



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO**

FACULTAD DE MECÁNICA

ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**“APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA CNC EN LA
MODELACIÓN Y FABRICACIÓN DE
PORTAHERRAMIENTAS UTILIZADOS EN LOS
TORNOS CONVENCIONALES DEL TALLER BÁSICO DE
LA ESPOCH”**

**PACHECO VEGA JUAN CARLOS
ESPINOSA TORO ALEX JAVIER**

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO INDUSTRIAL

**RIOBAMBA-ECUADOR
2016**

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS

2014-11-25

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

**PACHECO VEGA JUAN CARLOS
ESPINOSA TORO ALEX JAVIER**

Titulada:

**“APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA CNC EN LA MODELACIÓN Y
FABRICACIÓN DE PORTAHERRAMIENTAS UTILIZADOS EN LOS
TORNOS CONVENCIONALES DEL TALLER BÁSICO DE LA ESPOCH”**

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

INGENIERO INDUSTRIAL

Ing. Marco Heriberto Santillán Gallegos.
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Jacinto Eduardo Villota Moscoso
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Ángel Rigoberto Guamán Mendoza
ASESOR DE TESIS

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: PACHECO VEGA JUAN CARLOS

TÍTULO DE LA TESIS: “APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA CNC EN LA MODELACIÓN Y FABRICACIÓN DE PORTAHERRAMIENTAS UTILIZADOS EN LOS TORNOS CONVENCIONALES DEL TALLER BÁSICO DE LA ESPOCH”

Fecha de Examinación:

2016- 11-07

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Jhonny Marcelo Orozco Ramos PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Jacinto Eduardo Villota Moscoso DIRECTOR DE TESIS			
Ing. Ángel Rigoberto Guamán Mendoza ASESOR DE TESIS			

* 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. Jhonny Marcelo Orozco Ramos
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: ESPINOSA TORO ALEX JAVIER

TÍTULO DE LA TESIS: “APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA CNC EN LA MODELACIÓN Y FABRICACIÓN DE PORTAHERRAMIENTAS UTILIZADOS EN LOS TORNOS CONVENCIONALES DEL TALLER BÁSICO DE LA ESPOCH”

Fecha de Examinación:

2016- 11-07

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Jhonny Marcelo Orozco Ramos PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Jacinto Eduardo Villota Moscoso DIRECTOR DE TESIS			
Ing. Ángel Rigoberto Guamán Mendoza ASESOR DE TESIS			

* 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. Jhonny Marcelo Orozco Ramos
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.

Pacheco Vega Juan Carlos

Espinosa Toro Alex Javier

DECLARACION DE AUTENTICIDAD

Nosotros, Juan Carlos Pacheco Vega y Alex Javier Espinosa Toro, declaramos que el presente trabajo de titulación es de nuestra autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autores, asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

Pacheco Vega Juan Carlos

Cedula de Identidad: 210063974-5

Espinosa Toro Alex Javier

Cedula de Identidad: 070507354-2

DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por darme la sabiduría y fortaleza en momentos difíciles y permitirme llegar a cumplir esta tan ansiada meta profesional.

A mis padres por ser el pilar fundamental día a día, ya que me han inculcado valores el cual me han ayudado a salir adelante en mi vida estudiantil

A mi familia en general y a las personas que estuvieron brindándome su apoyo incondicional compartiendo los buenos y malos momentos a lo largo de ese trayecto de vida.

Pacheco Vega Juan Carlos

Dedico este logro alcanzado primeramente a Dios por haberme dado la fortaleza y perseverancia de culminar uno de mis objetivos principales en esta querida institución.

A mi Madre que con su esfuerzo sacrificio y trabajo nunca me ha abandonado en los momentos más difíciles, a mi Padre por su apoyo incondicional y consejos.

A mis hermanas que nunca me quisieron ver desfallecer que en el instante que estuve a punto de votar la toalla estuvieron allí para brindarme sus manos y levantarme.

A mis amigos y compañeros que de una forma u otra formaron parte de mi vida.

Espinosa Toro Alex Javier

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme fortaleza para lograr mis metas, a mi familia por brindarme todo el cariño y confianza para ver culminada una meta más de mi vida.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a la Escuela de Ingeniería Industrial, por darme la oportunidad de obtener una profesión, y ser una persona útil a la sociedad.

Agradezco al Ing. Eduardo Villota e Ing. Ángel Guamán, por brindarme su amistad y asesoramiento en la tesis, quienes con la ayuda de su conocimiento y experiencia se lograron elaborar el presente documento.

Pacheco Vega Juan Carlos

Agradecerte a ti Padre Dios por bendecirme para llegar a la culminación de ésta carrera y así poder cumplir un sueño anhelado, a mi familia por brindarme todo el cariño y confianza para ver culminada una meta más de mi vida.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a la Escuela de Ingeniería Industrial, por darme la oportunidad de obtener una profesión, y ser una persona útil a la sociedad.

Agradezco al Ing. Eduardo Villota e Ing. Ángel Guamán, por brindarme su amistad y asesoramiento en la tesis, quienes con la ayuda de su conocimiento y experiencia se lograron elaborar el presente documento.

Espinosa Toro Alex Javier

CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN	
1.1	Antecedentes	1
1.2	Justificación	1
1.3	Objetivos	3
1.3.1	Objetivo general.....	3
1.3.1	Objetivos específicos	3
2.	MARCO TEÓRICO	
2.1	Torno convencional	4
2.1.1	Tipos de torno convencionales.	4
2.2	Sistemas CAD/CAM.....	8
2.3	Tecnología CNC	10
2.3.1	Elementos básicos del control numérico	10
2.3.2	Ventajas del control numérico	11
2.3.3	Desventajas del control numérico.....	11
2.4	Técnicas de programación CNC	11
2.4.1	Técnica manual.	12
2.4.2	Técnica automática.	13
2.5	Portaherramientas	14
2.5.1	Consideraciones iniciales.....	15
2.5.2	Características necesarias del portaherramientas.....	16
2.5.3	Opciones del portaherramientas.....	16
2.5.4	Condiciones para la selección del portaherramientas.	17
2.6	Portaherramientas para el Torno	17
2.7	Material de las herramientas	18
2.7.1	Acero al carbono.....	18
2.7.2	Acero rápido.	19
2.7.3	Metal duro o carburo cementado.	19
2.7.4	Cerámica.	19
2.7.5	Diamante policristalino.....	19
2.8	Designación del portaherramientas	20
2.8.1	Sistema de fijación.....	20
2.8.2	Forma de la plaquita.	22
2.8.3	Ángulo de entrada.....	23
2.8.4	Ángulo de incidencia de la plaquita.....	23
2.8.5	Sentido de corte.	24
2.8.6	Altura del portaherramientas.	24
2.8.7	Anchura del portaherramientas.....	25
2.8.8	Longitud del portaherramientas.....	25
2.8.9	Longitud de arista de corte de la plaquita.	26
2.8.10	Características propias del fabricante.	26
2.9	Ejemplo de designación del portaherramientas	26
3.	ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DEL TALLER BÁSICO DE LA ESPOCH	
3.1	Tipos de tornos existentes.....	28
3.1.1	Torno paralelo.....	28
3.2	Dimensiones del portaherramienta.	33

3.2.1	Medidas de la primera portaherramientas.....	33
3.2.2	Medidas de la segunda portaherramientas.....	34
3.3	Planos de los portaherramientas existentes.....	34
3.4	Diseño de la portaherramienta.....	34
3.4.1	Parámetros.....	39
3.4.2	Cálculo de fuerzas.....	42
3.5	Efecto de los parámetros de corte sobre la vida útil de la herramienta.....	43
3.6	La velocidad de corte.....	43
3.6.1	Velocidad demasiado alta.....	44
3.6.2	Velocidad demasiado baja.....	44
3.6.3	Velocidad de avance.....	44
3.6.4	Velocidad demasiado baja.....	45
3.6.5	Profundidad de corte.....	45
3.6.6	Demasiada grande.....	46
3.6.7	Demasiada baja.....	46
3.7	Selección del material de portaherramienta.....	46
4.	INSERTO Y PORTAHERRAMIENTA	
4.1	Selección de la herramienta (plaquita o inserto).....	49
4.1.1	Ángulo de desprendimiento de la plaquita.....	50
4.1.2	Cómo seleccionar el tamaño de plaquita adecuado.....	50
4.2	Portaherramientas.....	51
4.2.1	Cilindrado.....	51
4.2.2	Refrentado.....	55
4.2.3	Torneado de perfiles.....	58
4.2.4	Tronzado y Ranurado.....	62
5.	MODELADO Y MECANIZADO DE LAS PORTAHERRAMIENTAS	
5.1	Selección de la máquina.....	65
5.1	Modelado de las portaherramientas.....	65
5.2.1	Portaherramienta de perfilado.....	69
5.2.2	Portaherramienta de cilindrado.....	76
5.2.3	Portaherramienta de tronzado.....	81
5.3	Mecanizado.....	85
5.3.1	Ubicación del material.....	86
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
6.1	Conclusiones.....	93
6.2	Recomendaciones.....	93

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

LISTA DE TABLAS

1	Superficies	35
2	Ángulos	37
3	Filos de herramienta.....	37
4	Material a trabajar	38
5	Ángulos de corte	39
6	Approximate Energy Requerimens in cutting operations.....	41
7	Condiciones iniciales	41

LISTA DE FIGURAS

1	Torno paralelo.....	6
2	Torno vertical.....	6
3	Torno copiado.....	7
4	Torno revolver	8
5	Componentes de los sistemas CAD/CAM.....	9
6	Técnica manual CNC.....	12
7	Técnica automática CNC	14
8	Portaherramienta para refrentado.....	17
9	Portaherramientas y plaquita para cilindrado	17
10	Portaherramientas y plaquita para moleteado	18
11	Portaherramientas y plaquita para chaflanes	18
12	Portaherramientas para roscado	18
13	Sistema de fijación P.....	20
14	Sistema de fijación C	21
15	Sistema de fijación S.....	22
16	Sistema de fijación M	22
17	Forma de la plaquita	23
18	Ángulo de entrada.....	23
19	Ángulo de incidencia de la plaquita.....	24
20	Sentido de corte	24
21	Altura del portaherramientas	24
22	Anchura del portaherramientas	25
23	Longitud del portaherramientas	25
24	Longitud de las aristas de corte de la plaquita	26
25	Ejemplo de designación del portaherramientas	26
26	Torno paralelo.....	28
27	Bancada.....	29
28	Cabezal móvil	30
29	Contrapunto	30
30	Carros de movimiento.....	31
31	Caja Norton.....	31
32	Plato universal.....	32
33	Sujeción de piezas largas	32
34	Torreta múltiple giratoria.....	33
35	Portaherramientas	34
36	Portaherramientas	34
37	Superficies	35
38	Tipo negativo	36
39	Tipo positivo.....	36
40	Planos cuchilla	36
41	Herramienta de corte.....	38
42	Efectos de los parámetros	43
43	Vida útil -Relación velocidad de corte	43
44	Relación vida útil-Avance	44
45	Relación vida útil- Profundidad de corte	45
46	Selección del material.....	46
47	Inserto y portaherramientas	48
48	Torneado longitudinal, Perfilado, Refrentado	49

49	Propiedades del material	50
50	Ángulo de desprendimiento de la plaquita	50
51	Tamaño de plaquita.....	51
52	Cilindrado	51
53	Portaplaquitas.....	52
54	Planos plaquita	53
55	Diseño portaherramienta.....	54
56	Refrentado.....	55
57	Ángulo de posición	57
58	Diseño de portaherramienta	57
59	Perfilado.....	58
60	Herramientas de desbaste y acabado	58
61	Ángulos de punta	59
62	Ángulo de posición	60
63	Características portaherramientas	61
64	Datos inserto	63
65	Designación portaherramienta	64
66	Definir procesador	65
67	Selección del procesador	65
68	Selección guía del material	67
69	Tipo de material	67
70	Material inicial	67
71	Librería tipo de material	68
72	Dimensiones vista superior.....	69
73	Dimensiones vista lateral	69
74	Parámetros de máquina	69
75	Selección de la función	70
76	Selección de la geometría	70
77	Propiedades de la herramienta de desbaste.....	72
78	Secuencia de corte	72
79	Acabado	73
80	Desbaste de material restante.....	73
81	Cálculo del trazo de herramienta	74
82	Cálculo de trazo y verificación	74
83	Trazo generado por las herramientas	74
84	Simulación fresa	75
85	Ventana de simulación de fresa	75
86	Mecanizado final.....	75
87	Reporte de errores	76
88	Plano de la portaherramienta	76
89	Modelado en el software.....	76
90	Tipo de función	77
91	Selección de la geometría	77
92	Herramienta	77
93	Secuencia de corte	78
94	Acabado	78
95	Tipo de función- desbaste avanzado.....	78
96	Herramienta de desbaste	79
97	Desbaste adaptable.....	79
98	Acabado	80

99	Desbaste del material restante.....	80
100	Cálculo de trazo	81
101	Trazo de la herramienta	81
102	Simulación fresa	81
103	Insertar parámetros	82
104	Tipos de función	82
105	Movimientos rápidos	82
106	Desbaste	83
107	Secuencia	83
108	Parámetros de profundidad	84
109	Herramienta de acabado.....	84
110	Cálculo del trazo	84
111	Simulación portaherramienta tronzado.....	85
112	Portaherramienta de tronzado	85
113	Preparación de herramientas	86
114	Buscar el centro del eje Y	86
115	Identificar coordenadas en el eje Y.....	87
116	Identificar coordenada a modificar	87
117	Encerado de la coordenada Y	87
118	Buscar el centro del eje X.....	88
119	Identificar coordenadas en el eje X.....	88
120	Identificar coordenada a modificar	88
121	Encerado de la coordenada X	89
122	Buscar el centro de la pieza	89
123	Identificar coordenadas en el eje Z.....	89
124	Ingreso códigos G	90
125	Envío de códigos G.....	91
126	Inicio de mecanizado	91
127	Mecanizado	91

LISTA DE ANEXOS

- A** Planos portaherramienta
- B** Códigos G

LISTA DE ABREVIACIONES

CAD	Computer Aided Desing-Diseño Asistido Por Computadora
CAM	Computer Aided Manufacturing- Manufactura Asistida Por Computadora
NC	Numeral Control- Control Numerico
CNC	Computer Numeral Control- Control Numérico Computalizado
CR	Retorno De Carrera
LF	Avance De Linea
DNC	Direct Numeral Control- Control Numérico Directo
RPM	Revoluciones por minuto
HSS	Acero Rapido
PCD	Diamante policristaino
WC	Carburo de Tungteno
TIC	Carburo de titanio
ISO	International Organization for Standardization
KAPR	Ángulo del filo de la herramienta
BMC	Material del cuerpo
LF	Longitud funcional
HF	Altura Funcional
SC	Código de forma de plaquita

RESUMEN

La presente investigación trata sobre la factibilidad de apoyo del nuevo laboratorio de mecanizado para los talleres básicos de la ESPOCH, enfocada en una problemática generada en los tornos convencionales ya que debido a los años de uso por las diferentes generaciones de estudiantes ha provocado el desgaste de uno de los componentes principales con mayor frecuencia de uso como es la portaherramienta. Este trabajo de titulación fue realizada mediante una metodología de investigación de campo. Al ser la portaherramienta el componente que está en contacto con las fuerzas producidas por la herramienta en el proceso de mecanizado genera mayor desgaste, dificultando la precisión en las prácticas de los estudiantes por tal manera la investigación pretende resolver la problemática con la fabricación de portaherramientas con el uso de la maquinaria CNC, para la cual se identificó las portaherramientas a ser diseñadas acorde a sus características físicas y de diseño, las cuales son procesadas por el software de diseño al lenguaje de la máquina CNC que se lo conoce como códigos G, estos códigos G contienen los parámetros de mecanizado tales como: velocidad, revoluciones por minuto, profundidad, posicionamiento de la herramientas con respecto al material, etc. Para la elaboración de la portaherramienta se seleccionó el material adecuado que cumpla con las condiciones necesarias para aumentar la vida útil, de esto dependió en gran cantidad de las velocidades de avance, profundidad. Con la investigación se profundizó los conocimientos necesarios para el correcto uso de la maquina CNC, generando soluciones rápidas y precisas para los talleres de la ESPOCH, optimizando tiempos y generando mayor calidad de educación.

Palabras clave:

<CONTROL NÚMÉRICO POR COMPUTADORA (CNC)><DISEÑO ASISTIDO POR COMPUTADORA (CAD)><FABRICACIÓN ASISTIDA POR COMPUTADORA (CAM)><REVOLUCIONES POR MINUTO (RPM)><ACERO RAPIDO (HSS)><DIAMANTE POLICRISTALINO (PCD)><CARBURO DE TUNGSTENO (WC)><CARBURO DE TITANIO (TIC)>.

ABSTRACT

This research deals with the feasibility of the new laboratory support for basic machining workshops ESPOCH. Focused on a problematic generated in conventional lathes, since due to the years of use by different generations of students have deteriorated one of the principal components with a greater frequency of usage as the tool holder. This research was performed by a field research methodology. As the tool holder is the component which is in contact with the forces produced by the tool in the machining process generates increases its deterioration, making it difficult for an accurate training in students for this reason such research aims to solve the problems with the manufacture of tool holders with the use of CNC machinery, for which the tool holder to be designed according to their physical and design characteristics are identified, which are processed by the software language design of the CNC machine that is known as G codes, these codes G contain the machining parameters such as: speed, revolutions per minute, depth, positioning the tool relative to the material, etc. For the elaboration of the tool holder the right material that meets the necessary conditions to increase the life span was selected, this depended in large amount of feed rates, depth. With this research the necessary knowledge for a proper usage of the CNC machine was deepen, generating fast and accurate solutions for workshops from the ESPOCH, optimizing time and generating higher quality of education.

Keywords:

<COMPUTER NUMERICAL CONTROL (CNC)><COMPUTER ASSISTED
DESING (CAD)><COMPUTER AIDED MANUFACTURING
(CAM)><REVOLUTION PER MINUTE (RPM)><FAST STEEL
(HSS)><POLYCRYSTALLINE DIAMOND (PCD)><TUNGSTEN CARBIDE
(WC)><TITAN CARBIDE (TIC)>

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

En varios tornos convencionales no cuentan con desactivado automático al momento de mecanizar y corren el riesgo de que ocurra un accidente al topar la torreta portaherramientas con el mandril o desgaste en los pernos de sujeción.

Al momento que se presenta dicho accidente o desgaste en el elemento portaherramientas podría perder su forma y uso, y el cual es una parte única propia del torno y se la debe reemplazar con una de las mismas características y medidas.

El deterioro del portaherramientas se eleva por el motivo que los tornos convencionales de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo están destinados a capacitación y no para producción, es decir, que los tornos son manipulados en su mayoría de tiempo por personal inexperto que desconoce sobre su funcionamiento. Reemplazar el portaherramientas original representa dinero en lugar de fabricar uno con las mismas características y medidas con la ayuda de la tecnología CNC.

1.2 Justificación

Al ser la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo una institución de alto nivel académico no solo por la calidad de enseñanza en las aulas sino por la consolidación de los conocimientos hacia la práctica, es por ello que el taller básico de la facultad de mecánica está dotado de tornos convencionales que son un componente vital en este proceso, con el transcurso de los años los equipos y especialmente los tornos al ser utilizados por varias generaciones de estudiantes de las distintas escuelas de la facultad, están expuestos a un deterioro prematuro la cual se identifica en casos como: rotura de las portaherramientas, desgaste, limitadas unidades. En tal virtud debido a la dependencia de ejecución práctica en los tornos con respecto a las unidades de portaherramientas es necesario el diseño y fabricación de estos elementos mediante el

manejo de tecnología CNC como solución al problema de abastecimiento del taller básico.

Tomando en cuenta la necesidad y la importancia que tienen las máquinas CNC para la fabricación y elaboración de múltiples elementos, herramientas o piezas de un conjunto, los cuales son desde muy sencillas hasta llegar a las de gran precisión, su campo de utilización no se limita únicamente al sector industrial debido a que se puede elaborar prácticamente casi cualquier elemento, desde un anillo común que sea de uso personal hasta un motor. Se quiere con la elaboración de éste proyecto la aplicación de la ya mencionada tecnología CNC para el maquinado de una pieza de conjunto mecánico.

El proyecto también es orientado a la aplicación de nuevas tecnologías, debido a que el uso de una equipo CNC no solo involucra un proceso de manufactura entre el operario y la máquina, más bien lo hace entre un computador y el técnico lo cual limita los errores porque se trabajan con software que requieren de datos específicos que evita fallos que generalmente el operador podría realizar si estuviera en contacto directo con la máquina, los así llamados errores humanos, motivo por el cual los trabajos realizados con éste tipo maquinaria tienen mayor grado de aceptación.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general. Aplicar la tecnología CNC en la modelación y fabricación de portaherramientas utilizados en los tornos convencionales del taller básico de la ESPOCH.

1.3.1 Objetivos específicos:

- Seleccionar el material adecuado para la elaboración de portaherramientas de un torno convencional.

- Determinar los diferentes tipos de portaherramienta según los parámetros más utilizados en los tornos convencionales del taller básico de la ESPOCH.

- Elaborar portaherramientas

- Analizar la situación actual de las portaherramientas de los tornos convencionales existentes en el taller básico de la facultad de mecánica

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Torno convencional

Los tornos convencionales son aquellos que pueden desarrollar un gran número de operaciones de mecanizado como por ejemplo partes internas y externas de superficies cilíndricas, cónicas, de rotación, acabados superficiales, roscado métrico, roscado por pulgada, roscado tipo Whitworth y roscado modular. Estos tornos son apropiados para realizar ranuras y chavetas en distintos tipos de materiales metálicos (como acero y fundición de hierro) y materiales no ferrosos.

Tiene una gran variedad en procesos de manufactura como la elaboración de rotores para equipos eléctricos, rotores de turbina a gas y rodillos en la industria minera, energía eléctrica, automotriz, petroquímica, transporte y fabricación de maquinaria.

