



**Universidad
Técnica de
Cotopaxi**

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
EXTENSIÓN LA MANÁ**

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

CARRERA EN INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**“ESTUDIO DE MAQUINABILIDAD DE ACEROS AL CARBONO UTILIZANDO
UN FLUIDO DE CORTE BIODEGRADABLE Y NATURAL”**

Proyecto de investigación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniero Electromecánico.

AUTOR:

Luis Enrique Freire Loor

TUTOR:

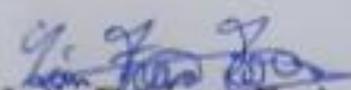
PhD. Yoandrys Morales Tamayo

**LA MANÁ – ECUADOR
FEBRERO - 2020**

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo Luis Enrique Freire Loor, declaro ser autor del presente proyecto de investigación: “ESTUDIO DE MAQUINABILIDAD DE ACEROS AL CARBONO UTILIZANDO UN FLUIDO DE CORTE BIODEGRADABLE Y NATURAL”, siendo PhD. Yoandrys Morales Tamayo tutor del presente trabajo investigativo; y eximio expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, declaro que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.



Luis Enrique Freire Loor
C.I: 120528963-8

AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título: “ESTUDIO DE MAQUINABILIDAD DE ACEROS AL CARBONO UTILIZANDO UN FLUIDO DE CORTE BIODEGRADABLE Y NATURAL”, de Luis Enrique Freire Loor, de la carrera de Ingeniería Electromecánica, considero que dicho informe investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Honorable Consejo Académico de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

La Maná Febrero, 2020



PhD Yoandrys Morales Tamayo
C.I: 175695879-7
TUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas; por cuanto, el postulante: FREIRE LOOR LUIS ENRIQUE con el título de Proyecto de Investigación: “ESTUDIO DE MAQUINABILIDAD DE ACEROS AL CARBONO UTILIZANDO UN FLUIDO DE CORTE BIODEGRADABLE Y NATURAL”, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación de proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

La Maná, Febrero 2020

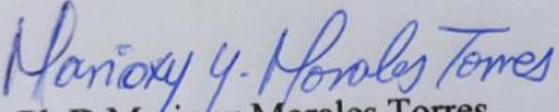
Para constancia firman:



Ing. William Armando Hidalgo Osorio
MSc
C.I: 0502657885
LECTOR 1 (PRESIDENTE)



Ing. Paco Jovanny Vásquez Carrera
MSc
C.I: 0501758767
LECTOR 2



Ph.D Marioxy Morales Torres
C.I: 1757728926
LECTOR 3 (SECRETARIA)

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres señor Jaime Freire Masabanda y señora María Loor, que han dado todo su esfuerzo y sacrificio para que pueda culminar con éxito esta etapa en mi vida, agradecerles por estar siempre conmigo en los momentos más difíciles, a mis hermanos que de igual manera contribuyeron en mi formación académica, aquellos maestros que me acompañaron en toda la carrera universitaria. A mi tutor de tesis Ing. Yoandrys Morales que gracias a sus conocimientos pude concluir el presente trabajo.

Luis

DEDICATORIA

El presente trabajo se lo dedico en primer lugar a Dios por permitirme llegar hasta este punto y acompañarme todos los días de mi vida, a mis padres por ser aquel pilar fundamental en mi vida, y en mi carrera universitaria, gracias al apoyo incondicional de ellos he podido culminar con éxito mis estudios.

Luis

ÍNDICE GENERAL

1.	INFORMACIÓN GENERAL	1
2.	RESUMEN (DESCRIPCIÓN) DEL PROYECTO	2
3.	JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	2
4.	BENEFICIOS DEL PROYECTO	3
5.	PROBLEMAS DE INVESTIGACIÓN	3
6.	OBJETIVOS	3
7.	ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTADOS	5
8.	FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA	6
8.1.	Fluidos de corte	6
8.1.1.	Taladrinas	7
8.2.	Procesos productivos en los que intervienen los fluidos de corte	8
8.2.1.	Procesos productivos y materiales a transformar	8
8.3.	Funciones de los fluidos de corte	9
8.3.1.	Características de los fluidos de corte	10
8.3.2.	Material de la herramienta:	10
8.3.3.	Característica de calidad del fluido de corte	11
8.3.4.	Definición de términos básicos	12
8.3.5.	Daños para el medio ambiente y la salud humana	13
8.4.	Proceso de torneado	13
8.4.1.	Velocidad de corte (V_c)	14
8.4.2.	Avance (a)	15
8.4.3.	Profundidad de Pasada (p)	16
8.5.	Teoría de formación de la viruta	16
8.5.1.	Tipos de viruta	17

8.5.2. Viruta continúa.....	17
8.5.3. Viruta discontinua.....	18
8.6. Características principales del acero AISI 1045.....	18
8.6.1. Propiedades de diseño y característica del acero.....	18
8.6.2. Maquinabilidad.....	19
8.6.3. Aplicaciones.....	20
8.7. Materiales y geometría para herramienta de corte.....	20
8.7.1. Herramienta Elemental Mono corte: Geometría y Ángulos Característicos.....	20
8.7.2. Ángulo de desprendimiento (γ).....	21
8.7.3. Ángulo de incidencia (α).....	22
8.7.4. Valores de los ángulos en el arranque de la viruta.....	22
8.8. Materiales para Herramienta.....	23
8.8.1. Requisitos de los materiales para herramienta.....	23
8.8.3. Mecánica del Corte Ortogonal.....	24
8.9. Desgaste de la herramienta.....	26
8.9.1. Formas de desgaste en el corte de metales.....	26
8.9.2. Causas del desgaste.....	28
8.9.3. Destrucción total del filo.....	28
8.9.4. Dimensiones preestablecidas de la franja de desgaste y del cráter.....	28
8.9.5. Acabado superficial de la pieza mecanizada.....	29
8.9.6. Velocidad de corte y su relación con diversos parámetros de mecanizado.....	29
8.10. Ecuaciones de Taylor.....	29
8.11. Selección del criterio de desgaste.....	30
9. VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS.....	31
10. METODOLOGÍAS Y DISEÑO EXPERIMENTAL.....	31

10.1. Tipos de investigación	31
11. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	35
12. IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES, O ECONÓMICOS).	41
12.1. Impacto técnico.....	41
12.2. Impacto social.....	41
12.3. Impacto ambiental	41
12.4. Impacto económico.....	41
13. PRESUPUESTO PARA LA PROPUESTA DEL PROYECTO	42
14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	44
15. BIBLIOGRAFÍA	45
16. ANEXOS	47

ÍNDICE DE TABLAS

1. Actividades y sistema de tareas en relación a los objetivos planteados.	5
2. Principales grupos de aditivos	9
3. Composición química AISI 1045.	19
4. Propiedades típicas a temperatura ambiente sin endurecimiento	19
5. Maquinabilidad del acero para el torneado.....	19
6. Valores de los ángulos en el arranque de viruta	22
7. Parámetros de corte para inserto.....	34
8. Variables consideradas en el estudio (Aceite de piñón)	35
9. Análisis de varianza factorial del desgaste del flanco.(Aceite de piñón)	36
10. Error absoluto basado en el modelo empírico obtenido. (Aceite de piñón)	37
11. Variables consideradas en el estudio (Taladrina)	38
12. Error absoluto basado en el modelo empírico obtenido (Taladrina)	38
13. Materiales utilizados.....	42
14. Análisis realizados en cada uno de los laboratorios.	42
15. Manufactura y gastos inesperados.....	42
16. Sumatoria del total de cada gasto realizado.....	43

