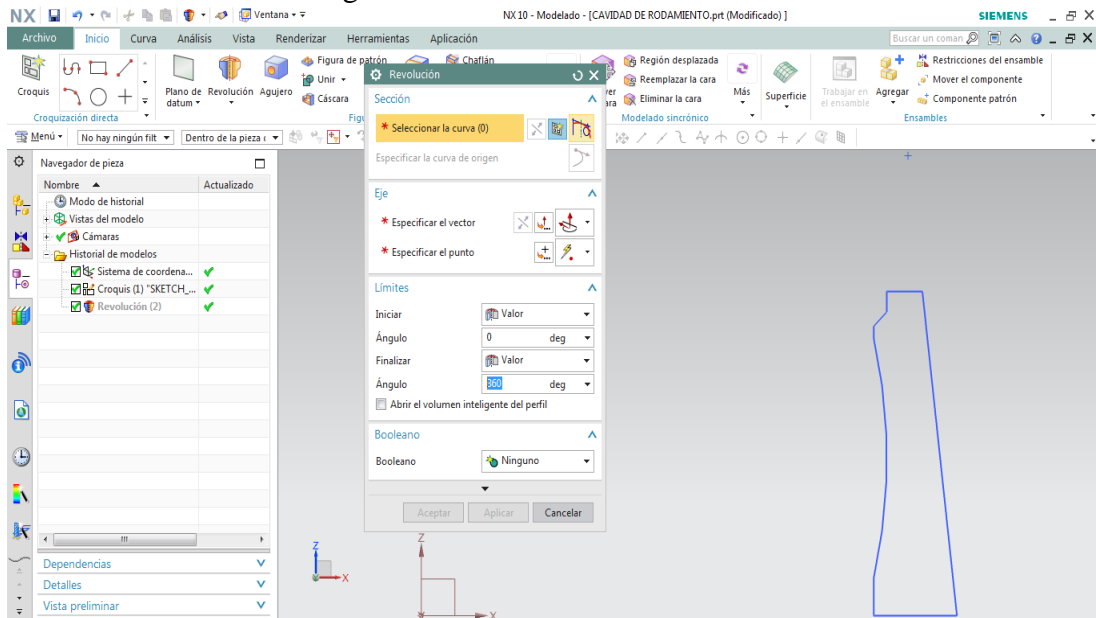
Figura 41. Líneas base para revolución.



Fuente: Autores.

Con el comando extrusión por revolución fijamos el croquis y un eje de revolución para formar sólidos con características únicas. Podemos generar elementos por giro a ángulos desde 0 a 360° para mecanismos de diseño específicos.

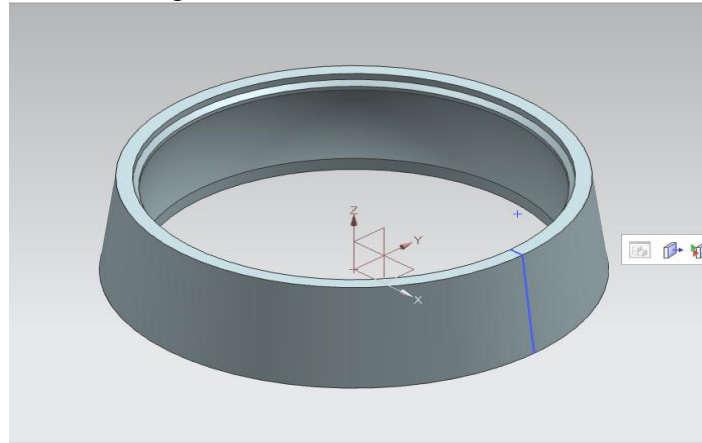
Figura 42. Parámetros de revolución.



Fuente: Autores.

Ubicando los parámetros de revolución se genera sólidos que en un amplio formato de diseño podemos guiar croquis a partir de trayectorias generadas por un línea en el espacio.

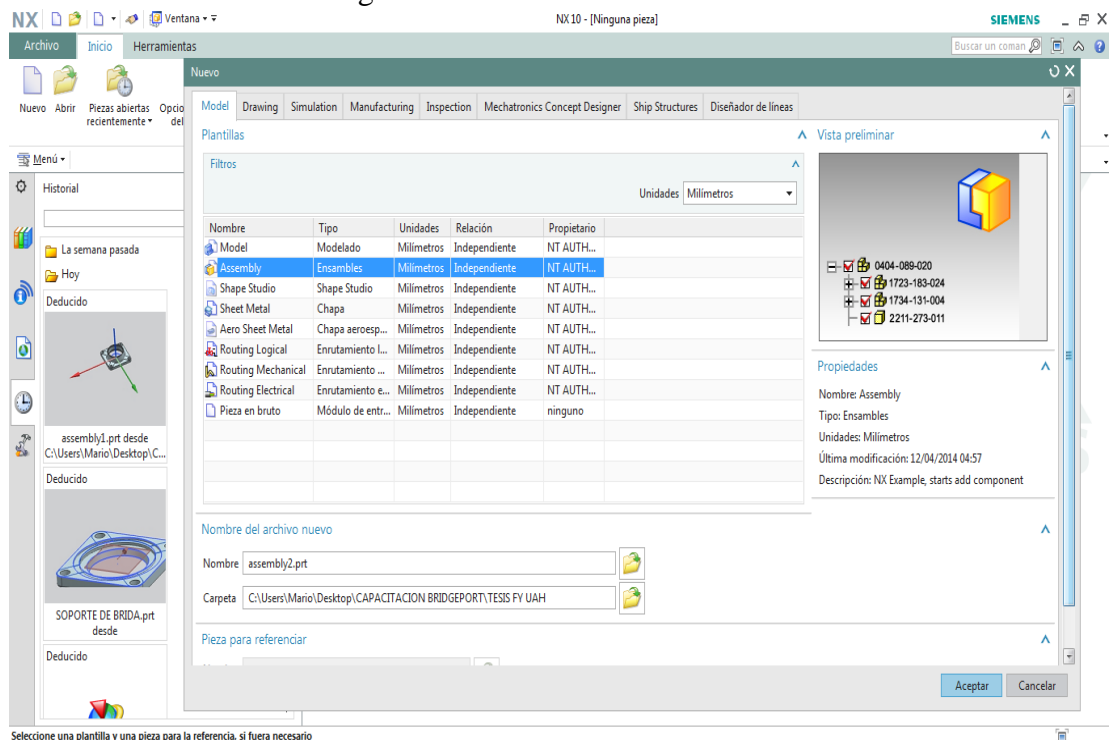
Figura 43. Modelo de revolución.



Fuente: Autores

Una de las estrategias de diseño CAD es que permite ensamblar diferentes piezas por medio de restricciones que relacionan los elementos para girarlos, moverlos en un eje o a una distancia predeterminada, además simplifica los cambios de diseño y acelera el modelado de configuraciones, opciones y variantes.

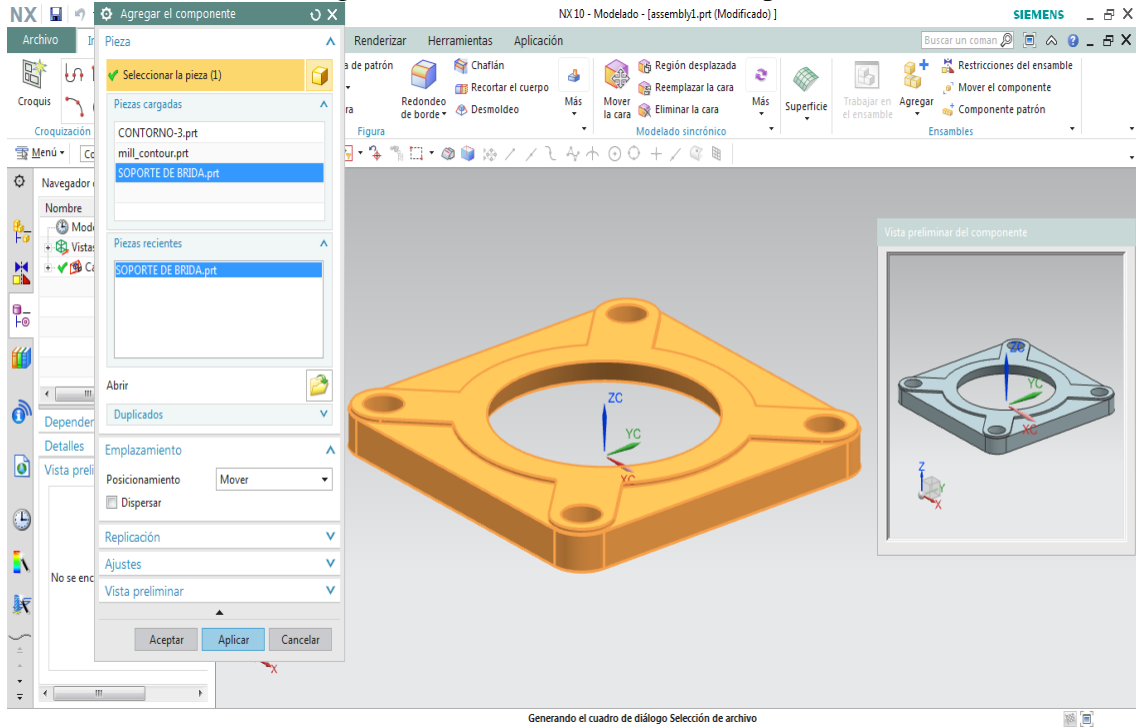
Figura 44. Interfaz de ensamble NX



Fuente: Autores

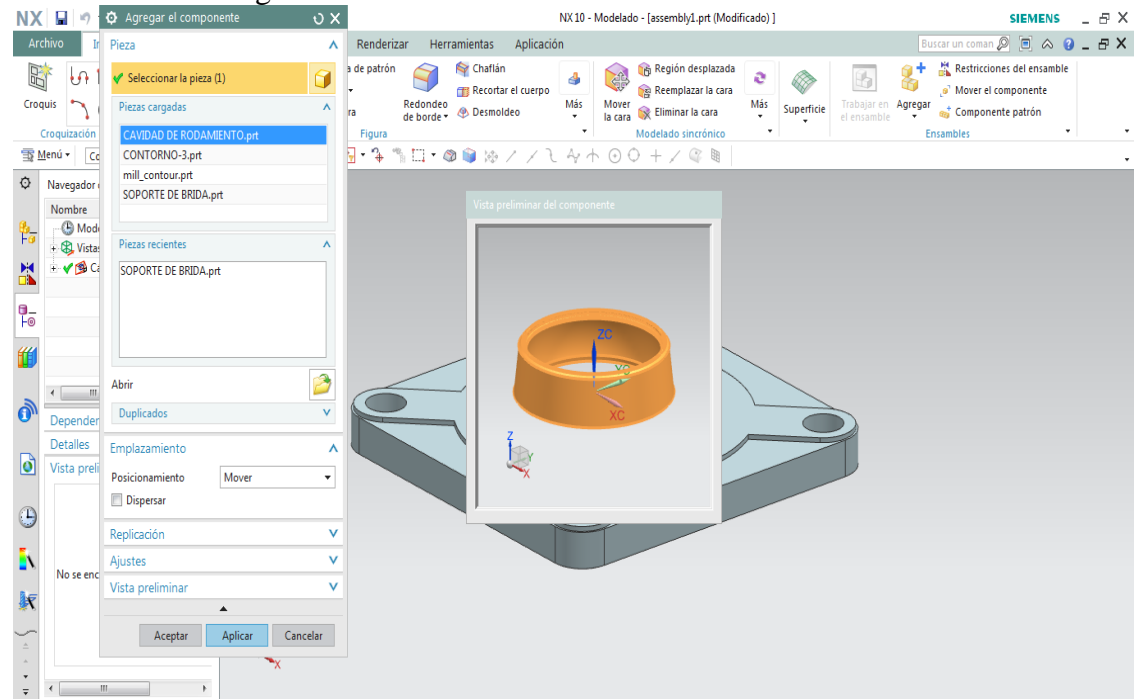
Agregamos los componentes que son la base del soporte y la cavidad para rodamientos para el correspondiente ensamble.

Figura 45. Ensamble de Base de Soporte.




Fuente: Autores.

Figura 46. Introducción de la Cavity de Rodamiento



Fuente: Autores

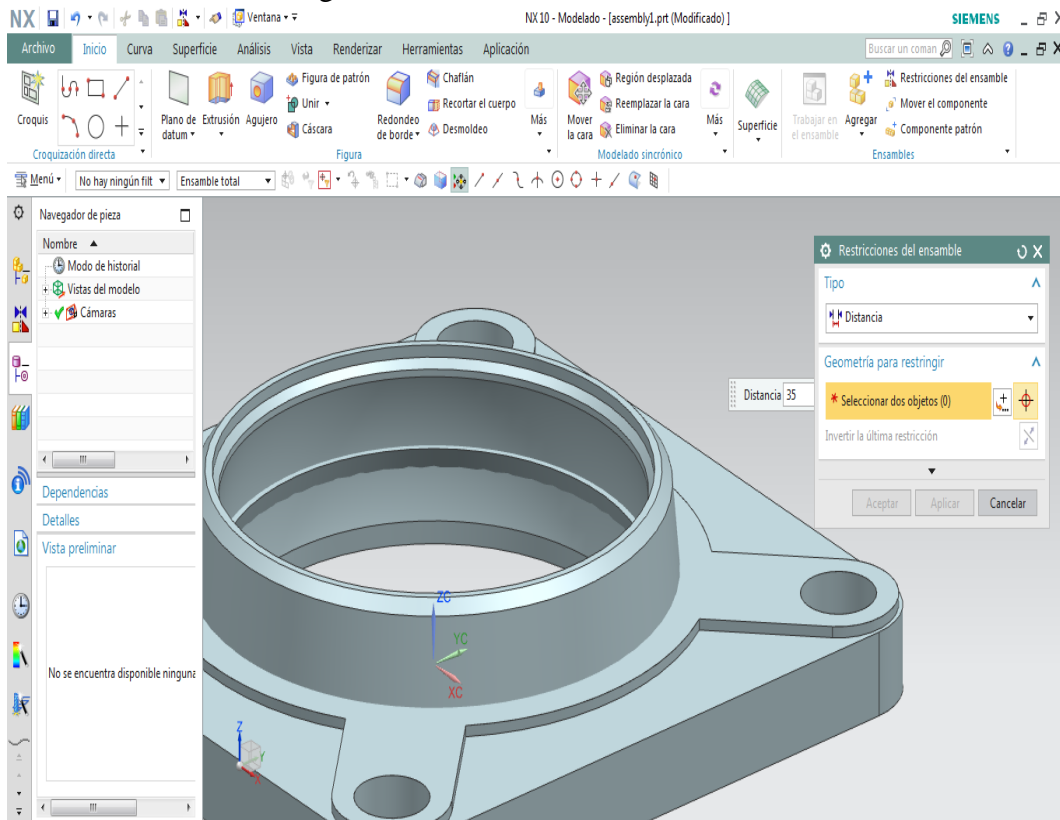
Ubicados los elementos en el área de construcción empleamos  comando restricciones de ensamble que permite alinear los elementos en un tipo deseado de referencia sea este por una distancia, fijo perpendicular, paralelo, concéntrico, etc.

Los elementos referenciados son fijados a un principio de diseño complementario los ejes deben relacionarse a un croquis base para que en el mecanizado no exista errores sobre medida o material.

Para el soporte FY los diámetros de la base y de la cavidad para rodamientos deben ser concéntricos y mantener una distancia fijada desde el nervio hasta sección superior de la cavidad. El valor que designa según los planos es de 35mm.

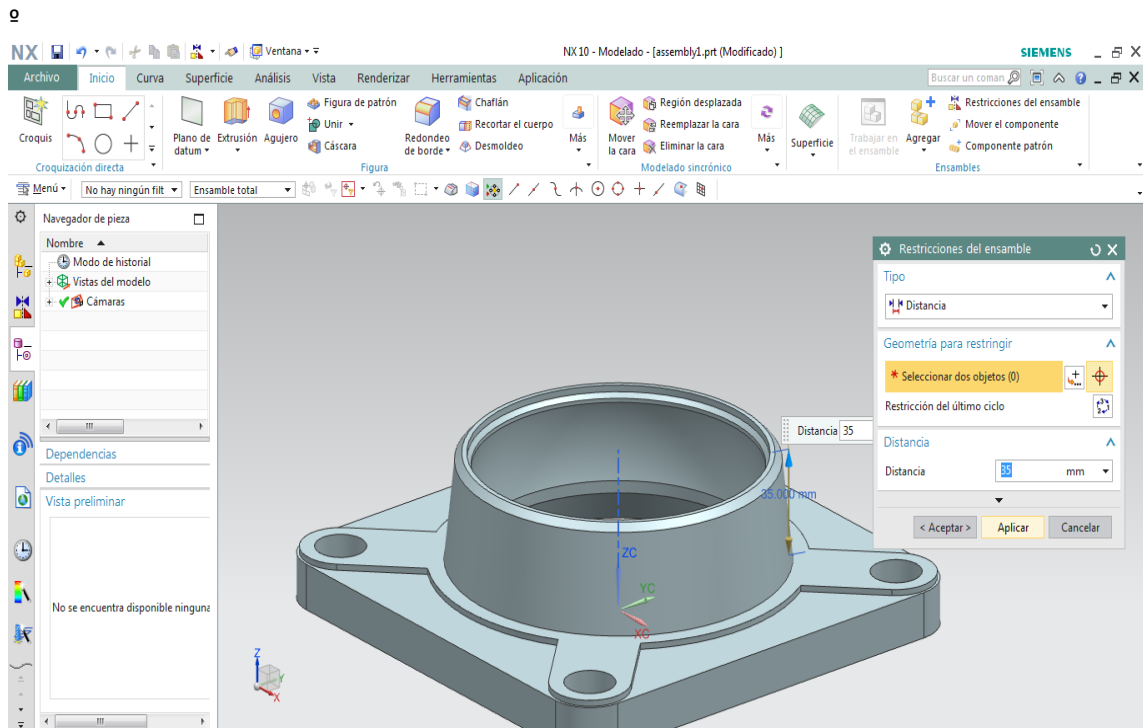
Para conseguir la máxima productividad, los usuarios pueden trabajar en el sistema de forma gráfica. Por ejemplo, seleccionar y mover el modelo en 3D de la herramienta para ajustar la trayectoria de la misma es un método rápido e intuitivo de manejar el sistema. El mecanizado avanzado basado en funciones constituye un valor añadido en la automatización de la programación.

Figura 47. Restricciones de Ensamble.



Fuente: Autores.

Figura 48. Restricciones de distancias de superficies



Fuente: Autores.

Finalizamos el ensamblaje verificando que las uniones para cada componente queden alineadas según el diseño del soporte FY 512 A/UH, la base primordial es que no presente decadencias en el diseño para el posterior mecanizado.