2.1.1 *Tipos de torno convencionales.*

2.1.1.1 Torno paralelo. Es una máquina que realiza todas las operaciones de mecanizado en la plano de coordenadas x e y, debido a que los movimientos se los realiza en los 2 ejes que se establece primero mediante el carro longitudinal que desplaza la herramienta de corte hacia la pieza que se debe mecanizar y segundo el carro transversal que realiza los movimientos de forma perpendicular al eje de referencia de la pieza.

Este tipo de tornos tiene un tercer carro de accionamiento manual y giratorio denominado “Charriot” que va montado sobre el carro transversal, se puede realizar ángulos de inclinación para mecanizar conos.

Una de las características principales para este tipo de tornos es que se puede aplicar los diferentes procesos de mecanizado, es decir, aplicar todos los parámetros necesarios para realizar los mecanizados de torneado, taladrado, cilindrado, refrendado, ranurado,

roscado, conos, escariado y moleteado entre otros con la utilización de las distintas herramientas con formas diferentes para realizar el proceso respectivo.

Para realizar todas las operaciones de mecanizado es necesario la que el operario o trabajador tenga la pericia necesaria para utilizar adecuadamente la máquina, además se requiere la capacitación continua en: nuevos métodos de mecanizado, condiciones de seguridad para evitar incidentes o accidentes y la utilización de equipos de protección personal con la finalidad de cuidar la integridad física y psicológica de los trabajadores.

Figura 1. Torno paralelo



Fuente: <https://goo.gl/twzTH2>

2.1.1.2 Torno vertical. Este tipo de tornos tienen el eje establecido de manera vertical y el plato giratorio sobre un plano horizontal, las ventajas en utilizar esta máquina facilita el montaje de piezas de grandes volúmenes y pesadas.

El torno vertical se caracteriza por ser de gran tamaño y robusto, debido a estas características se tiene la dificultad de realizar el mecanizado de piezas pequeñas, además los tornos verticales no se puede mecanizar aquellos ejes que se fijen entre puntos por motivo de que no tiene el contrapunto. Se puede realizar el proceso de mecanizado para piezas que van sujetadas con las respectivas garras o con otros dispositivos de fijación al plato giratorio.

Figura 2. Torno vertical



Fuente: <http://goo.gl/Bpzl5i>

2.1.1.3 Torno copiadore. El torno copiadore es una máquina que es operado mediante un sistema hidráulico y se puede mecanizar piezas repetidas que se lo establece siguiendo el perfil de una matriz o plantilla de acuerdo a las necesidades y características técnicas de la pieza a mecanizar.

La característica principal del torno copiadore es que se puede utilizar para el torneado de ejes de acero que tengan distintos escalones en diámetros, además que se haya establecido previamente el proceso de forjado.

El funcionamiento para este tipo de tornos es que un palpador sensible va dirigiéndose por la trayectoria del perfil de la pieza al avanzar el carro principal, de esta manera se transmite el movimiento por un sistema hidráulico o magnético a un carro secundario que transmite un movimiento independiente del husillo transversal.

Figura 3.Torno copiadore



Fuente: <http://goo.gl/A2uPm0>

2.1.1.4 Torno revolver. Este tipo de torno tiene la ventaja de realizar varios procesos de mecanizado debido a que se puede utilizar varias herramientas de corte de forma secuencial, con la finalidad de disminuir el tiempo total de mecanizado.

Una de las características del torno revolver es que contiene un carro con la torreta giratoria de forma hexagonal accionada por un sistema o mecanismo de trinquete, se ejecuta el mecanizado en la parte frontal de la pieza, en dicha torreta se introduce las herramientas necesarias que se establece de manera directa con el proceso de mecanizado y además estas herramientas son controladas por un final de carrera.

Figura 4. Torno revolver



Fuente: <http://www.pinstopin.com/torno-revolver/>

2.2 Sistemas CAD/CAM

El diseño asistido por computadora (CAD) y la fabricación asistida por computadora (CAM) tienen sus propios conceptos, características y presentaciones de una manera individual, pero cabe recalcar que desde el punto de vista industrial los dos sistemas van relacionados directamente para realizar cualquier tipo de producto.

2.2.1 Componentes del CAD/CAM

Los sistemas CAD/CAM tienen fundamentos muy extensos con una gran variedad de disciplinas, las principales componentes se las establece a continuación:

2.2.1.1 Modelado geométrico. Esta componente determina el estudio de métodos de diseño en las que se representan varias entidades geométricas, esto depende de las características técnicas del prototipo a modelar.

2.2.1.2 Técnicas de visualización. Esta componente es muy esencial para la obtención de imágenes del prototipo, esto depende de los parámetros de modelación, las técnicas de visualización van de la mano según el estudio que se realice al prototipo ya sea un análisis estático, dinámico, de fluido, elástico, magnético, eléctrico, etc.

De esta manera se puede tener la facilidad de un mayor campo de visualización por parte del diseñador.

2.2.1.3 *Técnicas de interacción gráfica.* Esta componente es el soporte de la información geométrica que ingresa para el diseño, esta depende de las técnicas de posicionamiento ya sea para realizar el proceso de modelación en 2D o 3D y de las técnicas de selección que establece la identificación de la herramienta necesaria para la generación y edición del prototipo.

2.2.1.4 *Diseño de la interfaz de usuario.* Para que exista una correcta interfaz entre el usuario y el sistema CAD/CAM es que el operario debe tener excelentes conocimientos sobre la utilización del software, esto permite mayor confiabilidad en el proceso de modelación.

2.2.1.5 *Bases de datos.* Esta componente permite almacenar toda la información de los prototipos que se diseñen, esto permite mayor confianza en el operario.

2.2.1.6 *Métodos numéricos.* Esta componente consiste en la aplicación de cálculos matemáticos acompañado de razonamiento lógico necesarios para realizar un estudio o análisis de los sistemas CAD/CAM.

2.2.1.7 *Interfaz de comunicaciones.* Esta componente es muy importante debido a que se puede interconectar todas máquinas y dispositivos de un sistema CAD/CAM.

Figura 5. Componentes de los sistemas CAD/CAM



Fuente: Autores

2.3 Tecnología CNC

El control numérico computarizado (CNC) tuvo sus inicios a principios de los años 50 en el Instituto de Tecnología de Massachusetts, en el cual se automatizó una fresadora por primera vez.

Una máquina CNC a diferencia de una convencional la computadora controla de manera automática la posición y velocidad de cada uno de los motores que accionan los ejes para realizar el proceso de mecanizado, con esta facilidad se puede realizar movimientos que manualmente es imposible realizarlos como trayectorias circulares, líneas diagonales y cualquier tipo de figuras tridimensionales.

La terminología de control numérico se debe a que la máquina CNC recibe órdenes mediante una codificación alfanumérica estandarizada para ejecutar una gran variedad de movimientos tridimensionales.

2.3.1 Elementos básicos del control numérico

2.3.1.1 El programa. El programa contiene toda la información necesaria para ejecutar todas las acciones, la persona encargada en realizar las instrucciones en el programa debe tener la capacitación adecuada sobre toda las herramientas que proporciona el software con la finalidad de realizar las operaciones de una manera correctas.

2.3.1.2 El control numérico. En esta parte se establece todas las instrucciones por parte del programador, es necesario conocer las características técnicas de la pieza y de la herramienta para establecer parámetros como velocidad de corte, diámetro, ángulos de filo, tolerancias, el tipo de trayectoria de la herramienta, etc.

Una condición importante del control numérico es que se debe conocer para que sirve cada uno de los códigos G según la codificación que se utiliza para la respectiva máquina, debido a que el software genera códigos distintos a los que se ejecuta en la máquina.

2.3.1.3 *La máquina.* La máquina ejecuta todas las instrucciones establecidas por el programador, además se debe conocer las características técnicas y el funcionamiento de la misma, es decir, se debe adquirir toda la información necesaria de los manuales respectivos con la finalidad de realizar un proceso de mecanizado adecuado y que el producto cumpla con los estándares de calidad y seguridad.

2.3.2 *Ventajas del control numérico*

- Elaboración de piezas muy difíciles de mecanizar.
- Precisión en la elaboración de las piezas mecánicas.
- Aumento de la productividad, esto se debe a que se disminuye el tiempo total del proceso por la fiabilidad de utilizar la tecnología CNC.
- Brinda seguridad a los trabajadores debido a que evita el contacto directo cuando se maneje materiales peligrosos.
- Mayor intercambiabilidad de las herramientas para realizar diferentes procesos de mecanizado.

2.3.3 *Desventajas del control numérico*

- Elevados costos de la máquina.
- Elevados costos para realizar el mantenimiento correctivo de la máquina.
- Elevados costos en el proceso de capacitación para el correcto uso de la máquina.
- Es necesario que la producción se la realice en serie.

2.4 **Técnicas de programación CNC**

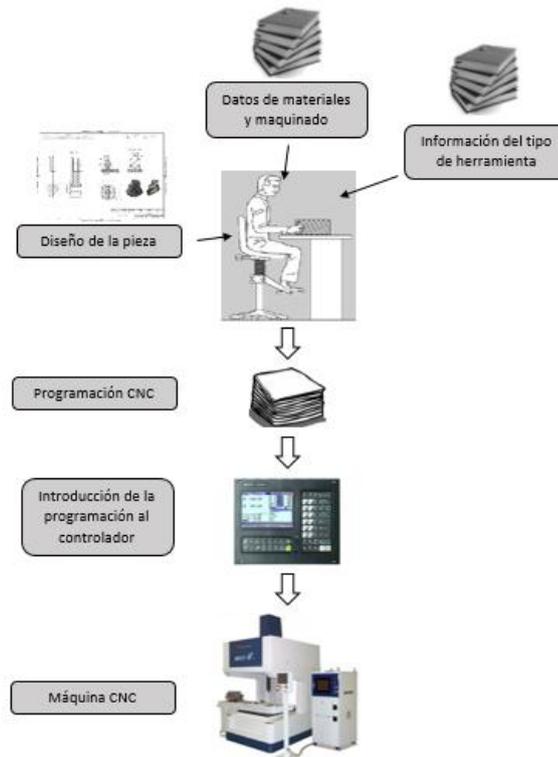
Las técnicas de programación para todo tipo de máquina que utilice tecnología CNC consisten en elaborar y codificar la información adecuada para ejecutar el proceso de mecanizado de una pieza con varias codificaciones con la finalidad de que la máquina pueda interpretar la información.

Existen dos tipos de técnicas o modalidades de programación que son la manual y la automática.

2.4.1 *Técnica manual.* La técnica manual consiste en que el diseño de la pieza se lo realiza exclusivamente por medio de razonamiento y cálculos por parte del operario, la parte manual requiere seguir el siguiente algoritmo:

- Adquirir datos de materiales y maquinado.
- Adquirir información del tipo de herramientas.
- Realizar el diseño de las piezas que se desea mecanizar en planos con todas las características técnicas.
- Realizar la programación secuencial con los códigos necesarios según el tipo de máquina CNC que se vaya a utilizar cumpliendo con los todos los parámetros de la pieza.
- Introducir la programación al controlador de la máquina CNC.
- Interpretación de la información adquirida por la máquina para realizar el proceso de mecanizado.

Figura 6. Técnica manual CNC



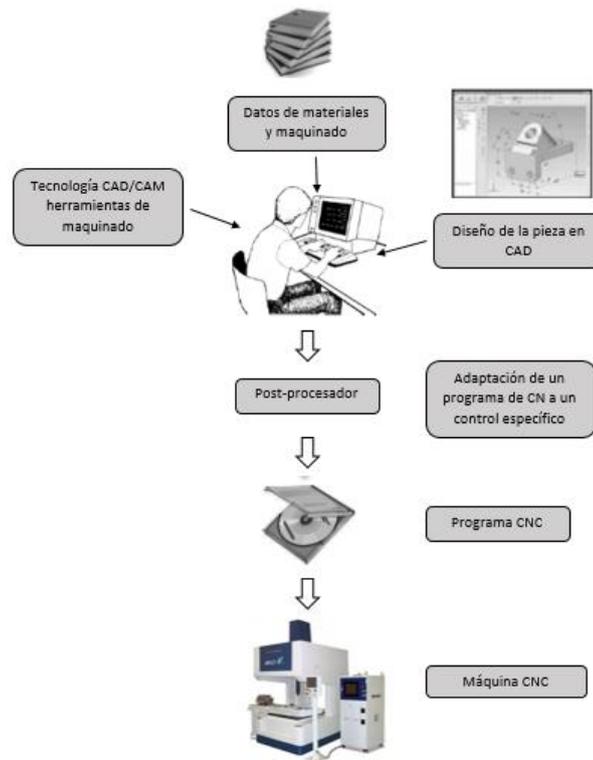
Fuente: Autores

2.4.2 Técnica automática. La técnica automática consiste en que el diseño de la pieza se lo realiza con la ayuda de programas o software CAD/CAM, que facilita al operario en la reducción de tiempo, diseño de planos, programación manual, etc.

A su vez el operario debe tener un amplio conocimiento de las herramientas que brinda el software, la parte automática requiere seguir el siguiente algoritmo:

- Adquirir datos de materiales y maquinado.
- Realizar el diseño de la pieza utilizando la tecnología CAD.
- Realizar el proceso de fabricación utilizando la tecnología CAM.
- Adaptar los códigos G generados por el software a los códigos requeridos por la máquina que se va a utilizar, con la ejecución de un post procesador.
- Interpretación de la información adquirida por la máquina para realizar el proceso de mecanizado.

Figura 7. Técnica automática CNC



Fuente: Autores

2.5 Portaherramientas

Un portaherramienta es un dispositivo de sujeción de la herramienta, plaquita, inserto o conocida como cuchilla de corte. Existen una gran variedad de herramientas de cortes diferentes que pueden ser seleccionadas mediante su forma y tamaño.

El tipo de portaherramientas depende de la operación de mecanizado, forma de las piezas y rendimiento de la máquina, de esta manera se determina la mejor solución de portaherramientas, cabe recalcar que cuando se utilice una máquina CNC el tipo de portaherramientas se debe asegurar un mecanizado preciso con productividad.

El porta-herramientas está dividido en torneado, fresado, taladrado, mandrinado y roscado cada una de ellas con sus respectivas características técnicas que son determinantes al momento de diseñar un portaherramientas.

2.5.1 *Consideraciones iniciales*

2.5.1.1 *La operación de mecanizado.* Al momento de analizar la operación de mecanizado se debe tomar en consideración las siguientes condiciones.

Se debe iniciar con un análisis detallado de que operación se va a realizar, ya sea para torneado, fresado, taladrado, mandrinado y roscado, se debe acotar que el tipo de operación afecta directamente a la selección del portaherramientas.

En la operación de mecanizado se debe tomar en cuenta la calidad de operación, es decir, en este punto se toma en consideración la tolerancia y el acabado superficial (menor rugosidad de la superficie).

El número de operaciones realizadas en el mecanizado es de suma importancia al momento de la selección del portaherramientas debido a que se genera mayor desgaste en la plaquita por la presencia de las fuerzas de corte ya que se transmiten transversal y axialmente por todo el cuerpo del portaherramientas y generan daños.

2.5.1.2 *La pieza.* Al momento de analizar la pieza se debe tomar en consideración las siguientes condiciones:

Se debe realizar la sujeción de la pieza de manera precisa y cumpliendo las normativas de seguridad que se brinda para proteger el portaherramientas y la integridad física del operario al momento del mecanizado.

Se debe considerar el tipo de producción esto influye directamente en las características técnicas de la herramienta y portaherramientas, en una producción bajo pedido el uso de la herramienta y portaherramientas es de menor tiempo pero a la larga genera daños, a su vez una producción en serie el tiempo de vida útil de la herramienta y portaherramientas se reduce considerablemente por motivo de que siempre va a estar en funcionamiento, es decir, que el rendimiento de la herramienta y portaherramientas llega a su máxima capacidad.

2.5.1.3 *La máquina.* Al momento de analizar la máquina se debe tomar en consideración las siguientes condiciones:

En lo referente a la máquina se debe tomar en cuenta la estabilidad, potencia de trabajo y par torsor o momento torsor, generalmente cuando se realiza el mecanizado en piezas de grandes dimensiones.

Se debe considerar el tipo de acoplamiento del husillo en la máquina, estos acoples pueden ser rígidos y flexibles que permiten la transmisión de movimiento entre dos ejes, la finalidad de los acoples es garantizar una correcta transmisión del movimiento reduciendo considerablemente las vibraciones producidas en la unión de los ejes.

El tipo de torreta incide de manera directa en la selección del portaherramientas debido a que en la torreta se insertan una o varios portaherramientas, el tipo de torreta depende si la máquina es convencional o con tecnología CNC.

2.5.2 *Características necesarias del portaherramientas*

- Debe ser lo suficientemente rígido para que puede resistir las fuerzas de corte que se generan durante el contacto de la herramienta con la pieza a mecanizar, no debe sufrir vibraciones durante el mecanizado, además el portaherramientas debe provocar estabilidad y repetitividad en el proceso.
- Debe brindar precisión en la ubicación de la punta de la plaquita o herramienta, por lo general se debe tener precaución para aquellas herramientas rotativas, en el cual debe evitarse desviaciones debido a las fuerzas de corte que se producen durante el mecanizado.
- Debe transmitir las fuerzas de corte entre el soporte y la herramienta sin que se produzca desplazamientos indeseados de la herramienta.
- Debe tener una buena accesibilidad, versatilidad al momento de realizar las operaciones de mecanizado y un mantenimiento sencillo ya sea preventivo o correctivo, de esta manera se reduce tiempos por cambio de herramienta, mediciones con parada y mantenimiento.

2.5.3 *Opciones del portaherramientas.* En lo referente a la sujeción de la herramienta de corte puede incidir de manera radical en la eficiencia, eficacia y

productividad de la herramienta, a su vez es importante seleccionar correctamente el portaherramientas con la finalidad de que el proceso de corte se lo realice en óptimas condiciones.

Ayudando a que la herramienta genere un funcionamiento idóneo y brindando mayor seguridad al operario al momento que utilice una máquina convencional o máquina CNC.

2.5.4 *Condiciones para la selección del portaherramientas.* Las condiciones técnicas para la selección del portaherramientas trata de en lo posible adoptar un sistema portaherramientas actualizando las máquinas o a su vez parte del equipamiento de la maquinaria

Además se debe establecer y asegurar que el sistema portaherramientas puede ser utilizada sin restricciones, es decir, puede utilizarse para cualquier tipo de operación de mecanizado.

La selección del portaherramientas debe ser adecuado para todos los tipos de máquinas-herramientas y para todo tipo de condiciones de mecanizado, de esta manera el proceso de producción se optimiza y genera altos estándares de calidad en el producto que se fabrique.

2.6 Portaherramientas para el Torno

A continuación se detalla gráficamente los tipos de portaherramientas con su respectiva plaquita para un torno según las operaciones de mecanizado:

Figura 8. Portaherramienta para refrentado



Fuente: <http://goo.gl/eq8F6G>

Figura 9. Portaherramientas y plaquita para cilindrado



Fuente: <http://goo.gl/eq8F6G>

Figura 10. Portaherramientas y plaquita para moleteado



Fuente: <http://goo.gl/QJ8F4m>

Figura 11. Portaherramientas y plaquita para chaflanes



Fuente: <http://goo.gl/S4LmtO>

Figura 12. Portaherramientas para roscado



Fuente: <http://goo.gl/L1o5Ri>

2.7 Material de las herramientas

El tipo de material de las herramientas puede ser elaborado de acero al carbono, acero rápido (HSS), metal duro o carburo cementado, cerámica y diamante policristalino (PCD), cada uno de estos materiales tiene características propias por naturaleza, además las variables como esfuerzos, temperaturas, fricción y presión son diferentes según el material que se utilice para la fabricación de portaherramientas, es decir, que comportamiento físico-químico de los materiales mencionados anteriormente varían totalmente.

2.7.1 Acero al carbono. En la actualidad este tipo de material para el portaherramientas no tiene mucha aplicación, el portaherramientas fabricado en acero al carbono o acero no aleado, las características físicas-químicas de este material es de tener una resistencia térmica de 250-300°C, por lo tanto se emplean solamente para bajas velocidades de corte. Son portaherramientas de bajo costo y fácil tratamiento térmico, pero por encima de 300°C pierde la dureza.

2.7.2 *Acero rápido.* Son portaherramientas de acero aleado con elementos ferrosos tales como tungsteno, cromo, molibdeno, vanadio y otros. Estos aceros tienen las características físicas-químicas de adquirir alta dureza, alta resistencia al desgaste y una resistencia térmica hasta temperaturas de 650°C. En el campo industrial y en el mecanizado de alta velocidad su aplicación a disminuido notablemente en los últimos años, el portaherramientas de acero rápido aún se prefiere para trabajos en metales blandos o de baja producción, porque son relativamente económicas.

2.7.3 *Metal duro o carburo cementado.* Estos portaherramientas se fabrican a base de polvo de carburo, que junto a una porción de cobalto, usado como aglomerante, le otorgan una resistencia de hasta 815°C. Los carburos más comunes son: carburo de tungsteno (WC), carburo de tantalio (TaC), carburo de titanio (TiC) y carburo de niobio (NbC). Las características físicas-químicas de este material hace que tenga una alta dureza y buena resistencia al desgaste, son las portaherramientas más adecuadas para maquinar hierro colado, metales no ferrosos y algunos materiales abrasivos no metálicos.

2.7.4 *Cerámica.* Existen dos tipos básicos de cerámica, las basadas en óxido de aluminio y las de nitruro de silicio. Las características físicas-químicas de este material comprenden en tener alta dureza en caliente y no reaccionan químicamente con los materiales de la pieza, además son muy frágiles. Se emplean en producciones en serie, como el sector automotriz, donde dado a su buen desempeño han logrado aumentar considerablemente la cantidad de piezas fabricadas.

2.7.5 *Diamante policristalino.* Las características físicas-químicas de este material es ser sintético y casi tan duro como el diamante natural. Además tienen una increíble resistencia al desgaste y una baja conductividad térmica, en lo referente a la vida útil del portaherramienta es hasta cien veces mayor que la del carburo cementado. Sin embargo, también es muy frágil, las temperaturas de corte no deben exceder de 600°C, no puede usarse para cortar materiales ferrosos porque existe afinidad y no sirve para cortar materiales tenaces.