INDICE DE FIGURAS

1. Movimiento de trabajo del torno.	14
2. Partes principales de una herramienta elemental.....	20
3. Ángulos principales de una herramienta de corte.....	21
4. Modelo de corte ortogonal.....	24
5. Diagrama de cuerpo libre en la viruta.	24
6. Relación entre las fuerzas de corte.	25
7. Desgaste de cráter.....	27
8. Desgaste de flanco.....	27
9. Microscopio metalográfico electrónico.	32
10. Torno paralelo JET 1660-3PGH.....	34
11. Comportamiento del desgaste del flanco para las velocidades analizadas.(Aceite de piñón)	36
12. Comportamiento del desgaste del flanco para las velocidades analizadas (Taladrina).....	39
13. Comparación del desgaste del flanco entre el aceite de piñón y la taladrina	40

INDICE DE ANEXOS

1. Abreviaturas.....	48
2. Simbología.....	49
3. Ensayo 1	50
4. Ensayo 2	51
5. Características del Torno CNC JET 1660-3PGH.	52
6. Características Microscopio BA310MET-T.....	54
7. Curriculum Estudiante	56
8. Curriculum Docente Tutor.....	57



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA Y APLICADAS
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

“ESTUDIO DE MAQUINABILIDAD DE ACEROS AL CARBONO UTILIZANDO UN
FLUIDO DE CORTE BIODEGRADABLE Y NATURAL”

Autor:

Freire Loor Luis Enrique

RESUMEN

Los biocombustibles representan en la actualidad una fuente potencial de energía renovable, además de que podrían generar nuevos y grandes mercados para los productores agrícolas. No obstante, sólo algunos de los actuales programas de biocombustibles son viables, y la mayoría implica altos costos sociales e irónicamente ambientales. Los efectos económicos, ambientales y sociales de los biocombustibles deben debatirse ampliamente y es necesario evaluarlos cuidadosamente antes de extender el apoyo del sector público hacia programas de biocombustibles en gran escala. En este proyecto de investigación se experimenta una alternativa de bio-lubricante (bio-fluido) para el torneado del acero 1045. Se realiza un análisis de las principales funciones y la influencia de los fluidos de corte durante el mecanizado de metales. Se obtiene un modelo matemático empírico que permite estimar el desgaste del flanco a partir de la velocidad de corte y el tiempo de mecanizado. Según los datos de desgaste del flanco obtenidos estos demuestran que el bio-fluido es recomendable para el torneado del acero AISI 1045 en el rango de 250 a 300 m/min.

Palabras clave: maquinabilidad, inserto, mecanizado, desgaste de flanco, mecanizado, aceite de piñón, Taladrina.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

FACULTY OF ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES

**“CARBON STEEL MACHINABILITY STUDY USING A BIODEGRADABLE AND
NATURAL CUTTING FLUID”**

Author:

Freire Loor Luis Enrique

ABSTRACT

Biofuels currently represent a potential source of renewable energy. In addition, the last ones could be used to generate new and large markets for agricultural producers. However, only some of the current biofuel programs are viable and most of them involve both high social and ironically environmental costs. The economic, environmental, and social effects of biofuels must be widely discussed and be carefully evaluated before extending public sector support to large-scale biofuel programs. In this research project, an alternative of bio-lubricant (bio-fluid) for turning 1045 steel is experienced. An analysis of the main functions and influence of cutting fluids during metal machining is performed. An empirical mathematical model is obtained that allows to estimate the flank wear from the cutting speed and the machining time. According to the flank wear data obtained, these show that the bio-fluid is recommended for turning AISI 1045 steel in the range from 250 to 300 m/min.

Keywords: machinability, insert, machining, flank wear, machining, pinion oil, drill

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título del proyecto:

“ESTUDIO DE MAQUINABILIDAD DE ACEROS AL CARBONO UTILIZANDO UN FLUIDO DE CORTE BIODEGRADABLE Y NATURAL”

Fecha de inicio: 8 de octubre 2019

Fecha de finalización: 18 de julio 2020

Lugar de ejecución: Universidad técnica de Cotopaxi Extensión La Maná

Unidad Académica que auspicia: Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería Y Aplicadas

Carrera que auspicia: Ingeniería Electromecánica

Proyecto de investigación vinculado:

“DESARROLLO Y PRODUCCIÓN DE UN FLUIDO DE CORTE PARA EL MECANIZADO DE METALES OBTENIDO MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DEL ACEITE DE PIÑÓN (JATROPHA CURCAS)”

Equipo de trabajo:**Tutor de Titulación:**

Apellidos y Nombres: PhD. Morales Tamayo Yoandrys

Cedula: 175695879-7

Correo: yoandrys.morales@utc.edu.ec

Teléfono: 0995493006

Estudiante:

Apellidos y Nombres: Freire Loo Luis Enrique

Cedula: 120528963-8

Correo: luis.freire@utc.edu.ec

Teléfono: 0991646277

Área de conocimiento:

UNESCO: Ingeniería, Industria y Construcción

Línea de investigación:

Procesos industriales

Sub líneas de investigación:

Elaboración y mantenimiento de los elementos, prototipos y sistemas electromecánicos

2. RESUMEN (DESCRIPCIÓN) DEL PROYECTO

En la presente tesis se detalla el proceso para realizar el análisis del tiempo de vida útil de una herramienta de corte tomando en cuenta los criterios de desgaste flanco y cráter, para mecanizar el ACERO AISI 1045 en un proceso de torneado en una máquina TORNO CNC JET 1660-3PGH del laboratorio de mecanización de la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná.

A partir de este proceso se procedió a la parte experimental en la cual se mecanizó el material con tipos diferentes de inserto y con dos fluidos de corte, los cuales fueron el aceite de Piñon (*Jatropha curcas*) y la taladrina, se tomaron diferentes las diferentes muestras datos de desgaste de flanco para cada uno de ellos, con distintas velocidades y profundidad de corte. Por último, se procedió a ingresar los resultados obtenidos mediante gráficas utilizando el software Statgraphics. El tiempo de vida útil de un inserto no representa que el inserto ya no sirve, sino es el tiempo en el cual el inserto trabaja en condiciones ideales de corte, esto quiere decir que para obtener el acabado superficial esperado, el inserto debe trabajar en condiciones ideales para no producir imperfecciones en el material durante el proceso de mecanizado, tornado, fresado y demas aplicaciones que se puedan aplicar al acero.

3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

El siguiente estudio ayuda a entender la maquinabilidad de los aceros y cómo afecta con distintos fluidos de corte que a diferencia de otras propiedades mecánicas, la maquinabilidad de un material, es muy difícil de definir, dada su dependencia con muchas variables, a saber: el material a mecanizar y su estado (microestructura, dureza, composición química, método de conformación), el material de la herramienta a utilizar, si esta es recubierta o no, la geometría de corte, el tipo de proceso de mecanizado, el estado de conservación de la máquina-herramienta empleada en el ensayo, la utilización o no del fluido de corte.

Como también a aquellos “Factores que contribuyen a la variabilidad en el análisis de la maquinabilidad”, asignándole mayor importancia al desgaste de la herramienta, a las variaciones en las propiedades metalúrgicas del material a trabajar, de la herramienta y la facilidad que tiene el material a mecanizar para formar virutas cortas.

En el maquinado de metales, ayuda a determinar la vida útil del mismo y para que trabajos puede ser utilizado, conociendo el debido procedimiento para determinar el mecanizado los cuales son: la herramienta de corte, la formación de la viruta son discutidos, como así también las fuerzas actuantes sobre la herramienta, calidad superficial obtenida, duración de la herramienta y vibración.