Las dimensiones estándar del soporte son esenciales para la simulación de las diferentes operaciones de mecanizado manteniendo un margen o tolerancias que durante la ejecución admitan cierto porcentaje de error en la simulación.

El diseño CAM para fresado inicia con la construcción geométrica de líneas cerradas y que estén definidas de acuerdo a la necesidad del diseño, nuestro modelo tridimensional se ubica en el espacio de trabajo virtual en acorde a los parámetros necesarios para la obtención de la pieza o elemento a mecanizar.

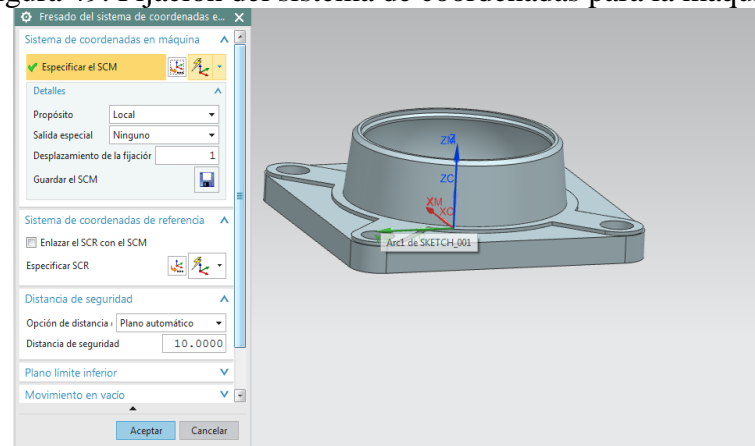
Para el proceso CAM lo fundamental es el dibujo porque a través de él se calculan las trayectorias de la herramienta necesarias para el maquinado de nuestro soporte. En cuanto a procesos de fabricación, NX ofrece aplicaciones especiales conjuntamente con CAM, como por ejemplo módulos de diseño de herramientas y de programación de inspección. El modelo en 3D se traslada perfectamente entre las aplicaciones sin necesidad de conversión de datos.

4.3. Simulación del mecanizado

Para el mecanizado el software solicita información que debemos proporcionarle como es el tipo de herramienta, estrategias de mecanizado, velocidades, avances, parámetros de corte, etc.

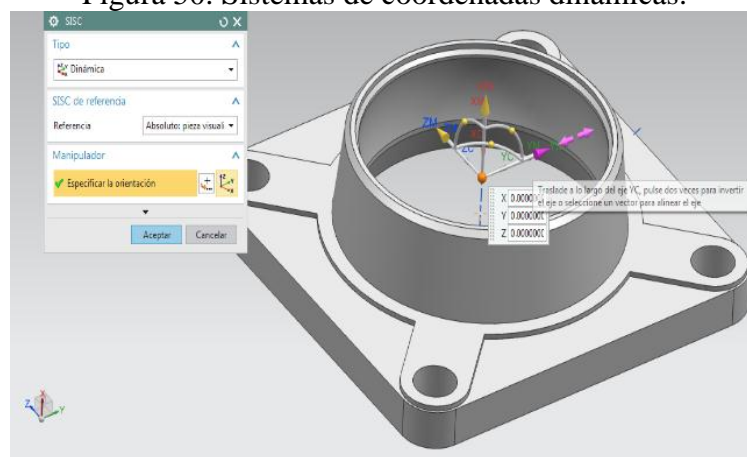
4.3.1. Entorno de mecanizado. En la primera fase generamos un entorno de maquinado, donde seleccionamos una CAM-general, tipo de fresadora. Escogido el entorno de mecanizado aceptamos el ajuste inicial, se crea un nuevo programa que se lo puede renombrar de acuerdo a las operaciones en cierto punto de coordenadas.

Figura 49. Fijación del sistema de coordenadas para la máquina.



Fuente: Autores

Figura 50. Sistemas de coordenadas dinámicas.



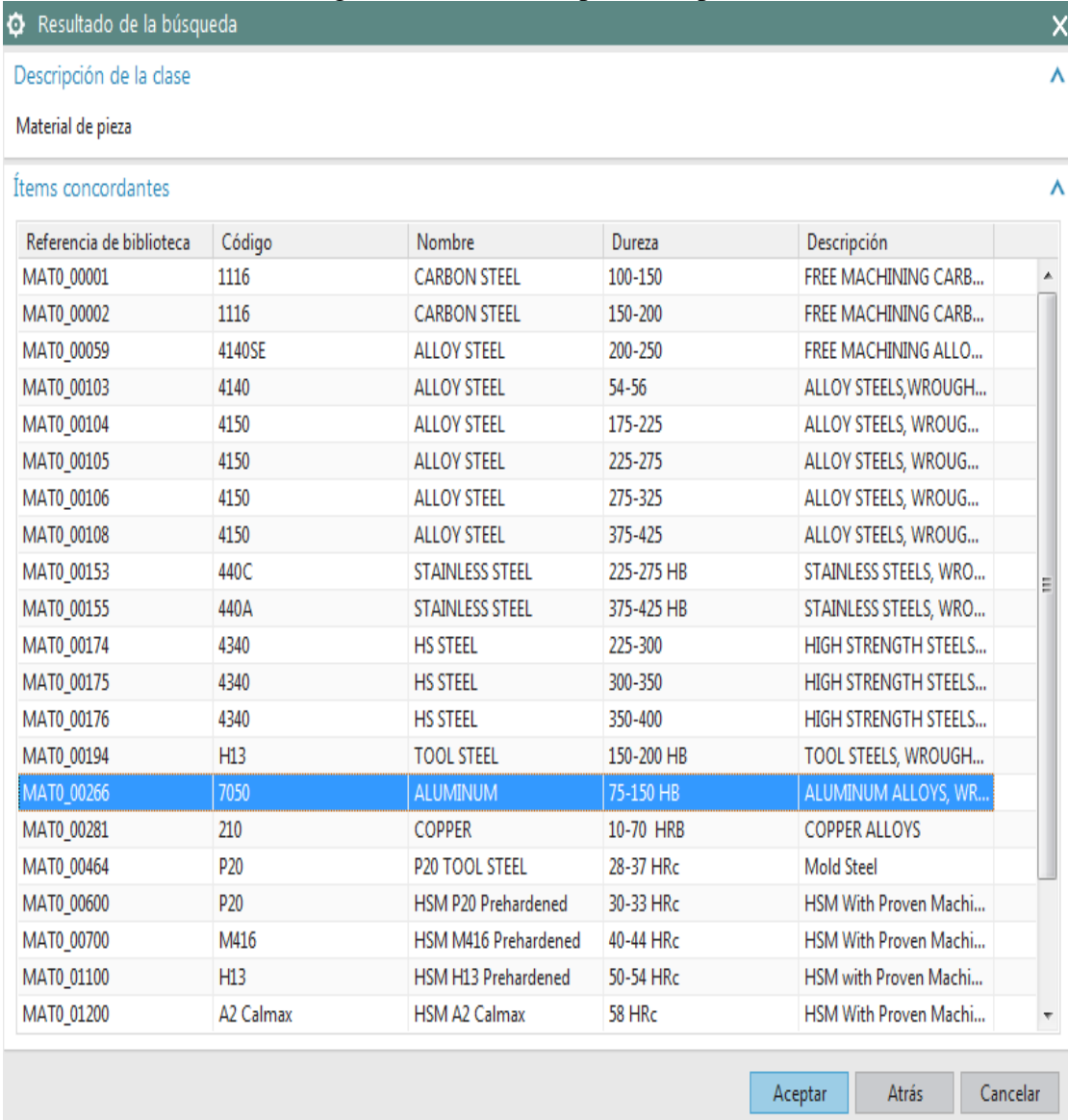
Fuente. Autores

El sistema de coordenadas identifica el inicio del mecanizado para todas las trayectorias que se generan en las diferentes operaciones del simulado.

4.3.2. Especificación del material del soporte. El modelo para la chumacera se lo realiza en aluminio por motivos demostrativos, en el campo industrial estos soportes se someten a esfuerzos físicos y mecánicos por lo cual se recomienda fabricarlos en fundición gris o en acero estampado.

NX presenta una gama extensa de los materiales existentes para la fabricación de elementos mecánicos, es necesario asignar a nuestro modelo uno de ellos que dentro del proceso de modelación ayuda con la obtención de los parámetros de mecanizado. El correcto desbastado de alta velocidad de NX mantiene elevados los índices de eliminación de metal y, al mismo tiempo, gestiona las cargas de las herramientas.

Figura 51. Materiales para el soporte.



Referencia de biblioteca	Código	Nombre	Dureza	Descripción
MATO_00001	1116	CARBON STEEL	100-150	FREE MACHINING CARB...
MATO_00002	1116	CARBON STEEL	150-200	FREE MACHINING CARB...
MATO_00059	4140SE	ALLOY STEEL	200-250	FREE MACHINING ALLO...
MATO_00103	4140	ALLOY STEEL	54-56	ALLOY STEELS, WROUGH...
MATO_00104	4150	ALLOY STEEL	175-225	ALLOY STEELS, WROUG...
MATO_00105	4150	ALLOY STEEL	225-275	ALLOY STEELS, WROUG...
MATO_00106	4150	ALLOY STEEL	275-325	ALLOY STEELS, WROUG...
MATO_00108	4150	ALLOY STEEL	375-425	ALLOY STEELS, WROUG...
MATO_00153	440C	STAINLESS STEEL	225-275 HB	STAINLESS STEELS, WRO...
MATO_00155	440A	STAINLESS STEEL	375-425 HB	STAINLESS STEELS, WRO...
MATO_00174	4340	HS STEEL	225-300	HIGH STRENGTH STEELS...
MATO_00175	4340	HS STEEL	300-350	HIGH STRENGTH STEELS...
MATO_00176	4340	HS STEEL	350-400	HIGH STRENGTH STEELS...
MATO_00194	H13	TOOL STEEL	150-200 HB	TOOL STEELS, WROUGH...
MATO_00266	7050	ALUMINUM	75-150 HB	ALUMINUM ALLOYS, WR...
MATO_00281	210	COPPER	10-70 HRB	COPPER ALLOYS
MATO_00464	P20	P20 TOOL STEEL	28-37 HRc	Mold Steel
MATO_00600	P20	HSM P20 Prehardened	30-33 HRc	HSM With Proven Machi...
MATO_00700	M416	HSM M416 Prehardened	40-44 HRc	HSM With Proven Machi...
MATO_01100	H13	HSM H13 Prehardened	50-54 HRc	HSM with Proven Machi...
MATO_01200	A2 Calmax	HSM A2 Calmax	58 HRc	HSM With Proven Machi...

Fuente: Autores

4.3.3. Sobredimensionamiento del material. El bloque de aluminio se fundió con las siguientes especificaciones: una base de (185x185) mm y un espesor de 80mm.

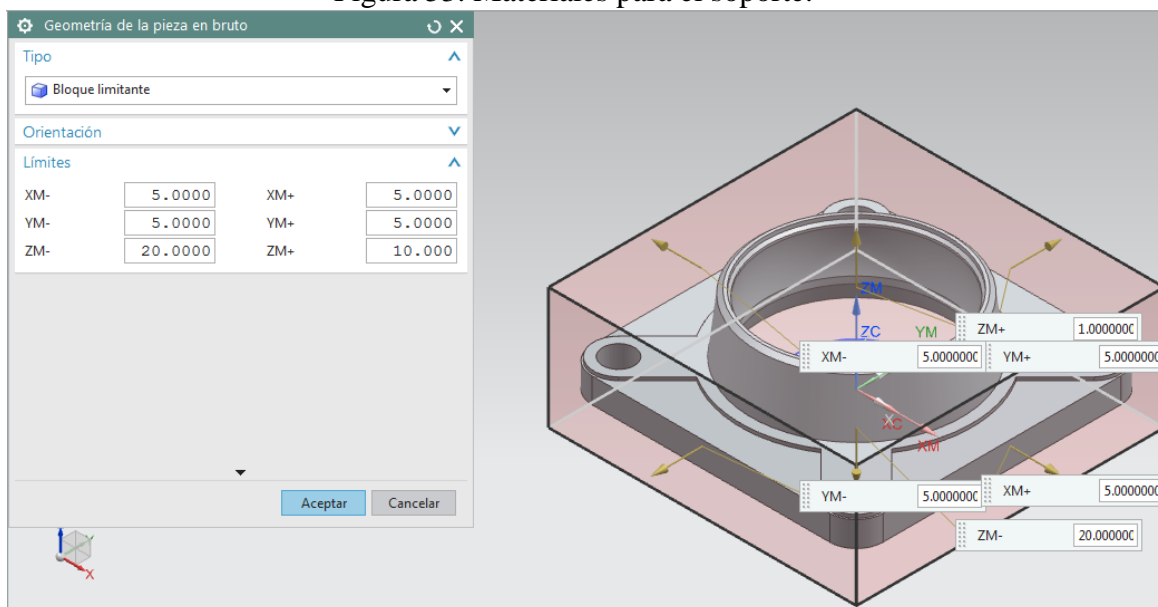
Figura 52. Bloque fundido



Fuente: Autores.

La geometría de la pieza en bruto se genera con la sobre medida en todas las caras del cubo de aluminio, considerado para planeado del material y sujeción de la pieza, el fresado de restos automatiza la eliminación del material sobrante de operaciones anteriores, además de optimizar el contacto de la herramienta con la pieza.

Figura 53. Materiales para el soporte.



Fuente: Autores.

4.3.4. Selección de Máquina y Postprocesador. Según las especificaciones del centro de mecanizado Bridgeport es una fresadora Vertical de 3 ejes con un postprocesador FANUC. Indicamos a NX el tipo máquina herramienta a utilizar. Podrá configurar, agregar fácilmente las operaciones de mecanizado basado en funciones, así como la forma de seleccionarlas, mediante un editor que identifica los diferentes postprocesadores que existen en el mercado y si en el caso de no encontrar el postprocesador para el centro de mecanizado, podemos descargarlo de la página de siemens.

Figura 54. Selección de Máquina-Herramienta

Resultado de la búsqueda

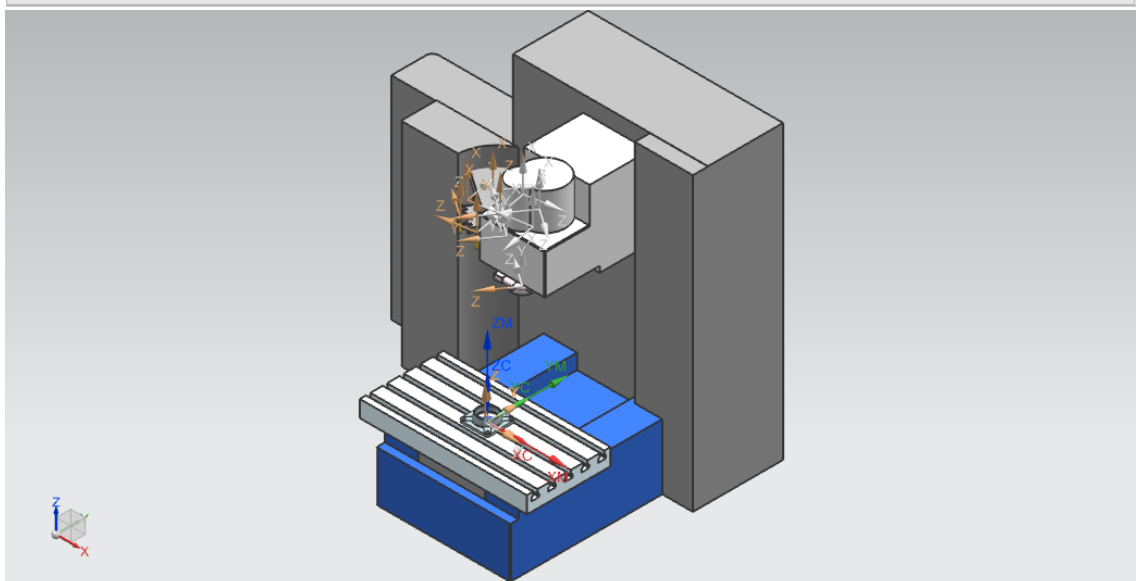
Descripción de la clase

FRESA

Ítems concordantes

libref	Descripción	Control	Fabricante	rigidity
sim01_mill_3ax_fanuc_mm	3-Ax Mill Vertical	Fanuc	Example	1
sim01_mill_3ax_tnc_mm	3-Ax Mill Vertical	HeidenhainTNC	Example	1
sim01_mill_3ax_sinumeri...	3-Ax Mill Vertical	Sinumerk	Example	1
sim02_mill_3ax_fanuc_mm	3-Ax Mill Horizontal	Fanuc	Example	1
sim02_mill_3ax_tnc_mm	3-Ax Mill Horizontal	HeidenhainTNC	Example	1
sim02_mill_3ax_sinumeri...	3-Ax Mill Horizontal	Sinumerk	Example	1
sim03_mill_4ax_fanuc_mm	4-Ax Mill Horizontal B-Ta...	Fanuc	Example	1
sim03_mill_4ax_tnc_mm	4-Ax Mill Horizontal B-Ta...	HeidenhainTNC	Example	1
sim03_mill_4ax_sinumeri...	4-Ax Mill Horizontal B-Ta...	Sinumerk	Example	1
sim04_mill_4ax_fanuc_mm	4-Ax Mill Vertical A-Table	Fanuc	Example	1
sim04_mill_4ax_tnc_mm	4-Ax Mill Vertical A-Table	HeidenhainTNC	Example	1
sim04_mill_4ax_sinumeri...	4-Ax Mill Vertical A-Table	Sinumerk	Example	1
sim05_mill_5ax_fanuc_mm	5-Ax Mill Gantry AC-Head	Fanuc	Example	1
sim05_mill_5ax_tnc_mm	5-Ax Mill Gantry AC-Head	HeidenhainTNC	Example	1
sim05_mill_5ax_sinumeri...	5-Ax Mill Gantry AC-Head	Sinumerk	Example	1
sim05_mill_5ax_okuma_...	5-Ax Mill Gantry AC-Head	okuma	Example	1
sim06_mill_5ax_fanuc_mm	5-Ax Mill Vertical BC-Tab...	Fanuc	Example	1

Aceptar Atrás Cancelar



4.3.5. *Herramientas de corte.*

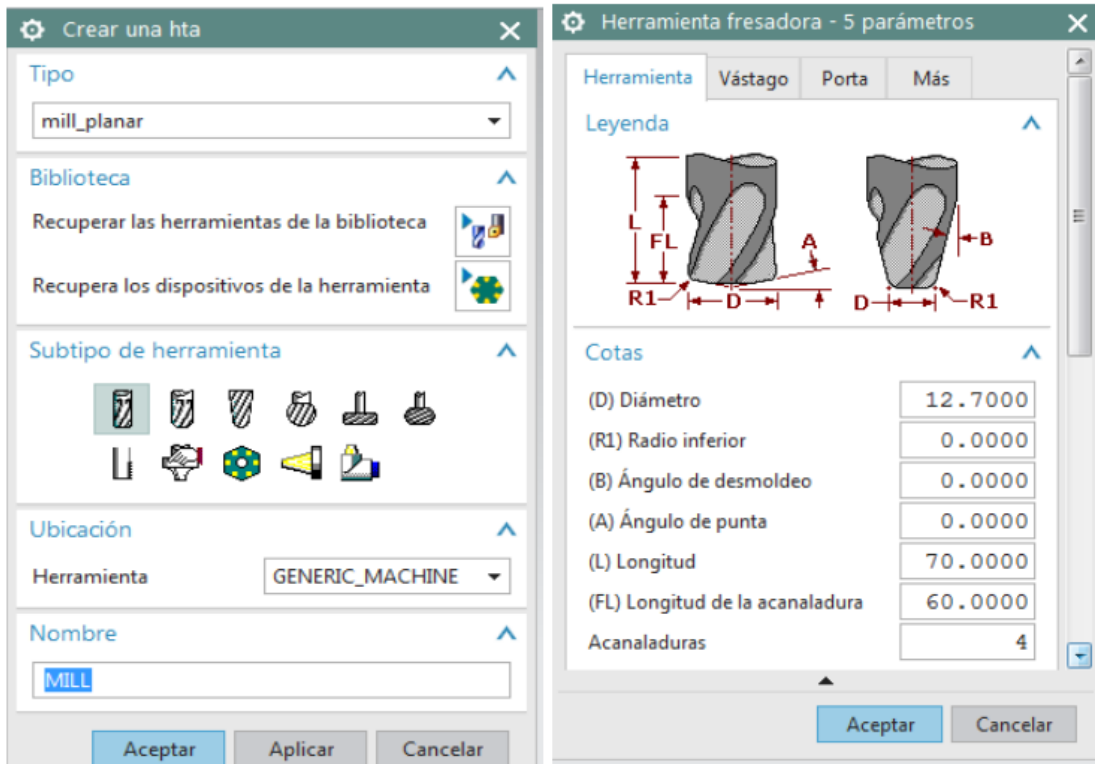
4.3.5.1. *Para metros de la herramienta.* Vamos a la ventana para personalizar nuestra herramienta o creamos una con las características para el mecanizado que debemos generar.