2.8 Designación del portaherramientas

2.8.1 Sistema de fijación. La selección del portaherramientas para la plaquita o herramienta se realiza de acuerdo con diferentes modos de mecanizado tales como torneado exterior, frontal y copiado. A tal efecto, el sistema de sujeción de la plaquita al portaherramientas también está normalizado por ISO y, aunque hay varias, existen cuatro categorías principales, simbolizadas por letras:

2.8.1.1 P: La plaquita es fijada por medio de una palanca que lo empuja sobre su asiento en el portaherramientas.

- **Características**

- Alta exactitud en posición.
- Buena repetitividad.
- Excelente estabilidad.
- Cambio de herramienta rápida y fácil.
- No dificultad la salida de viruta.

- **Aplicaciones**

- Recomendado para torneado exterior, mandrinado de agujeros grandes y todo tipo de mecanizado de pasada ligera y profunda.
- No recomendado en cortes interrumpidos debido a su baja sujeción en dirección vertical.



Fuente: <http://goo.gl/L1o5Ri>

2.8.1.2 C: la plaquita se sujeta por una brida a presión, que mantiene a la plaquita presionada sobre el asiento en el portaherramientas.

- **Características**

- Exactitud del filo muy elevada.
- Apta para mecanizado interrumpido.
- Para herramientas sin agujero.

- **Aplicaciones**

- Son accesibles en operaciones de acabado exterior e interior y con diseños especiales en la brida, alta precisión en el mecanizado de copia.



Fuente: <http://goo.gl/L1o5Ri>

2.8.1.3 S: el agujero del inserto tiene forma cónica y el inserto es fijado por tornillo.

- **Características**

- Fijación segura.
- Excelente repetitividad.
- La viruta sale con facilidad.
- Gran variedad de plaquitas.
- Requiere poco espacio.

- **Aplicaciones**

- Desde el desbaste ligero exterior al acabado de piezas pequeñas.

- Son accesibles en mecanizado interior de diámetros pequeños.



Fuente: <http://goo.gl/L1o5Ri>

2.8.1.4 M: el inserto es fijado por una cuña, brida o tornillo que sujeta simultáneamente la parte superior y lateral del mismo.

- **Características**

- Alta exactitud en posición.
- Excelente estabilidad.
- Buena repetitividad.
- Gran rigidez.

- **Aplicaciones**



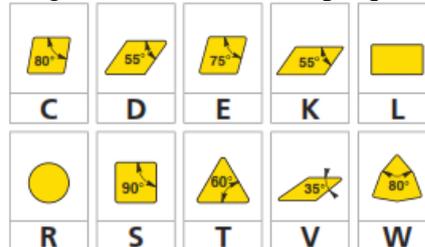
Fuente: <http://goo.gl/L1o5Ri>

- Son accesibles en operaciones de copiado exterior.

2.8.2 Forma de la plaquita. En lo referente a forma de la plaquita depende de la geometría a la que esté diseñado para ello existe variaciones en los ángulos (incidencia, filo, ataque, corte, punta y posición), la forma de la plaquita incide en el diseño del portaherramientas por lo tanto es de gran importancia tomar en consideración este

parámetro técnico. La forma de la plaquita también tiene denominación y por lo general se las establece con las siguientes letras: C, D, E, K, L, R, S, T, V y W.

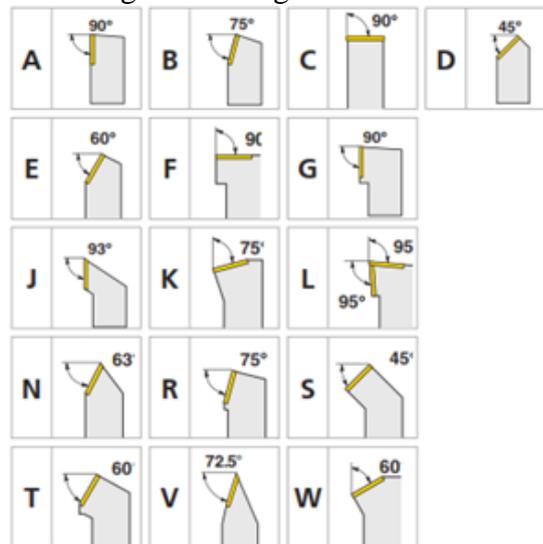
Figura 17. Forma de la plaquita



Fuente: <http://goo.gl/L1o5Ri>

2.8.3 *Ángulo de entrada.* El ángulo de entrada hace referencia al tipo del portaherramientas que se debe diseñar o seleccionar según el ángulo, es decir, que existen variaciones de los ángulos de entrada que depende del tipo de sujeción y forma de la plaquita. El ángulo de entrada también tiene denominación y por lo general se las establece con las siguientes letras: A, B, C, D, E, F, G, J, K, L, N, R, S, T, V y W.

Figura 18. Ángulo de entrada

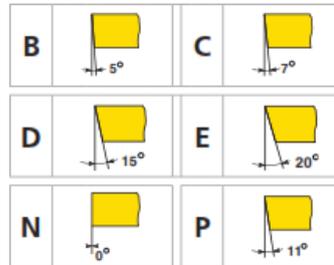


Fuente: <http://goo.gl/L1o5Ri>

2.8.4 *Ángulo de incidencia de la plaquita.* El ángulo de incidencia es el que forma con la tangente de la pieza y el área de incidencia de la plaquita. La variación del ángulo de incidencia es un parámetro técnico importante en la designación del portaherramientas ya que sirve para reducir considerablemente la fricción producida entre la pieza a mecanizar y la plaquita. El ángulo de incidencia también tiene

denominación y por lo general se las establece con las siguientes letras: B, C, D, E, N y P.

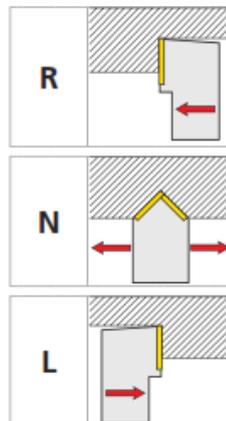
Figura 19. Ángulo de incidencia de la plaquita



Fuente: <http://goo.gl/L1o5Ri>

2.8.5 Sentido de corte. El sentido de corte hace referencia al tipo de movimiento del portaherramientas ya sea para los ejes x, y o z, el diseño de la plaquita y el portaherramientas incide al momento de realizar los movimientos que pueden ser hacia la derecha, izquierda o ambos sentidos a la vez. El sentido de corte también tiene denominación y por lo general se las establece con las siguientes letras: R, N y L.

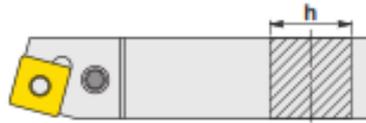
Figura 20. Sentido de corte



Fuente: <http://goo.gl/L1o5Ri>

2.8.6 Altura del portaherramientas. En lo referente a la altura (h) se detalle el valor numérico en milímetros, se debe tomar en cuenta que si solo existe un dígito se debe poner primero un cero, por ejemplo si $h = 6$ se establece como 06.

Figura 21. Altura del portaherramientas



Fuente: <http://goo.gl/L1o5Ri>

2.8.7 *Anchura del portaherramientas.* En lo referente a la anchura (l) se detalle el valor numérico en milímetros, se debe tomar en cuenta que si solo existe un dígito se debe poner primero un cero, por ejemplo si $l = 6$ se establece como 06.

Figura 22. Anchura del portaherramientas



Fuente: <http://goo.gl/L1o5Ri>

2.8.8 *Longitud del portaherramientas.* En lo referente a la longitud (ll) se detalle el valor numérico en milímetros. La longitud del portaherramientas también tiene denominación y por lo general se las establece con las siguientes letras: A, B, C, D, E, F, G, H, J, K, L, M, N, P, Q, R, S, T, U, V, W, X e Y.

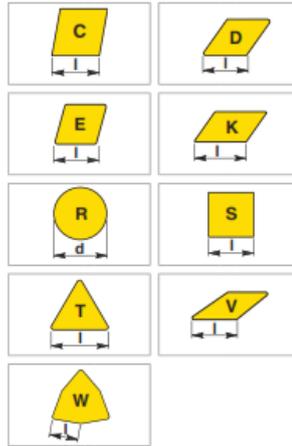
Figura 23. Longitud del portaherramientas

A	32	N	160
B	40	P	170
C	50	Q	180
D	60	R	200
E	70	S	250
F	80	T	300
G	90	U	350
H	100	V	400
J	110	W	450
K	125	Y	500
L	140	X	ESPECIAL
M	150		

Fuente: <http://goo.gl/L1o5Ri>

2.8.9 *Longitud de arista de corte de la plaquita.* En lo referente a la arista de corte (l o d) se detalle el valor numérico en milímetros, se debe tomar en cuenta que si solo existe un dígito se debe poner primero un cero, por ejemplo si $l = 6$ se establece como 06.

Figura 24. Longitud de las aristas de corte de la plaquita



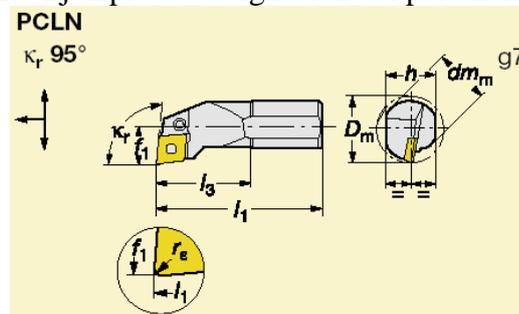
Fuente: <http://goo.gl/L1o5Ri>

2.8.10 *Características propias del fabricante.* En lo referente a este parámetro se debe indicar que si es necesario se puede añadir un código extra cuando el fabricante requiera manifestar o suministrar algún tipo de información adicional.

2.9 Ejemplo de designación del portaherramientas

Si se tiene un portaherramientas cuya denominación es PCLNR 16 16 H 09, dichas letras significan lo siguiente:

Figura 25. Ejemplo de designación del portaherramientas



Fuente: <http://goo.gl/L1o5Ri>

- P: Indica el tipo de fijación de la plaquita (en este caso, como es P, indicaría fijación por leva).
- C: Indica la geometría de la plaquita que inserta (en este caso, como es C sería una placa rómbica de 60°).
- L: Indica el ángulo del portaherramientas (en este caso la L será de 95° respecto a la arista de la pieza).
- N: Indica el ángulo de desprendimiento de la plaquita (en este caso como lleva la letra N, sería 0°).
- R: Indica el sentido de trabajo del portaherramientas (como lleva una letra R sería a derecha).
- 16: Indica la medida del mango del portaherramientas (será un cuadrado de 16×16 mm).
- H: Indica la longitud del mango (en este caso la longitud del mango será de 100 mm).
- 09: Indica la longitud de la arista de corte de la plaquita que monta (en este caso sería 9 mm).

CAPÍTULO III

3. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL DEL TALLER BÁSICO DE LA ESPOCH

3.1 Tipos de tornos existentes

En el taller básico de la ESPOCH se identificó que existen tornos paralelos. Los cuales fueron un gran aporte para la serie de estudiantes que los utilizaron realizando prácticas y aprendiendo el funcionamiento del mismo ya que obtener conocimientos sobre el torneado es la base para poder manejar un torno con control automático computarizado.

Se identificó diez tornos paralelos funcionales

3.1.1 *Torno paralelo.*

Figura 26. Torno paralelo



Fuente: Autores

El torno paralelo o mecánico es el tipo de torno existente en el Taller Básico de la Facultad de Mecánica, lo que varía en los diferentes tornos es tu tamaño.

Sin embargo en la actualidad este tipo de torno está quedando relegado a realizar tareas poco importantes, a utilizarse en los talleres de aprendices y en los talleres de mantenimiento para realizar trabajos puntuales o especiales

Es una máquina que trabaja en el plano horizontal (X, Y), porque solo tiene estos dos ejes de movimiento, mediante el carro longitudinal que desplaza las herramientas a la pieza y produce torneados cilíndricos, y el carro transversal que se desplaza de forma perpendicular al eje de simetría de la pieza, para realizar la operación denominada refrentado.

Este tipo de torno lleva montado un tercer carro, de accionamiento manual y giratorio, conocido como “Charriot” o auxiliar superior, montado sobre el carro transversal, con el cual, inclinado a los grados necesarios, es posible mecanizar conos.

Lo característico de este tipo de torno es que se pueden realizar en él mismo, todo tipo de tareas propias del torneado, ya sea taladrado, cilindrado, refrentado, roscado, conos, ranurado, escariado y moleteado entre otros; mediante diferentes tipos de herramientas y útiles intercambiables con formas variadas que se le pueden ir acoplado.

3.1.1.1 *Partes más importantes del torno.* Sus partes más importantes son las siguientes:

- La bancada. Estructura de la máquina

Figura 27. Bancada



Fuente: Autores

Constituye la superficie de apoyo y la columna vertebral de un torno. Su rigidez y alineación afectan la precisión de las partes maquinadas en el torno.

Encima de la bancada se encuentran las guías prismáticas, las cuales consisten generalmente en dos “V” invertidas y dos superficies planas de apoyo.

Las guías de los tornos son piezas maquinadas con gran exactitud por rectificado. Cuando las guías están desgastadas o tienen algún daño, se afecta la precisión de las piezas maquinadas y el torno pierde su valor.

- El cabezal y cabezal móvil. Transmisión del movimiento principal.

Es el también llamado carro longitudinal. Este se desliza sobre la parte superior de las guías de la bancada.

Figura 28. Cabezal móvil



Fuente: Autores

- El contrapunto. Alineado con el eje de giro, sirve para dar otro apoyo a la pieza.

Figura 29. Contrapunto



Fuente: Autores

- Los carros de movimiento de la herramienta. Transmisión del movimiento de avance a las barras de cilindrar y roscar.

Figura 30. Carros de movimiento



Fuente: Autores

- La caja Norton de control de velocidades. Caja de velocidades que controla la velocidad de rotación del husillo.

Figura 31. Caja Norton



Fuente: Autores

Para cambio rápido de velocidad, es el elemento de unión que transmite la potencia entre el husillo y el carro. Accionando las palancas de cambio de velocidad de esta caja, se pueden seleccionar los diferentes avances conectando en diferentes configuraciones los engranajes a las correas de transmisión de movimiento. La placa indicadora que tiene la caja de engranajes para cambio de velocidad, indica el avance en milésimas de pulgada, o en hilos por pulgada para las posiciones de la palanca.

3.1.1.2 *Características primordiales que diferencian a los tornos paralelos.* Los tornos paralelos se diferencian por su forma de sujeción de la pieza y por la forma de sujeción de la herramienta.

Al momento de identificar las clases de torno existentes en el taller básico de la Espoch también identificamos sus características primordiales y son las siguientes.

- **Sujeción de la pieza.** Se refiere a la forma de sujeción de la pieza para proceder con el mecanizado.
- *Plato universal.* Dispone de 3 mordazas y es autocentrable, es el más habitual en las operaciones de torneado. Pero se recomienda proceder con el ajuste de la pieza como si se utilizara un plato de garras independientes.

Figura 32. Plato universal



Fuente: Autores

Para la sujeción de piezas se usan diferentes dispositivos entre los cuales se encuentran los platos de sujeción universal que tienen tres mordazas autocentrantes que se mueven con una sola llave o los platos independientes en los que cada mordaza es ajustada con una entrada de llave autónoma

- *Sujeción de piezas largas.* Se unen lunetas como apoyos intermedios, dichas lunetas son desmontables para utilizarlas solo cuando sea necesario

Figura 33. Sujeción de piezas largas



Fuente: Autores

Cuando la pieza a tornearse es muy larga se monta en la bancada una luneta o soporte móvil que permite soportar las piezas de trabajo cerca del punto de corte.

- **Sujeción de la herramienta**

- *Torreta múltiple giratoria.* Es una torreta en la cual se puede posicionar hasta cuatro herramientas, por su diseño giratorio podemos reducir tiempos y tener cuatro herramientas listas para trabajar con el movimiento de la torreta.

Figura 34. Torreta múltiple giratoria



Fuente: Autores

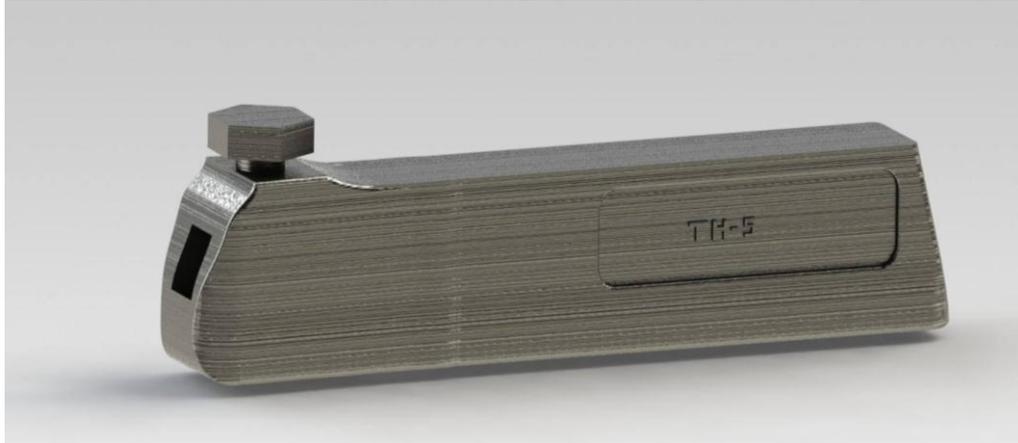
3.2 Dimensiones del portaherramienta.

En los tornos existentes en el taller básico al variar el tamaño, varía la torreta portaherramienta por ende varía el tamaño de los portaherramientas las cuales existen dos diferentes portaherramientas el primero para los tornos 9,10 y el segundo para los tornos 1-8.

3.2.1 *Medidas de la primera portaherramientas.* Es la portaherramientas de mayor dimensión que cuenta con un perno de cabeza hexagonal de 19mm para el apriete de la cuchilla.

Cuando la pieza a tornearse es muy larga se monta en la bancada una luneta o soporte móvil que permite soportar las piezas de trabajo cerca del punto de corte.

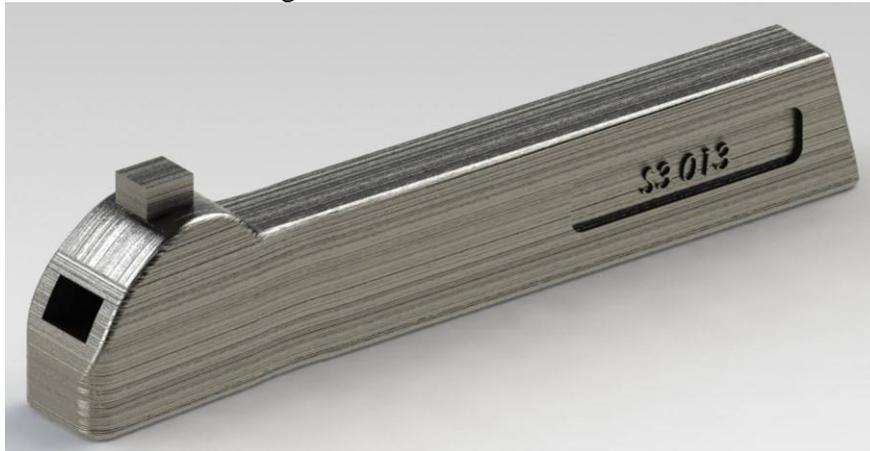
Figura 35. Portaherramientas



Fuente: Autores

3.2.2 *Medidas de la segunda portaherramientas.* Es la portaherramientas de menor dimensión que cuenta con un perno de cabeza cuadrada para el apriete de la cuchilla. La misma que cuenta con una llave específica para el apriete de la cuchilla.

Figura 36. Portaherramientas



Fuente: Autores

3.3 Planos de los portaherramientas existentes.

Se adjunta planos de los portaherramientas más detallados en dimensiones y forma ver anexo A

3.4 Diseño de la portaherramienta

Para el diseño de portaherramienta es necesario determinar las fuerzas durante el proceso de torneado, debido a la gran variedad de procesos existentes cabe recalcar que

en su mayoría se usa la herramienta de un solo filo, sus dimensiones van a variar dependiendo del tipo de proceso.

Es importante seleccionar la herramienta adecuada para el proceso de torneado, ya que una mala selección implicaría pérdidas sean estas de tiempo, costos de materia prima y mano de obra. La herramienta está sometida a esfuerzos por lo que es necesario determinar adecuadamente las superficies, ángulos y filos.

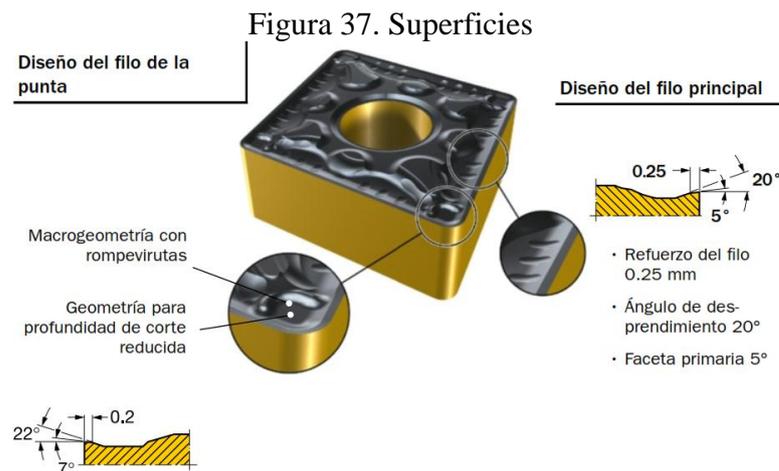
Debido a la importancia de la herramienta es determinante conocer las diferentes superficies, ángulos y filos, que a continuación se menciona.

Tabla 1. Superficies

Superficies	
Superficie de ataque	Plano por el cual se desprende la viruta de la herramienta
Superficie de incidencia	Es la cara del útil que se dirige en contra de la superficie de corte de la pieza.