4. BENEFICIOS DEL PROYECTO

Directos: Los artesanos del cantón de La Maná que trabajan con maquinabilidad de torno y fresado, quienes utilizan fluido de corte en sus procesos.

Indirectos: Los estudiantes de ingeniería electromecánica que en la cátedra de máquina, se realizan trabajos de mecanizado y requieren fluido de corte.

5. PROBLEMAS DE INVESTIGACIÓN

En el proceso de mecanizado existen varios factores que intervienen en el desgaste de las herramientas de corte: la velocidad de corte, el avance, la profundidad, la geometría de la herramienta y la estructura del material de la pieza a maquinar.

(Bavaresco, 2016), afirma que “Debido a la variedad de parámetros tecnológicos involucrados en el proceso de mecanizado, en el Ecuador los servicios de torno y fresa no poseen el conocimiento necesario para emplear este tipo de estudio y no hay mucha variedad de fluidos de corte a la mano conociéndose solo la taladrina la cual es la más utilizada para todo tipo de trabajo, el procedimiento que se emplea se describe así como el instrumental utilizado”.

6. OBJETIVOS

Objetivo General

Analizar los factores que afectan los aceros al carbono utilizando un fluido biodegradable al momento de un corte, impactando satisfactoriamente la maquinabilidad.

Objetivos Específicos

- Identificar los diferentes tipos de fluidos que se utilizan para el corte de los metales.

- Explicar cómo afecta los fluidos de corte a la composición, la estructura del metal y la herramienta de corte.
- Realizar un estudio de regresión múltiple para estimar el valor de desgaste del flanco a partir de los parámetros de corte.
- Determinar el efecto de lubricación de las herramientas de corte en el maquinado de los aceros al carbono AISI 1045.

7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTADOS

Tabla 1. Actividades y sistema de tareas en relación a los objetivos plantados

Objetivos Especifico 1	Actividades	Resultados de las actividades	Medio de verificación
Identificar los diferentes tipos de fluidos que se utilizan para el corte de los metales.	Investigación teoría sobre los diferentes tipos de fluidos Explicación de cómo impactan cada uno de los fluidos en los metales	Formulación del marco científico y teórico Bases para formar la metodología que se va a aplicar.	Modelo de metodología investigativa para formular las bases del marco teórico
Objetivos Especifico 2	Actividades	Resultados de las actividades	Medio de verificación
Explicar cómo afecta los fluidos de corte a la composición, la estructura del metal y la herramienta de corte.	Investigación relacionada con la composición química del metal escogido(AISI 1045) Identificación de las fallas que se pueden ocasionar en las herramientas de corte	Tabla de la composición química del acero (AISI 1045) Tabla de las pruebas a realizar en el acero	Modelo de metodología se experimental, dejando a flote la creatividad del estudiante.
Objetivos Especifico 3	Actividades	Resultados de las actividades	Medio de verificación
Realizar un estudio de regresión múltiple para estimar el valor de desgaste del flanco a partir de los parámetros de corte.	Identificación de las variables dependientes e independientes Realización de un estudio de regresión múltiple.	Adquirir los materiales necesarios para las pruebas que se vayan a realizar Datos establecidos en una tabla de Excel y en software de estadística.	Se aplica una metodología formativa y experimental para definir en cuál de los casos afecta menos a la maquinabilidad del acero a prueba (AISI 1045)
Objetivos Especifico 4	Actividades	Resultados de las actividades	Medio de verificación
Determinar el efecto de lubricación de las herramientas de corte en el maquinado de los aceros al carbono AISI 10145.	Mediante el rugosímetro determinación del impacto en el maquinado del acero (AISI 1045) con los diferentes fluidos identificando sus efectos.	Tablas de Excel aumentado el porcentaje de durabilidad por la lubricación del acero Rango de afectación de la cuchilla de corte para determinar su vida útil	Aplicación metodológica de la experimentación, dejando a flote la creatividad del estudiante.

Fuente: Freire (2020)

8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

8.1. Fluidos de corte

Los fluidos de corte se utilizan en la mayoría de las operaciones de mecanizado por arranque de viruta. Estos fluidos, generalmente en forma líquida, se aplican sobre la zona de formación de la viruta, para lo que se utilizan aceites, emulsiones y soluciones. La mayoría de ellos se encuentran formulados en base a un aceite de base mineral, vegetal o sintético, siendo el primero el más utilizado, pudiendo llevar varios aditivos como: antiespumantes, aditivos extrema presión, antioxidantes, biosidas, solubilizadores, inhibidores de corrosión (Bavaresco, 2016).

Según Bavaresco (2016), los fluidos de corte tienen sus inicios en el año 1890 cuando F.W.Taylor realizaba pruebas de corte, en sus inicios se utilizaba agua para disminuir el calor generado durante el maquinado, posteriormente se utilizaba una combinación de agua y sosa para evitar que la herramienta se oxidara, pero todos estos fluidos no tenían la parte adecuada de lubricación. Con el paso de los años se utilizaron aceites los cuales entre sus características principales tienen buena lubricación y disminuyen el calor generado durante el contacto de la herramienta-material.

En el 2016, Bavaresco describe que durante la generación de calor el 80% de la temperatura es absorbida por la viruta, 10% por la pieza de trabajo y 10% la herramienta. Para evitar el incremento de la temperatura en la herramienta y en el proceso de maquinado se utilizan fluidos de corte, los fluidos de corte tienen otra característica importante ya que funcionan como lubricantes que ayudan a disminuir el coeficiente de rozamiento entre material de trabajo y herramienta.

- Los principales tipos de fluidos de corte mecanizado son:
- Los aceite íntegros.
- Las emulsiones oleosas.
- Las "soluciones" semi-sintéticas.
- Las soluciones sintéticas.

(Bavaresco, 2016) Este estudio afirma que en “la mayoría de los casos contienen aditivos azufrados de extrema presión, en un 70% de los casos parafinas cloradas y cada vez más aceites sintéticos (poliglicoles y ésteres). Es frecuente la adición de lubricantes sólidos como grafito, MoS₂ o ZnS₂”.

8.1.1. Taladrinas

Los tres últimos tipos mencionados anteriormente son soluciones acuosas diluidas al 3,5% como media de un grupo de aditivos lubricantes que reciben el nombre genérico de taladrinas, conocido por la mayoría de los talleres de torno y fresa. El pH se sitúa en un ámbito ligeramente alcalino (pH 8-10) (Bavaresco, 2016).

Según el estudio realizado por el autor Bavaresco (2016), las taladrinas pueden contener todas o parte de las sustancias que se enumeran a continuación:

- Aceites minerales (de tendencias nafténica o parafínica)
- Aceites animales o vegetales
- Aceites sintéticos (alquilbencenos)
- Emulgentes
 - Catiónicos
 - Aniónicos (como Na₂SO₄)
 - No iónicos (como trietanolamina, poliglicoleter, alilfenol oxietilo)
- Inhibidores de corrosión
 - nitritos (NaNO₂, nitrito de dicitclohexilamonio)
 - aminas (mono-bi-trietanolamina, ciclohexilamininas)
 - boratos (bacterioestático) y carbonatos
 - otros ácido butilbenzoico.
- Bactericidas-fungicidas (como fenoles, formoles, pentaclorofenoles)
- Aditivos extrema presión
 - parafinas cloradas
 - aditivos azufrados
 - aditivos fosforados (dialquilfosfato de cinc...)
 - aceites minerales y grasas, alcoholes
- Humectantes o estabilizantes (como poliglicoles, alcoholes y fosfatos de aminas)

- Antiespumantes (siliconas como dimetilsiloxan)
- Colorantes
- Acomplexantes (EDTA)
- Metales pesados (Bavaresco, 2016).