En el caso del planeado utilizamos una fresa plana de dimensiones de 1/2" de carburo NG, que permite mecanizar a altas velocidades y avances en materiales como aluminio, acero rápido.

Al utilizar la herramienta con insertos podemos mecanizar con las velocidades máximas del centro de mecanizado, si el material que especificamos para el elemento tiene mayores características de dureza basamos los datos en los cálculos.

Las dimensiones de las herramientas deben estar muy bien especificadas para que el programa genere las debidas compensaciones para el simulado del proceso. Una vez ingresados los valores, asignamos el tipo de material para nuestra fresa que dependerá del material en el cual se mecanice el soporte.

Figura 55. Parámetros de la herramienta.



Fuente: Autores.

4.3.5.2. *Selección del material de la herramienta.* Por las especificaciones anteriores nuestras herramientas son de acero rápido.

Figura 56. Material de la herramienta.

Resultado de la búsqueda

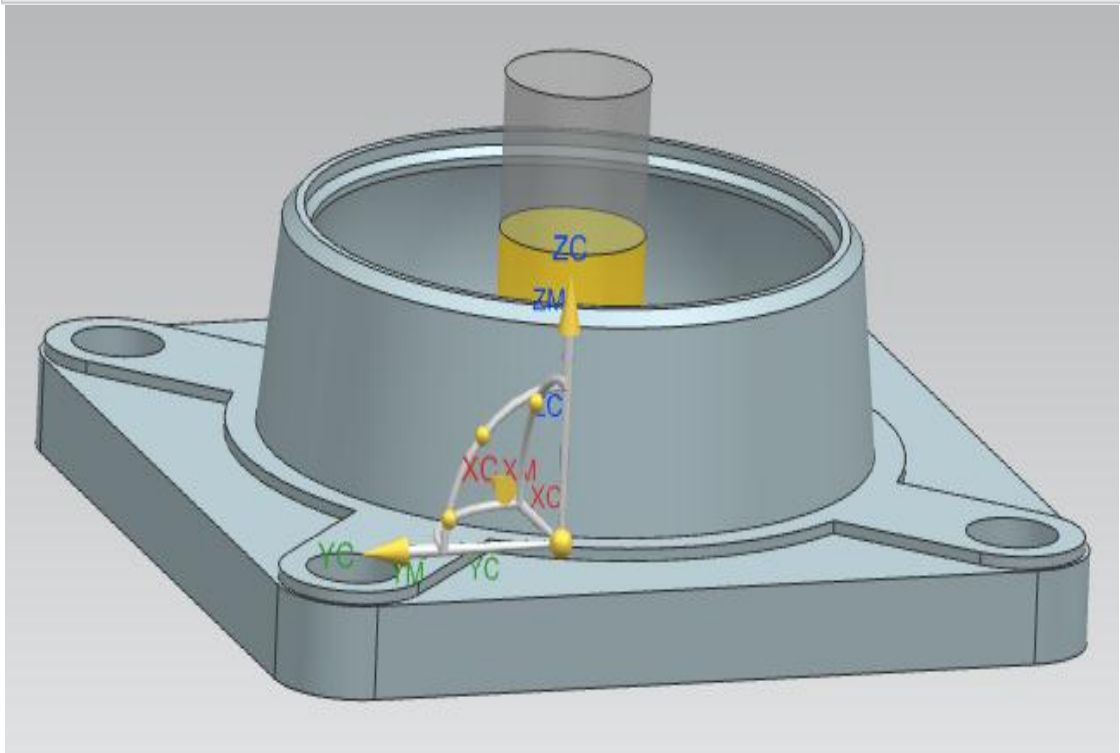
Descripción de la clase

Material de la herramienta

Ítems concordantes

Referencia de biblioteca	Nombre del material	Descripción del material
TMC0_00001	HSS	High Speed Steel
TMC0_00002	Carbide	Carbide, Uncoated (Brazed and Solid)
TMC0_00003	Carbide	Carbide, Uncoated (Indexable)
TMC0_00004	Carbide Coated	Carbide, Coated (Indexable - TiN, TiC, and Aluminum Oxide)
TMC0_00006	HSS Coated	High Speed Steel Coated
TMC0_00021	HSM Ball Mill TiAlN Coat...	HSM Carbide Ball Mill
TMC0_00022	HSM End Mill TiAlN Coat...	HSM Carbide End Mill, up to 5% Corner Radius
TMC0_00023	HSM Bull Nose Inserted	HSM Inserted Bull-nose Mill
TMC0_00025	HSM End Mill Inserted	HSM Inserted End Mill, up to 5% Corner Radius
TMC0_00026	HSM Ball Mill Inserted	HSM Inserted Ball Mill
TMC0_00027	HSM Bull Nose TiAlN Co...	HSM Carbide Bull-nose Mill
TMC0_00028	HSM End Mill Extra Long	HSM HardCut Inserted End Mill, Extra long
TMC0_00041	Ruby	Ruby
TMC0_00042	Silicon Nitride	Silicon Nitride
TMC0_00043	Zirconia	Zirconia
TMC0_00051	Brass Wire	Brass Wire
TMC0_00052	Zinc Coated Brass Wire	Zinc Coated Brass Wire

Aceptar Atrás Cancelar

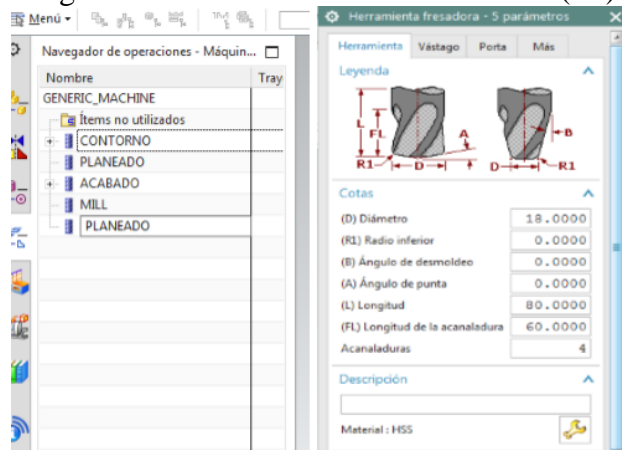


Fuente: Autores.

4.3.5.3. Herramientas de mecanizado. Las herramientas se crean de acuerdo al perfil del soporte, tenemos herramientas para devastado, acabado, fresado de forma, planeado.

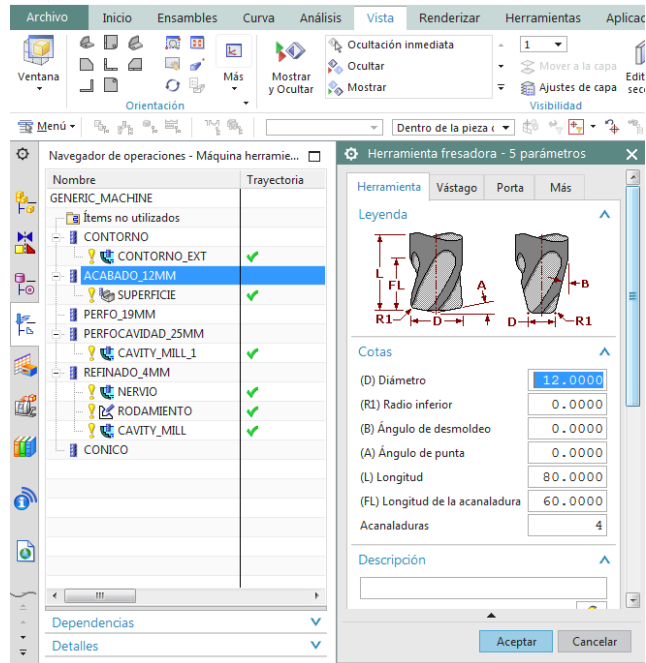
NX compensa las dimensiones de las herramientas con diámetros, ángulos y filetes, realiza los cálculos automáticos para avances, numero de revoluciones. Los valores son digitados acorde a las herramientas que se programen en la fabricación del soporte. Estos cálculos también se deben realizar manualmente para compararlos y evitar fallos durante el proceso de fabricación del soporte FY 512 U/AH que tiene altos índices de tolerancias por ser elementos de fricción continua.

Figura 57. Fresa 18mm HSS – Contorno (T1)



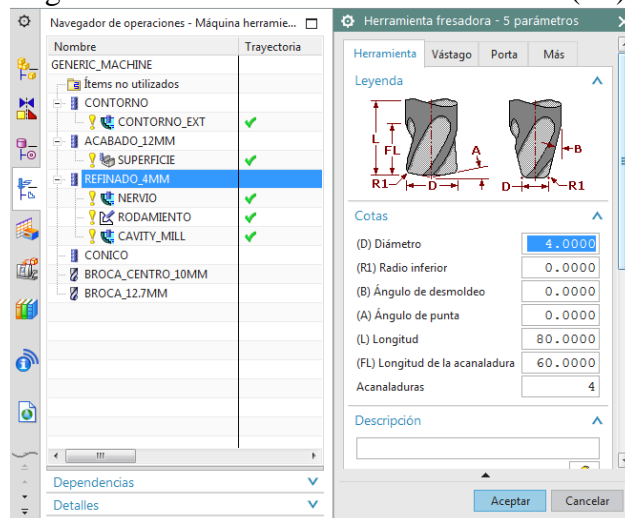
Fuente: Autores.

Figura 58. Fresa 12mm HSS – ACABADO (T2)



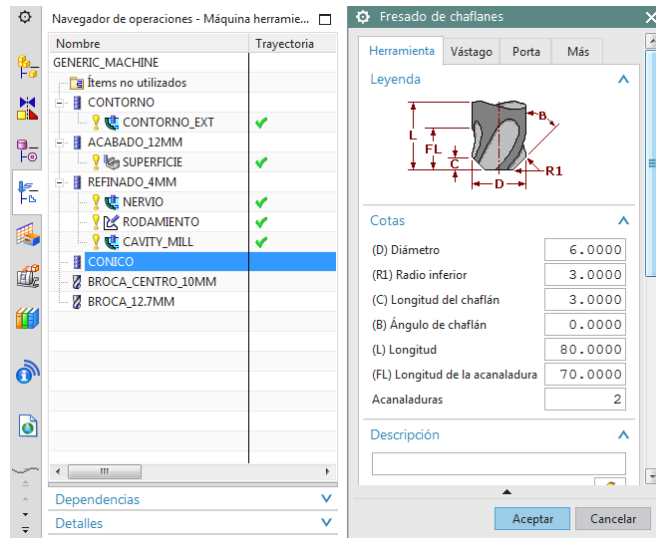
Fuente: Autores

Figura 59. Fresa 4mm HSS – REFINADO (T3)



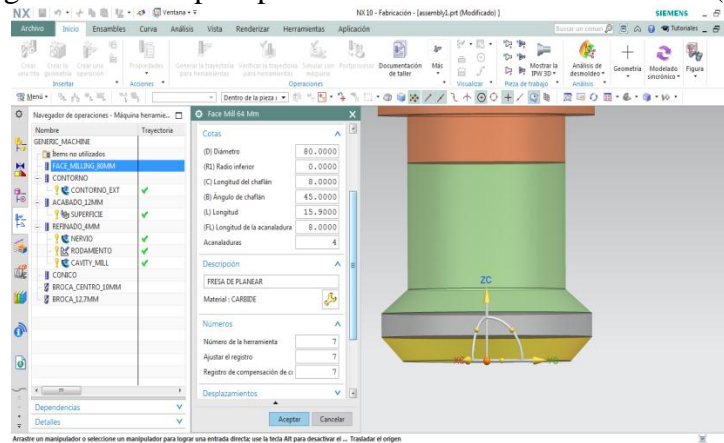
Fuente: Autores

Figura 60. Fresa redonda R3 mm-HSS-CONICO (T4)



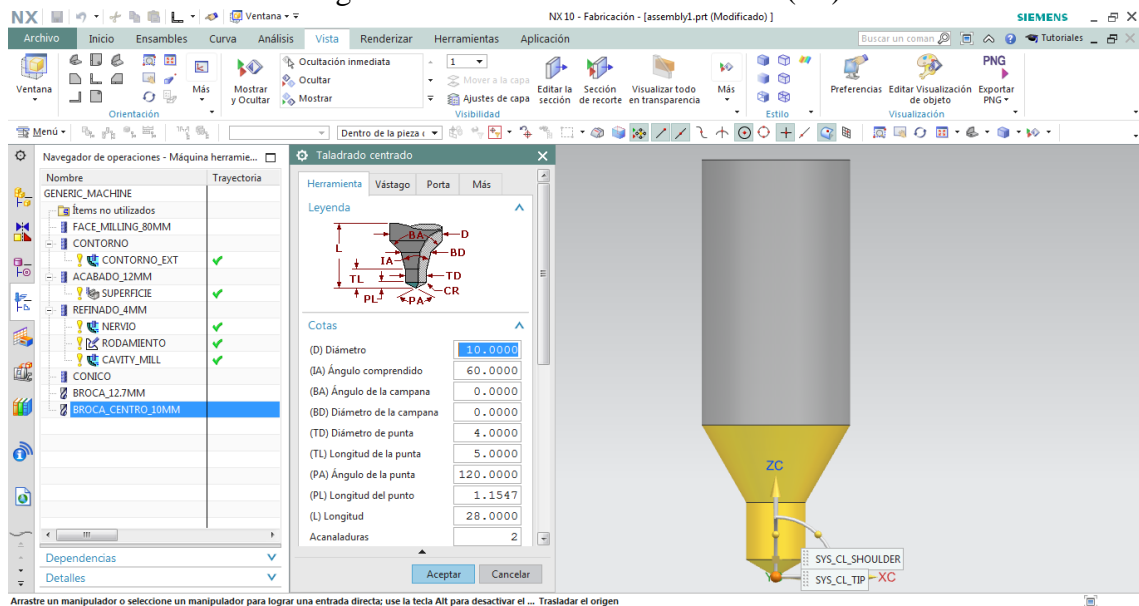
Fuente: Autores

Figura 61. Fresa para planeado con insertos-80 mm-HSS (T5)



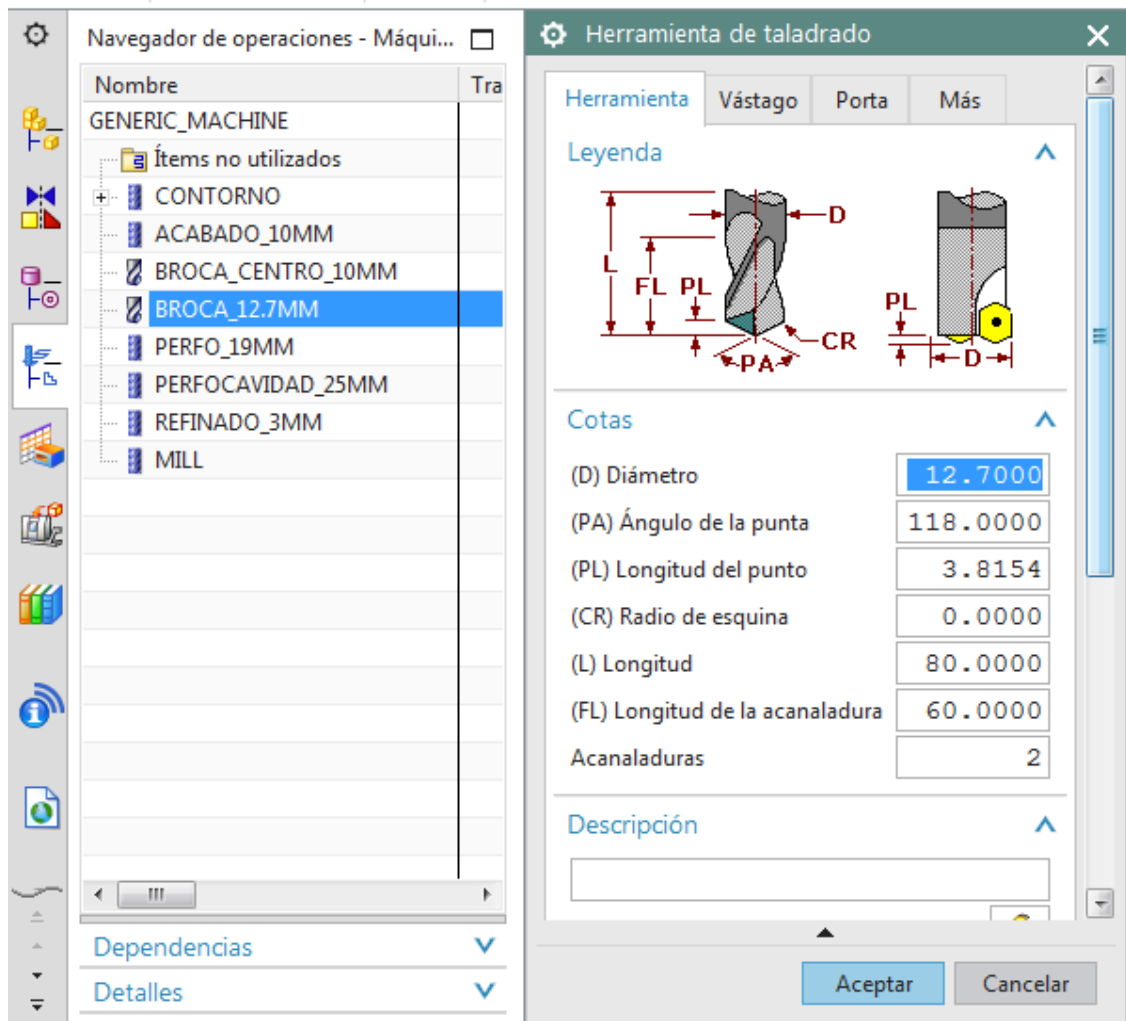
Fuente: Autores

Figura 62. Broca Centro 10mm HSS (T6)



Fuente: Autores

Figura 63. Broca 12,7mm HSS (T7)



Fuente: Autores

4.3.6. Operaciones de Trayectoria. Hay diferentes opciones en las que la herramienta puede desplazarse. Para comenzar creamos una operación de contorno para mecanizar los límites del soporte.