Fuente: Autores

Los ángulos determinan una adecuada optimización de las herramientas aumentando la vida útil, en el transcurso del tiempo se puede diferenciar los ángulos de incidencia de las herramientas con los insertos como se observan en las siguientes imágenes.



Fuente: Autores

Existe una clara distinción en la geometría del filo entre una plaquita negativa y una positiva:

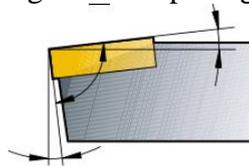
- Una plaquita negativa presenta un ángulo de cuña de 90° visto en sección transversal de la forma básica del filo.

- Una plaquita positiva tiene un ángulo de cuña inferior a 90° .

Una plaquita negativa tiene que inclinarse negativamente en el portaherramienta para poder ofrecer un ángulo de incidencia tangencial respecto a la pieza, mientras que una plaquita positiva ya tiene su propio ángulo de incidencia

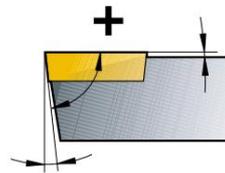
El ángulo de incidencia es el ángulo formado por la cara frontal de la plaquita y el eje vertical de la pieza. (Academ, 2016)

Figura 38. Tipo negativo



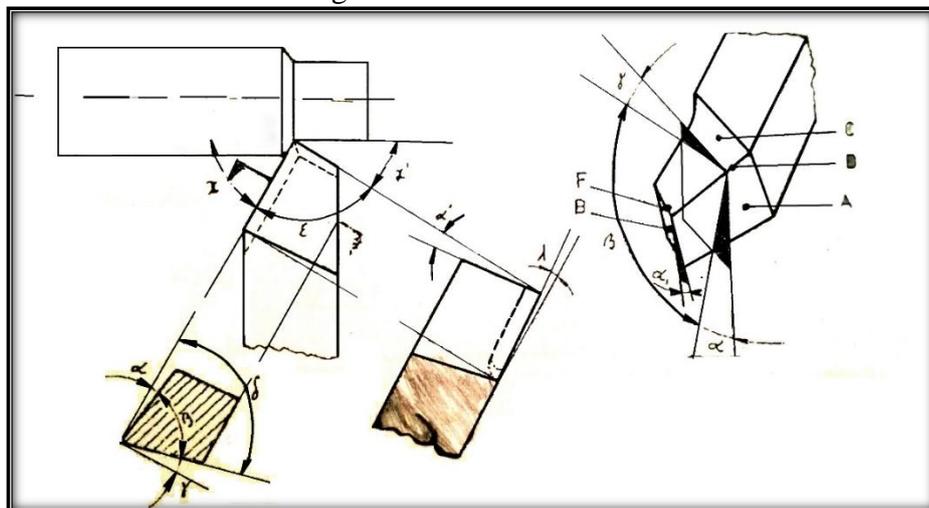
Fuente: Autores

Figura 39. Tipo positivo



Fuente: Autores

Figura 40. Planos cuchilla



Fuente: Procesos de mecanizado y taller

Tabla 2. Ángulos

Ángulos	
Ángulo de incidencia α	Formado con la tangente de la pieza y la superficie de incidencia del útil. Sirve para disminuir la fricción entre la pieza y la herramienta
Ángulo de filo B	Es el que se forma con las superficies de incidencia y ataque del útil. Establece qué tan punzante es la herramienta y al mismo tiempo que tan débil es.
Ángulo de ataque Γ	Es el ángulo que se forma entre la línea radial de la pieza y la superficie de ataque del útil. Sirve para el desalajo de la viruta, por lo que también disminuye la fricción de esta con la herramienta
Ángulo de corte Δ	Es el formado por la tangente de la pieza y la superficie de ataque del útil. Define el ángulo de la fuerza resultante que actúa sobre el buril
Ángulo de punta E	Se forma en la punta del útil por lo general en el filo primario y secundario. Permite definir el ancho de la viruta obtenida.
Ángulo de posición X	Se obtiene por el filo principal de la herramienta y el eje de simetría de la pieza. Aumenta o disminuye la acción del filo principal de la herramienta.
Ángulo de posición Λ	Es el que se forma con el eje de la herramienta y la dirección radial de la pieza. Permite dar inclinación a la herramienta con respecto de la pieza.

Fuente: Autores

Tabla 3. Filos de herramienta

Filos de herramienta	
Filo principal	Es el que se encuentra en contacto con la superficie desbastada y trabajada.
Filo secundario	Por lo regular se encuentra junto al filo primario y se utiliza para evitar la fricción de la herramienta con la pieza.

Fuente: Autores

De acuerdo a los procesos de investigación y desarrollo de los ángulos se determinaron los siguientes valores

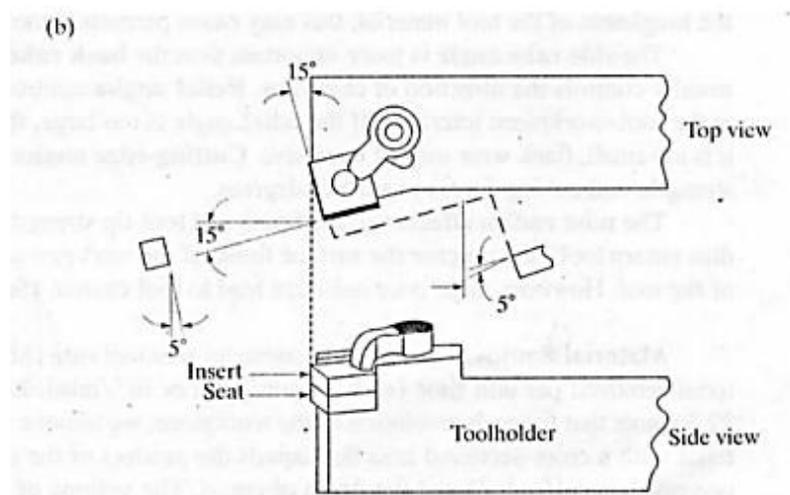
Tabla 4. Material a trabajar

Aceros Rápidos			Materiales a trabajar	Metales duros		
Alfa	Beta	Gama		Alfa	Beta	Gama
8	68	14	Acero sin alear hasta 70kg/mm^2	5	75	10
8	72	10	Acero moldeado 50 kg/mm^2	5	79	6
8	68	14	Acero aleado hasta 85 kg/mm^2	5	75	10
8	72	10	Acero aleado hasta 100 kg/mm^2	5	77	8
8	72	10	Fundición maleable	5	75	10
8	82	0	Fundición gris	5	85	0
8	64	18	Cobre	6	64	18
8	82	0	Latón ordinario, latón rojo, fundición de bronce	5	79	6
12	48	30	Aluminio puro	12	48	30
12	64	14	Aleaciones de aluminio para fundir y forjar	12	60	18
8	76	6	Aleaciones de magnesio	5	79	6
12	64	14	Materiales prensados aislantes	12	64	14
12	68	10	Goma dura, papel duro	12	68	10

Fuente: Autores

Las herramientas de corte, y los diferentes materiales, tienen un registro de juego óptimo de ángulos, obtenidos en su ejecución y desarrollo, las dimensiones más comunes de la herramienta se la observa en la siguiente figura.

Figura 41. Herramienta de corte



Fuente: Autores

Para el corte de material se tienen los siguientes ángulos en la siguiente tabla:

Tabla 5. Ángulos de corte

Material	Back rake	Side Rake	End relief	Slide relief	Slide and end cutting edge
Steels	-5	5	5	5	15
Stainless steels	-5	-5	5	5	15
High	5	0	5	5	45
Temperature					
Alloys					
Caston iron	-5	-5	5	5	15

Fuente: Autores

Para la determinación de una adecuada portaherramienta es importante conocer las fuerzas presentes en el proceso de torneado, como punto de partida es necesario definir una fuerza de comparación y de inicio, para ello se establece parámetros como:

3.4.1 Parámetros

La velocidad de remoción de material (MMR) está dada por la relación:

$$MMR = \pi D_{avg} d f n \quad (1)$$

Donde:

D_{avg} = Diámetro promedio de la barra

d = Profundidad de corte

f = La alimentación (feed) o de número de pasadas x rpm

Para determinar el diámetro promedio de la barra se tiene:

$$D_{avg} = \frac{D_o + D_f}{2} \quad (2)$$

Donde:

D_o = diámetro inicial

D_f = Diámetro final de la pieza

La velocidad de superficie de la pieza es:

$$V_{avg} = \pi D_{avg} n \quad (3)$$

$$V_{max} = \pi D_o n \quad (4)$$

Donde:

n = es la velocidad de la pieza esta dado en rpm

La alimentación (feed).- es el número de pasadas a realizar sobre las rpm

$$f = n/N \quad (5)$$

El tiempo de operación:

$$t = \frac{1}{fN} \quad (6)$$

Donde:

L = es la longitud de corte

La potencia consumida será la energía requerida en el corte por la velocidad de remoción de material.

$$P = (MMR)(E) \quad (7)$$

Donde:

E = es el valor de la energía específica de corte

La energía consumida se obtiene de tablas como se ve en la siguiente tabla.

Tabla 6. Approximate Energy Requerimens in cutting operations

Material	W-s/mm	hp.min/in
Aluminum alloys	0.4-1.1	0.15-0.4
Cast irons	1.6-5.5	0.6-2.0
Cooper alloys	1.4-3.3	0.5-1.2
High temperature alloys	3.3-8.5	1.2-3.1
Magnesium alloys	0.4-0.6	0.15-0.2
Nickel alloys	4.9-6.8	1.8-2.5
Refractory alloys	3.8-9.6	1.1-3.5
Stainless steels	3.0-5.2	1.1-1.9
steels	2.7-9.3	1.0-3.4

Fuente: Autores

La potencia también es el producto del torque por la velocidad de rotación en radianes:

$$P = T\omega \quad (8)$$

Donde:

T= es el torque

ω = son las revoluciones en rad.

El troque está definido por:

$$T = F_c \left(\frac{D_{avg}}{2} \right) \quad (9)$$

Donde:

F_c = es la fuerza principal de corte

Tabla 7. Condiciones iniciales

Material de trabajo	Herramienta de corte	Condiciones iniciales de propósito general			Intervalo para rectificado y acabado		
		Profundidad de corte mm	Avance mm/rev	Velocidad de corte m/min	Profundidad de corte mm	Avance mm/rev	Velocidad de corte m/min

Acero de bajo carbono	Carburo sin recubrimiento	1.5-6.3	0.35	90	0.5-7.6	0.15 -1.1	60-135
-----------------------	---------------------------	---------	------	----	---------	-----------	--------

Fuente: Autores

3.4.2 *Cálculo de fuerzas*

Profundidad de corte (d): 4 mm

Alimentación (f): 0.6 mm/rev

Velocidad de corte de (v): 335 m/min

Diámetro inicial: (100 mm)

Diámetro final: (80 mm)

Así que:

Despejando y sustituyendo de la formula

$$N = V/\pi D_o = 335 / (3.1416) (0.1) = 1066.35 \text{ rev/min}$$

$$d = (100 - 80)/2 = 10 \text{ mm en profundidades de 4 mm nos da 2.5 pasadas.}$$

Ajustando nuestro diámetro final a 80 mm, quedan dos pasadas con la profundidad de corte recomendada.

Así se tiene:

$$f = 0.6 \text{ mm/rev}$$

$$D_{avg} = (100+80)/ 2 = 90 \text{ mm} = 3.54\text{in}$$

$$MMR = (3.1416) (3.54) (0.1574) (0.00236) (1066.35) = 4.405 \text{ in}^3/\text{min}$$

$$P = (3.4) (4.405) = 14.977 \text{ Hp.}$$

Si recordamos que un HP es igual a 396000 lb-in/min entonces podemos obtener que:

$$P = 1744380 \text{ lb-in/rev}$$

$$T = 1744380 / ((1066.35) (2\pi)) = 260.35 \text{ lb-in}$$

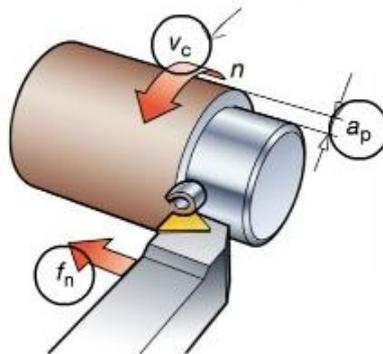
$$F_c = 260.35 / 1.77 = 147 \text{ lbf} = 654.77 \text{ N}$$

Dado que F_t suele ser el 50 % de F_c podemos decir que:

$$F_t = 654.77 / 2 = 327.37 \text{ N}$$

3.5 Efecto de los parámetros de corte sobre la vida útil de la herramienta

Figura 42. Efectos de los parámetros

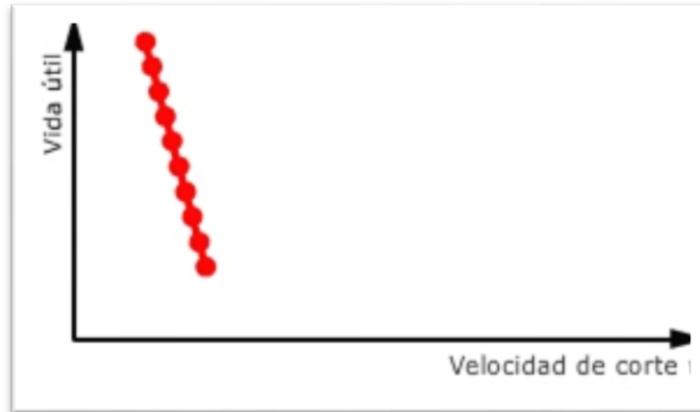


Fuente: Autores

3.6 La velocidad de corte

La velocidad de corte es el factor que mayor influencia tiene sobre la vida útil de la herramienta entre estas tenemos velocidades bajas y velocidades altas, cada una tienen sus efectos en la herramienta como:

Figura 43. Vida útil -Relación velocidad de corte



Fuente: Autores

3.6.1 *Velocidad demasiado alta*

- Desgaste rápido
- Acabado deficiente
- Deformación plástica
- Craterización rápida

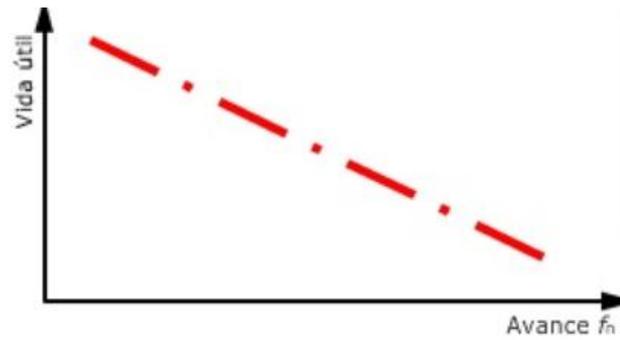
3.6.2 *Velocidad demasiado baja*

- Filo de aportación
- Poco económico

3.6.3 *Velocidad de avance*

Este factor está directamente relacionada con la productividad

Figura 44. Relación vida útil-Avance



Fuente: Autores

Velocidad demasiado alta

Pérdida del control de la viruta

Acabado superficial deficiente

Gran consumo de potencia

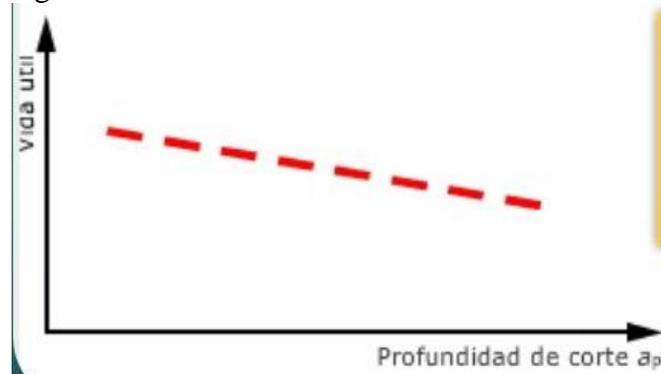
3.6.4 *Velocidad demasiado baja*

Viruta fibrosa

Poco rentable

3.6.5 *Profundidad de corte*

Figura 45. Relación vida útil- Profundidad de corte



Fuente: Autores

3.6.6 *Demasiada grande*

Gran consumo de potencia

Rotura de la herramienta

Mayores fuerzas de corte

3.6.7 *Demasiada baja*

Pérdida del control de la viruta

Vibraciones

Calor excesivo

Poco rentable

3.7 Selección del material de portaherramienta

Existe una gran diversidad de materiales en la actualidad la cual debido a su composición química elevan las propiedades mecánicas sea en su resistencia, maquinabilidad, etc. No siempre el material con mejores propiedades es la mejor es necesario tomar en cuenta las consideraciones en el papel a desempeñar en el proceso de mecanizado y principalmente su costo.

Figura 46. Selección del material

% COMPOSICIÓN QUÍMICA (ASTM A29)						PROPIEDADES MECÁNICAS	
SAE	C	Mn	Si	P máx.	S máx.	Resistencia Tracción Mínimo. Kg/mm ²	Limite Elástico Mínimo. Kg/mm ²
1005	0,06 Max	0.35 Max	0.10 Max	0,04	0,05	32	20
1006	0,08 Max	0.25 / 0.40	0.10 Max	0,04	0,05	32	20
1008	0.10 Max	0.30 / 0.50	0.10 Max	0,04	0,05	32	20
1010	0.08 / 0.13	0.30 / 0.60	0.10 Max	0,04	0,05	35	25
1012	0.10 / 0.15	0.30 / 0.60	0.10 Max	0,04	0,05	38	25
1015	0.13 / 0.18	0.30 / 0.60	0.10 Max	0,04	0,05	38	25
1016	0.13 / 0.18	0.60 / 0.90	0.35 Max	0,04	0,05	40	30
1018	0.15 / 0.20	0.60 / 0.90	0.35 Max	0,04	0,05	40	30
1020	0.18 / 0.23	0.30 / 0.60	0.35 Max	0,04	0,05	40	30

Fuente: Aceros SAE desde 1005 a 1015

Estos aceros se utilizan para embutidos profundos por sus buenas cualidades de deformación y terminación superficial. Los calmados son más utilizados cuando se necesita forjarlos o llevan tratamientos térmicos, son adecuados para soldadura. Su maquinabilidad se mejora mediante el estirado en frío. Son susceptibles al crecimiento del grano, y a fragilidad y rugosidad superficial si después del formado en frío se los calienta por encima de 600°C.

Características Generales del acero al carbón 1018.- Es el más común de los aceros. Es un producto muy útil debido a sus características típicas de buena resistencia mecánica y buena ductilidad. En términos generales excelente soldabilidad y mejor maquinabilidad que la mayoría de los aceros al carbón. Puede ser sometida a cementado para tener una superficie dura pero un centro de gran tenacidad

CAPITULO IV

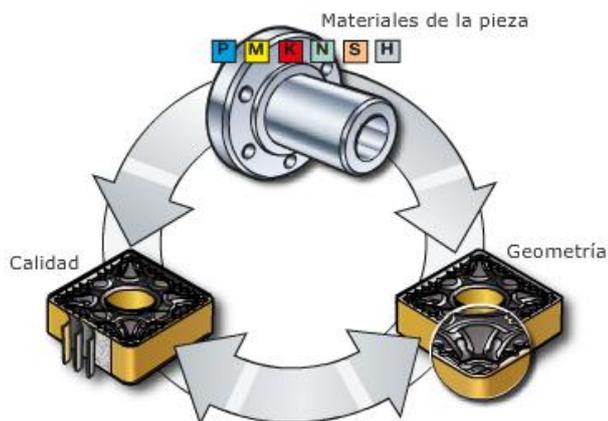
4. INSERTO Y PORTAHERRAMIENTA

Debido al crecimiento de la tecnología especialmente en la optimización de maquinaria para torneado de alto rendimiento, se vio en la necesidad de aumentar la eficacia de las herramientas para el torneado, lo que actualmente se traduce en el incremento de insertos o plaquitas intercambiables, ya que su versatilidad lo hace fundamental en la industria al punto de convertirlos hoy en día en una herramienta indispensable para la operación de torneado de alta velocidad, dejando a un lado su costo.

La diversidad de insertos y portaherramientas en el mercado ha producido la necesidad de estandarizar bajo normas como ISO o ANSI, que manejan medidas con el objetivo de proporcionar la fácil selección para cada aplicación.

Para el diseño de la portaherramienta es necesario seleccionar las herramientas, las cuales están sometidos a esfuerzos, para el proceso de selección hay que considerar los siguientes parámetros:

Figura 47. Inserto y portaherramientas



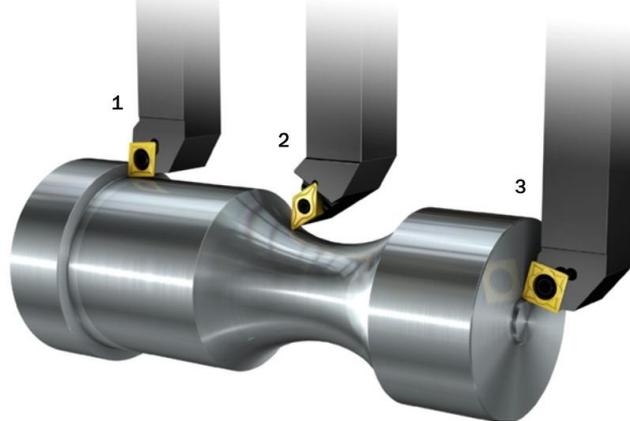
Fuente: Autores

- Componente y material de la pieza (Material de la pieza y cantidad)
- Parámetros de la máquina
- Elección de herramientas (Tipo de herramienta de torneado: - Exterior/interior - Longitudinal - Perfilado - Refrentado)

- Cómo se aplica (Datos de corte, recorrido de la herramienta, etc.)

Se selecciona inicialmente torneado exterior, plaquitas positivas, las cuales derivan tres operaciones de: torneado longitudinal, perfilado, refrentado.