(Bavaresco, 2016) Manifiesta que las taladrinas se presentan como concentrados en estado denso que posteriormente son disueltos en agua con proporciones entre un 1,5% y un 15% de volumen. Las taladrinas se pueden dividir en tres tipos:

8.1.1.1. Las emulsiones de aceite (mineral, sintético o vegetal/animal).

El concentrado se disuelve al 4% como media (entre 2,5% y 15% según la clase) y contiene como base un 60% de aceites minerales, aproximadamente un 20% de emulgentes, un 10% de agua y un 10% de aditivos varios (anticorrosivos, bactericidas, aditivos de extrema presión) (Bavaresco, 2016).

Bavaresco, (2016) Es frecuente el uso de las taladrinas en los diferentes talleres con una concentración de (15%) como protección de metales, es decir, crea una capa protectora anticorrosiva sobre superficies metálicas.

8.1.1.2. Las taladrinas semisintéticas.

Según (Bavaresco, 2016) dice que “El concentrado se diluye al 4% como media (entre el 1,5% y 5%) y contiene como base cerca de 20% de aceite mineral o sintético, un 30% de emulgentes, un 40% de agua y un 10% de aditivos varios (importantes bactericidas). Su uso se extiende a operaciones en las que lubricación y refrigeración son importantes como es el mecanizado (taladrado, fresado).”

8.1.1.3. Las taladrinas sintéticas.

El concentrado se diluye el 2,5% (entre el 1,5 y el 12%) y contienen además de 15% de anticorrosivos, hasta un 25% de humectantes (glicoles), etc. (facultativo). Un 10% de aditivos varios y un 50-75% de agua. Su uso se extiende a operaciones en las que la función refrigerante de la taladrina es prioritaria como el rectificado y la protección antioxidante. (Bavaresco, 2016)

8.2. Procesos productivos en los que intervienen los fluidos de corte

8.2.1. Procesos productivos y materiales a transformar

Según el autor (Jimenez, 2019) los procesos productivos son muy variados pudiendo enumerar como principales las siguientes:

- Rectificados (plano, cilíndrico, sin centro y lento).
- Torneado / fresado.
- Roscado / escariado.
- Taladrado (profundo).
- Corte (con sierra).
- Otros (troquelado, enderezado, etc.).

Por su parte las principales actividades industriales en las que se usan fluidos de corte son:

- Primera transformación de metales (laminación, corte).
- Fabricación de tubos.
- Segunda transformación de metales (corte, troquelado).
- Mecánica de precisión (construcción herramientas, máquinas).
- Industria del vidrio.

Los metales a transformar en los procesos antes citados son fundamentalmente:

- Acero al carbono (para la construcción resistencia media a tensión).
- Acero inoxidable (como cromo aleaciones resistencia alta tensión).
- Acero para herramientas (con titanio, níquel... resistencia alta tensión).
- Fundición de hierro.
- Metales ligeros aluminio y aleaciones de magnesio.
- Metales de "color" cobre y aleaciones.

En la tabla 2 se realiza una descripción de los principales adictivos que se utilizan en la fabricación de fluidos de corte convencionales.

Tabla 2. Principales grupos de aditivos

	FUNCIÓN	COMPOSICIÓN	MODO DE ACCIÓN	INCONVENIENTES AMBIENTALES Y PARA LA SALUD
EMULGENTES	Estabilidad emulsión	Jabones iónicos sulfanatos óxidos de etileno	Favorecen la formación de micelas	DQO vertidos de los cursos de agua
INHIBIDORES DE CORROSIÓN	Protección contra la corrosión de pieza y herramienta	Largas cadenas (-) Nitritos ---> Sales de ácidos orgánicos, aminas, amidas, comp. De b	Largas cadenas atraídas y retenidas por el metal Pasivación	Formación nitrosamina Boro, muy tóxico
ESTABILIZADORES SOLUBILIZADORES AGENTES ANTIESPUMA	Estabilizan el concentrado y evitan espumas	Alcoholes, glicoles, fosfatos y siliconas	Varía tensión superficial	DQO
ADITIVOS E.P	Forman capas intermedias lubricando el corte	Parafinas cloradas, cloro, azufre y comp. De fósforo	Utilizan la t y p para reaccionar y formar capas	Derivados clorados muy contaminantes
BIOCIDAS	Impedir el desarrollo de bacterias en el fluido con el tiempo	Isotiazolonas triazinas, formillas, fenoles	Bactericida y bacteriostático	Atacan la microflora de los ecosistemas, son muy tóxicos; relación con dermatitis

Fuente: (Crespo Martinez, 2006)

8.3. Funciones de los fluidos de corte

Según (Jimenez, 2019) dice que las funciones son las siguientes:

- **Lubricación:** Reducir el coeficiente de fricción entre la herramienta de corte y la pieza que se encuentra para el proceso de mecanizado, obteniendo la eliminación de la viruta.
- **Refrigeración:** El fluido debe eliminar el elevado calor que se produce en la operación de mecanizado.
- **Eliminación de Viruta:** El fluido debe retirar eficientemente la viruta lejos de la zona de operación para no interferir en el proceso y permitir la calidad superficial requerida.
- **Protección frente a la corrosión:** El fluido acuoso podría oxidar y corroer la pieza, la herramienta o la máquina, para evitarlo las formulaciones incorporan protectores frente a la corrosión.

8.3.1. Características de los fluidos de corte

Según (Flores Galvan, 2015), menciona que las características de los fluidos de corte son:

- A. Refrigeración: su principal función es evitar temperaturas elevadas en la herramienta, por lo cual este tipo de refrigerante debe tener baja viscosidad.
- B. Lubricación: permite reducir el coeficiente de rozamiento entre la viruta y la cara de corte, el cual debe facilitar el flujo de la viruta. Otra característica importante de la lubricación es reducir la formación del filo aportado, las fuerzas de corte, potencia y temperatura.
- C. Eliminación de viruta: el fluido debe retirar la viruta de la zona de maquinado para evitar un ineficiente acabado superficial.
- D. Protección contra la corrosión: los diferentes fluidos podrían dañar la herramienta o máquina, por lo cual se incorporan aditivos adecuados para protegerlos de la corrosión.

Flores (2015) menciona que los fluidos de corte reducen las condiciones de temperatura y fricción durante el maquinado, los residuos de los fluidos de corte se consideran dañinos para el medio ambiente y provocan severas consecuencias en la salud humana, esto se debe a los siguientes factores:

- Son contaminantes.
- Riesgos de salud en los operarios.
- El almacenamiento propicia la degradación de los fluidos de corte.

8.3.2. Material de la herramienta:

Normalmente para aceros al carbono se utilizan aceites solubles; para aceros rápidos se utilizan emulsiones de aceites. En 1907 Taylor observa experimentalmente que el desgaste gradual del flanco va aumentando conforme aumenta el tiempo de corte, en la cual se distinguen tres zonas diferenciadas:

- Periodo de desgaste rápido inicial.- La herramienta al entrar en contacto tiene un desgaste rápido durante los primeros instantes del corte.