Definir el mecanizado en un esquema ordenado evita que las operaciones no contengan fallos como choques de material con la herramienta. Se hace necesario renombrar la operación y seleccionar las herramientas para cada proceso.

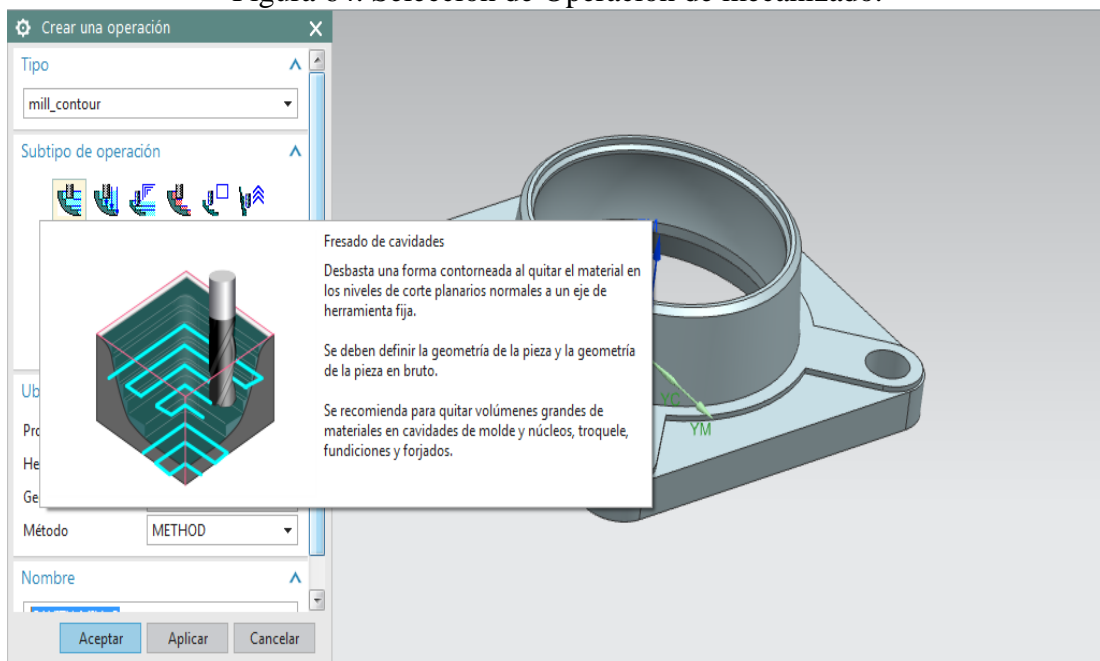
El diseño de los distintos elementos en un modelo permite identificar las operaciones que deben ejecutarse durante la construcción. En el proceso de fabricación influye el

tipo de operación porque NX genera la trayectoria dentro de un proceso configurado, solo determina las profundidades.

En cada pieza se analiza superficies, agujeros, contornos, chaflanes con el fin de eliminar operaciones innecesarias, además podemos economizar tiempo y dinero en la fabricación del soporte que es lo que se busca con la utilización de estas tecnologías.

En el icono de crear operaciones tenemos diferentes tipos de mecanizado: por contorno, para superficies planas, pocket, ranuras, etc. Seleccionamos un fresado de cavidades y colocamos los parámetros.

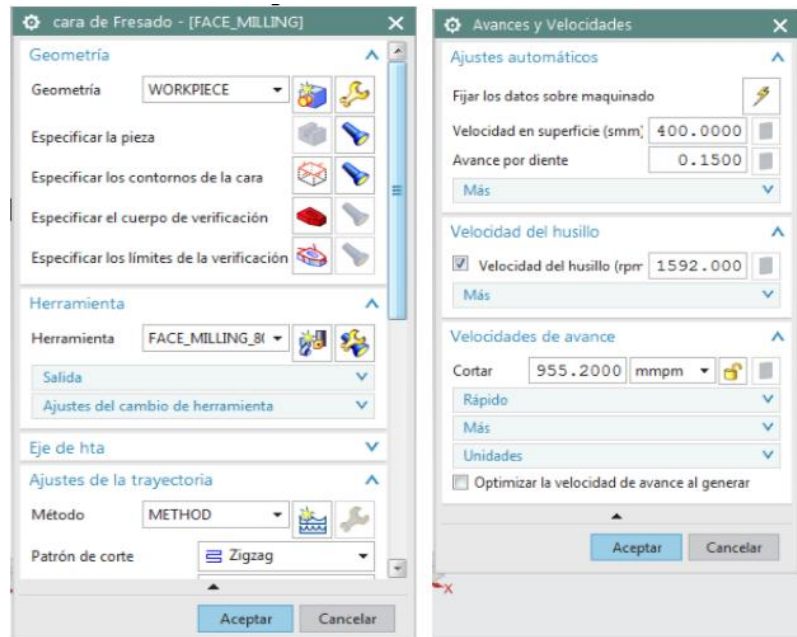
Figura 64. Selección de Operación de mecanizado.



Fuente: Autores.

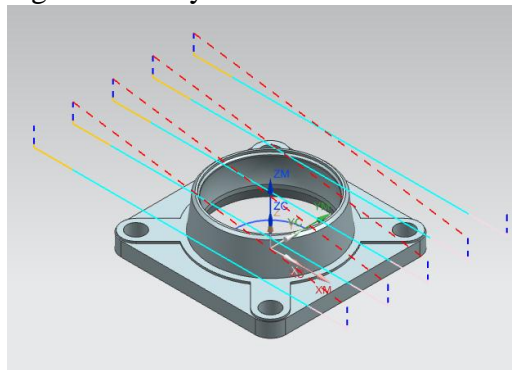
4.3.6.1. *Planeado.* Creamos una operación para fresado de caras.

Figura 65. Parámetros de Planeado



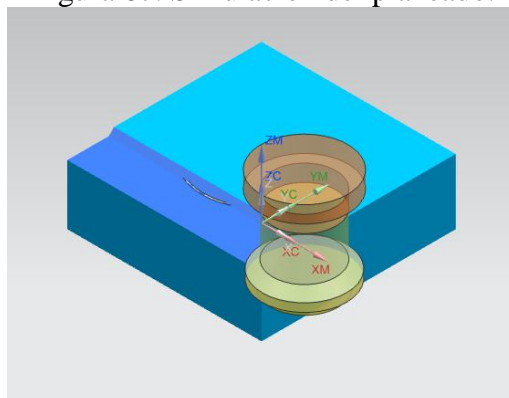
Fuente: Autores.

Figura 66. Trayectoria de la herramienta



Fuente: Autores.

Figura 67. Simulación del planeado.

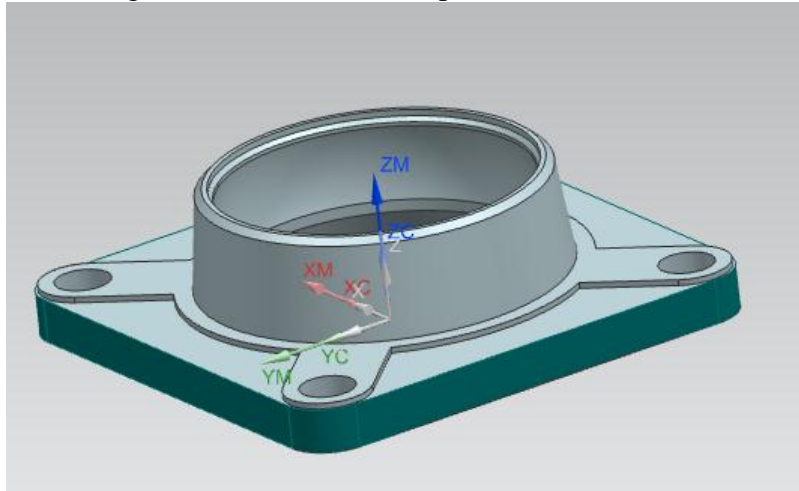


Fuente: Autores.

4.3.6.2. Contorno. Creada la superficie de referencia iniciamos con el mecanizado del contorno por medio de superficies, la operación define los límites de los soportes para referencias posteriores.

Seleccionamos las superficies donde la operación realiza las respectivas trayectorias para la herramienta y ubicamos los parámetros de corte.

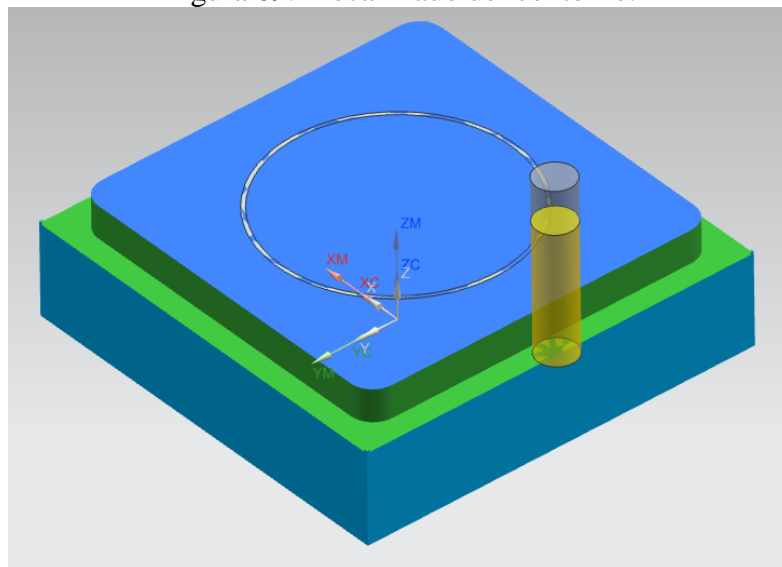
Figura 68. Selección de superficies de contorno.



Fuente: Autores.

Ubicados las velocidades, avances y parámetros de corte generamos la operación y la mandamos a simular para identificar erros de trayectoria, también podemos identificar por medio de un zoom el acabado de la superficie.

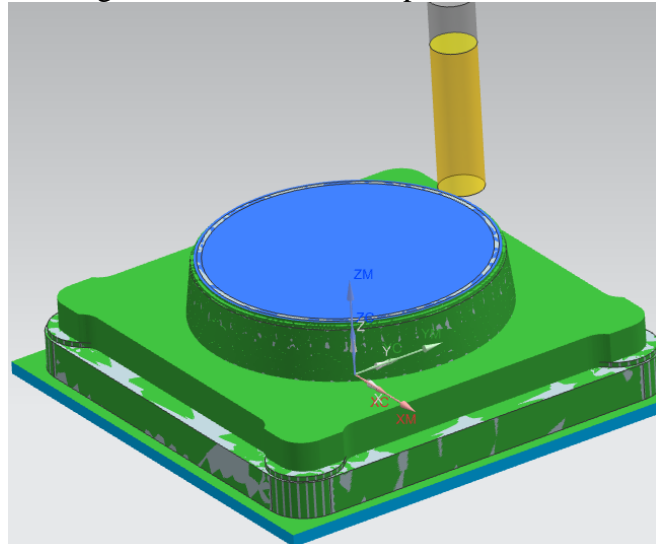
Figura 69. Mecanizado del contorno.



Fuente: Autores.

4.3.6.3. Superficie Cónica. Con un vaciado entre el límite de la superficie y el contorno obtenemos el 30 % de mecanizado, cabe descartar que la fresa a utilizar es de 18MM-HSS y dejando un sobre material para el refinado

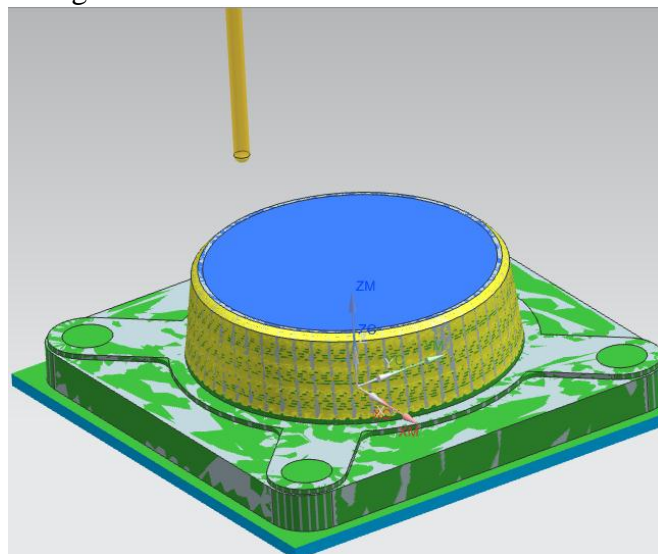
Figura 70. Mecanizado superficie cónica.



Fuente: Autores.

Realizamos un refinado de la superficie con una fresa redonda de R6 mm – HSS y un avance menor para un mejor acabado que lo identificamos por la superficie que se diferencia en el plataforma de NX, en la parte inferior del mecanizado final, la herramienta no pudo alcanzar toda la superficie y se debe hacer una pasada con otra herramienta de menor diámetro.

Figura 71. Simulación de mecanizado cónico.

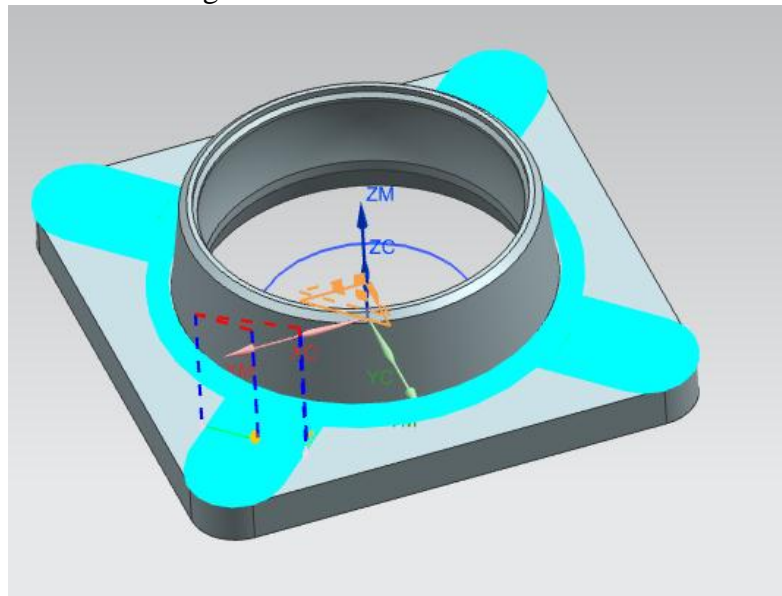


Fuente: Autores

4.3.6.4. Contorno Nervio. Se genera una serie de líneas identificadas como trayectorias, las operaciones fijadas y ordenadas pueden disminuir el tiempo de construcción del soporte.

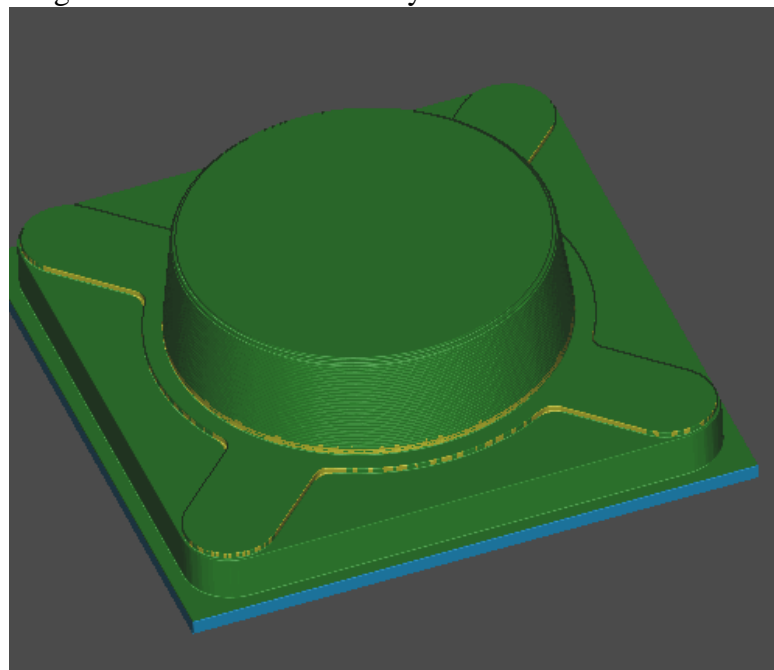
Refinamos el mecanizado para el nervio del soporte con la operación fresado de cavidades que permite realizar un contorno a través de superficies con una fresa de 4MM-HSS.

Figura 72. Mecanizado del Nervio.



Fuente: Autores

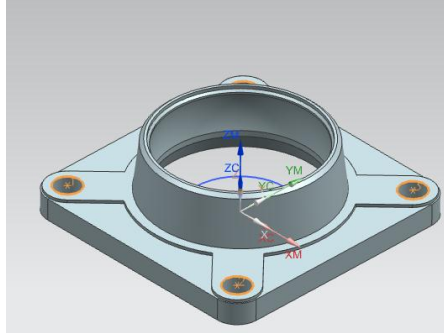
Figura 73. Verificación de trayectoria contorno de nervio.