Figura 48. Torneado longitudinal, Perfilado, Refrentado



Fuente: (Tecnología del Corte del Metal , 2016)

Una adecuada sujeción de la plaquita y el portaherramientas es un constituyente esencial en lo que respecta a la estabilidad del torneado, por ello de la importancia de una adecuada portaherramienta entre las cuales están determinados por su ángulo de posición y forma adicional del tamaño de la plaquita que se utiliza, todo estas características están estrictamente relacionadas con el tipo de operación.

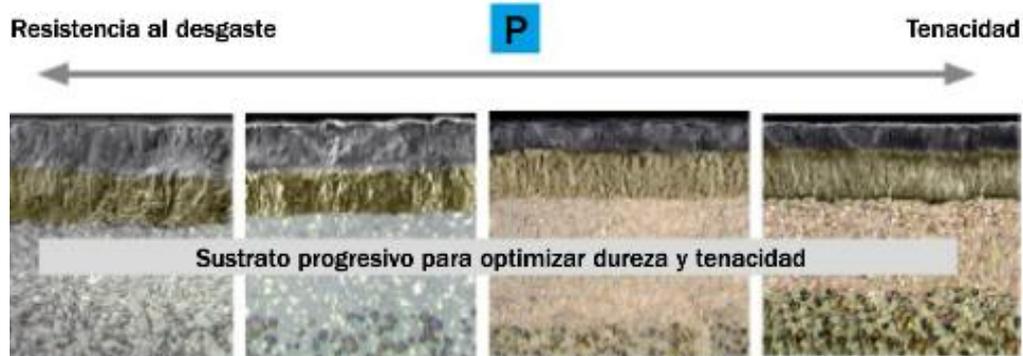
4.1 Selección de la herramienta (plaquita o inserto)

Antiguamente el material de las herramientas era un nivel superior al material ha mecanizar, debido a esta característica este era un limitante en las velocidades de corte y avance y considerablemente una vida útil escasa de la herramienta, con el pasar de los tiempos se introdujo el acero rápido la cual redujo el tiempo de mecanizado. Con la apreciación del metal duro sin recubrimiento el tiempo se redujo en un aproximado de 6 minutos, tomando en consideración una barra de acero de 500mm, lo cual fue mostrando grandes avances hasta llegar al metal duro con recubrimiento y actualmente con diferentes técnicas la reducción de este tiempo fue de 1.5 a menos de 1 minuto.

El tamaño de grano así como la cantidad de aglutinante (cobalto), el aumento de la cantidad de cobalto y del tamaño de grano de carburo de tungsteno produce un

incremento de la tenacidad en el núcleo y reduce la dureza. Los recubrimientos más gruesos indican mayor resistencia al desgaste.

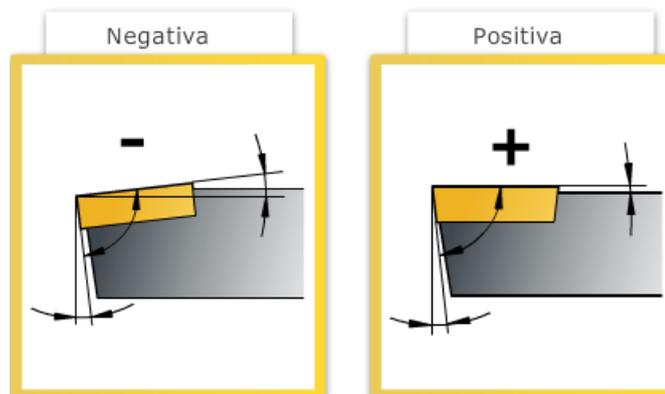
Figura 49. Propiedades del material



Fuente: <https://goo.gl/W4WqQu>

4.1.1 *Ángulo de desprendimiento de la plaquita*

Figura 50. Ángulo de desprendimiento de la plaquita

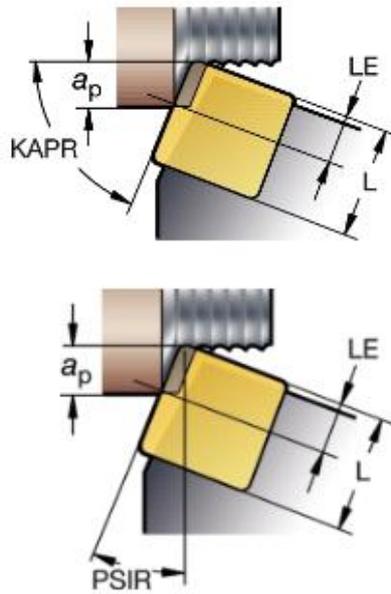


Fuente: <https://goo.gl/vtLbi5>

4.1.2 *Cómo seleccionar el tamaño de plaquita adecuado*

- Determine la profundidad de corte ap más grande.
- Determine la longitud de corte LE necesaria teniendo en cuenta también el ángulo de entrada (ángulo de inclinación) del portaherramientas y la profundidad de corte, ap .
- Basándose en la LE y la ap necesarias, es posible seleccionar la longitud del filo L y el iC correctos para la plaquita

Figura 51. Tamaño de plaquita

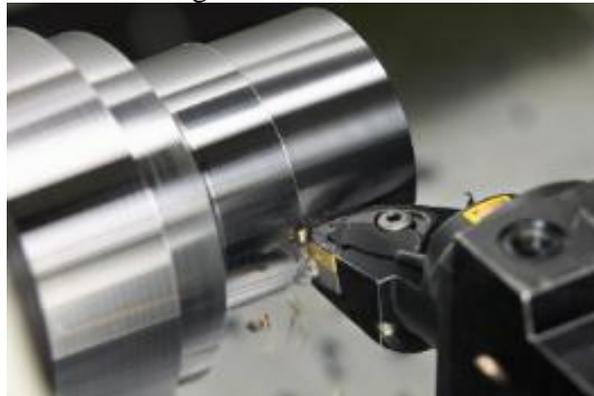


Fuente: (Tecnología del Corte del Metal , 2016)

4.2 Portaherramientas

4.2.1 Cilindrado

Figura 52. Cilindrado



Fuente: Autores

En primer lugar deberá seleccionarse el sistema de sujeción de la plaquita en el portaherramientas. El tipo de operación y, hasta cierto punto, el tamaño de la pieza, determinarán esta selección.

Las operaciones de desbaste en piezas grandes presentan unas exigencias considerablemente distintas a las de las operaciones de acabado en piezas pequeñas

4.2.1.1 Selección de la forma de la plaquita. Para obtener una buena resistencia y rentabilidad debe seleccionarse el ángulo de punta más grande posible que resulte adecuado en la plaquita.

4.2.1.2 Selección del ángulo de entrada. El ángulo de posición de la herramienta afecta a la formación de viruta. Con un ángulo de posición de 90° , el grosor de la viruta es el mismo que el avance, f_n . Un ángulo más reducido, de 75° - 45° , reducirá el grosor de la viruta y permitirá aumentar el avance, f_n .

4.2.1.3 Parámetros. Para obtener optimización, seleccione un portaplaquitas con una plaquita cuadrada y un ángulo de posición de 75° .

Para obtener versatilidad, seleccione un portaplaquitas con una plaquita en forma de rombo de 80° o de triángulo y un ángulo de posición de 95° .

Para obtener capacidad multiusos, seleccione un portaplaquitas con una forma de la plaquita de 55° y un ángulo de posición de 93° para torneado longitudinal, perfilado y refrentado.

Figura 53. Portaplaquitas



Fuente: Autores

Una aplicación habitual de torneado pesado es el torneado de piezas grandes con una superficie desigual, combinado con una profundidad de corte muy grande y variable.

El tiempo de mecanizado suele ser muy extenso, lo que resulta una mayor cantidad de temperatura. La velocidad de corte y el número de revoluciones suelen estar limitados por el tamaño y la sujeción de la pieza. El mecanizado se realiza a menudo sin refrigerante, ya que las máquinas son abiertas y no resultan adecuadas para la aplicación de refrigerante.

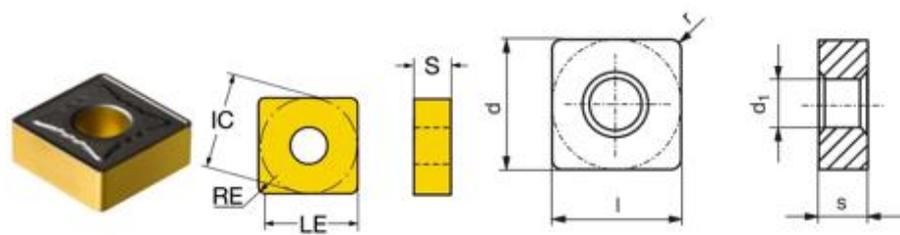
Como ejemplos de piezas se pueden citar los grandes ejes para el sector de la producción de energía, ejes para hélices y pantallas para el sector nuclear y grandes contenedores.

La sujeción es la primera elección para torneado general, que comprende desde piezas pequeñas hasta operaciones de mecanizado pesado. Las plaquitas son compatibles con todos los sistemas de sujeción de alto rendimiento y pueden utilizarse en una variedad de aplicaciones y en todos los materiales. Además, ahora también dispone de geometrías diseñadas específicamente para aplicar refrigerante de alta presión en acero, acero inoxidable y materiales HRSA

4.2.1.4 Características. Plaquetas de dos caras con filos robustos. Sujeción por palanca para mecanizar con refrigerante, sujeción RC para mecanizar sin refrigerante y materiales de viruta corta, sujeción de brida cuña para mejorar la accesibilidad

Boquillas precisas y geometrías optimizadas para un mecanizado con refrigerante de gran precisión, la selección de la plaquita es CNMG 19 06 12 4015

Figura 54. Planos plaquita



Fuente: Autores

Datos

Plaquita negativa

Longitud efectiva del filo $LE= 11.5\text{mm}$
Radio de punta $RE=1.1906\text{mm}$
Diámetro del círculo inscrito $IC=12.7\text{ mm}$
 $S= 4.76\text{mm}$

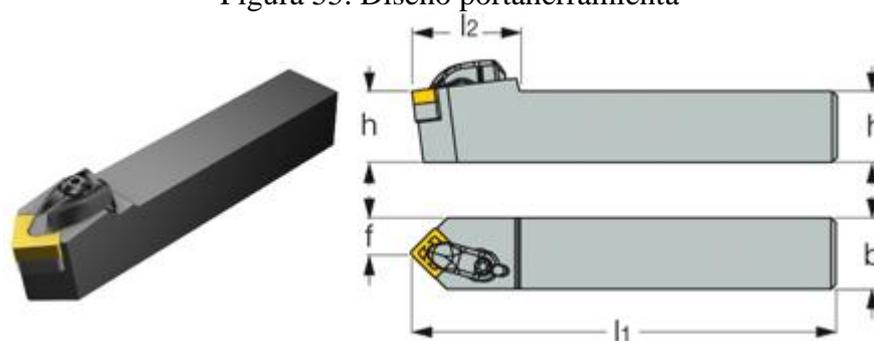
4.2.1.5 Aplicación

Primera elección para torneado exterior
Torneado interior de agujeros grandes
Acabado a desbaste pesado
Torneado de ruedas de ferrocarril
Descortezado de barras

4.2.1.6 *Portaherramientas.* El sistema T-Max P de sujeción por palanca utiliza plaquitas negativas, de una o dos caras, para mecanizado exterior e interior. El sistema presenta una palanca de pivote que se inclina al ajustar el tornillo de sujeción. Esta palanca presiona la plaquita hacia la parte posterior de la cavidad y la empuja contra dos laterales.

4.2.1.7 *Denominación de la portaherramienta.* DSDNN 2525M 12

Figura 55. Diseño portaherramienta



Fuente: Autores

$Ohx = 36.5\text{ mm}$

$h=25\text{mm}$

$b=25\text{ mm}$

$l_1=150\text{mm}$

$l_2=38\text{mm}$

$f=12.8\text{mm}$

Material del cuerpo (BMC)= Steel

Ángulo del filo de herramienta (KAPR)= 95 deg

Ángulo de inclinación de herramienta (PSIR)= -5 deg

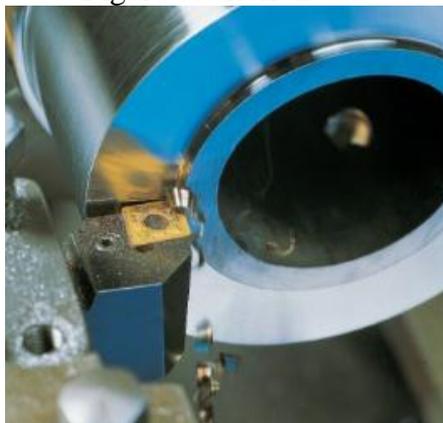
Voladizo máximo (OHX)= 43,18 mm

Peso del elemento (WT)= 1 kg

Ángulo de inclinación (LAMS)= -6 deg

4.2.2 *Refrentado*

Figura 56. Refrentado



Fuente: Autores

La operación de refrentado es aquella operación en la cual se mecaniza el extremo de la pieza, en el plano perpendicular al eje de giro. Para poder efectuar esta operación, con el carro transversal se regula la profundidad de pasada y, por lo tanto, el diámetro del cilindro, y con el carro paralelo se regula la longitud del cilindro. El carro paralelo

avanza de forma automática de acuerdo al avance de trabajo deseado. En este procedimiento, el acabado superficial y la tolerancia que se obtenga puede ser un factor de gran relevancia. Para asegurar calidad al cilindrado el torno tiene bien ajustada su alineación y concentricidad

En aplicaciones de refrentado, la herramienta avanza axialmente hacia el centro, en el extremo de la pieza.

4.2.2.1 *Selección de la forma de la plaquita*

SNMG 12 04 16-KR 3225

La forma de la plaquita debe seleccionarse de acuerdo con el ángulo de posición requerido y en relación con la accesibilidad o la versatilidad necesarias para la pieza.

Para obtener una buena resistencia y rentabilidad debe seleccionarse el ángulo de punta más grande posible que resulte adecuado en la plaquita.

4.2.2.2 *Selección del ángulo de posición.* En operaciones de refrentado, las fuerzas de corte radiales son elevadas y pueden generar deformación de la pieza y, en ocasiones, ocasionar vibración.

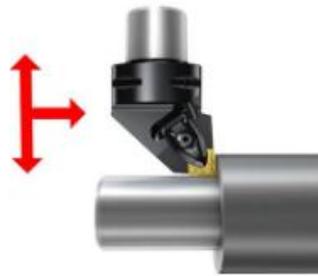
Por tanto, una reducción del ángulo de posición (aumento del ángulo de inclinación) puede redirigir parte de las fuerzas radiales axialmente hacia el portapinzas para aumentar así la estabilidad y reducir la tendencia a la vibración.

Para obtener optimización, seleccione un portaherramienta con una plaquita cuadrada y un ángulo de posición de 75°.

Para obtener versatilidad, seleccione un portaherramienta con una plaquita en forma de rombo de 80° o de triángulo y un ángulo de posición de 95°.

Para obtener capacidad multiusos, seleccione un portaherramienta con una forma de la plaquita de 55° y un ángulo de posición de 93° para obtener una buena accesibilidad.

Figura 57. Ángulo de posición

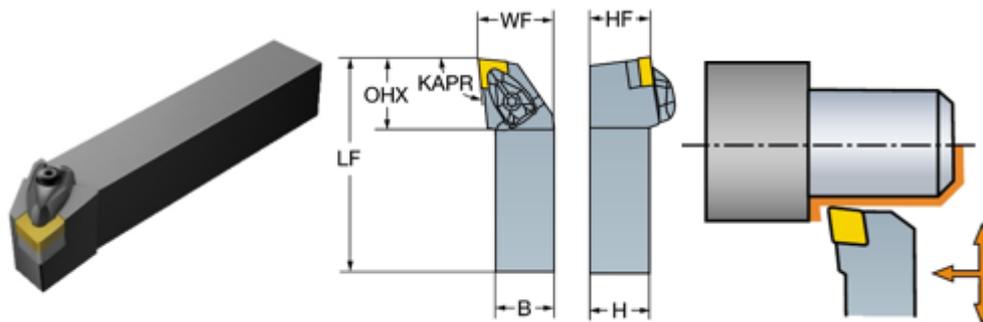


Ángulo de posición de 95°

Fuente: Autores

4.2.2.3 Denominación de la portaherramienta. DSSNR 2020K 12

Figura 58. Diseño de portaherramienta



Fuente: Autores

Datos

Anchura de mango (B) 38,1 mm

Ángulo del filo de herramienta (KAPR) 95 deg

Ángulo de inclinación de herramienta (PSIR) -5 deg

Voladizo máximo (OHX) 43,18 mm

Altura de mango (H) 38,1 mm

Longitud funcional (LF) 152,4 mm

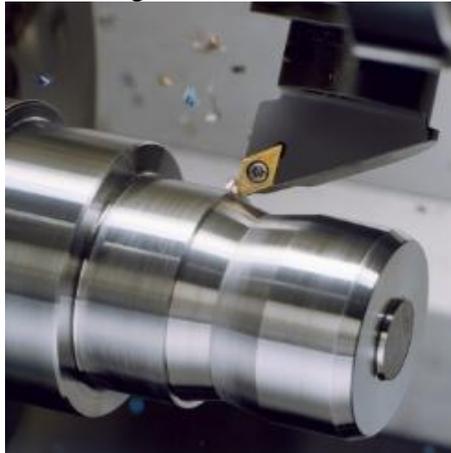
Anchura funcional (WF) 50,8 mm

Altura funcional (HF) 38,1 mm

Par (TQ) 6,4 Nm

4.2.3 *Torneado de perfiles*

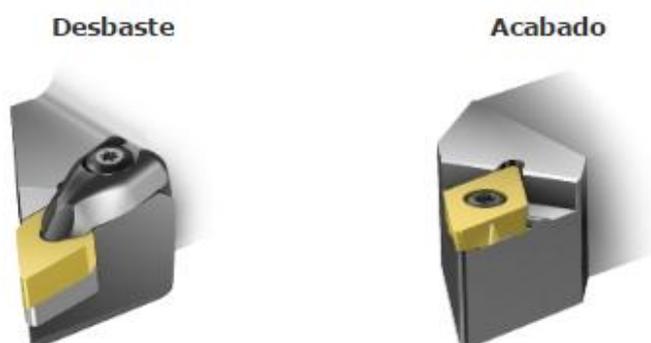
Figura 59. Perfilado



Fuente: Sandvik

Las herramientas utilizadas para el torneado de perfiles están sujetas a grandes variaciones en cuanto a tensión y profundidad de corte debido a las diferentes direcciones de mecanizado y a los cambios en el diámetro. Una de las propiedades más importantes de una herramienta de perfilado es la accesibilidad, propiedad que puede encontrarse en plaquitas con un ángulo de punta de 35° o 55° .

Figura 60. Herramientas de desbaste y acabado



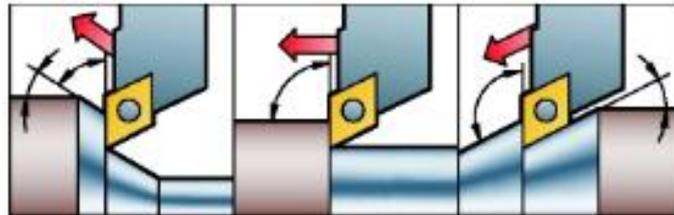
Fuente: Sandvik

4.2.3.1 *Selección de la forma de la plaquita.* En operaciones de torneado de perfiles, el corte puede variar respecto a la profundidad de corte, el avance y la velocidad.

Para obtener una buena resistencia y rentabilidad debe seleccionarse el ángulo de punta más grande posible que resulte adecuado en la plaquita, aunque el ángulo de punta de la plaquita también debe tenerse en cuenta en relación con la accesibilidad.

Los ángulos de punta utilizados con mayor frecuencia son los de 55° y 35° .

Figura 61. Ángulos de punta

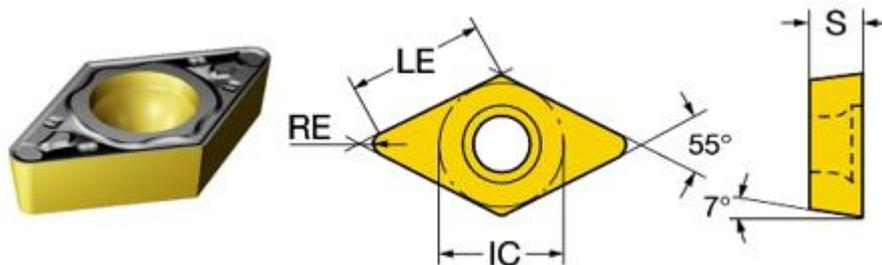


Fuente: Sandvik

4.2.3.2 Inserto

DCMT 11 T3 08-KR 322

Figura 62.



Fuente: Sandvik

Datos

Diámetro de círculo inscrito (IC)= 9,525 mm

Longitud efectiva del filo (LE)=10,8279 mm

Radio de punta (RE)=0,7938 mm

Grosor de plaqueta (S)= 3,96875 mm

Ángulo de incidencia principal (AN)= 7 deg

$A_p = 2 \text{ mm (1-4)}$

$F_n = 0.25 \text{ mm/r(0.12-0.35)}$

$V_c = 200 \text{ m/min (185-235)}$

4.2.3.3 Selección del ángulo de posición. El ángulo de posición y la punta de la plaquita son ambos factores importantes para la accesibilidad. Debe analizarse el perfil de la pieza para seleccionar el ángulo de copia más adecuado.

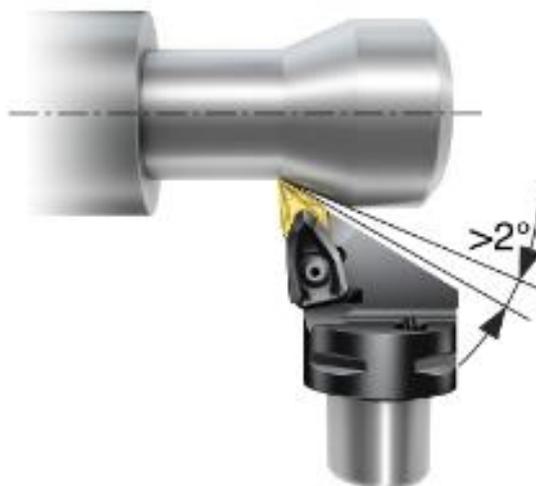
Debe mantenerse un ángulo libre de 2° como mínimo entre la pieza y la plaquita.