- Periodo de desgaste estable.- A continuación del desgaste rápido inicial este mantiene a una velocidad constante de forma que, en este tramo, se representa aproximadamente una línea recta.
- Periodo de desgaste acelerado.- Finalmente, la velocidad a la que se produce el desgaste aumenta, esto marca el inicio de la región de fallo. En esta región la eficiencia del corte se reduce debido a que la geometría de la herramienta ya no es la óptima, la temperatura se eleva y acaba produciendo el fallo de la herramienta y determinando el final de su vida útil. (Flores Galvan, 2015)

Son muchos los factores que afectan al desgaste de la herramienta, entre ellos los más destacados son la velocidad de corte, el avance, la profundidad de corte, los materiales de la herramienta y la pieza, etc. Será diferente dependiendo de los factores anteriores, siendo el más decisivo de ellos la velocidad de corte. El incremento de cualquiera de ellos aumentará la velocidad con la que se propaga el desgaste y por tanto disminuirá la vida útil. (Center, 2006)

8.3.3. Característica de calidad del fluido de corte

Existe una serie de características para tener en cuenta para analizar la calidad de los fluidos de corte. Al considerar estos indicadores de calidad y hacer un seguimiento de estos, se puede llegar a extender su vida útil. De acuerdo con los indicadores de la calidad de los fluidos de corte se detallan los siguientes: (Center, 2006)

- Color.- Verifique el color del fluido. Los fluidos sintéticos son claros, los semi sintéticos son similares al color y textura de la leche, las emulsiones también y no se debe percibir la capa oleosa. Si el fluido se torna negro o gris significa que hay bacterias presentes. Si el fluido se torna amarillo o marrón significa la presencia de trampas de aceite. Si el fluido esta decolorado significa que esta envejecido.
- Olor.- Cuando el fluido de corte presenta un olor rancio significa que ha habido un crecimiento incontrolado de bacterias. Conviene cubrirlo cuando esto sucede. La niebla podría contener colonias microbianas convirtiéndose en un riesgo para la salud. Si el olor es muy fuerte será necesario tratar los fluidos con biocidas y evaluar la calidad si permite que se continúe usándose.
- Partículas Flotantes. Si el fluido de corte presenta partículas flotantes, residuos metálicos, virutas quítelas con un skimmer para aceites u otro equipo que lo ayude a

filtrarlo. La presencia de partículas en el aceite muchas veces es indicador de ineficiencia o mal funcionamiento del filtro. Se recomienda realizar un mantenimiento preventivo y revisar periódicamente el filtro.

- Excesiva Espuma. La presencia de mucha espuma puede ser causada por: estar el fluido muy concentrado, contaminado con limpiadores, contener exceso de tensioactivos o que se esté inyectando el mismo con exceso de aire.
- Película de aceite en la superficie. Si al cabo de 5 a 8 segundos el fluido continúa cubierto con una película de aceite, significa que existe un exceso de aceite en la emulsión.
- Irritación en la piel por quien lo manipule. Si quien manipula el fluido siente irritaciones en la piel, puede significar que el fluido está muy concentrado o es muy alcalino o la emulsión es inestable.

8.3.4. Definición de términos básicos

A continuación, (Jimenez, 2019) detallan algunos de los mecanismos de desgaste más comunes en los procesos por arranque de viruta.

- A. Abrasión.- Es producida por las partículas duras del material de la pieza, las cuales rayan y arrastran partículas de la herramienta. Se produce en todos los tipos de desgaste, pero principalmente en el desgaste del flanco.
- B. Adhesión.- Se produce entre los materiales de pieza y herramienta debido a que la viruta y la herramienta entran en contacto a altas temperaturas y presión de forma que se produce una soldadura. Según como la viruta fluya por la herramienta de corte ira arrancando pequeñas partículas de la misma produciendo un desgaste en la superficie.
- C. Difusión.- Consiste en un intercambio de átomos entre la superficie de contacto herramienta pieza o herramienta-viruta de forma que la herramienta queda agotada de átomos lo que hace que cambie sus propiedades en esa zona. Entre ellas, puede perder la dureza, facilitando que cambie su forma geométrica y se produzca un acabado deficiente. La superficie de la herramienta se vuelve más susceptible de desgastarse por abrasión y adhesión.
- D. Reacciones químicas.- Son favorecidas por las altas temperaturas que se alcanzan en la interfaz pieza-herramienta. La más común de ellas es la oxidación, la capa de óxido formada sobre el material es más blanda que este por lo que se desprenderá de la

herramienta, la repetición continua de este ciclo hace que se vayan perdiendo partículas del material de la herramienta generando por tanto el desgaste.

- E. Deformación plástica.- Es generada por las altas presiones y temperaturas sobre el filo de corte, lo que produce la deformación. Este desgaste afecta principalmente al desgaste del flanco. Estos mecanismos se aceleran conforme se aceleran las velocidades de corte y las temperaturas.

8.3.5. Daños para el medio ambiente y la salud humana

- Pueden tener efectos muy negativos sobre el medio ambiente, por ser contaminantes.
- Pueden ser causa de riesgos para la salud del operario.
- Pueden ocasionar bajo ciertas condiciones efectos negativos sobre la secuencia de producción.
- Son el motivo de costos considerables gastos de adquisición, almacenamiento, mantenimiento y eliminación de residuos.

Hay cuatro componentes en los fluidos de corte que se consideran peligrosos para la salud humana y el medio ambiente. Estos componentes han sido considerados como peligrosos por entidades o programas como National Toxicology Program en USA, la Convención de Oslo y un proyecto de Directiva de la Unión Europea. (Jimenez, 2019)

8.4.1. Proceso de torneado

El torneado es una operación con arranque de viruta que permite la elaboración de piezas cilíndricas, cónicas y esféricas, mediante el movimiento uniforme de rotación alrededor del eje fijo de la pieza. El torno es la máquina-herramienta que permite la transformación de un sólido indefinido, haciéndolo girar alrededor de su eje y arrancándole material periféricamente a fin de obtener una geometría definida (sólido de revolución). Con el torneado se pueden obtener superficies: cilíndricas, planas, cónicas, esféricas, perfiladas, roscadas (Ortiz Garcés & Vanegas Robles, 2011).

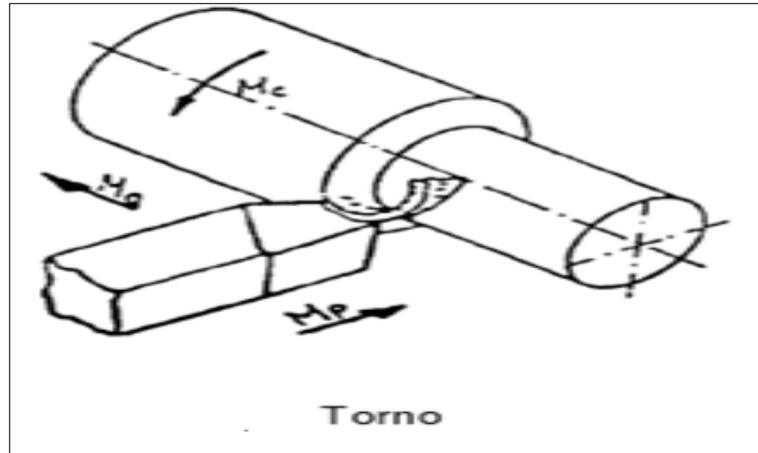
Los movimientos de trabajo necesarios para que se produzca el corte son:

- Movimiento de Corte (Mc): Movimiento relativo entre la pieza y la herramienta.
- Movimiento de Penetración (Mp): Es el movimiento que acerca la herramienta al material y regula su profundidad de penetración.

- Movimiento de avance (Ma): es el movimiento mediante el cual se pone bajo la acción de la herramienta nuevo material a separar. (Ortiz Garcés & Vanegas Robles, 2011)

En la figura 1 se representa los movimientos principales del proceso de torneado convencional

Figura 1: Movimiento de trabajo del torno.