Fuente: Autores.

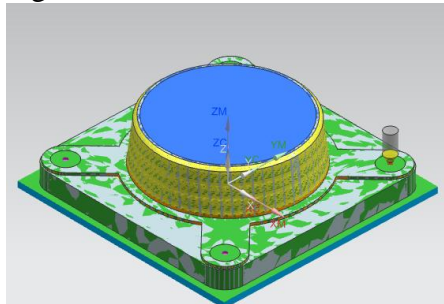
4.3.6.5. Perforaciones. Para el taladrado de los agujeros de 19mm utilizamos una broca centro para especificar los puntos de perforación.

Figura 74. Selección de agujeros.



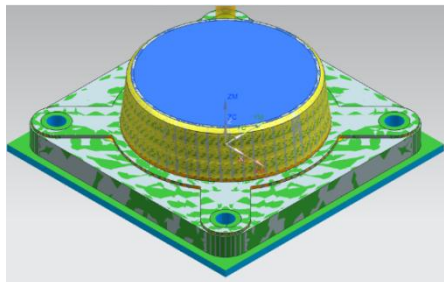
Fuente: Autores.

Figura 75. Perforaciones de centro.



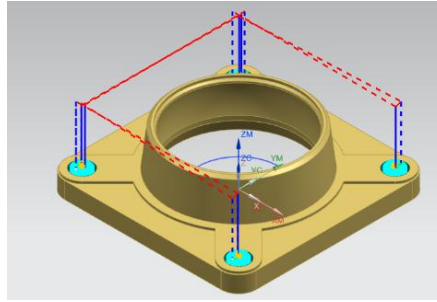
Fuente: Autores.

Figura 76. Perforaciones con broca de 12,7 mm



Fuente: Autores.

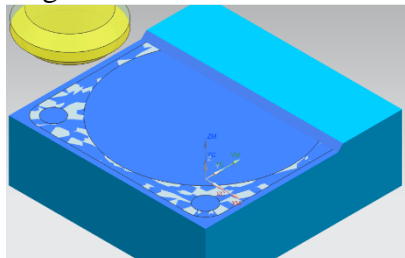
Figura 77. Agujeros de 19 mm por contorno.



Fuente: Autores.

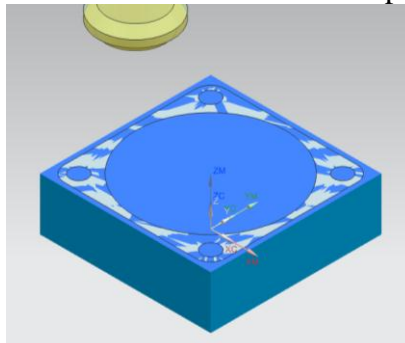
4.3.6.6. *Planeado Posterior.*

Figura 78. Planeado Posterior.



Fuente: Autores.

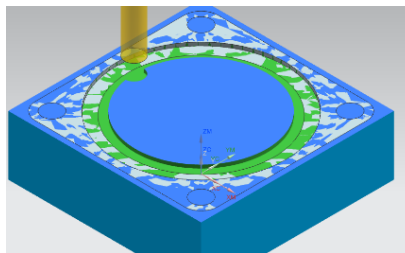
Figura 79. Mecanizado de la base del Soporte FY512.



Fuente: Autores.

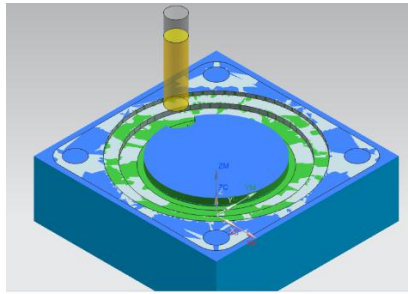
4.3.6.7. *Alivianamientos del soporte.*

Figura 80. Mecanizado de alivianamientos.



Fuente: Autores.

Figura 81. Mecanizado de ranuras.



Fuente: Autores.

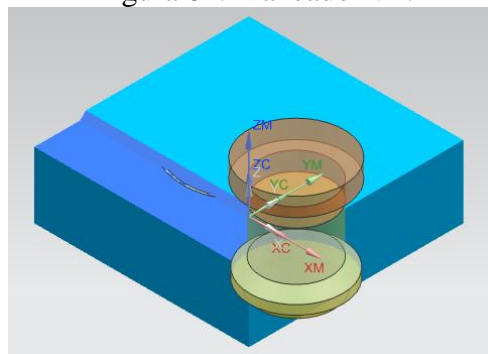
CAPÍTULO V

5. FABRICACIÓN DEL SOPORTE FY 512 U/AH EN EL CENTRO DE MECANIZADO BRIDGEPORT VMC 800-22

5.1. Generación de códigos ISO

5.1.1. Planeado.

Figura 82. Planeado NX.



Fuete: Autores

%	N122 X151.351
O0000 (MECANIZADO SUPERIOR)	N124 Y-21.959
(MATERIAL - ALUMINUM - 2024)	N126 X-154.368
(T5 H5) (FRESA DE PLANEAR)	N128 Y-63.491
(T5-80MM-INSERTOS)	N130 X151.351
N100 G90G71G17G40G75G54	N132 Y-105.023
N101 T1 M6	N134 X-194.368
N106 G0 X-194.368 Y102.636 S1592	N136 G0 Z25.
M3	N138 Y102.636
N108 G0 Z50.	N140 Z10.
N110 Z10.	N142 G1 Z-1.
N112 G1 Z0. F956.	N144 X151.351
N114 X151.351	N146 Y61.104
N116 Y61.104	N148 X-154.368
N118 X-154.368	N150 Y19.572
N120 Y19.572	N152 X151.351

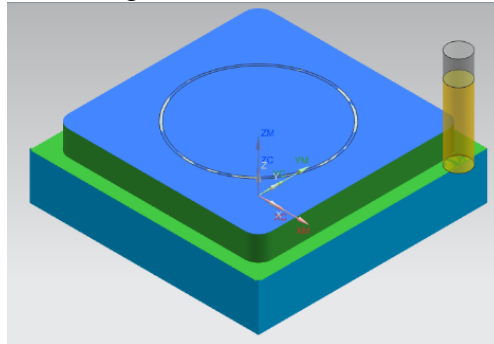
9

N154 Y-21.959
N156 X-154.368
N158 Y-63.491
N160 X151.351
N162 Y-105.023
N164 X-194.368
N166 G0 Z25.
N168 Y102.636
N170 Z10.
N172 G1 Z-2.
N174 X151.351
N176 Y61.104
N178 X-154.368
N180 Y19.572
N182 X151.351
N184 Y-21.959
N186 X-154.368
N188 Y-63.491
N190 X151.351
N194 X-194.368
N196 G0 Z25.
N198 Y102.636
N200 Z10.
N202 G1 Z-3.
N204 X151.351
N206 Y61.104
N208 X-154.368
N210 Y19.572
N212 X151.351
N214 Y-21.959
N216 X-154.368
N218 Y-63.491
N220 X151.351
N224 X-194.368

N226 G0 Z25.
N228 Y102.636
N230 Z10.
N232 G1 Z-4.
N234 X151.351
N236 Y61.104
N238 X-154.368
N240 Y19.572
N242 X151.351
N244 Y-21.959
N246 X-154.368
N248 Y-63.491
N250 X151.351
N252 Y-105.023
N254 X-194.368
N256 G0 Z25.
N258 Y102.636
N260 Z10.
N262 G1 Z-5.
N264 X151.351
N266 Y61.104
N268 X-154.368
N270 Y19.572
N272 X151.351
N274 Y-21.959
N276 X-154.368
N278 Y-63.491
N280 X151.351
N282 Y-105.023
N284 X-194.368
N286 G0 Z50.
N288 M5
N294 M30
%

5.1.2. Mecanizado por Contorno.

Figura 83. Contorno NX



Fuente: Autores

%	N138 G3 X-71.5 Y-96.5 I-71.5 J-71.5
O0000 (MECANIZADO SUPERIOR)	N140 G1 X71.5
(MATERIAL - ALUMINUM - 2024)	N142 G3 X96.5 Y-71.5 I71.5 J-71.5
(T1 H1) (FRESA 18MM-HSS)	N144 G1 Y71.5
N100 G90G71G17G40G75G54	N146 G3 X71.5 Y96.5 I71.5 J71.5
N102 T1 M6	N148 G1 X0.
N104 G0 X0. Y96.5 S3537 M3	N150 Z2.
N106 G0 Z50.	N152 X-71.5
N108 Z10.	N154 G3 X-96.5 Y71.5 I-71.5 J71.5
N110 G1 Z4. F1415.	N156 G1 Y-71.5
N112 X-71.5	N158 G3 X-71.5 Y-96.5 I-71.5 J-71.5
N114 G3 X-96.5 Y71.5 I-71.5 J71.5	N160 G1 X71.5
N116 G1 Y-71.5	N162 G3 X96.5 Y-71.5 I71.5 J-71.5
N118 G3 X-71.5 Y-96.5 I-71.5 J-71.5	N164 G1 Y71.5
N120 G1 X71.5	N166 G3 X71.5 Y96.5 I71.5 J71.5
N122 G3 X96.5 Y-71.5 I71.5 J-71.5	N168 G1 X0.
N124 G1 Y71.5	N170 Z1.
N126 G3 X71.5 Y96.5 I71.5 J71.5	N172 X-71.5
N128 G1 X0.	N174 G3 X-96.5 Y71.5 I-71.5 J71.5
N130 Z3.	N176 G1 Y-71.5
N132 X-71.5	N178 G3 X-71.5 Y-96.5 I-71.5 J-71.5
N134 G3 X-96.5 Y71.5 I-71.5 J71.5	N180 G1 X71.5
N136 G1 Y-71.5	N182 G3 X96.5 Y-71.5 I71.5 J-71.5

9

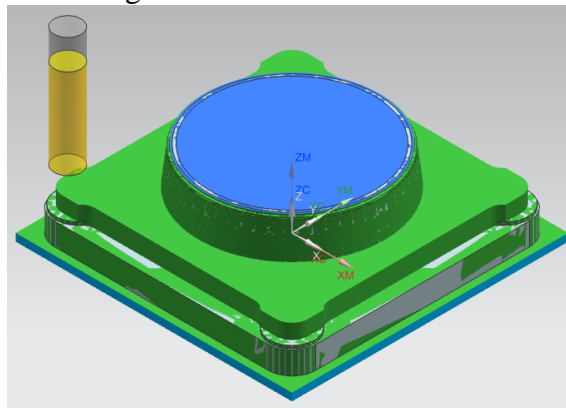
N184 G1 Y71.5
N186 G3 X71.5 Y96.5 I71.5 J71.5
N188 G1 X0.
N190 Z0.
N192 X-71.5
N194 G3 X-96.5 Y71.5 I-71.5 J71.5
N196 G1 Y-71.5
N198 G3 X-71.5 Y-96.5 I-71.5 J-71.5
N200 G1 X71.5
N202 G3 X96.5 Y-71.5 I71.5 J-71.5
N204 G1 Y71.5
N206 G3 X71.5 Y96.5 I71.5 J71.5
N208 G1 X0.
N210 Z-1.
N212 X-71.5
N214 G3 X-96.5 Y71.5 I-71.5 J71.5
N216 G1 Y-71.5
N218 G3 X-71.5 Y-96.5 I-71.5 J-71.5
N220 G1 X71.5
N222 G3 X96.5 Y-71.5 I71.5 J-71.5
N224 G1 Y71.5
N226 G3 X71.5 Y96.5 I71.5 J71.5
N228 G1 X0.
N230 Z-2.
N232 X-71.5
N234 G3 X-96.5 Y71.5 I-71.5 J71.5
N236 G1 Y-71.5
N238 G3 X-71.5 Y-96.5 I-71.5 J-71.5
N240 G1 X71.5
N242 G3 X96.5 Y-71.5 I71.5 J-71.5
N244 G1 Y71.5
N246 G3 X71.5 Y96.5 I71.5 J71.5
N248 G1 X0.
N250 Z-3.

N254 G3 X-96.5 Y71.5 I-71.5 J71.5
N256 G1 Y-71.5
N258 G3 X-71.5 Y-96.5 I-71.5 J-71.5
N260 G1 X71.5
N262 G3 X96.5 Y-71.5 I71.5 J-71.5
N264 G1 Y71.5
N266 G3 X71.5 Y96.5 I71.5 J71.5
N268 G1 X0.
N270 Z-4.
N272 X-71.5
N274 G3 X-96.5 Y71.5 I-71.5 J71.5
N276 G1 Y-71.5
N278 G3 X-71.5 Y-96.5 I-71.5 J-71.5
N280 G1 X71.5
N282 G3 X96.5 Y-71.5 I71.5 J-71.5
N284 G1 Y71.5
N286 G3 X71.5 Y96.5 I71.5 J71.5
N288 G1 X0.
N290 Z-5.
N292 X-71.5
N294 G3 X-96.5 Y71.5 I-71.5 J71.5
N296 G1 Y-71.5
N298 G3 X-71.5 Y-96.5 I-71.5 J-71.5
N300 G1 X71.5
N302 G3 X96.5 Y-71.5 I71.5 J-71.5
N304 G1 Y71.5
N306 G3 X71.5 Y96.5 I71.5 J71.5
N308 G1 X0.
N310 Z-6.
N312 X-71.5
N313 G0 Z50.
N314 M5
N315 M30

%

5.1.3. Mecanizado del contorno cónico.

Figura 84. Mecanizado cónico



Fuente: Autores

%	N136 X68.144 Y0. I0. J0.
O0000 (MECANIZADO SUPERIOR)	N138 X0. Y-68.144 I0. J0.
(MATERIAL - ALUMINUM - 2024)	N140 X-68.144 Y0. I0. J0.
(T1 H1) (FRESA 18MM-HSS)	N142 G1 Y18.
N100 G90G71G17G40G75G54	N144 G0 Z25.
N102 T1 M6	N146 X-68.26 Y-18.
N104 G0 X-68.027 Y-18. S3537 M3	N148 Z10.
N106 G0 Z50.	N150 G1 Z-1.
N108 Z10.	N152 Y0.
N110 G1 Z1. F1415.	N154 G2 X0. Y68.26 I0. J0.
N112 Y0.	N156 X68.26 Y0. I0. J0.
N114 G2 X0. Y68.027 I0. J0.	N158 X0. Y-68.26 I0. J0.
N116 X68.027 Y0. I0. J0.	N160 X-68.26 Y0. I0. J0.
N118 X0. Y-68.027 I0. J0.	N161 X-68.26 Y0. I0. J0
N120 X-68.027 Y0. I0. J0.	N162 G1 Y18.
N122 G1 Y18.	N163 G0 Z25.
N124 G0 Z25.	N164 G0 Z25.
N126 X-68.144 Y-18.	N166 X-68.377 Y-18.
N128 Z10.	N168 Z10.
N130 G1 Z0.	N170 G1 Z-2.
N132 Y0.	N172 Y0.
N134 G2 X0. Y68.144 I0. J0.	N174 G2 X0. Y68.377 I0. J0.

9

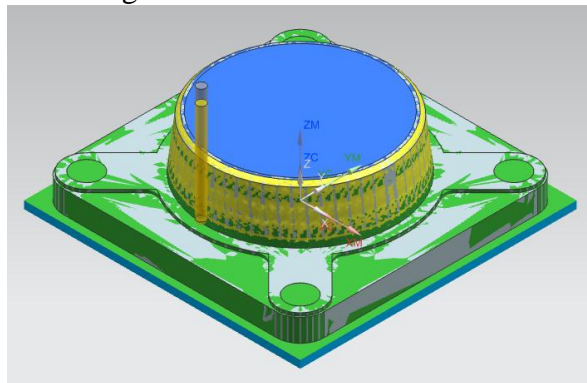
N176 X68.377 Y0. I0. J0.
N178 X0. Y-68.377 I0. J0.
N180 X-68.377 Y0. I0. J0.
N182 G1 Y18.
N184 G0 Z25.
N186 X-68.494 Y-18.
N188 Z10.
N190 G1 Z-3.
N192 Y0.
N194 G2 X0. Y68.494 I0. J0.
N196 X68.494 Y0. I0. J0.
N198 X0. Y-68.494 I0. J0.
N200 X-68.494 Y0. I0. J0.
N202 G1 Y18.
N204 G0 Z25.
N206 X-68.61 Y-18.
N208 Z10.
N210 G1 Z-4.
N212 Y0.
N214 G2 X0. Y68.61 I0. J0.
N216 X68.61 Y0. I0. J0.
N218 X0. Y-68.61 I0. J0.
N220 X-68.61 Y0. I0. J0.
N222 G1 Y18.
N224 G0 Z25.
N226 X-68.727 Y-18.
N228 Z10.
N230 G1 Z-5.
N232 Y0.
N234 G2 X0. Y68.727 I0. J0.
N236 X68.727 Y0. I0. J0.
N238 X0. Y-68.727 I0. J0.
N240 X-68.727 Y0. I0. J0.

N242 G1 Y18.
N244 G0 Z25.
N246 X-68.843 Y-18.
N248 Z10.
N250 G1 Z-6.
N252 Y0.
N254 G2 X0. Y68.843 I0. J0.
N256 X68.843 Y0. I0. J0.
N258 X0. Y-68.843 I0. J0.
N260 X-68.843 Y0. I0. J0.
N262 G1 Y18.
N264 G0 Z25.
N266 X-68.96 Y-18.
N268 Z10.
N269 X68.843 Y0. I0. J0.
N258 X0. Y-68.843 I0. J0.
N260 X-68.843 Y0. I0. J0.
N270 G1 Z-7.
N272 Y0.
N274 G2 X0. Y68.96 I0. J0.
N276 X68.96 Y0. I0. J0.
N278 X0. Y-68.96 I0. J0.
N280 X-68.96 Y0. I0. J0.
N282 G1 Y18.
N284 G0 Z25.
N286 X-69.077 Y-18.
N288 Z10.
N290 G1 Z-8.
N291 G1 Y18.
N292 G0 Z50.
N293 M5
N294 M30

%

5.1.4. Refinado de la superficie Cónico.

Figura 85. Acabado Cónico NX.