No obstante, por cuestiones relacionadas con el acabado superficial y la vida útil de la herramienta, se recomienda un mínimo de 7°

Para obtener optimización y accesibilidad, seleccione un portaplaquitas con una forma de la plaquita de 55° y un ángulo de posición de $107^\circ 30'$.

Para obtener capacidad multiusos, seleccione un portaplaquitas con una forma de la plaquita de 55° y un ángulo de posición de 93° .

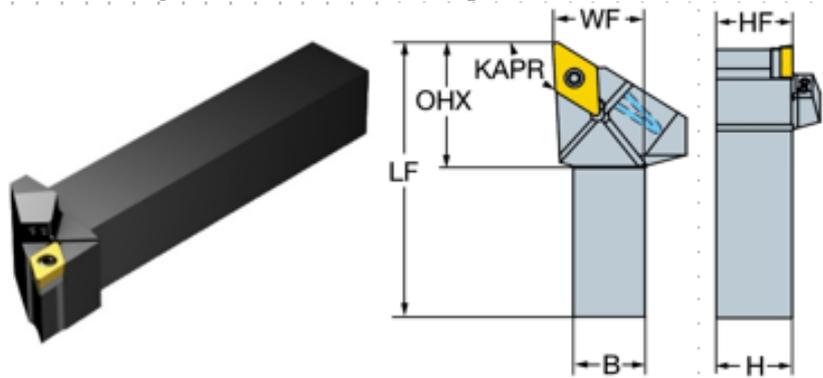
Figura 63. Ángulo de posición



Fuente: Sandvik

Una vez realizada la selección de la plaquita, se tienen las dimensiones, para el diseño de la pota herramienta la cual se denota como SDJCL 3225P 11HP

Figura 64. Características portaherramientas



Fuente: Sandvik

Datos

Altura de mango (H) 32 mm

Longitud funcional (LF) 170 mm

Anchura de mango (B) 25 mm

Anchura funcional (WF) 32 mm

Altura funcional (HF) 32 mm

Par (TQ) 3 Nm

Ángulo del filo de herramienta (KAPR)=93 deg

Ángulo máximo de progresión en rampa (RMPX)=27 deg

Voladizo máximo (OHX)= 28 mm

Código de forma de plaquita (SC)= D

Material del cuerpo (BMC)= Steel

Peso del elemento (WT)= 1,021 kg

4.2.4 *Tronzado y Ranurado.* En las operaciones de ranurado, la productividad es fundamental. El ranurado suele ser menos exigente en tenacidad que el tronzado y por ello es más fácil conseguir seguridad en el proceso. Hay un interés creciente en mejorar la productividad, especialmente en ranuras anchas porque requieren más tiempo y tienen un impacto mayor sobre el tiempo total de mecanizado de la pieza que una ranura pequeña.

Las operaciones de tronzado se suelen realizar en máquinas con avance de barra, a menudo con producción en serie. Generalmente el tronzado es solo una pequeña parte del tiempo total de mecanizado de la pieza y por ello no resulta tan interesante para el ahorro de tiempo.

Tras la secuencia de tronzado, en la mayoría de las piezas hay tareas adicionales que es necesario realizar en el husillo secundario.

Si la viruta envuelve la pieza, puede impedir la sujeción de la pieza siguiente en el husillo secundario.

En este caso, la máquina producirá piezas defectuosas o incluso se detendrá. Si la viruta envuelve la pieza acabada, puede suponer un problema en las operaciones posteriores (tratamiento térmico, desbarbado, montaje, etc.). La viruta alrededor de la pieza puede destruir el acabado superficial.

Como el tronzado suele ser una de las últimas operaciones en la pieza, la seguridad tiene una gran importancia. Si la herramienta se rompe durante el tronzado, suele dañar la pieza y también puede provocar una parada más larga de la máquina.

4.2.4.1 *Sujeción estable y fácil de utilizar.* No se necesita una llave dinamométrica ya que la llave rápida de apriete garantiza la fuerza de sujeción correcta

Alojamiento de la plaquita de raíl que garantiza una posición estable y precisa

Aplicación

- Ranuras profundas y voladizos largos

- Concepto optimizado para máquinas con avance de barra y con cabezal móvil
- En máquinas con avance de barra y barras a partir de 38 mm
- En máquinas con cabezal móvil y diámetro de la barra superior a 32 mm

Selecciona la plaquita QD-NC-0120-0001-CM 1105

Datos

Anchura de corte (CW)= 1,2 mm

Tolerancia superior de anchura de corte (CWTOLU)= 0,05 mm

Radio de punta izquierda (REL) = 0,1 mm

Radio de punta derecha (RER)= 0,1 mm

Tolerancia inferior del radio de punta (RETOLL)= -0,05 mm

Tolerancia superior del radio de punta (RETOLU)= 0,05 mm

Grosor de plaquita (S)= 3,3 mm

Ángulo de incidencia principal (AN)= 7 deg

Peso del elemento (WT)= 0,001 kg

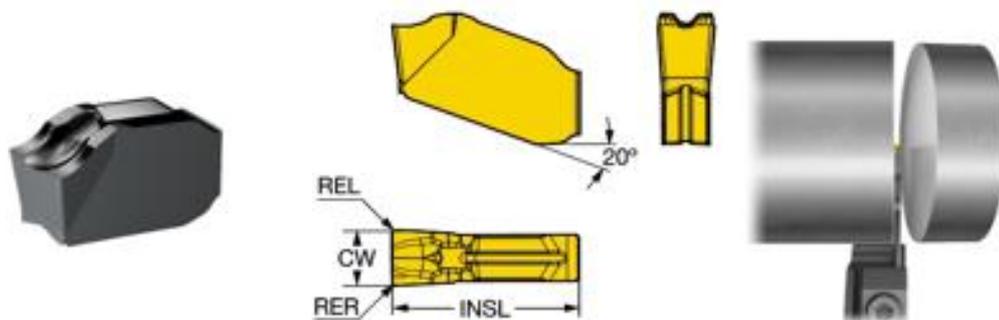
Fnx= 0.07 mm/r(0.04-0.12)

Vc= 35 m/min (25-55)

Fnx= 0.07 mm/r(0.04-0.12)

Vc= 55 m/min (100-265)

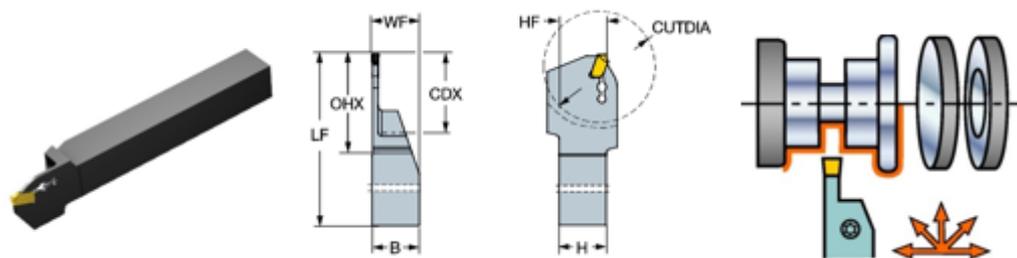
Figura 65. Datos inserto



Fuente:

Designación de la portaherramienta QD-LFD0625-10S

Figura 66. Designación portaherramienta



Fuente: Sandvik

Datos

Diámetro máximo de tronzado de pieza (CUTDIA)= 31,75 mm

Profundidad máxima de corte (CDX)= 15,875 mm

Voladizo mínimo (OHN)= 25,4 mm

Voladizo máximo (OHX) =25,4 mm

Altura de mango (H) 15,875 mm

Ángulo del filo de herramienta (KAPR) 90 deg

Anchura funcional (WF) 16,025 mm

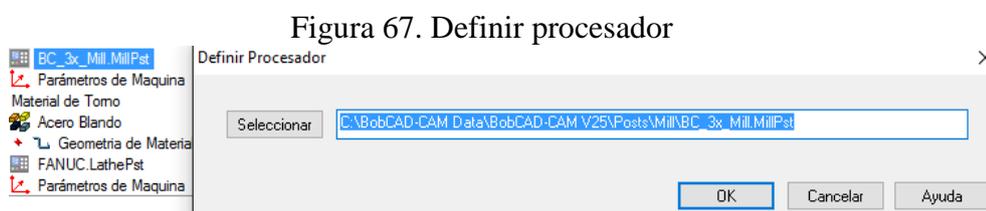
Altura funcional (HF)= 15,875 mm

CAPÍTULO V

5. MODELADO Y MECANIZADO DE LAS PORTAHERRAMIENTAS

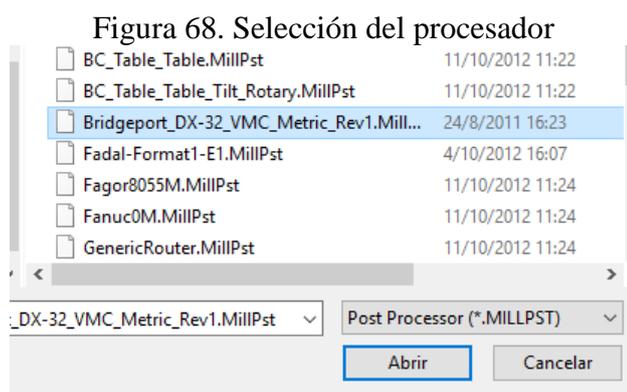
5.1 Selección de la máquina

La selección de la máquina determina la generación de los códigos G, por defecto el software no dispone del post procesador, el cual debe se obtiene de la página de software, para esto se debe conocer la fresadora con los ejes en los cuales se desempeña su función.



Fuente: Autores

Una vez que se obtiene el tipo de procesador se define el procesador a través de la acción de selección, la cual genera una nueva ventana en la que se observa en este caso Bridgeport dx32 VMC



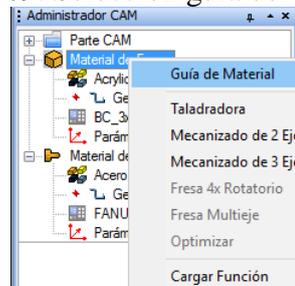
Fuente: Autores

5.2 Modelado de las portaherramientas

Para la modelación de los portaherramientas se ejecuta con planos de las diferentes perspectivas con el fin de determinar las condiciones, y dimensiones necesarias para el correcto mecanizado.

Para el proceso de mecanizado partimos de los tipos de operación para los cuales se va a ejecutar los portaherramientas. Para el inicio del mecanizado es necesario determinar el material en el que se va a trabajar para ello se selecciona del administrador CAM “Guía de material”

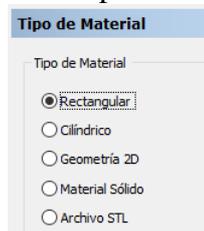
Figura 69. Selección guía del material



Fuente: Autores

Una vez seleccionado guía de material se tiene diferentes tipos como sea este Rectangular, cilíndrico, material sólido o partir de una geometría 2D.

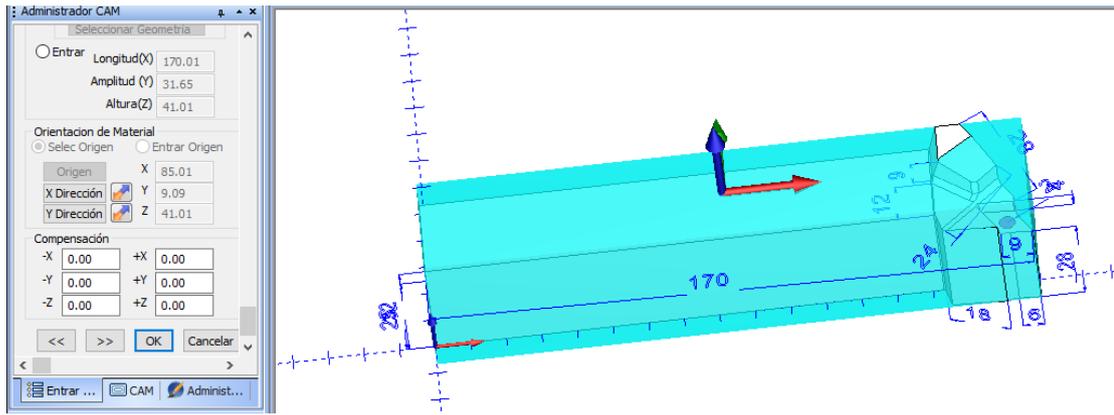
Figura 70. Tipo de material



Fuente: Autores

Una vez seleccionado el tipo del material del que se va a partir, se define automáticamente la dimensiones, lo cual se puede observar en el nuestro diseño de un color diferente.

Figura 71. Material inicial

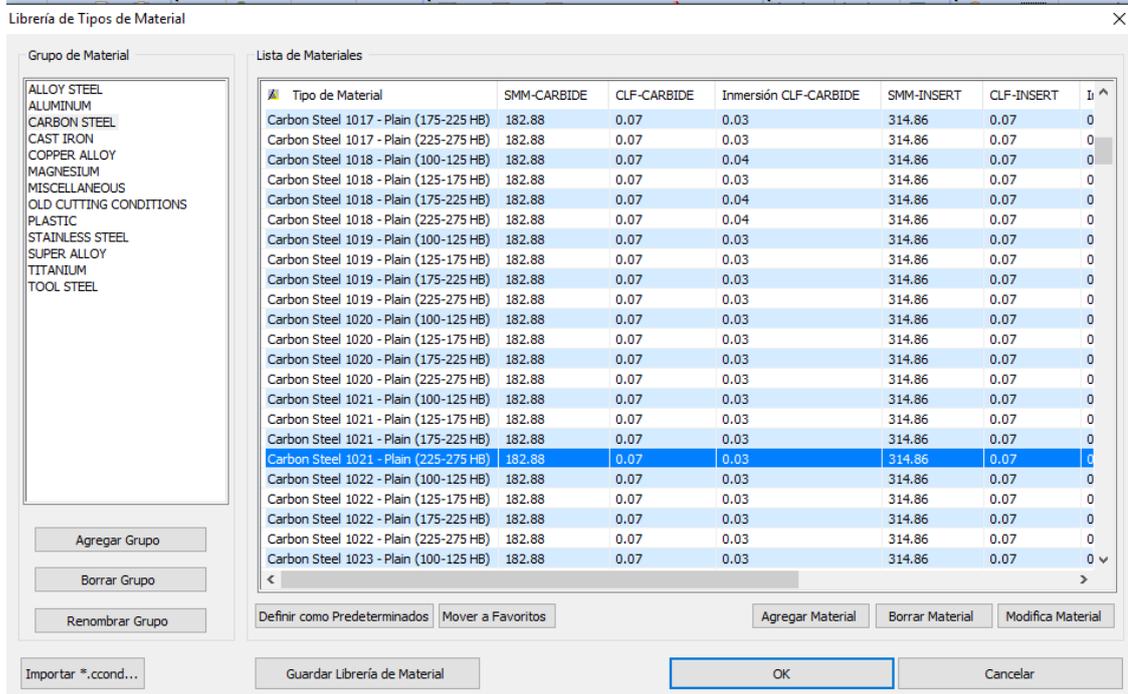


Fuente: Autores

Para la selección del material se tienen: aleación de acero, aluminio, acero al carbono, hierro fundido, aleación de cobre, material plástico, acero inoxidable y más. Estos materiales están detallados de acuerdo a su dureza y designación numérica.

En el caso de no existir el material adecuado se ingresan los datos de esta herramienta o simplemente importar.

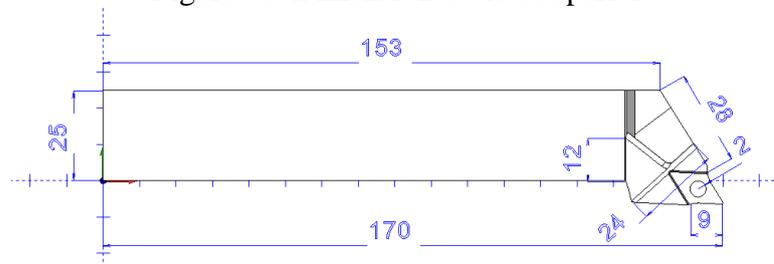
Figura 72. Librería tipo de material



Fuente: Autores

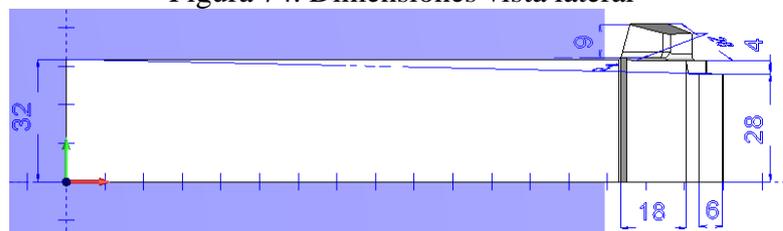
5.2.1 Portaherramienta de perfilado. Para el modelado de la portaherramienta se parte del diseño en el cual se divide cada una de las dimensiones como se observa en la figura.

Figura 73. Dimensiones vista superior



Fuente: Autores

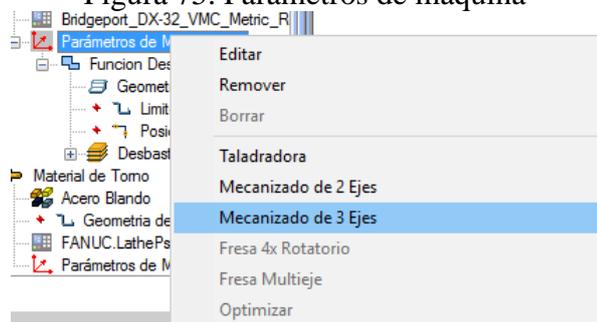
Figura 74. Dimensiones vista lateral



Fuente: Autores

Para iniciar el proceso de mecanizado es necesario seleccionar los ejes en los cuales se van a ejecutar las operaciones sean estas de dos o tres ejes, para esta operación se seleccionó 3 ejes ubicados en los parámetros de la máquina.

Figura 75. Parámetros de máquina

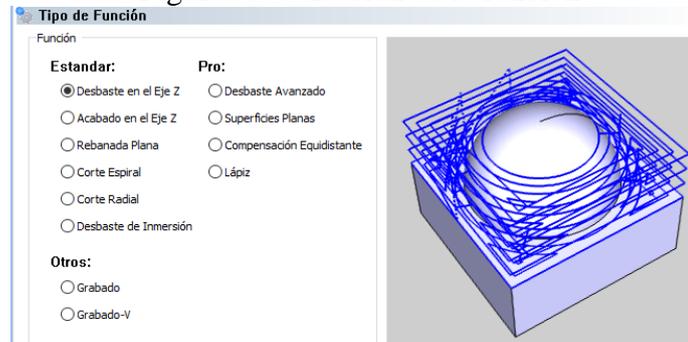


Fuente: Autores

Una vez seleccionado el tipo de mecanizado se tiene una gran diversidad de funciones entre las que se tiene: Desbaste en el eje Z, acabado en el eje Z, Rebanada plana, Corte espiral, corte radial, desbaste de inmersión, grabado, desbastado avanzado, superficies

planas, compensación equidistante, estas operaciones estan en función del tipo de mecanizado, para el presente proyecto se seleccionó la función de desbaste en el eje Z como se observa en la figura.

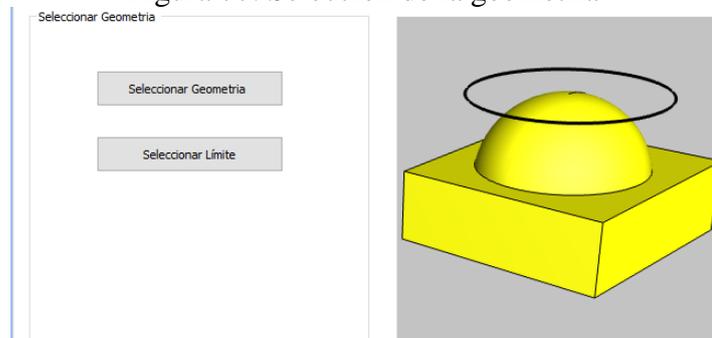
Figura 76. Selección de la función



Fuente: Autores

La selección de la función es uno de los pasos importantes a seleccionar, cabe mencionar que la selección de la geometría influye directamente sobre la ejecución de las funciones, por lo que se debe definir claramente la geometría como sus límites.

Figura 77. Selección de la geometría



Fuente. Autores

Una vez seleccionado adecuadamente la geometría el software define automáticamente las herramientas para las diferentes funciones, principalmente de desbaste y acabado.

Ya seleccionado la geometría se tiene una nueva ventana en la cual se tiene los parámetros de la función en los que se puede describir:

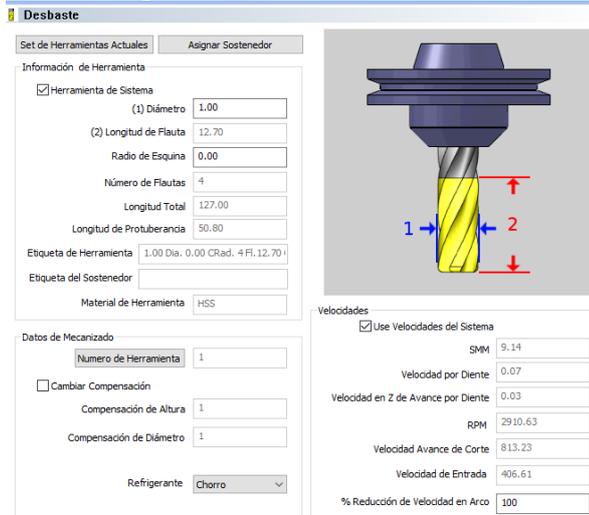
5.2.1.1 *Movimientos Rápidos*

- **Plano Disponible.-** La altura en la que la herramienta puede rápidamente desplazarse de operación a operación de una manera segura.
- **Plano Rápido.-** La altura en la que la herramienta puede rápidamente desplazarse dentro de la misma función de una manera segura.
- **Inicio de la Parte.-** Esta es la cara del material que se va a mecanizar.
- **Compensación de Trabajo.-** Este campo permite al usuario elegir qué trabajo compensar el código a utilizar para esta función en el código publicado. El post procesador debe ser configurado para apoyar la labor desplazamiento elegido.
- **Generar Ángulo Rotatorio.-** Si el Post Procesador ha sido configurado para esto, este botón le informa al software el Ángulo Rotatorio al comienzo de la casilla.
- **Ángulo de Rotación.-** Cuando se realizan operaciones de indexado en 4to eje, el ángulo sera indicado en el código post procesado.
- **Ajuste de Arco.-** Cuando esta casilla está marcada, el G-publicado el código de esta función será totalmente segmentos de línea. Si la casilla está marcada, el G-publicado código incluirá segmentos de arco dentro de la tolerancia entró en una de las entidades trayectoria.