Fuente: (pyrosis13, 2011)

8.4.2. Velocidad de corte (V_c)

El estudio (Ortiz Garcés & Vanegas Robles, 2011) enuncia que la velocidad de los puntos de la pieza que están en contacto con la herramienta, respecto los unos de la otra, o viceversa. Se mide en m/min. Y en las máquinas muy rápidas (rectificadoras) en m/s. La velocidad de corte depende, principalmente:

- Del material de la pieza a trabajar.
- Del material del filo de la herramienta.
- Del refrigerante.
- Del tipo de operación a realizar.
- De la profundidad de la pasada y del avance.

Ortiz Garcés & Vanegas Robles, (2011) Los valores de la velocidad de corte se encuentran en las dos tablas en las que se seleccionan los factores apuntados. Estas variables se obtienen mediante de ensayos experimentales. La velocidad de corte se calcula con una relación matemática (ecuación I) con la velocidad de giro y con el diámetro de la pieza:

$$V_c = \frac{\pi * d * N}{1000} \rightarrow N = \frac{1000 * V_c}{\pi * d}$$

Dónde: (I)

V_c = velocidad de corte (m/min)
 d = diámetro de la pieza (mm)
 N = velocidad de giro (rpm.)

La máxima velocidad de corte corresponderá al diámetro máximo de los puntos de la pieza o de la herramienta que estén en contacto con la herramienta o la pieza respectivamente.

8.4.2. Avance (a)

Según (Ortiz Garcés & Vanegas Robles, 2011) da a conocer que el avance tiene dos características las cuales son:

- Velocidad de avance (a_{min}): Longitud de desplazamiento de la herramienta respecto a la pieza o viceversa, en la unidad de tiempo (generalmente en un minuto).
- Avance (magnitud) (a_v): Es el camino recorrido por la herramienta respecto a la pieza o por la pieza respecto a la herramienta en una vuelta o en una pasada.

En ciertas máquinas-herramientas no es posible programar la magnitud del avance, por lo que se hace necesario programar la velocidad de dicho avance (ecuación II). La magnitud del avance se relaciona con la velocidad de avance a través de la velocidad de giro.

$$a_v = \frac{a_{min}}{N} \rightarrow a_{min} = a_v * N$$

(II)

Donde:

a_v = avance por vuelta o carrera.

a_{min} = avance por minuto

N = velocidad de giro en rpm.

El avance depende, principalmente

- Del estado superficial que se desee obtener
- De la potencia de la máquina
- De la sección del mango de la herramienta
- De la sujeción de la herramienta o plaquita
- De la rigidez de la máquina
- De su relación con la profundidad de pasada. (Ortiz Garcés & Vanegas Robles, 2011)

8.4.3. Profundidad de Pasada (p).

(Ortiz Garcés & Vanegas Robles, 2011) Se puede definir la profundidad de pasada diciendo que es la longitud que penetra la herramienta, en la pieza, en cada pasada. De este movimiento no se estudia su velocidad. La profundidad de pasada depende, principalmente:

- De la cantidad de material a quitar
- Del grado de precisión dimensional
- De la potencia de la máquina
- De su relación con el avance.

El concepto de profundidad de pasada adquiere algunas particularidades según sea la operación que se realice.

8.5. Teoría de formación de la viruta.

Según (Ortiz Garcés & Vanegas Robles, 2011) dice que el torneado es un proceso de arranque de viruta, en el cual un borde o filo, deforma cierta parte del material hasta separarlo de la pieza, a esto se lo llama viruta. La viruta se forma en un proceso de cizalladura localizado que se desarrolla en zonas muy pequeñas.

Ortiz Garcés & Vanegas Robles (2011) trata de una deformación plástica bajo de condiciones de gran tensión y alta velocidad de deformación que se genera a partir de una región de compresión radial que se mueve por delante de la herramienta cuando esta se desplaza por la pieza. La compresión genera dislocaciones y endurecimiento a tal punto en que el material se fractura, se forman grandes esfuerzos en la capa del material que se convertirá en viruta de manera que se acerca el material al esfuerzo de cadencia y luego el esfuerzo último del material para así desprender esta pequeña cantidad de material en el tiempo deseado.

2011, Ortiz Garcés & Vanegas Robles describen que la acción de corte se lleva a cabo en el plano de corte, que es la línea imaginaria que se genera entre la viruta deformada y no deformada este tiene un ángulo llamado “Ángulo del Plano de Corte”. A la derecha de este plano se encuentra la viruta deforma y a la izquierda se encuentra la viruta no deformada. Para formar la viruta se requiere vencer a la fuerza de corte y la fuerza de fricción, causante de la compresión.

Los autores hablan que los procesos de manufactura son la forma de transformar la materia prima que se haya, para darle un uso práctico en la sociedad y así disfrutar la vida con mayor comodidad.

El mecanizado de metales por arranque de viruta ampliamente practicado y difundido en las industrias como lo más importante entre las tecnologías de producción, es un procedimiento apto para modificar formas, dimensiones y grado superficial de las piezas arrancando a estas una capa que es transformada en viruta. Los estudios sobre el corte de viruta son complejos principalmente a las implicaciones mecánicas, termodinámicas y metalúrgicas que suponen (Ortiz Garcés & Vanegas Robles, 2011).

8.5.1. Tipos de viruta

A partir de la apariencia de la viruta se puede obtener mucha información valiosa acerca del proceso de corte, ya que algunos tipos de viruta indican un corte más eficiente que otros. El tipo de viruta está determinado primordialmente por:

1. Propiedades del material a trabajar.
2. Geometría de la herramienta de corte.
3. Condiciones del maquinado (profundidad de corte, velocidad de avance y velocidad de corte).

Al observar la formación real de virutas bajo distintas condiciones de corte de metales, se ven desviaciones apreciables del modelo ideal. Una viruta posee dos superficies: una en contacto con la cara de la herramienta (cara de ataque). La cara de la viruta hacia la herramienta es brillante o bruñida, y ello se debe al frotamiento de la viruta al subir por la cara de la herramienta. La otra base de la viruta no se pone en contacto con cuerpo alguno. Esta posee un aspecto rasgado y áspero, que se debe al propio proceso de corte. (Ortiz Garcés & Vanegas Robles, 2011)

8.5.2. Viruta continúa

Las virutas continuas se suelen formar con materiales dúctiles a grandes velocidades de corte y/o grandes ángulos de desprendimiento, debido a la fricción también pueden desarrollar zonas secundarias de corte.

Aunque en general producen buen acabado superficial las virutas continuas no siempre son deseables, en especial en las máquinas-herramientas controladas por control numérico (CNC) que son habituales hoy en día (García Balsa, 2010).

8.5.3. Viruta discontinua

Las virutas discontinuas consisten en segmentos que se desprenden totalmente del material de la pieza. Este fenómeno se suele dar bajo las siguientes condiciones:

- Materiales frágiles de la pieza, porque no tienen la capacidad para absorber las grandes deformaciones constantes que se presentan en el corte.
- Materiales de la pieza que contienen inclusiones e impurezas duras.
- Velocidades de corte muy bajas o muy altas con un avance grande.
- Grandes profundidades de corte.
- Angulo de desprendimiento (γ) bajo (García Balsa, 2010).

8.6. Características principales del acero AISI 1045

El material con el cual se va a trabajar es el acero 1045, este acero de bajo - medio carbono tiene buena soldabilidad y ligeramente mejor maquinabilidad que los aceros con grados menores de carbono. Se presenta en condición de calibrado (acabado en frío). Debido a su alta tenacidad y baja resistencia mecánica es adecuado para componentes de maquinaria (General de aceros S.A.).