Fuente: Autores

%	N136 X61.428 Y0. I0. J0.
O0000 (MECANIZADO SUPERIOR)	N138 X0. Y-61.428 I0. J0.
(MATERIAL - ALUMINUM - 2024)	N140 X-61.428 Y0. I0. J0.
(T4 H4) (FRESA R3MM-HSS)	N142 G1 Y6.
N100 G90G71G17G40G75G54	N144 G0 Z10.
N102 T4 M6	N146 X-61.544 Y-6.
N104 G0 X-61.311 Y-6. S3183 M3	N148 Z2.
N106 G0 Z50.	N150 G1 Z-2. F2000.
N108 Z2.	N152 Y0. F3000.
N110 G1 Z0. F446.	N154 G2 X0. Y61.544 I0. J0.
N112 Y0. F3000.	N156 X61.544 Y0. I0. J0.
N114 G2 X0. Y61.311 I0. J0.	N158 X0. Y-61.544 I0. J0.
N116 X61.311 Y0. I0. J0.	N160 X-61.544 Y0. I0. J0.
N118 X0. Y-61.311 I0. J0.	N162 G1 Y6.
N120 X-61.311 Y0. I0. J0.	N164 G0 Z10.
N122 G1 Y6.	N166 X-61.661 Y-6.
N124 G0 Z10.	N168 Z2.
N126 X-61.428 Y-6.	N170 G1 Z-3. F2000.
N128 Z2.	N172 Y0. F3000.
N130 G1 Z-1. F2000.	N174 G2 X0. Y61.661 I0. J0.
N132 Y0. F3000.	N176 X61.661 Y0. I0. J0.
N134 G2 X0. Y61.428 I0. J0.	N178 X0. Y-61.661 I0. J0.

N180 X-61.661 Y0. I0. J0.

N182 G1 Y6.

N184 G0 Z10.

N186 X-61.777 Y-6.

N188 Z2.

N190 G1 Z-4. F2000.

N192 Y0. F3000.

N194 G2 X0. Y61.777 I0. J0.

N196 X61.777 Y0. I0. J0.

N198 X0. Y-61.777 I0. J0.

N200 X-61.777 Y0. I0. J0.

N202 G1 Y6.

N204 G0 Z10.

N206 X-61.894 Y-6.

N208 Z2.

N210 G1 Z-5. F2000.

N212 Y0. F3000.

N214 G2 X0. Y61.894 I0. J0.

N216 X61.894 Y0. I0. J0.

N218 X0. Y-61.894 I0. J0.

N220 X-61.894 Y0. I0. J0.

N222 G1 Y6.

N224 G0 Z10.

N226 X-62.011 Y-6.

N228 Z2.

N230 G1 Z-6. F2000.

N232 Y0. F3000.

N234 G2 X0. Y62.011 I0. J0.

N236 X62.011 Y0. I0. J0.

N238 X0. Y-62.011 I0. J0.

N240 X-62.011 Y0. I0. J0.

N242 G1 Y6.

N244 G0 Z10.

N246 X-62.127 Y-6.

N248 Z2.

N250 G1 Z-7. F2000.

N252 Y0. F3000.

N254 G2 X0. Y62.127 I0. J0.

N256 X62.127 Y0. I0. J0.

N258 X0. Y-62.127 I0. J0.

N260 X-62.127 Y0. I0. J0.

N262 G1 Y6.

N264 G0 Z10.

N266 X-62.244 Y-6.

N268 Z2.

N270 G1 Z-8. F2000.

N272 Y0. F3000.

N274 G2 X0. Y62.244 I0. J0.

N276 X62.244 Y0. I0. J0.

N278 X0. Y-62.244 I0. J0.

N280 X-62.244 Y0. I0. J0.

N282 G1 Y6.

N284 G0 Z10.

N286 X-62.36 Y-6.

N288 Z2.

N290 G1 Z-9. F2000.

N292 Y0. F3000.

N294 G2 X0. Y62.36 I0. J0.

N296 X62.36 Y0. I0. J0.

N298 X0. Y-62.36 I0. J0.

N296 X62.36 Y0. I0. J0.

N298 X0. Y-62.36 I0. J0.

N300 X-62.36 Y0. I0. J0.

N301 G1 Y6.

N302 G0 Z50.

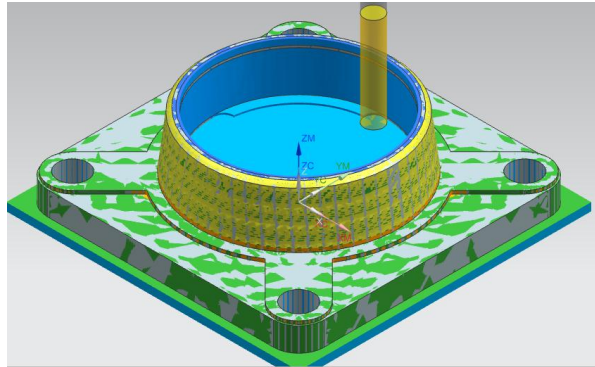
N303 M5

N304 M30

%

5.1.5. Fresado de la cavidad de Rodamiento.

Figura 86. Mecanizado de Cavidad de Rodamiento en NX.



Fuente: Autores

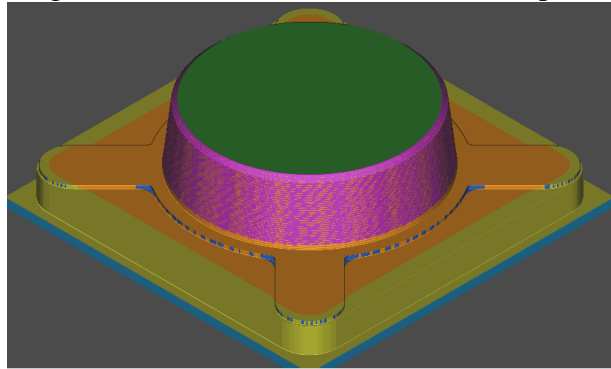
%	N138 Y-.006
O0000 (MECANIZADO POSTERIOR)	N140 G3 X0. Y44.406 I0. J-.006
(MATERIAL-ALUMINUM-MM-2024)	N142 X-44.412 Y-.006 I0. J-.006
(T1 H1)(FRESA 18MM-HSS)	N144 X0. Y-44.418 I0. J-.006
N102 G90G71G17G40G75G54	N146 X44.412 Y-.011 I0. J-.006
N104 T1 M6	N148 G1 Z-20.
N106 G0 X44.412 Y-.011 S3537 M3	N150 Y-.006
N108 G43 H20 Z50.	N152 G3 X0. Y44.406 I0. J-.006
N110 Z5.	N154 X-44.412 Y-.006 I0. J-.006
N112 G1 Z-5. F1415.	N156 X0. Y-44.418 I0. J-.006
N114 Y-.006	N158 X44.412 Y-.011 I0. J-.006
N116 G3 X0. Y44.406 I0. J-.006	N160 G1 Z-25.
N118 X-44.412 Y-.006 I0. J-.006	N162 Y-.006
N120 X0. Y-44.418 I0. J-.006	N164 G3 X0. Y44.406 I0. J-.006
N122 X44.412 Y-.011 I0. J-.006	N166 X-44.412 Y-.006 I0. J-.006
N124 G1 Z-10.	N168 X0. Y-44.418 I0. J-.006
N126 Y-.006	N170 X44.412 Y-.011 I0. J-.006
N128 G3 X0. Y44.406 I0. J-.006	N166 X-44.412 Y-.006 I0. J-.006
N130 X-44.412 Y-.006 I0. J-.006	N168 X0. Y-44.418 I0. J-.006
N132 X0. Y-44.418 I0. J-.006	N170 X44.412 Y-.011 I0. J-.006
N134 X44.412 Y-.011 I0. J-.006	N172 G1 Z-30.
N136 G1 Z-15.	N174 Y-.006
	N176 G3 X0. Y44.406 I0. J-.006

N178 X-44.412 Y-.006 IO. J-.006
 N180 X0. Y-44.418 IO. J-.006
 N182 X44.412 Y-.011 IO. J-.006
 N184 G1 Z-35.
 N186 Y-.006
 N188 G3 X0. Y44.406 IO. J-.006
 N190 X-44.412 Y-.006 IO. J-.006
 N192 X0. Y-44.418 IO. J-.006
 N194 X44.412 Y-.011 IO. J-.006
 N196 G1 Z-40.
 N198 Y-.006
 N200 G3 X0. Y44.406 IO. J-.006
 N202 X-44.412 Y-.006 IO. J-.006
 N204 X0. Y-44.418 IO. J-.006
 N206 X44.412 Y-.011 IO. J-.006
 N216 X0. Y-44.418 IO. J-.006
 N218 X44.412 Y-.011 IO. J-.006
 N208 G1 Z-45.
 N210 Y-.006
 N212 G3 X0. Y44.406 IO. J-.006
 N214 X-44.412 Y-.006 IO. J-.006
 N216 X0. Y-44.418 IO. J-.006
 N218 X44.412 Y-.011 IO. J-.006
 N220 G1 Z-50.
 N222 Y-.006
 N224 G3 X0. Y44.406 IO. J-.006
 N226 X-44.412 Y-.006 IO. J-.006
 N228 X0. Y-44.418 IO. J-.006
 N230 X44.412 Y-.011 IO. J-.006
 N228 X0. Y-44.418 IO. J-.006
 N230 X44.412 Y-.011 IO. J-.006
 N232 G1 Z-55.
 N234 Y-.006
 N236 G3 X0. Y44.406 IO. J-.006

N238 X-44.412 Y-.006 IO. J-.006
 N240 X0. Y-44.418 IO. J-.006
 N242 X44.412 Y-.011 IO. J-.006
 N244 G1 Z-60.
 N246 Y-.006
 N248 G3 X0. Y44.406 IO. J-.006
 N250 X-44.412 Y-.006 IO. J-.006
 N252 X0. Y-44.418 IO. J-.006
 N254 X44.412 Y-.011 IO. J-.006
 N256 G1 Z-65.
 N258 Y-.006
 N248 G3 X0. Y44.406 IO. J-.006
 N250 X-44.412 Y-.006 IO. J-.006
 N252 X0. Y-44.418 IO. J-.006
 N254 X44.412 Y-.011 IO. J-.006
 N260 G3 X0. Y44.406 IO. J-.006
 N262 X-44.412 Y-.006 IO. J-.006
 N264 X0. Y-44.418 IO. J-.006
 N266 X44.412 Y-.011 IO. J-.006
 N268 G1 Z-70.
 N270 Y-.006
 N272 G3 X0. Y44.406 IO. J-.006
 N274 X-44.412 Y-.006 IO. J-.006
 N276 X0. Y-44.418 IO. J-.006
 N278 X44.412 Y-.011 IO. J-.006
 N280 G0 Z50.
 N276 X0. Y-44.418 IO. J-.006
 N278 X44.412 Y-.011 IO. J-.006
 N272 G3 X0. Y44.406 IO. J-.006
 N274 X-44.412 Y-.006 IO. J-.006
 N276 X0. Y-44.418 IO. J-.006
 N282 M5
 N288 M30
 %

5.1.6. Refinado del Nervio del soporte.

Figura 87. Mecanizado del nervio del soporte



Fuente: Autores

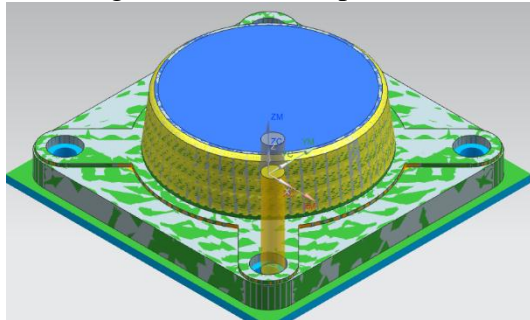
%

O0000 (MECANIZADO POSTERIOR)	N136 X1.858 Z-35.144
(MATERIAL-ALUMINUM-MM-	N138 X5.57 Y-71.33 Z-35.153
2024)	N140 X9.267 Y-70.945 Z-35.163
(T3 H3)(FRESA 4MM-HSS)	N142 X12.938 Y-70.368 Z-35.172
N102 G90G71G17G40G75G54	N144 X16.575 Y-69.601 Z-35.182
N104 T3 M6	N146 X20.167 Y-68.647 Z-35.191
N106 G0 X-47.739 Y-71.781 A0.	N148 X23.704 Y-67.507 Z-35.201
S4500 M3	N150 X27.178 Y-66.185 Z-35.21
N108 G0 H4 Z30.	N152 X30.578 Y-64.684 Z-35.22
N110 Z1.	N154 X33.896 Y-63.009 Z-35.229
N112 G1 Z-35. F1800.	N156 X37.122 Y-61.164 Z-35.239
N114 X-37.122 Y-61.164 Z-35.039	N158 X59.513 Y-83.555 Z-35.32
N116 X-33.896 Y-63.009 Z-35.048	N160 X60.717 Y-84.648 Z-35.325
N118 X-30.578 Y-64.684 Z-35.058	N162 X62.052 Y-85.639 Z-35.329
N120 X-27.178 Y-66.185 Z-35.067	N164 X63.479 Y-86.493 Z-35.333
N122 X-23.704 Y-67.507 Z-35.077	N166 X64.993 Y-87.208 Z-35.337
N124 X-20.167 Y-68.647 Z-35.086	N168 X66.57 Y-87.774 Z-35.342
N126 X-16.575 Y-69.601 Z-35.096	N170 X68.182 Y-88.179 Z-35.346
N128 X-12.938 Y-70.368 Z-35.105	N172 X69.828 Y-88.422 Z-35.35
N130 X-9.267 Y-70.945 Z-35.115	N174 X71.5 Y-88.502 Z-35.355
N132 X-5.57 Y-71.33 Z-35.124	N176 X73.172 Y-88.422 Z-35.359
N134 X-1.858 Y-71.523 Z-35.134	N178 X74.818 Y-88.179 Z-35.363

N180 X76.43 Y-87.774 Z-35.367
N182 X78.007 Y-87.208 Z-35.372
N184 X79.521 Y-86.493 Z-35.376
N186 X80.948 Y-85.639 Z-35.38
N188 X82.283 Y-84.648 Z-35.384
N190 X83.522 Y-83.522 Z-35.389
N192 X84.648 Y-82.283 Z-35.393
N194 X85.639 Y-80.948 Z-35.397
N196 X86.493 Y-79.521 Z-35.402
N198 X87.208 Y-78.007 Z-35.406
N200 X87.774 Y-76.43 Z-35.41
N202 X88.179 Y-74.818 Z-35.415
N204 X88.422 Y-73.172 Z-35.419
N206 X88.502 Y-71.5 Z-35.423
N208 X88.422 Y-69.828 Z-35.427
N210 X88.179 Y-68.182 Z-35.432
N212 X87.774 Y-66.57 Z-35.436
N214 X87.208 Y-64.993 Z-35.44
N216 X86.493 Y-63.479 Z-35.445
N218 X85.639 Y-62.052 Z-35.449
N220 X84.648 Y-60.717 Z-35.453
N222 X83.555 Y-59.513 Z-35.457
N224 X61.164 Y-37.122 Z-35.539
N226 X63.009 Y-33.896 Z-35.548
N228 X64.684 Y-30.578 Z-35.558
N230 X66.185 Y-27.178 Z-35.567
N232 X67.507 Y-23.704 Z-35.577
N234 X68.647 Y-20.167 Z-35.586
N236 X69.601 Y-16.575 Z-35.596
N238 X70.368 Y-12.938 Z-35.605
N240 X70.945 Y-9.267 Z-35.615
N242 X71.33 Y-5.57 Z-35.624
N244 X71.523 Y-1.858 Z-35.634
N246 Y1.858 Z-35.644
N248 X71.33 Y5.57 Z-35.653
N250 X70.945 Y9.267 Z-35.663
N252 X70.368 Y12.938 Z-35.672
N254 X69.601 Y16.575 Z-35.682
N256 X68.647 Y20.167 Z-35.691
N258 X67.507 Y23.704 Z-35.701
N260 X66.185 Y27.178 Z-35.71
N262 X64.684 Y30.578 Z-35.72
N264 X63.009 Y33.896 Z-35.729
N266 X61.164 Y37.122 Z-35.739
N268 X83.555 Y59.513 Z-35.82
N270 X84.648 Y60.717 Z-35.825
N272 X85.639 Y62.052 Z-35.829
N274 X86.493 Y63.479 Z-35.833
N276 X87.208 Y64.993 Z-35.837
N278 X87.774 Y66.57 Z-35.842
N280 X88.179 Y68.182 Z-35.846
N282 X88.422 Y69.828 Z-35.85
N284 X88.502 Y71.5 Z-35.855
N280 X88.179 Y68.182 Z-35.846
N282 X88.422 Y69.828 Z-35.85
N284 X88.502 Y71.5 Z-35.855
N280 X88.179 Y68.182 Z-35.846
N282 X88.422 Y69.828 Z-35.85
N284 X88.502 Y71.5 Z-35.855
N286 X88.422 Y73.172 Z-35.859
N288 X88.179 Y74.818 Z-35.863
N290 X87.774 Y76.43 Z-35.867
N292 X87.208 Y78.007 Z-35.872
N298 X84.648 Y82.283 Z-35.884
N299 G0 Z30.
N300 M5
N301 G91 G28 Z0.
N302 G28 X0. Y0. A0.

5.1.7. Perforaciones 19 mm

Figura 88. Ciclo de perforado



Fuente: Autores

%	N134 Y71.5
O0000 (MECANIZADO SUPERIOR)	N136 X-71.5
(MATERIAL-ALUMINUM-MM-2024)	N138 G80
(T6 H6)	N140 M5
(T7 H7)	N142 G91 G28 Z0.
(T2 H2)	N144 M01
N100 G90G71G17G40G75G54	N146 T2 M6
N102 T6 M6	N148 G0 X-68. Y-71.5 S3978 M3
N104 G0 X-71.5 Y-71.5 S2864 M3	N150 G0 Z10.
N106 G0 Z5.	N152 Z-35.
N108 G98 G81 Z-38. R-35. F344.	N154 G1 Z-37. F2000.
N110 X71.5	N156 G2 X-71.5 Y-75. I-3.5 J0.
N112 Y71.5	F1591.2
N114 X-71.5	N158 X-75. Y-71.5 I0. J3.5
N116 G80	N160 X-71.5 Y-68. I3.5 J0.
N118 M5	N162 X-68. Y-71.5 I0. J-3.5
N120 G91 G28 Z0.	N164 G1 Z-39. F2000.
N122 M01	N166 G2 X-71.5 Y-75. I-3.5 J0.
N124 T7 M6	F1591.2
N126 G0 X-71.5 Y-71.5 S2005 M3	N168 X-75. Y-71.5 I0. J3.5
N128 G0 Z5.	N170 X-71.5 Y-68. I3.5 J0.
N130 G98 G81 Z-57. R-35. F401.	N172 X-68. Y-71.5 I0. J-3.5
N132 X71.5	N174 G1 Z-41. F2000.