Ya determinado los parámetros iniciales se tiene la operación de desbaste en la cual una vez seleccionada las herramientas, el software automáticamente selecciona la herramienta de la librería en la cual existe una gran variedad de herramientas de acuerdo a la operación de mecanizado. En el caso de que la herramienta no cumpla con los requerimientos necesarios, estos pueden ser modificados por ejemplo en: diametro, longitud de flauta, radio y más. Por defecto, el software automáticamente determina las velocidades y avances basados en valores de metros de superficie por minuto (SFM), estos valores de las condiciones de corte estan basados en el Material ya seleccionado.

Así como los valores de la herramienta, las velocidades también pueden ser modificadas de acuerdo a las necesidades. Se debe tener presente que una vez se editen las Velocidades y Avances, los valores relacionados cambiarán automáticamente. El valor en SFM, el RPM Husillo, Velocidad de Avance y Velocidad de Avance en Z son automáticamente calculados

Figura 78. Propiedades de la herramienta de desbaste



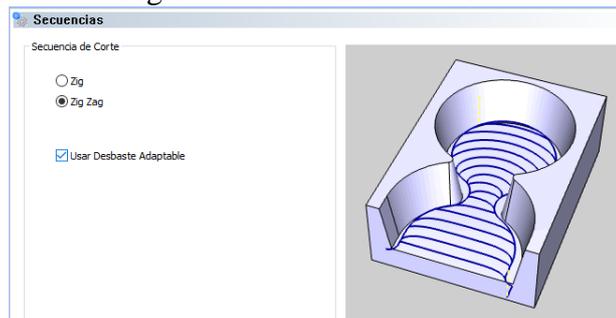
Fuente: Autores

5.2.1.2 Secuencia de Corte

Zig.- Este patrón de recortes hace que la herramienta permanezca en el modelo en una sola dirección, retirar al plano rápido, entonces rápidamente desde el final del último corte al inicio del siguiente corte.

Zig zag.- Este patrón de recortes hace que la herramienta se alimente en los dos sentidos de la paleta.

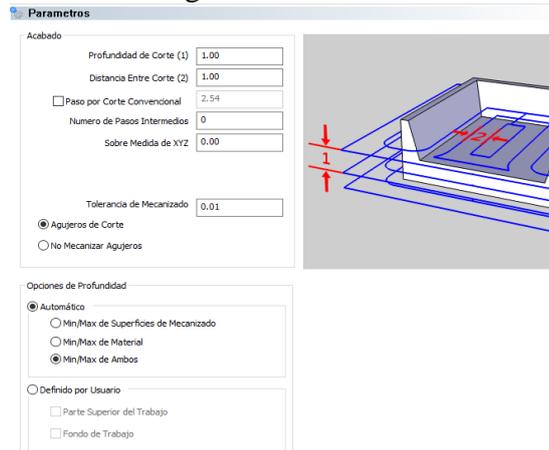
Figura 79. Secuencia de corte



Fuente: Autores

Una vez realizada la operación de desbaste y seleccionado la secuencia de corte, la ventana de acabado determinar la profundidad de corte, la distancia entre cortes y más a configurar de acuerdo al diseño realizado.

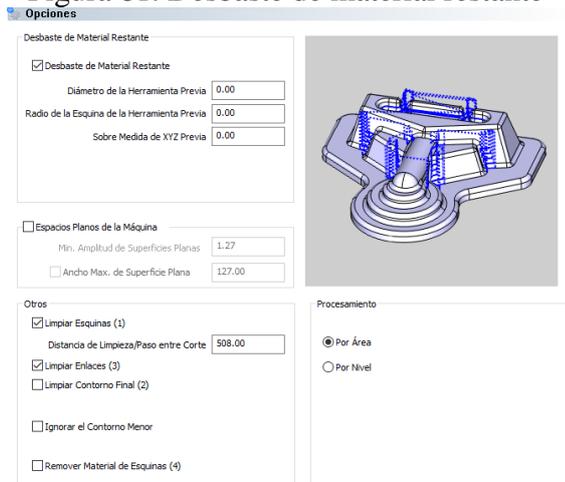
Figura 80. Acabado



Fuente: Autores

La ventana de opciones permite eliminar los residuos dejados por la herramienta anterior, para ello se introduce los parámetros de la herramienta utilizada en la operación previa.

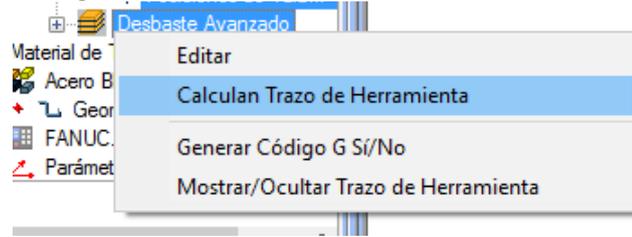
Figura 81. Desbaste de material restante



Fuente: Autores

Ya establecidos todos los parámetros de mecanizado en el diseño, se calcula el trazo la herramienta, la cual se accede a través de las operaciones con un click derecho.

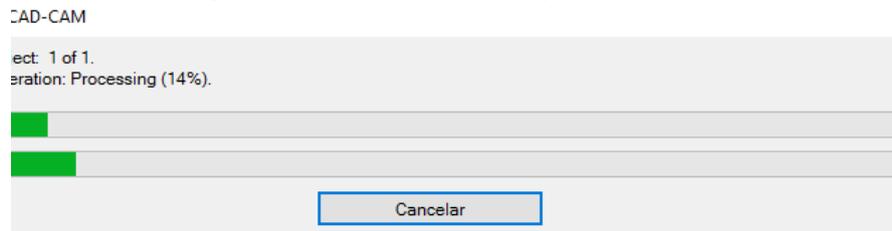
Figura 82. Cálculo del trazo de herramienta



Fuente: Autores

Al momento de calcular el trazo el software identifica el recorrido de la herramienta, y en el caso de existir errores de concordancia de herramientas , material y distancias establecidas genera una ventana de notificación.

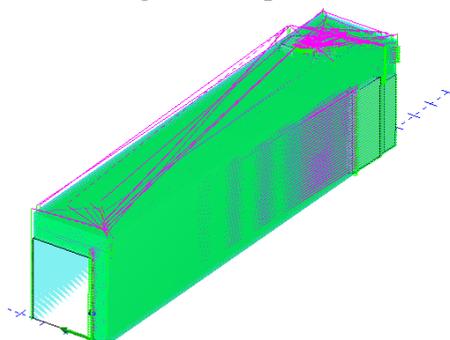
Figura 83. Cálculo de trazo y verificación



Fuente: Autores

Al no existir error de concordancia de las herramientas se visualizan los trazos a través de líneas de diferentes colores como se observa en la siguiente figura.

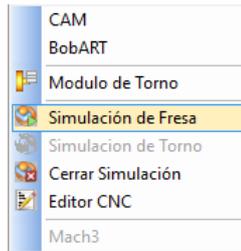
Figura 84. Trazo generado por las herramientas



Fuente: Autores

Ya realizado el cálculo del trazo se debe verificar el comportamiento de la herramienta en el material, se verifica mediante la simulación de fresa ubicado en la pestaña de simulación.

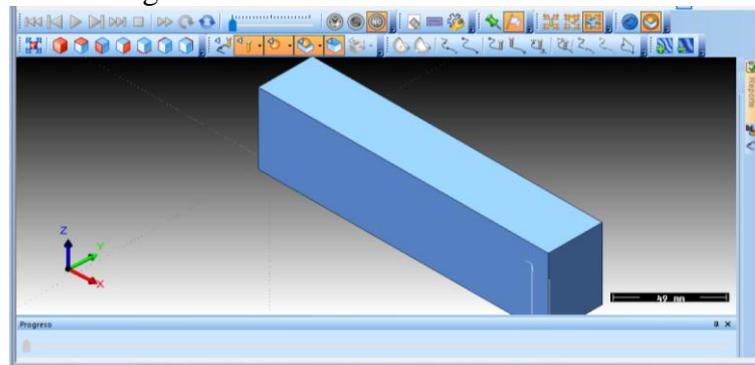
Figura 85. Simulación fresa



Fuente: Autores

La ventana de simulación identifica el material inicial y genera las operaciones de mecanizado completamente en la pantalla

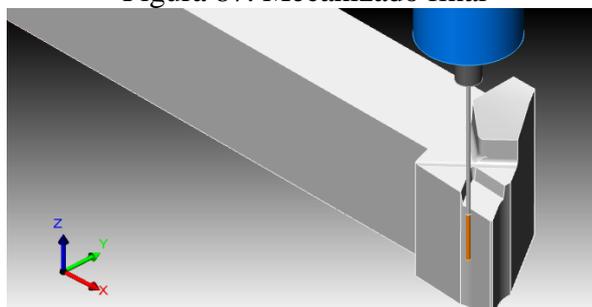
Figura 86. Ventana de simulación de fresa



Fuente: Autores

Ya realizado las operaciones se observa el resultado de las operaciones y el diseño ya mecanizado como se observa en la imagen.

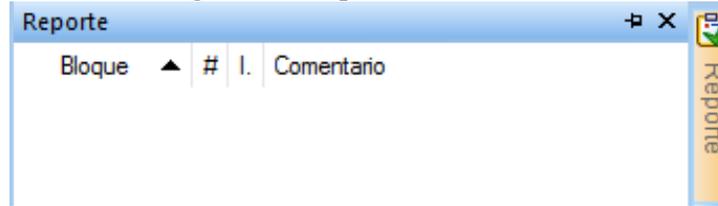
Figura 87. Mecanizado final



Fuente: Autores

Durante el mecanizado se observa las diferentes operaciones así como los errores sean estos choques de la herramienta con el material, el software genera un reporte en el cual se detallan, para el presente mecanizado no se observa error alguno.

Figura 88. Reporte de errores



Fuente: Autores

5.2.2 *Portaherramienta de cilindrado.* Para el proceso de cilindrado la portaherramienta se distingue en sus dimensiones, ángulos de incidencia y más, lo cual se deriva en nuevo diseño, que a simple vista parece contener las mismas características que la herramienta de perfilado, para la siguiente portaherramienta se inicia con el modelado en el software

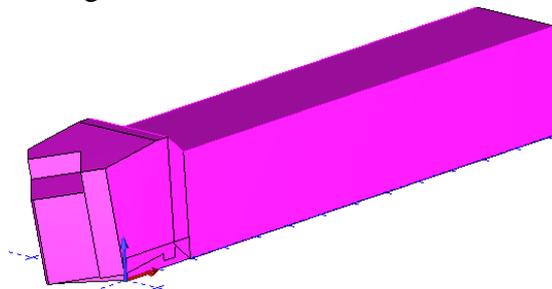
Figura 89. Plano de la portaherramienta



Fuente: Autores

Una vez terminado el diseño a través de las herramientas de modelado se tiene la portaherramienta, la cual es identificada por el software para el proceso de mecanizado.

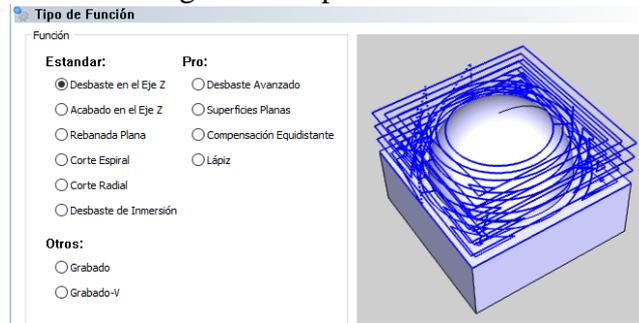
Figura 90. Modelado en el software



Fuente: Autores

Ya con el diseño final de la portaherramienta se inicia el proceso de mecanizado de 3 ejes y se selecciona el tipo de función de desbaste en el eje Z, esta función remueve la mayor cantidad de material.

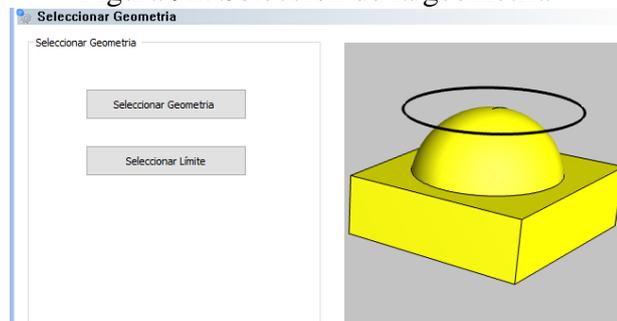
Figura 91. Tipo de función



Fuente: Autores

Con la función de desbaste se identifica el diseño en el cual se va a ejecutar la función, se lo realiza a través de “Seleccionar Geometría”.

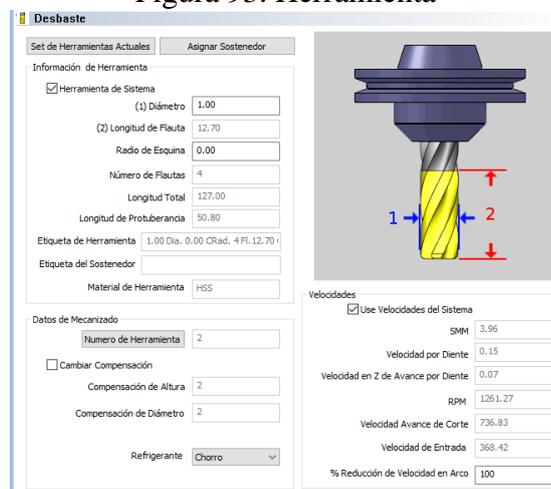
Figura 92. Selección de la geometría



Fuente: Autores

Para la función de desbaste se selecciona la herramienta, en esta ventana se determina las longitudes de flauta, radio, diámetro de la herramienta así como el uso de refrigerante. Las velocidades esta determinadas por defecto de acuerdo a la herramienta.

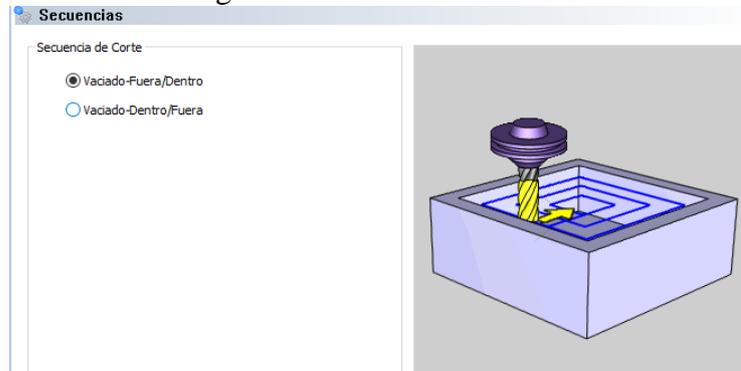
Figura 93. Herramienta



Fuente: Autores

Esta ventana determina la secuencia de corte, esto hace referencia al sentido de vaciado.

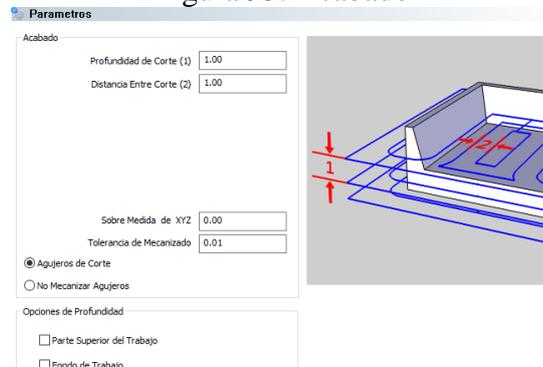
Figura 94. Secuencia de corte



Fuente: Autores

La ventana de parámetros determina las dimensiones de profundidad de corte y distancia entre cortes, esta distancias esta en relación a las dimensiones de la herramienta.

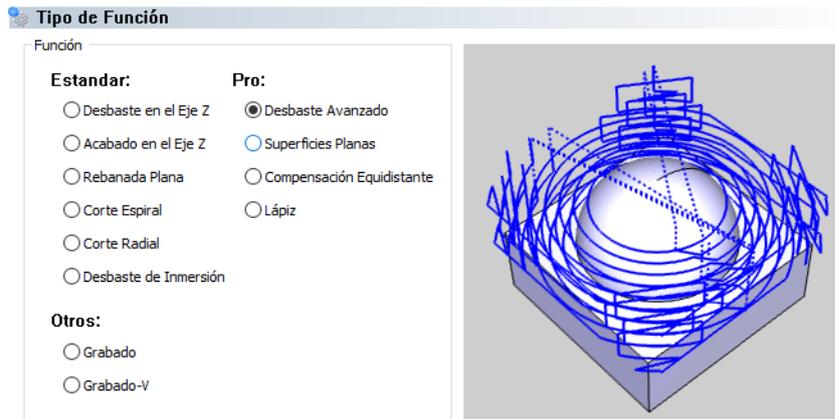
Figura 95. Acabado



Fuente: Autores

Finalmente se calcula el trazo, pero la determinación de esta función es el inicio para el desbaste avanzado en el eje z ya que el mecanizado no presenta el acabado adecuado.

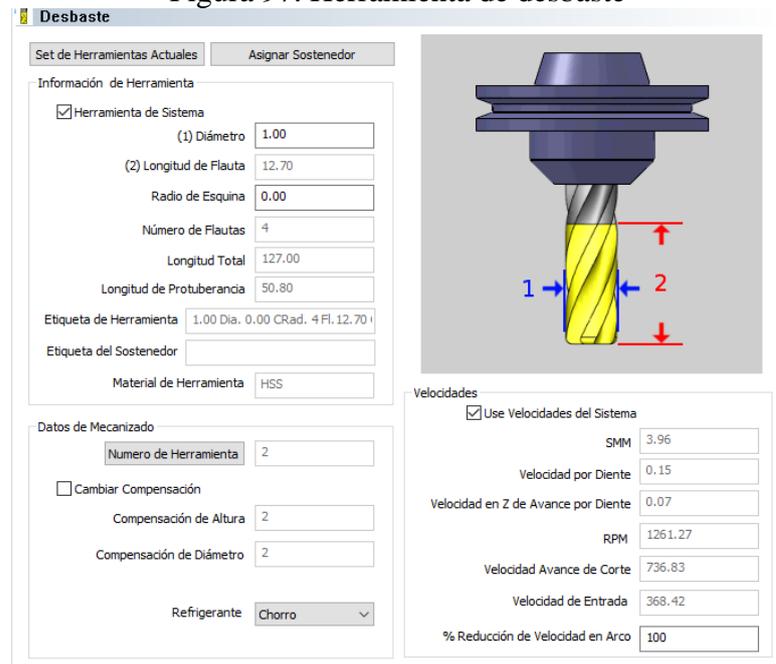
Figura 96. Tipo de función- desbaste avanzado



Fuente: Autores

Para esta función se selecciona la geometría, y me modifica nuevamente la generación de ángulos, como se vio anteriormente, se debe configurar los parametros de la herramienta ya que para mejorar los acabados es necesario herramientas de menor diámetro.

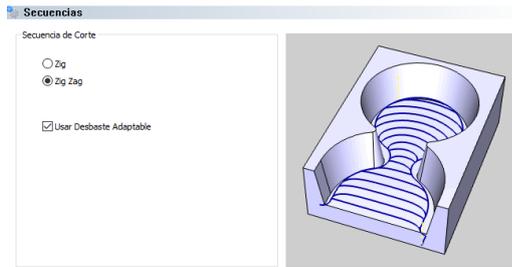
Figura 97. Herramienta de desbaste



Fuente: Autores

En la ventana de secuencia de corte se selecciona Zigzag con un desbaste adaptable como se observa en la siguiente figura.

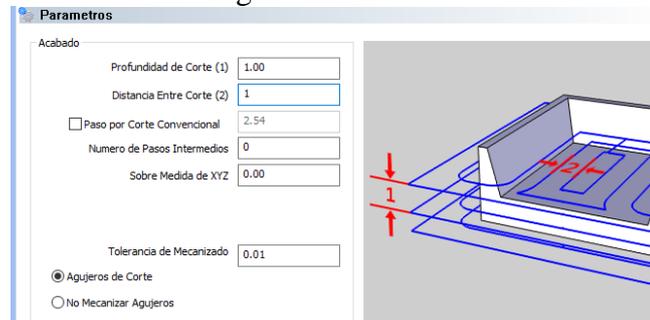
Figura 98. Desbaste adaptable



Fuente: Autores

La profundidad y la distancia entre cortes se modifica en la siguiente ventana como se muestra en la figura, así como las tolerancias necesarias para la portaherramienta.