8.6.1. Propiedades de diseño y característica del acero

(General de aceros S.A.) AISI SAE 1045 es un acero grado ingeniería de aplicación universal que proporciona un nivel medio de resistencia mecánica y tenacidad a bajo costo con respecto a los aceros de baja aleación, frecuentemente se utiliza para elementos endurecidos a la llama o por inducción, este acero puede ser usado en condiciones de suministro: laminado en caliente o con tratamiento térmico (templado en aceite y revenido).

AISI SAE 1045 es un acero de baja templabilidad que puede ser endurecido totalmente en espesores delgados por temple en agua, en secciones más gruesas se puede obtener un endurecimiento parcial de la sección de la pieza y el incremento de la resistencia será proporcional a la capa o espesor endurecimiento parcial de la sección de la pieza y el incremento

de la resistencia será a la capa o espesor endurecido. En las tablas 2 y 3 se representan la composición química y las principales propiedades mecánicas respectivamente.

Tabla 3. Composición química AISI 1045.

Composición química	C%	Mn%	P máx. %	S máx. %	Si máx. %
Análisis típico en %	0.43	0.6	0.04	0.05	0.2
	0.50	0.9			0.4

Fuente: ("SAE 1020 Y SAE 1045," 2019)

Tabla 4. Propiedades típicas a temperatura ambiente sin endurecimiento

Propiedad	Laminado en caliente	Normalizado	Recocido
Resistencia a la tracción MPa	655	655	620
Punto de fluencia MPa	413	413	379
% de elongación	23	23	26
% de reducción de área	44	45	53
Dureza brinell (3000 kg)	190	190	180

Fuente: ("SAE 1020 Y SAE 1045," 2018)

8.6.2. Maquinabilidad

(General de aceros S.A.) Puede ser mecanizado fácilmente en estado recocido, normalizado o templado, tomado como referencia al 12L14 (100% de maquinabilidad) el acero 1045 presenta la siguiente maquinabilidad:

- En estado calibrado = 55%
- En estado recocido = 68 – 70%

Este acero presenta un buen acabado superficial y su mecanizado se caracteriza por presentar una larga vida útil de la herramienta de corte.

Tabla 5. Maquinabilidad del acero para el torneado

PROFUNDIDA D DE CORTE Mm	ACERO RÁPIDO		HERRAMIENTA DE CARBURO		
	Velocidad m /min	Velocid ad mm/ rev	Soldado de velocidad m/ min	Insertado velocidad m/min	Avance mm/rev
Dureza. 125 a 175 HB					
1	43	0.18	140	180	0.18
4	35	0.40	110	140	0.50
8	27	0.50	85	110	0.75
16	11	0.75	67	85	1.00
Dureza. 175 a 225 HB					
1	40	0.18	130	160	0.18

4	30	0.40	100	125	0.50
8	26	0.50	78	100	0.75
16	20	0.75	60	78	1.00

Fuente: ("SAE 1020 Y SAE 1045," 2018)

8.6.3. Aplicaciones

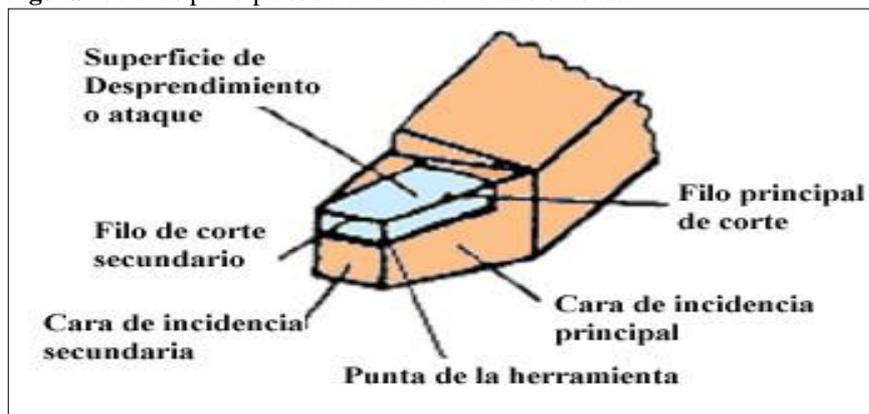
Este acero de medio carbono la resistencia y dureza obtenidas por el tratamiento térmico o por deformación en frío son suficientes para satisfacer las condiciones de servicio requeridas, es ampliamente utilizado en la industria automotriz (productos forjados y empastados). Se usa en partes de máquinas que requieran dureza y tenacidad como: manivelas, chavetas, pernos, bulones, engranajes, espárragos, etc. (General de aceros S.A.).

8.7. Materiales y geometría para herramienta de corte

8.7.1. Herramienta Elemental Mono corte: Geometría y Ángulos Característicos

La herramienta elemental está constituida por dos caras planas, que se cortan según una arista o filo de corte y está limitada por otras dos caras laterales oportunamente dispuestas, que no tienen una relación directa con el corte pero que sirve para definir la herramienta. La herramienta así dispuesta arranca en su movimiento, una capa de material (sobre-metal o creces de mecanizado), de un cierto espesor, transformando en viruta. La cara A es la cara de corte o anterior o de desprendimiento y sobre la misma desliza la viruta separada de la pieza. En la figura 2 se representa las partes principales de la herramienta de punta única (Ortiz Garcés & Vanegas Robles, 2011).

Figura 2: Partes principales de una herramienta elemental.



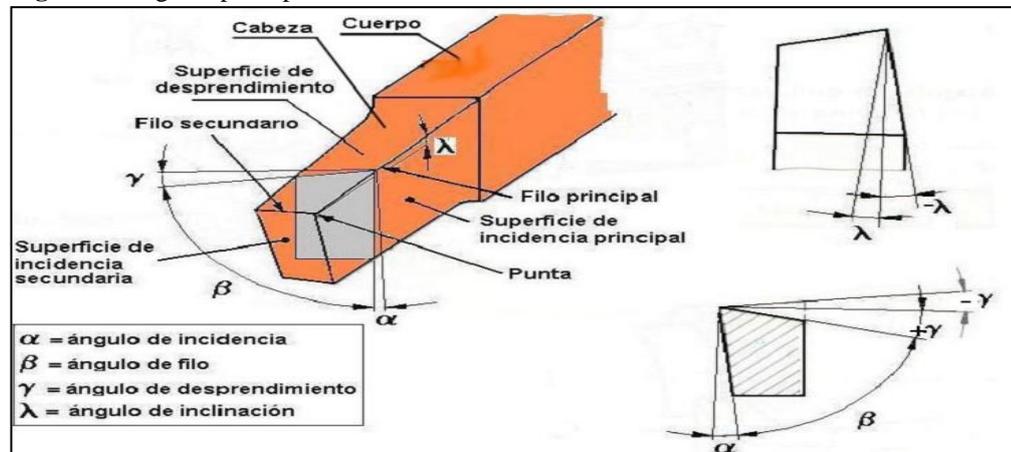
Fuente: (Alvarez Fernandez, 2013)

Según Ortiz Garcés & Vanegas Robles (2011), La herramienta elemental está constituida por dos caras planas, que se cortan según una arista o filo de corte y está limitada por otras dos

caras laterales oportunamente dispuestas, que no tienen una relación directa con el corte pero que sirve para definir la herramienta. La herramienta así dispuesta arranca en su movimiento, una capa de material (sobre metal o creces de mecanizado), de un cierto espesor, transformando en viruta. La cara A es la cara de corte o anterior o de desprendimiento y sobre la misma desliza la viruta separada de la pieza.