N176 G2 X-71.5 Y-75. I-3.5 J0.
 F1591.2
 N178 X-75. Y-71.5 I0. J3.5
 N180 X-71.5 Y-68. I3.5 J0.
 N182 X-68. Y-71.5 I0. J-3.5
 N184 G1 Z-43. F2000.
 N186 G2 X-71.5 Y-75. I-3.5 J0.
 F1591.2
 N188 X-75. Y-71.5 I0. J3.5
 N190 X-71.5 Y-68. I3.5 J0.
 N192 X-68. Y-71.5 I0. J-3.5
 N194 G1 Z-45. F2000.
 N196 G2 X-71.5 Y-75. I-3.5 J0.
 F1591.2
 N198 X-75. Y-71.5 I0. J3.5
 N200 X-71.5 Y-68. I3.5 J0.
 N202 X-68. Y-71.5 I0. J-3.5
 N204 G1 Z-47. F2000.
 N206 G2 X-71.5 Y-75. I-3.5 J0.
 F1591.2
 N208 X-75. Y-71.5 I0. J3.5
 N210 X-71.5 Y-68. I3.5 J0.
 N212 X-68. Y-71.5 I0. J-3.5
 N214 G1 Z-49. F2000.
 N216 G2 X-71.5 Y-75. I-3.5 J0.
 F1591.2
 N218 X-75. Y-71.5 I0. J3.5
 N220 X-71.5 Y-68. I3.5 J0.
 N222 X-68. Y-71.5 I0. J-3.5
 N224 G1 Z-51. F2000.
 N226 G2 X-71.5 Y-75. I-3.5 J0.
 F1591.2
 N228 X-75. Y-71.5 I0. J3.5
 N230 X-71.5 Y-68. I3.5 J0.
 N232 X-68. Y-71.5 I0. J-3.5
 N234 G1 Z-53. F2000.
 N236 G2 X-71.5 Y-75. I-3.5 J0.
 F1591.2
 N238 X-75. Y-71.5 I0. J3.5
 N248 X-75. Y-71.5 I0. J3.5
 N250 X-71.5 Y-68. I3.5 J0.
 N252 X-68. Y-71.5 I0. J-3.5
 N254 G0 Z10.
 N256 X75.
 N258 Z-35.
 N260 G1 Z-37. F2000.
 N262 G2 X71.5 Y-75. I-3.5 J0. F1591.2
 N264 X68. Y-71.5 I0. J3.5
 N266 X71.5 Y-68. I3.5 J0.
 N268 X75. Y-71.5 I0. J-3.5
 N270 G1 Z-39. F2000.
 N272 G2 X71.5 Y-75. I-3.5 J0. F1591.2
 N274 X68. Y-71.5 I0. J3.5
 N276 X71.5 Y-68. I3.5 J0.
 N278 X75. Y-71.5 I0. J-3.5
 N280 G1 Z-41. F2000.
 N282 G2 X71.5 Y-75. I-3.5 J0. F1591.2
 N284 X68. Y-71.5 I0. J3.5
 N286 X71.5 Y-68. I3.5 J0.
 N288 X75. Y-71.5 I0. J-3.5
 N290 G1 Z-43. F2000.
 N302 G2 X71.5 Y-75. I-3.5 J0. F1591.2
 N304 X68. Y-71.5 I0. J3.5
 N336 X71.5 Y-68. I3.5 J0.
 N342 G2 X71.5 Y-75. I-3.5 J0. F1591.2
 N344 X68. Y-71.5 I0. J3.5
 N346 X71.5 Y-68. I3.5 J0.
 N348 X75. Y-71.5 I0. J-3.5

9

N350 G1 Z-55. F2000.

N366 G1 Z-37. F2000.

N352 G2 X71.5 Y-75. I-3.5 J0. F1591.2

N368 G2 X-71.5 Y68. I-3.5 J0. F1591.2

N354 X68. Y-71.5 I0. J3.5

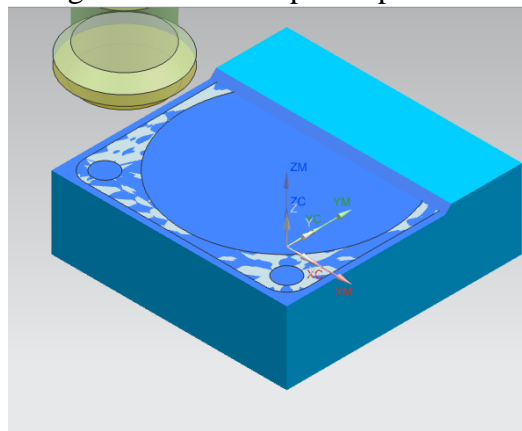
N370 X-75. Y71.5 I0. J3.5

N364 Z-35.

%

5.1.8. *Planeado del sobre material de la base del soporte.*

Figura 89. Fresado planar posterior.



Fuente: Autores

%

N122 X135.5

O0000 (MECANIZADO POSTERIOR)

N124 X133.452 Y-87.498

(T1 | | H1)(FRESA 80MM-
INSERTOS)

N126 X-173.452

N102 G90G71G17G40G75G54

N128 G0 Z10.

N104 T1 M6

N130 Y87.498

N106 G0 X-173.452 Y87.498 S1592
M3

N132 Z2.

N108 G0 Z50.

N134 G1 Z-3.333 F2000.

N110 Z2.

N136 X133.452 F956.

N112 G1 Z-1.667 F200.

N138 X135.5 Y29.166

N114 X133.452 F956.

N140 X-135.5

N116 X135.5 Y29.166

N142 Y-29.166

N118 X-135.5

N144 X135.5

N120 Y-29.166

N146 X133.452 Y-87.498

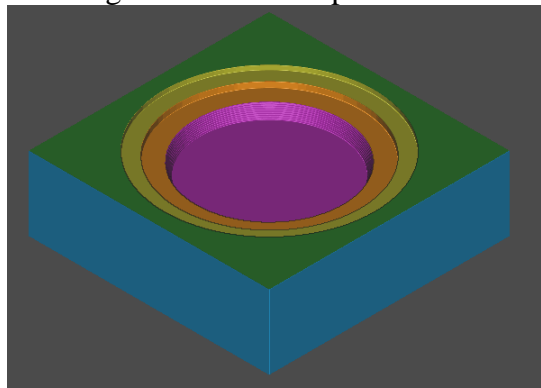
N148 X-173.452

N150 G0 Z10.

N152 Y87.498	N168 X133.452 Y-87.498
N154 Z2.	N170 X-173.452
N156 G1 Z-5. F2000.	N172 G0 Z50.
N158 X133.452 F956.	N174 M5
N160 X135.5 Y29.166	N176 G91 G28 Z0.
N162 X-135.5	N178 G28 X0. Y0. A0.
N164 Y-29.166	N180 M30
N166 X135.5	%

5.1.9. *Mecanizado de ranuras posteriores.*

Figura 90. Ranuras posteriores.



Fuente: Autores.

%	N122 G1 Z-2.333
O0000 (MECANIZADO POSTERIOR)	N124 G2 X0. Y72. I0. J0.
(MATERIAL-ALUMINUM- 2024)	N126 X72. Y0. I0. J0.
(T2 H2) (FRESA 18MM-HSS)	N128 X0. Y-72. I0. J0.
N102 G90G71G17G40G75G54	N130 X-72. Y0. I0. J0.
N104 T2 M6	N132 G1 Z-4.
N106 G0 X-72. Y0. S3500 M3	N134 G2 X0. Y72. I0. J0.
N108 G43 H2 Z50.	N136 X72. Y0. I0. J0.
N110 Z5.	N138 X0. Y-72. I0. J0.
N112 G1 Z-.667 F2000.	N140 X-72. Y0. I0. J0.
N114 G2 X0. Y72. I0. J0.	N141 N112 G1 Z-.667 F2000.
N116 X72. Y0. I0. J0.	N114 G2 X0. Y72. I0. J0.
N118 X0. Y-72. I0. J0.	N116 X72. Y0. I0. J0.
N120 X-72. Y0. I0. J0.	N118 X0. Y-72. I0. J0.

N120 X-72. Y0. I0. J0.
N122 G1 Z-2.333
N124 G2 X0. Y72. I0. J0.
N126 X72. Y0. I0. J0.
N128 X0. Y-72. I0. J0.
N130 X-72. Y0. I0. J0.
N132 G1 Z-4.
N134 G2 X0. Y72. I0. J0.
N136 X72. Y0. I0. J0.
N138 X0. Y-72. I0. J0.
N140 X-72. Y0. I0. J0.
N130 X-72. Y0. I0. J0.
N132 G1 Z-4.
N134 G2 X0. Y72. I0. J0.
N136 X72. Y0. I0. J0.
N138 X0. Y-72. I0. J0.
N140 X-72. Y0. I0. J0.
N141
N112 G1 Z-.909 F0.
N114 G3 X0. Y-49.858 I0. J0. F200.
N116 X49.858 Y0. I0. J0.
N118 X0. Y49.858 I0. J0.
N120 X-49.858 Y0. I0. J0.
N122 G0 Z10.
N124 X-49.287
N126 Z5.
N128 G1 Z-2.818 F0.
N130 G3 X0. Y-49.287 I0. J0. F200.
N132 X49.287 Y0. I0. J0.
N134 X0. Y49.287 I0. J0.
N136 X-49.287 Y0. I0. J0.
N138 G0 Z10.
N140 X-48.716
N142 Z5.
N144 G1 Z-4.727 F0.
N146 G3 X0. Y-48.716 I0. J0. F200.
N148 X48.716 Y0. I0. J0.
N150 X0. Y48.716 I0. J0.
N152 X-48.716 Y0. I0. J0.
N154 G0 Z10.
N156 X-48.145
N158 Z5.
N160 G1 Z-6.636 F0.
N162 G3 X0. Y-48.145 I0. J0. F200.
N164 X48.145 Y0. I0. J0.
N168 X-48.145 Y0. I0. J0.
N170 G0 Z10.
N172 X-47.574
N174 Z5.
N178 G3 X0. Y-47.574 I0. J0. F200.
N180 X47.574 Y0. I0. J0.
N182 X0. Y47.574 I0. J0.
N184 X-47.574 Y0. I0. J0.
N186 G0 Z10.
N188 X-47.003
N190 Z5.
N192 G1 Z-10.455 F0.
N194 G3 X0. Y-47.003 I0. J0. F200.
N196 X47.003 Y0. I0. J0.
N198 X0. Y47.003 I0. J0.
N200 X-47.003 Y0. I0. J0.
N202 G0 Z10.
N204 X-46.433
N206 Z5.
N208 G1 Z-12.364 F0.
N210 G3 X0. Y-46.433 I0. J0. F200.
N212 X46.433 Y0. I0. J0.
N214 X0. Y46.433 I0. J0.

9

N216 X-46.433 Y0. I0. J0.	N232 X-45.862 Y0. I0. J0.
N218 G0 Z10.	N234 G0 Z10.
N220 X-45.862	N236 X-45.291
N222 Z5.	N280 X-44.149 Y0. I0. J0.
N224 G1 Z-14.273 F0.	N142 G0 Z50.
N226 G3 X0. Y-45.862 I0. J0. F200.	N144 M5
N228 X45.862 Y0. I0. J0.	N150 M30
N230 X0. Y45.862 I0. J0.	%

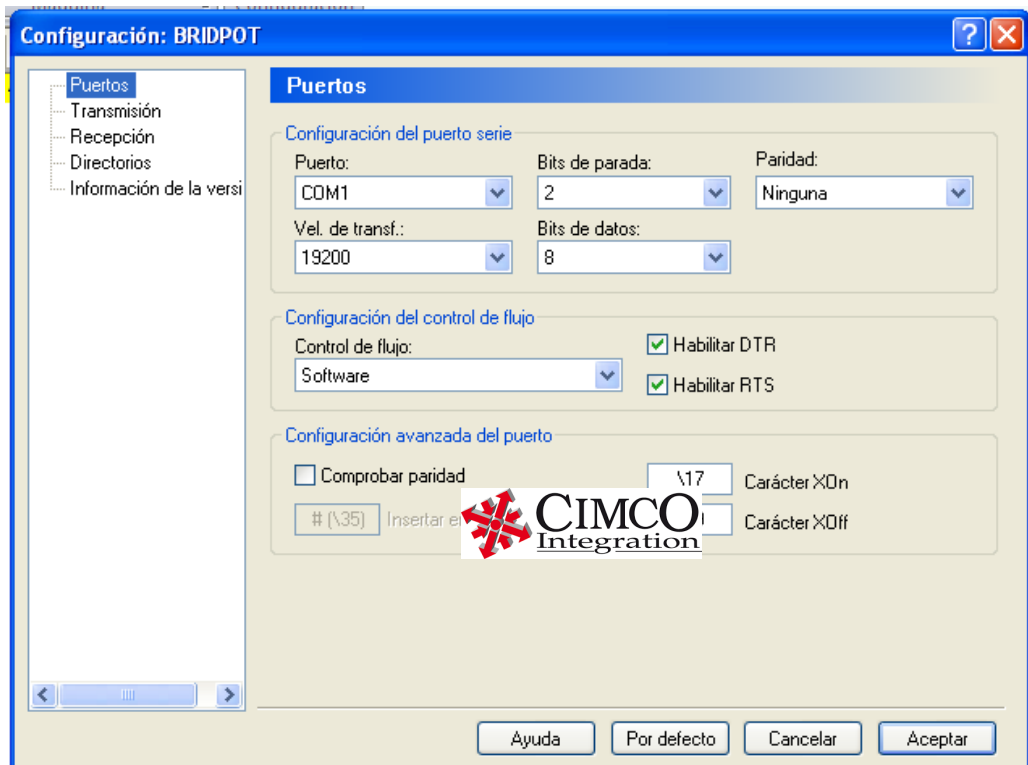
5.2. Transferencia de programación a la fresadora Bridgeport VMC 800-22

La transferencia de los códigos generados a través de NX son enviados al centro de mecanizado por medio de CIMCO Edit que es un editor de programas CNC que añade un simulador para verificar las trayectorias de la herramienta.

Cada centro de mecanizado o máquina con control numérico tiene una configuración diferente para leer e identificar códigos que se pueda generar en el software CAD/CAM.

Para configurar el DNC de CIMCO hay que observar en el manual de la máquina y ubicar a que puerto pertenece, bits de parada y de datos, velocidad de transferencia, paridad, recepción de datos, directorios; es necesario nombrar a nuestra máquina para evitar confusiones al momento de la selección.

Figura 91. Editor CIMCO.



Fuente: Autores.

El DNC permite tener una comunicación con un lenguaje común entre una computadora y el panel de control quien ejecuta el logaritmo ciertos códigos ISO que se generan en NX10 no son compatibles con la máquina, es por ello se necesita el postprocesador característico del centro de mecanizado Bridgeport VMC 800-22.

Copiamos a CIMCO la línea de códigos que exportamos de NX y editamos cada bloque, la particularidad está en que la programación de la maquina debe tener un encabezado inicial para detener diferentes ciclos como taladrado, roscado, planeado entre otros que se hayan activado en programaciones anteriores.

El encabezado está constituido por los siguientes códigos ISO:
G90G71G17G40G75G54.

G90: Coordenadas Absolutas

G71: Parado de ciclo de taladrado.

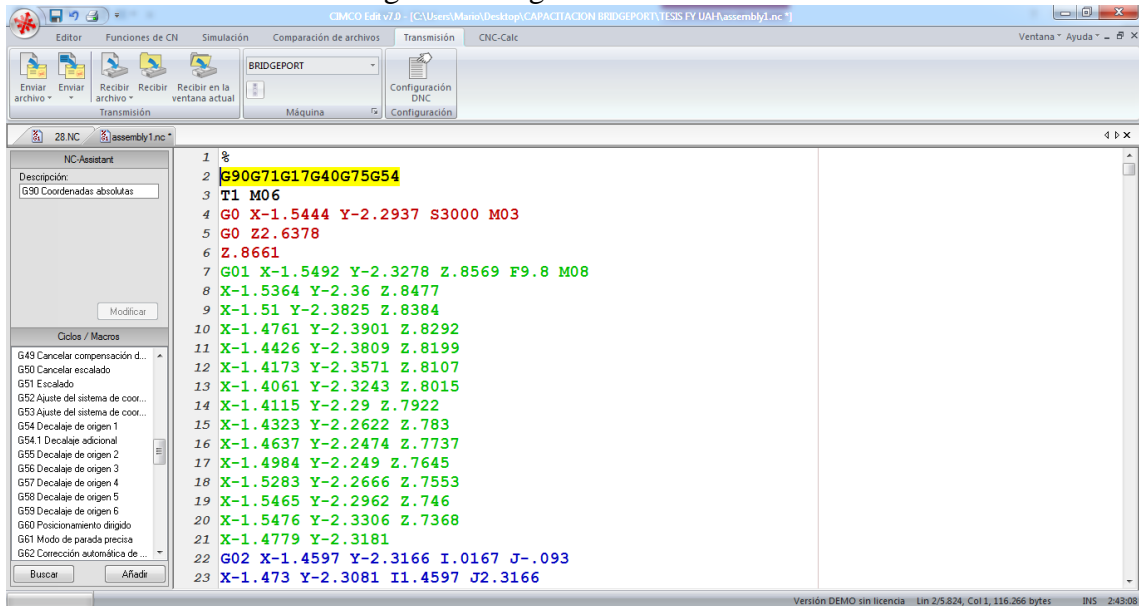
G17: Selección del plano XY

G40: Cancelación de la compensación de la herramienta.

G75: Cancelación de ciclo de roscado.

G54: Primer decalaje de origen.

Figura 92. Algoritmo en CIMCO.

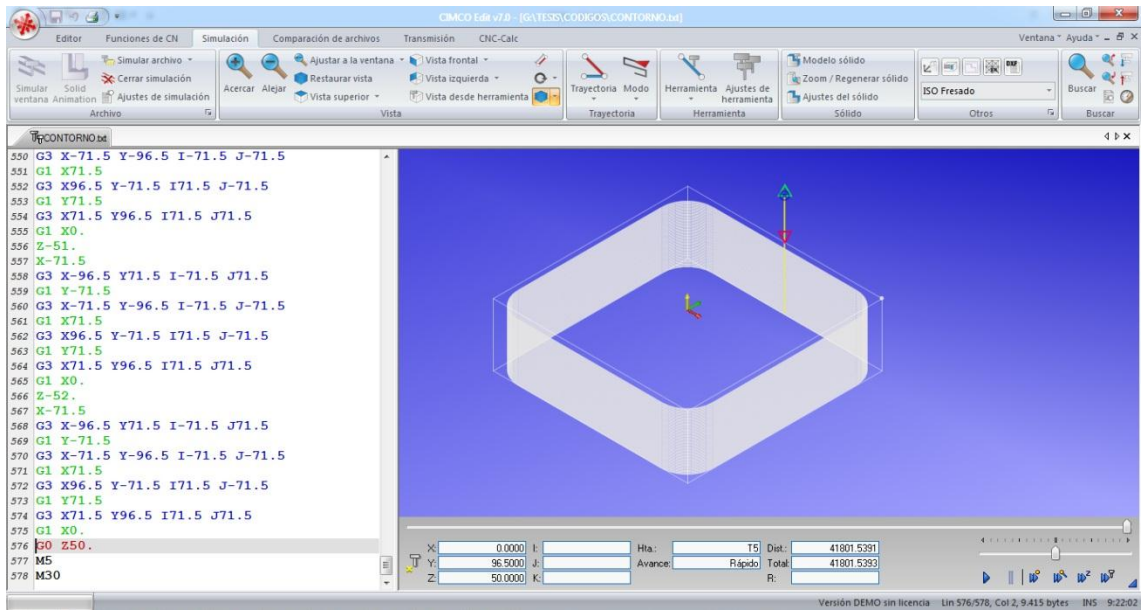


Fuente: Autores

Es importante revisar el inicio de la programación para identificar en que plano va a trabajar la máquina, las velocidades de corte, avances, número de revoluciones y el número de la herramienta. Si es el caso podemos simular una por una cada función del algoritmo para detectar si hay trayectorias que no estén especificadas dentro de la operación que estamos realizando.