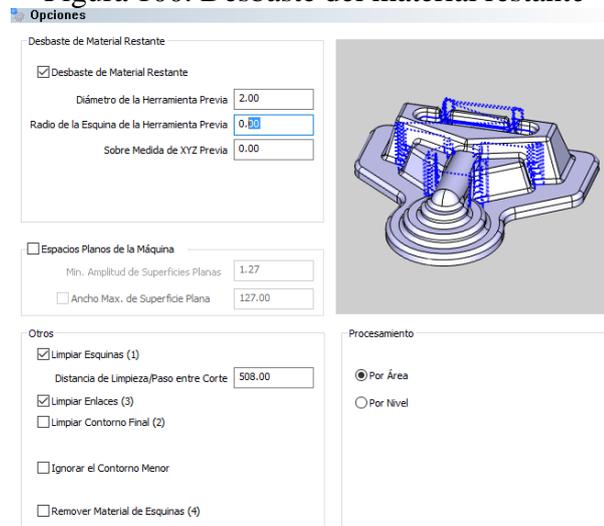
Figura 99. Acabado



Fuente: Autores

El software permite identificar la herramienta utilizada anteriormente para realizar el proceso desbaste del material sobrante, en la siguiente figura se identifica los parámetros tales como diámetro de la herramienta, radio de la herramienta y más.

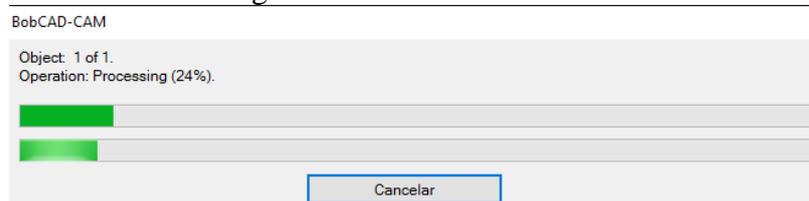
Figura 100. Desbaste del material restante



Fuente: Autores

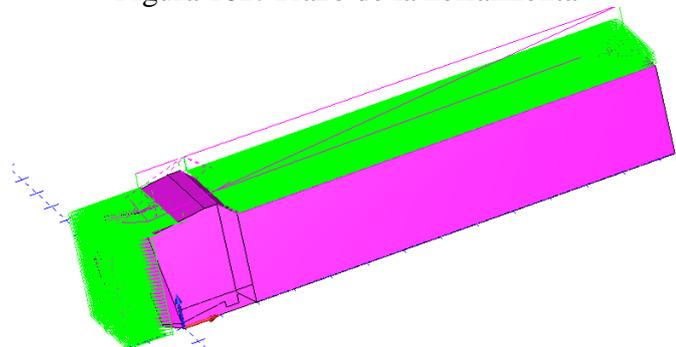
Finalmente se calcula el trazo para identificar la ruta de la herramienta como se observa en las siguientes figuras

Figura 101. Cálculo de trazo



Fuente: Autores

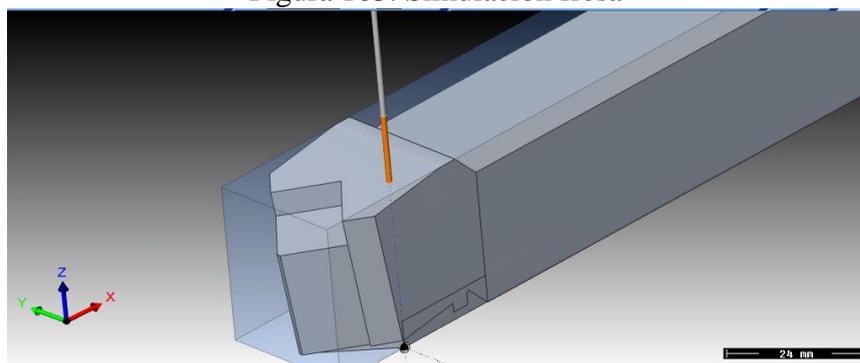
Figura 102. Trazo de la herramienta



Fuente: Autores

Para verificar las operaciones y evitar choques de la herramienta con la pieza se procede al proceso de simulación de fresa la que muestra el resultado de las operaciones.

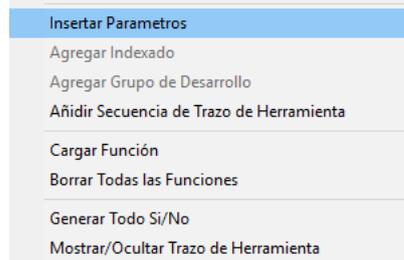
Figura 103. Simulación fresa



Fuente: Autores

5.2.3 *Portaherramienta de tronzado.* El diseño de la portaherramienta genera diferentes orígenes de mecanizado que se debe personalizar, el diseño en el software genera una orientación específica acorde con los parámetros de mecanizado, para generar los nuevos parámetros se insertan a través de CAM.

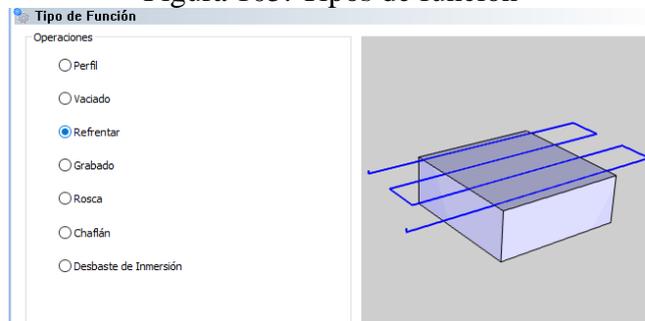
Figura 104. Insertar Parámetros



Fuente: Autores

En las operaciones de 2 ejes se selecciona la operación de refrentar, como inicio para la ejecución de las operaciones .

Figura 105. Tipos de función



Fuente: Autores

Como inicio de cualquier operación se determina los movimientos rapidos de la herramienta.

Figura 106. Movimientos rapidos



Fuente: Autores

Las dimensiones de las herramientas se van a determinar de acuerdo a las operaciones y dimensiones adecuadas para el mecanizado de cada portaherramienta, para la herramienta de tronzado se efectua los siguientes cambios en la ventana de la herramienta de desbaste.

Figura 107. Desbaste

Velocidades	
<input checked="" type="checkbox"/> Use Velocidades del Sistema	
SMM	7.62
Velocidad por Diente	0.07
Velocidad en Z de Avance por Diente	0.03
RPM	606.38
Velocidad Avance de Corte	169.42
Velocidad de Entrada	84.71
% Reducción de Velocidad en Arco	100

Fuente: Autores

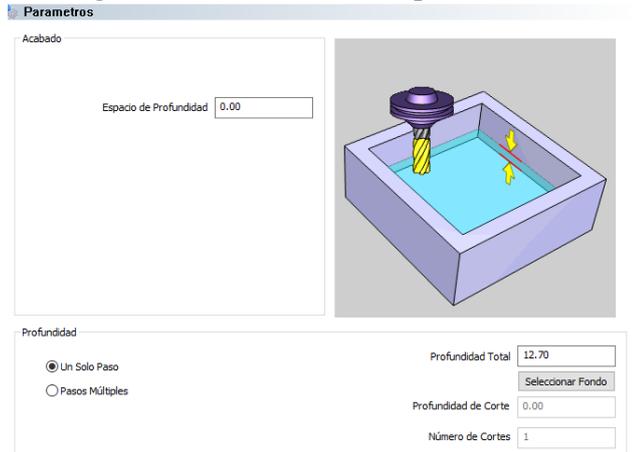
Para la secuencia se selecciona Zig zag, por fuera de la zona de trabajo con una distancia de 25.40mm.

Figura 108. Secuencia

Fuente: Autores

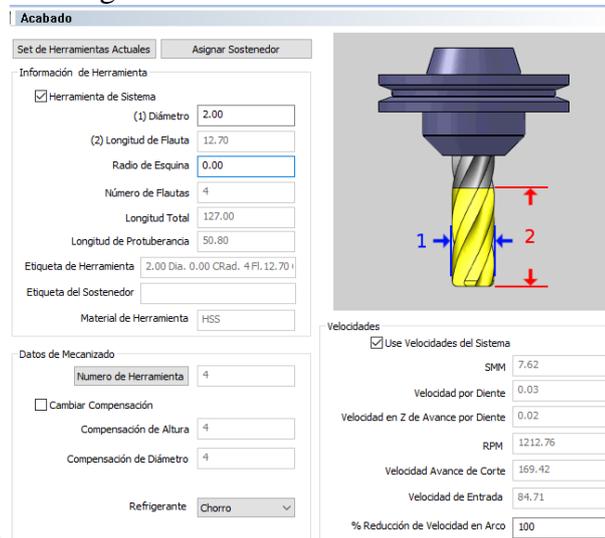
En las operaciones asignadas para la función de refrentado se ingresa el valor de la profundidad, el número de pasadas, en el caso de no tener una dimension clara, se indica en la geometría el fondo.

Figura 109. Parámetros de profundidad



Fuente: Autores

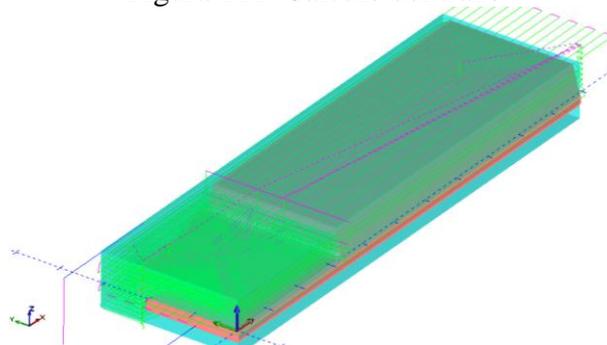
Figura 110. Herramienta de acabado



Fuente: Autores

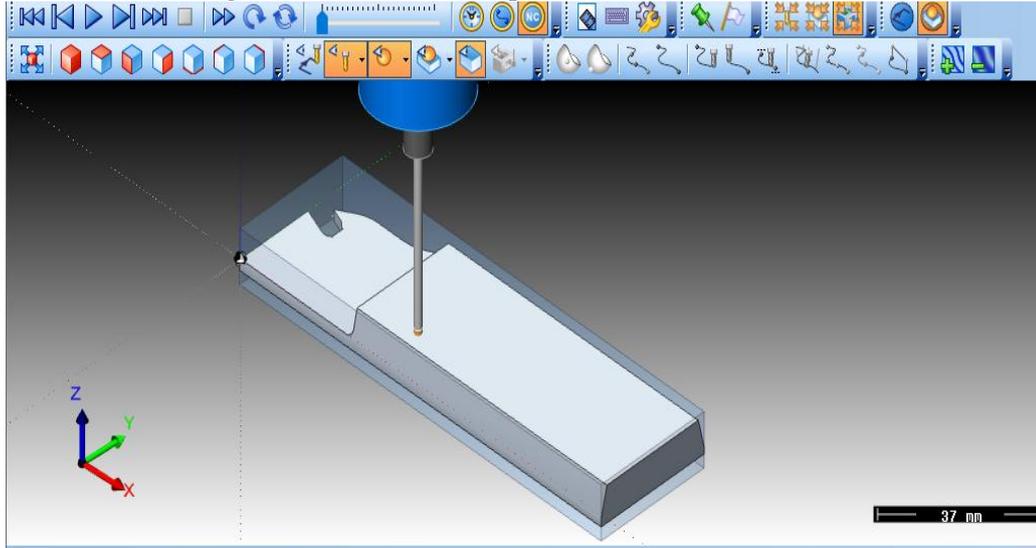
Ya finalizado la configuración de la herramienta se calcula el trazo de la herramienta y se verifica las operaciones en la simulación de fresa.

Figura 111. Cálculo del trazo



Fuente: Autores

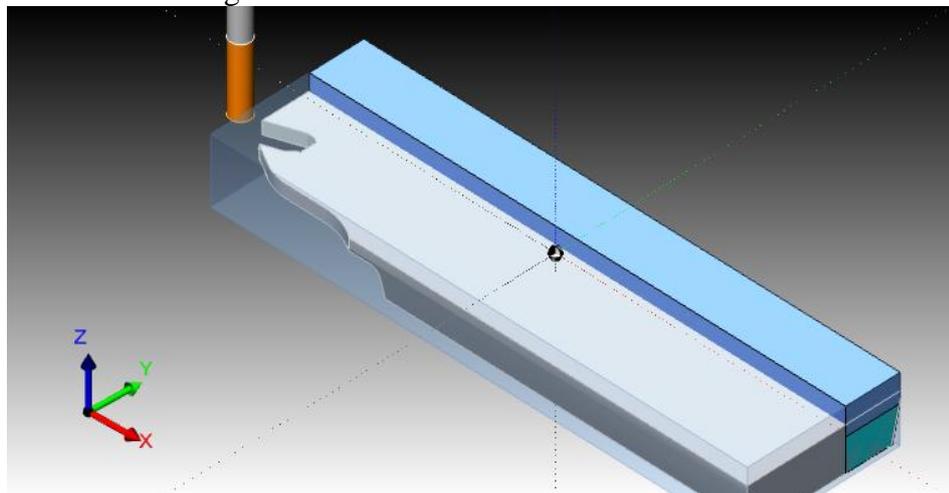
Figura 112. Simulación portaherramienta tronzado



Fuente: Autores

Finalmente se observa la portaherramienta mecanizada, en el simulador se puede obtener más información el reporte.

Figura 113. Portaherramienta de tronzado



Fuente: Autores

5.2 Mecanizado

Una vez que se genera los códigos, se procede a preparar la máquina fresadora para el proceso de mecanizado, en la cual se inicia con la preparación de las fresas de acuerdo a las operaciones a ejecutarse, las portaherramientas de la máquina fresadora presentan diferentes diámetros, los cuales se adaptan dependiendo de los diámetros de las fresas,

este proceso de preparación de las fresas constituye un tiempo aproximado de 15 minutos.

Figura 114. Preparación de herramientas



Fuente: Autores

Una vez realizado la preparación de las fresas, se procede a configurar cada una de las herramientas en la máquina fresadora, en la cual se introduce la designación para cada herramienta.

5.3.1 *Ubicación del material.* La colocación del material se fija de manera adecuada, considerando las longitudes de la herramienta y profundidad de mecanizado para evitar choques de la fresa con el material.

Es necesario ubicar el centro de pieza, para ello con la ayuda de la fresa buscadora de centros se establece las coordenadas del material.

La fresa de centros gira a una velocidad establecida en el contorno del material, como muestra la siguiente figura.

Figura 115. Buscar el centro del eje Y



Fuente: Autores

Para establecer las coordenadas la fresa de centro debe presentar un giro uniforme y centrado de la fresa como se observa en la siguiente figura.

Figura 116. Identificar coordenadas en el eje Y



Fuente: Autores

Ya establecido las coordenadas del borde del material en el eje Y, de igual manera se realiza en el borde opuesto del material, ya ejecutado las operaciones en el mismo sentido del material.

Figura 117. Identificar coordenada a modificar



Fuente: Autores

Como siguiente paso se encera la máquina y se establece como coordenadas 0, en el eje de las Y como indica la figura.

Figura 118. Encerado de la coordenada Y



Fuente: Autores

Una vez configurado el eje Y se realiza el mismo procedimiento para el eje de las X, se ubica la fresa de centros en el borde paralelo al eje X.

Figura 119. Buscar el centro del eje X



Fuente: Autores

De igual manera se ubica la fresa de centros hasta observar un giro uniforme y un centrado adecuado de la fresa como se observa en la siguiente figura.

Figura 120. Identificar coordenadas en el eje X



Fuente: Autores

Una vez realizado el proceso se tiene las siguientes coordenadas:

Figura 121. Identificar coordenada a modificar



Fuente: Autores

Se procede a encerrar el eje X y se lo ubica como el punto 0 como se observa en la figura.

Figura 122. Encerado de la coordenada X



Fuente: Autores

Finalmente ya establecido los puntos (0,0) la fresadora se ubica en el centro de la pieza como se observa en la siguiente figura.

Figura 123. Buscar el centro de la pieza



Fuente: Autores

Para la determinación del eje Z, se inicia con el acoplamiento de las fresas a ser utilizadas en el proceso de mecanizado para ello se introduce cada herramienta y se establece el punto cero del eje Z, esto se realiza con un plástico para encontrar el punto de partida de las herramientas, cabe mencionar que se debe realizar el mismo procedimiento para cada una de las herramientas.

Figura 124. Identificar coordenadas en el eje Z

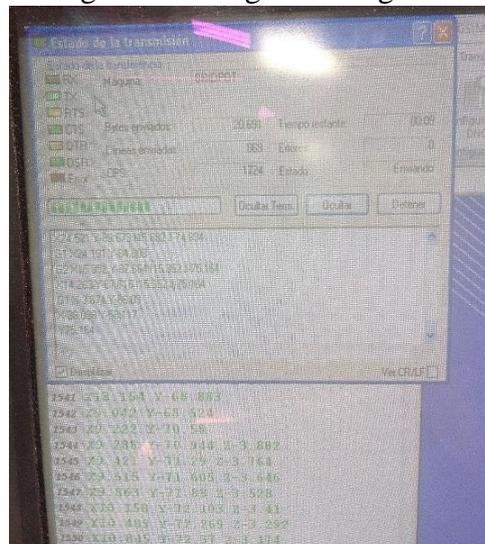


Fuente: Autores

Los parámetros que se ingresan en la base de datos de la fresadora, son la posición de la fresa y la denominación de esta, los diámetros de cada una de las herramientas se las puede obiar ya que estos diámetros están establecidos en la generación de los códigos G.

Debido a que la memoria de la máquina es limitada no se puede enviar los códigos en su totalidad para ello se envían de acuerdo a cada una de las operaciones. Para enviar los códigos G, es necesario depurar códigos innecesarios que se encuentran en la programación, debido que estos códigos establecen nuevos parámetros, a los cuales la máquina no está configurada.

Figura 125. Ingreso códigos G



Fuente: Autores

Ya depurado los códigos en la pc se envían los datos a la máquina fresadora, la cual ya tiene establecido los parámetros iniciales para recibir como se observa en la siguiente figura.

Figura 126. Envío de códigos G



Fuente: Autores

Ya recibido los códigos se pone en funcionamiento esta máquina la cual de manera automática inicia con el mecanizado de acuerdo a las operaciones establecidas previamente.

Figura 127. Inicio de mecanizado



Fuente: Autores

Una vez terminado cada una de las operaciones se carga los siguientes códigos para tener como resultado:

Figura 128. Mecanizado



Fuente: Autores

CAPÍTULO VI

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

Se seleccionó el acero 1018 como el material más adecuado para la elaboración de la portaherramienta debido a su composición de carbono, manganeso, silicio en porcentajes ideales que determinan un material con buena resistencia mecánica, buena ductilidad, soldabilidad y mejor maquinabilidad que la mayoría de los aceros al carbono.

Se diseñó los portaherramientas cumpliendo los parámetros técnicos estandarizados como: tipo de fijación, ángulo de incidencia, sentido de corte, ángulo de entrada y forma de la plaquita.

Se elaboró los portaherramientas para mecanizado exterior como: cilindrado, refrentado y perfilado, con mayor frecuencia de uso en el proceso de mecanizado en el taller básico de la facultad de mecánica

Se determinó que en el taller de CAD-CAM presenta condiciones óptimas para cubrir la demanda requerida en la elaboración de cualquier tipo de portaherramienta en el taller básico de la facultad de mecánica

6.2 Recomendaciones

Se recomienda establecer previamente el material, el diámetro inicial y diámetro final a ser mecanizado, para la selección adecuada del inserto y así obtener una mayor vida útil de la herramienta.

Se recomienda establecer medidas preventivas con respecto al uso de EPI antes, durante y después del funcionamiento de la máquina fresadora, debido a que durante el proceso de mecanizado existe proyección de virutas hacia el exterior de la zona de mecanizado.

Se recomienda verificar las operaciones de mecanizado en el software previo al proceso de mecanizado final.

Se recomienda transferir los Códigos G por operación ya que debido a la limitación de la memoria de la fresadora CNC no puede procesar el total de Códigos G generados por el software.

BIBLIOGRAFÍA

ACADEM, Sandvik Coromant. 2016. *Libro de formación* . s.l. : Sandvik Coromant Academ, 2016.

AGUAPURAYSANA. 2009. Destilación de agua un proceso natural. [En línea] 2009. <https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:zSBceWmjfBUJ:https://aguapuraysana.com/destilacion-de-agua-un-proceso-natural/+&cd=9&hl=es&ct=clnk&gl=ec>.

CASTILLA PRADOS, Nicolás. 2007. *Invernaderos de plástico: tecnología y manejo*. s.l. : Mundi-Prensa Libros, 2007.

GALGANO, Grupo. 2008. Mejorar la productividad gracias a Lean Manufacturing. [aut. libro] Galgano. *Mejorar la productividad gracias a Lean Manufacturing*. 2008.

GOMEZ, Jiménez L. 2012. *Sistemas de Costeo*. Mexico : Ariel, 2012.

ALMEIDA, José. 1996. FlacsoAndes. *FlacsoAndes*. [En línea] 23 de Septiembre de 1996. <http://repositorio.flacsoandes.edu.ec/handle/10469/102#.V-bElfnhDIU>.

KAIZEN. 2010. Manufactura Inteligente. *Definición Kaizen*. [En línea] Mayo de 2010. <http://www.manufacturainteligente.com/kaizen.htm>,.

MEYERS, F y Stephens. 2006,. Diseño de instalaciones de manufactura y manejo de materiales. [aut. libro] F. y Stephens Meyers. *Diseño de instalaciones de manufactura y manejo de materiales*. México : Editorial Prentice Hall, tercera edición, 2006,, págs. 4, 5, 18, 39, 136, 137, 138.

SANTÍN LUNA, César Eduardo. 2004. dspace. [En línea] 2004. <http://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/16572/1/Sant%C3%ADn%20Luna,%20C%C3%A9sar%20Eduardo.pdf>.

Tecnología del Corte del Metal . **Academy, Sandvik Coromant. 2016.** 2016. pág. 71.

VELASQUEZ, Carlos Estrella. 2013. Desdemitrinchera.com.
Desdemitrinchera.com. [En línea] 7 de Junio de 2013.
<http://www.desdemitrinchera.com/2010/06/07/la-delincuencia-en-el-ecuador/>.

VELÁSTEGUI, Mari de los Ángeles Estrella. 2012. Prezi.com. *Prezi.com.* [En línea]
5 de Noviembre de 2012. <https://prezi.com/og05pff0kcg9/causas-y-consecuencias-de-la-migracion-en-el-ecuador/>.