En la figura se muestra un conjunto de líneas creadas a través de puntos guiados en un plano X, Y, Z donde se muestra la silueta de la operación que se ejecuta con los comandos.

Figura 93. Simulación en CIMCO.



Fuente: Autores.

La transmisión es por medio de un cable RS-232 que es una interfaz que designa una norma para el intercambio de una serie de datos binarios.

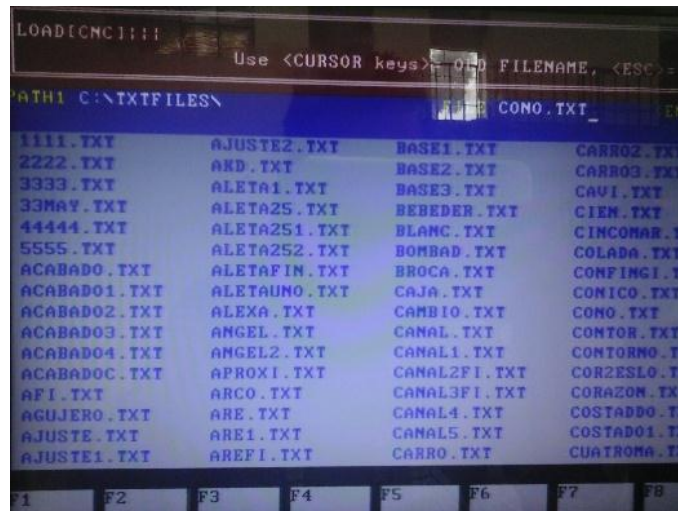
Figura 94. Cable RS-232



Fuente: Autores.

En el panel de control creamos un nuevo programa para poder recibir los códigos a través de CIMCO Edit.

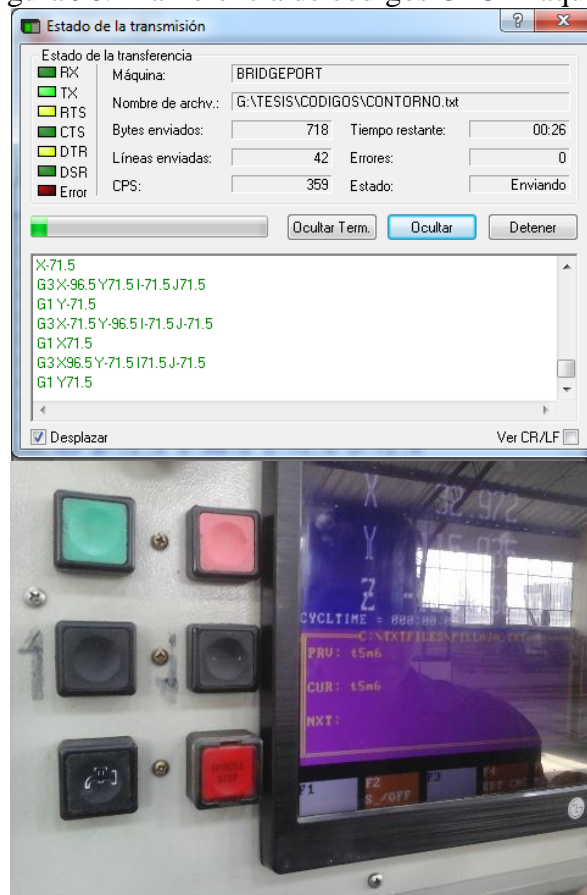
Figura 95. Panel de Control Bridgeport.



Fuente: Autores.

Recibimos las líneas de código y cargamos el programa en la máquina para que se ejecute en forma automática o bloque a bloque dependerá de la confiabilidad del operario para efectuar la operación.

Figura 96. Tranferencia de códigos CPU-Maquina.

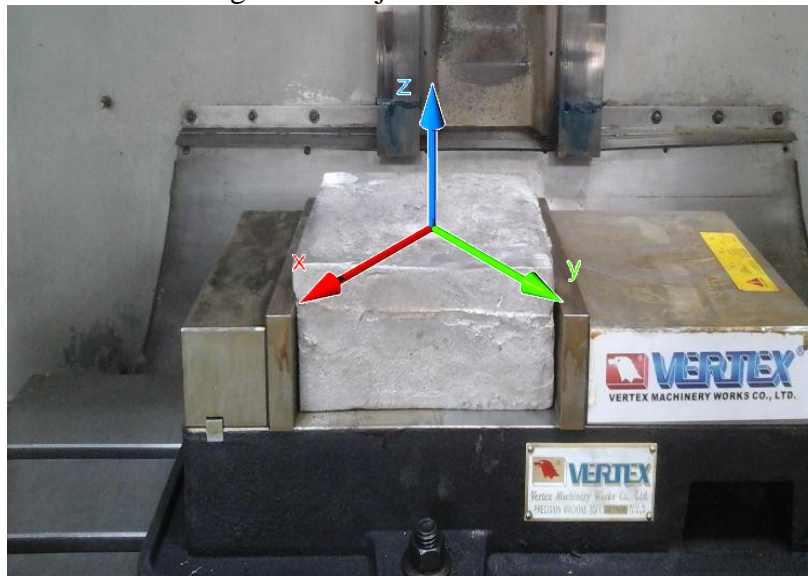


Fuente: Autores.

5.3. Mecanizado del soporte FY 512

5.3.1. Sujeción del material. La ubicación del bloque de aluminio se guía de acuerdo a los desplazamientos de la mesa y la altura máxima para que el husillo no tenga colisión con el material a mecanizar. La pieza debe ser sujeta un apriete máximo en tolerancias que no afecten en un desplazamiento durante la fabricación del soporte.

Figura 97. Sujecion del material.



Fuente: Autores

5.3.2. Cero piezas. Con la ayuda de un palpador la pieza de debe centrarse en posicionamiento relativo al husillo y a las coordenadas de referencia del mecanizado realizadas en el software, en el caso particular el punto de inicio para las operaciones se referencia desde el centro de la pieza. Si el centro es el inicio del proceso los ejes $X=Y=Z=0$ entonces en el panel de control encerramos todos los ejes y a esto se designa cero pieza.

Este punto de referencia será el inicio para todas las trayectorias que se generen de las operaciones de mecanizado. En las máquinas, se puede introducir directamente desde la consola de mandos, o también desde el programa. Además se pueden programar todas las funciones de traslado de origen, (G53,...,G59), que quedarán guardadas en la "tabla de decalage", y luego durante el programa basta con tan solo nombrarlas para que

carguen los valores almacenados. El CNC tomará como referencia el último traslado de origen de coordenadas, cero piezas, que se haya programado.

5.3.3. Compensación de la altura de la herramienta. En el carrusel de portaherramientas del centro de mecanizado se monta las diferentes herramientas para los procesos de fabricación del soporte FY 512 U/AH, todas se ajustaran de acuerdo a la máxima profundidad de corte.

Realizado el planeado del sobre material enceramos cada herramienta a la superficie mecanizada por medio de medición con calibrador o un ajuste técnico. Hay que determinar que las herramientas estén colocadas de forma ordenada en el carrusel para un cambio automático del portaherramientas de acuerdo a la programación que se estableció durante la generación de códigos: T1=Fresa plana de 18 MM-HSS, T2=Fresa plana de 12MM-HSS, T3=Fresa plana 4MM-HSS, T4=Fresa redonda R3MM-HSS, T5=fresa de planear con insertos 80MM-Carburo de Titanio, T6=Broca de centro 10MM-HSS, T7=Broca de 12.7 MM-HSS

Figura 98. Compensacion de la herramienta.



Fuente: Autores.

9

Si el cambio de herramientas es automático la presión del aire del sistema debe ser constante a una media de 30 PSI.

5.3.4. *Fabricación del soporte.*

5.3.4.1. *Planeado.*

Figura 99. Mecanizado planar.



Fuente: Autores.

5.3.4.2. *Contorno.*

Figura 100. Mecanizado por contorno.



Fuente: Autores.

5.3.4.3. *Superficie cónica.*

Figura 101. Mecanizado conico.



Fuente: Autores

5.3.4.4. *Nervio.*

Figura 102. Mecanizado del Nervio.



Fuente: Autores.

5.3.4.5. *Perforaciones 19 mm.*

Figura 103. Ciclo de perforado.



Fuente: Autores.

5.3.4.6. *Cavidad de rodamiento.*

Figura 104. Mecanizado de la cavidad.



Fuente: Autores

5.3.4.7. *Planeado posterior.*

Figura 105. Planeado posterior.



Fuente: Autores

5.3.4.8. *Ranuras posteriores.*

Figura 106. Ranurado.



Fuente: Autores.

CAPÍTULO VI

6. ANALIS DE COSTOS

6.1. Costos de fabricación para los soportes FY 512 U/AH en talleres industriales convencionales

Para tener una idea de los costos de fabricación de las chumaceras en máquinas convencionales evaluamos presupuestos en diferentes talleres de fabricación de mecanismos.

A continuación detallamos los valores presupuestados para la construcción del soporte.

Tabla 16. Costos de fabricación del soporte en máquinas convencionales.

NOMBRE DE LA EMPRESA	MATERIAL	TIEMPO (HORAS)	COSTO DE MATERIAL (USD)	COSTO DE FABRICACIÓN. (USD)	PRECIO (USD)
Mecánica de precisión y construcción de maquinaria.	Acero ASTM A36	6	28,00	52,00	80,00
Mecánica de Precisión Padilla	Acero ASTM A36	5	24,00	66,00	90,00
Mecánica Industrial “El Gato”	Acero ASTM A36	8	40,00	80,00	120,00
Talleres Inca	Acero ASTM A36	6	24,00	96,00	120,00
Talleres Inca de Santiago Inca	Acero ASTM A36	7	24,00	56,00	80,00
Mecánica Orejuela	Acero ASTM A36	4	24,00	60,00	84,00
COSTO PROMEDIO					95,66

Fuente: Autores

Los costos son dispuestos por los dueños de cada taller en coordinación con el jefe de producción.

6.2. Costo de mecanizado del soporte en el centro de mecanizado Bridgeport VMC 800-22

Tabla 17. Costos de fabricación del soporte en el centro de mecanizado Bridgeport VMC 800-22 de control numerico.

Material	Tiempo (minutos)	Costo de material (USD)	Costo de fabricación. (USD)	Precio (USD)
Acero ASTM A36	90	24,00	20,00	44,00
Aluminio 6061.	50	15,00	18,00	35,00

Fuente: Autores.

6.3. Resultado de análisis de los costos

Para la fabricación del soporte FY512 U/AH en máquinas convencionales se estima un costo promedio de \$95,66 (noventa y cinco dólares americanos con cuarenta y seis centavos de dólar), referenciales a las diferentes mecánicas industriales que existen en el sector de Riobamba.

El precio estimado para la construcción del soporte en el centro de mecanizado Bridgeport es de \$49,00 (cuarenta y cuatro dólares americanos) que en comparación con los costos de una fresadora común se minimiza su valor comercial en un 50%, además los tiempos de fabricación disminuyen de ocho horas de trabajo a una hora y media en la fabricación en acero ASTM A36.

CAPÍTULO VII

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. Conclusiones

En la industria y en la formación de profesionales es importante emplear paquetes computacionales que faciliten el modelado (CAD) y manufactura de piezas o elementos mecánicos (CAM), para lo cual se probó que el software NX de Siemens hoy por hoy es uno de los paquetes computacionales más aptos para ser empleados en cualquiera de los dos campos, debido a que demuestra ser un software potente que cuenta con las herramientas que existen en nuestro medio y cuya programación es adecuada para utilizar por un estudiante o por un profesional.

Las diferentes estrategias de fresado del módulo de manufactura del NX10 están destinados para los diferentes tipos de superficie y etapas del maquinado (desbaste, semiacabado, acabado). Brinda la posibilidad de ingresar los diferentes tipos de herramientas incluyendo sus características tales como número de filos y diferentes alturas que la caracterizan, además permite ingresar datos como parámetros de corte para realizar la manufactura total de una pieza de forma automática, es decir, sin perder tiempo en el cambio de herramientas manual para cada operación

Se calculó los parámetros de corte posibles para las diferentes etapas de maquinado en función de la materia prima, diámetro y número de filos de la herramienta, los datos técnicos se halla con facilidad en los catálogos de los fabricantes de este tipo utillajes.

Con la utilización del centro de mecanizado CNC se ha podido realizar de forma práctica, con los conocimientos básicos y algo de destreza fabricar una pieza que no podría conseguir con en máquinas convencionales a la rapidez, de forma automática y con exactitud en medidas requeridas. El tiempo de maquinado fue de aproximadamente 50 minutos. En fin se ven grandes y notorias ventajas al utilizar este tipo de tecnologías CNC gracias a su seguridad, precisión, tiempos de realización de tareas, aumento en la productividad de las máquinas, además de la posibilidad de fabricar piezas de geometrías complejas que necesita avanzado grado de perfección y precisión.

7.2. Recomendaciones

El manejo del software NX debe ser correcto y tiene contribuir con la fabricación de piezas a mayor rapidez, además se deben identificar las avanzadas funcionalidades de programación, postproceso y simulación.

Por medio de los manuales de la maquina realizar la configuración de transmisión de datos para mantener un lenguaje de programación homogéneo y evitar trayectorias fuera del rango de diseño.

Antes de la mecanización del soporte debemos identificar que el programa conste con un encabezado inicial para que la maquina identifique el cero pieza y así tener un punto de referencia de la programación.

Se hace necesario que el operario conozca el manejo del centro de mecanizado CNC para garantizar el correcto funcionamiento durante las operaciones de fabricación, además controlar la presión de aire manteniéndolo en 30 p para evitar paros de la máquina.

Los soportes FY 512 U/AH deben ser fabricados en materiales como fundición gris o en acero estampado para garantizar propiedades mecánicas durante el movimiento axial de los rodamientos, la fabricación en aluminio de nuestro soporte se la hizo en condiciones demostrativas para identificar la capacidad del centro de mecanizado CNC en comparación de fresadoras convencionales.

BIBLIOGRAFIA

- ALAVALA, C. R. (2008).** *CAD/CAM Conceptos y Aplicaciones*. India: Prentice-Hall.
- CHECK, & Krar. (2010).** *Tecnología de las Máquinas Herramientas*. Mexico: Marcombo, S.A.
- CHUDNOVSKY, D. (1986).** *Economía y Tecnología del Control Numérico Para Máquinas Herramientas*. Buenos Aires: ISSUE.
- D, W., & CALLISTER, J. (2007).** *Ciencia e Ingeniería de los Materiales*. Caracas: Reverté S.A.
- GARMO, E., Black, J., & Hohser, R. (1994).** *Materiales y Procesos de Fabricacion* . Barcelona: Reverté S.A.
- GERLING, H. (2006).** *Alrededor de las Máquinas Herramientas*. Barcelona. España: Reverté, S.A.
- GILL, & Krar. (1990).** *CNC Technology and Programing*. Barcelona: Mc Graw HILL.
- GROOVER, M. P. (1997).** *Fundamentos de Manufactura Moderna*. Mexico: Raela Maes.
- HIGUERA, A. G., & García, F. J. (2007).** *El Computador en la Automatización de la Producción*. Cuenca: C.I.D.I.
- HUFNAGEL, W. (1992).** *Manual de Aluminio*. Barcelona: Reverté, S.A.
- IBÁÑEZ, J. R. (1969).** *Máquinas-Herramientas Control Numerico*. New York: Dossat.
- JIMÉNEZ, & Jorge, C. (2000).** *Introducción al Proceso de Fresado por Control Numérico*. Bogota: IPN.
- KALPAKJIN, S., & Schmid, S. R. (2002).** *Manufactura, Ingeniería y Tecnología*. Mexico: Prentice-Hall Inc.
- L.A.E, & Estañol, R. M. (2000).** *Tecnología Aplicada a los Procesos de Manufactura*. Mexico: F.C.A.
- PÉREZ, M. Á., & Pérez, C. J. (2013).** *Programación de Máquinas- Herramientas con Control Numérico*. Madrid: ISBN.
- REYES, G. (1994).** *Diseño Asistido por Computadora*. Paris: Mc. Graw Hill.
- ROMERVA, C. R. (2002).** *Diseños Concurrentes*. Barcelona: UPC.
- SHIH, R. H. (2014).** *Parametric Modeling with NX 9*. United Sates of America: S.D.C.
- SMID, P. (1989).** *CNC Control Setup for Milling and Turning*. New York: Industrial Press, Inc.
- VERLAG, G. W., & Braunschweig. (1971).** *Maquinas, Herramientas, Trabajo*. Bogota: Reverté S.A.
- MENDOZA (Ed.),** *Manufactura, Ingeniería y Tecnología* (pág. 1067). Mexico: PEARSON EDUCACION.
- HIGUERA, A. G., & Castillo Garcia, F. J. (2007).** *CIM: El computador en la automatización de la producción*. (Vol. 3). Cuenca, Provincia de Cuenca, España: EDICIONES DE LA UNIVERSIDAD DE CASTILLA-LA MANCHA.

DE MAQUINAS Y HERRAMIENTAS. 2013. [En línea] 08 de Mayo de 2013. <http://www.demaquinasyherramientas.com/mecanizado/fresadoras-cnc>.

FUNCOSA. 2013. [En línea] 15 de Marzo de 2013. <http://www.funcosa.es/es/2/68/69>.

GOMEZ. 2010. *SISTEMA DE CONTROL*. 2010.

Higuera, Andres Garcia y Castillo Garcia, Fernando J. 2007. *CIM: El computador en la automatizacion de la produccion*. Cuenca: EDICIONES DE LA UNIVERSIDAD DE CASTILLA-LA MANCHA, 2007. pág. 271. Vol. 3.

PYROSISPROYECT. 2011. MAQUINAS, HERRAMIENTAS Y CNC. [En línea] 09 de Septiembre de 2011. <https://pyrosisproyect.wordpress.com/>.