(2011), Ortiz Garcés & Vanegas Robles la cara B es la cara dorsal o de incidencia y queda siempre frente a la superficie mecanizada. Entre las dos caras queda delimitado el ángulo β de aguzado (ángulo sólido del útil en el sentido físico o ángulo de corte). Es muy importante considerar bien la geometría de la herramienta y fijar los valores adecuados de dichos ángulos (figura 3) en función de los materiales y mecanizados a realizar.

Figura 3: Ángulos principales de una herramienta de corte.



Fuente: (Tanya, 2018)

8.7.2. Ángulo de desprendimiento (γ).

(Serrano Lledo, 2019) Dicho ángulo, comprendido entre la cara de desprendimiento y la normal a la superficie de la pieza, influye notablemente en la formación de la viruta; en efecto, el arranque de viruta está provocado por la acción combinada de la arista o filo cortante y la cara de desprendimiento; principalmente es ésta la que determina la deformación plástica del material provocando la separación de la viruta en correspondencia con el filo de corte.

2019, Serrano Lledo describe que esta operación se realiza, mientras la viruta ya separada resbala sobre la cara de corte o desprendimiento, a consecuencia de un cizallamiento del material según un plano inclinado de ángulo N con respecto a la superficie mecanizada, que depende de las condiciones de corte, del material y del ángulo de desprendimiento.

8.7.3. Ángulo de incidencia (α)

Es el ángulo comprendido entre el dorso de la herramienta y la superficie trabajada de la pieza o su tangente, y tiene la misión de evitar el roce entre el talón de la herramienta y la parte de la pieza ya mecanizada. En efecto, mientras el filo arranca viruta, está comprimiendo la parte de la pieza situada bajo su influencia; apenas ha sobrepasado el filo, el material libre ya de la fuerza de compresión, tiende a dilatarse nuevamente por efecto de su propia elasticidad (recuperación elástica); si dicho ángulo fuese nulo, el dorso o talón de la herramienta rozaría con la superficie de la pieza incrementándose dicho roce con el desgaste y provocando un calentamiento progresivamente mayor (Serrano Lledo, 2019).

8.7.4. Valores de los ángulos en el arranque de la viruta

En el afilado de las herramientas de corte simple o monofilas de acero al carbono y de acero rápido, es necesario controlar los ángulos de incidencia y de salida de viruta (desprendimiento), de acuerdo con el material que se vaya a mecanizar. Estos valores son recomendaciones de las casas fabricantes y cumplen una función orientativa. En el cuadro siguiente se presentan algunos valores de herramientas de acero rápido y de metal duro, con el ánimo de diferenciar sus valores. En la tabla 5 se observan los principales valores de ángulos recomendados para algunos aceros (Ortiz Garcés & Vanegas, 2014).

Tabla 6. Valores de los ángulos en el arranque de viruta

Material a mecanizar	Materiales de la herramienta			
	Acero rápido		Metal duro	
	Incidencia	S de viruta	Incidencia	S de viruta
Acero al carbono R=50 kg/mm ²	6°	25°	+++	+++
Acero al carbono R=60 kg/mm ²	6°	20°	5°	12°
Acero al carbono R=70 kg/mm ²	6°	15°	5°	10°
Acero al carbono R=80 kg/mm ²	6°	10°	5°	10°
Fundición gris 140 HB	8°	15°	7°	10°
Fundición gris 180 HB	6°	10°	6°	8°
Bronce duro, Latón agrio	8°	5°	7°	10°
Aluminio, Cobre	10°	30°	8°	15°
Latón en Barra	8°	20°	7°	10°

Fuente: (Arellano, 2016)

8.8. Materiales para Herramienta

La elección del material para fabricar una herramienta constituye uno de los problemas más delicados en la determinación de un proceso de mecanizado. Existen, en efecto, muchísimas variedades de materiales para herramientas cuyas características no siempre resultan bien precisas y cuyos resultados pueden ser muy distintos, si las condiciones de trabajo o de empleo no son las apropiadas (Ortiz Garcés & Vanegas Robles, 2011).

8.8.1. Requisitos de los materiales para herramienta

Naturalmente, los factores que interviene en la elección del material a utilizar son de distinta índole, tanto técnica como económica. Como el tipo de material está estrechamente ligado a la velocidad de corte a adoptar, siendo esta a su vez determinante de la temperatura a que se someterá la herramienta, ello determina una correspondencia entre materiales y tiempos de mecanizado (Ortiz Garcés & Vanegas Robles, 2011).

Por otra parte, los materiales para herramientas que permitan velocidades mayores, y por tanto, tiempo menor, tienen un costo superior. Este parámetro debe entrar por lo tanto, en el cálculo de la conveniencia económica de utilización de uno u otro tipo de herramienta, como asimismo, deben considerarse las características de las máquinas utilizadas (Ortiz Garcés & Vanegas Robles, 2011).

8.8.2. Tipos de materiales para herramientas

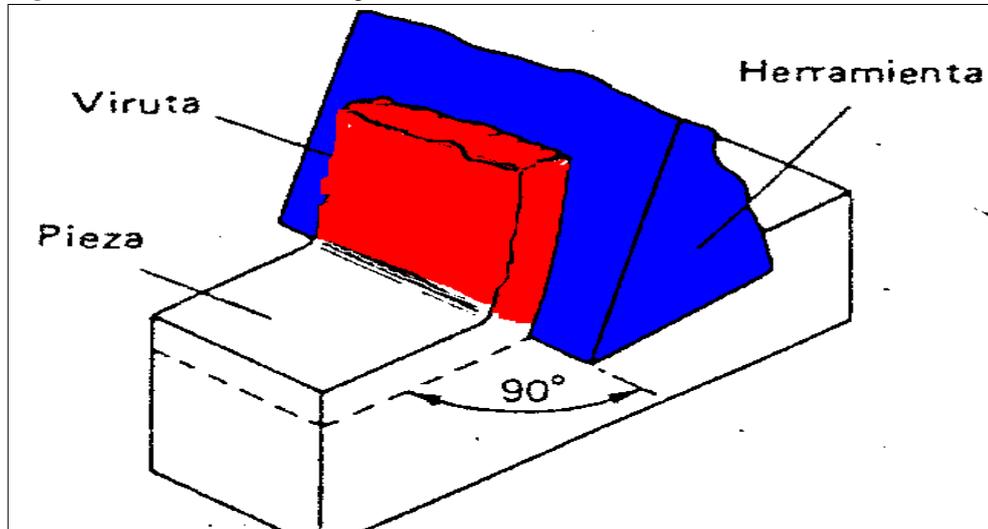
Los materiales actualmente utilizados para herramientas son los siguientes:

- Aceros al carbono y especiales
- Aceros rápidos
- Aleaciones duras no ferrosas (estelitas)
- Carburo metálicos (metal duro)
- Carburo metálicos especiales (grano micrométrico y “fundidos”)
- Carburos metálicos recubiertos
- Materiales cerámicos
- Nitruro de boro cúbico
- Diamantes naturales
- Diamantes sinterizado poli cristalinos (Ortiz Garcés & Vanegas Robles, 2011).

8.8.3. Mecánica del Corte Ortogonal

En la vida real el proceso de corte es tridimensional (oblicuo) pero para entender el concepto se propone un modelo bidimensional llamado de corte ortogonal (figura 4).

Figura 4: .Modelo de corte ortogonal.



Fuente: (Tanya, 2018)

Ortiz Garcés & Vanegas Robles (2011) describe que en este modelo las fuerzas que actúan en la viruta son:

F_s = resistencia al corte y actúa sobre la línea del plano de corte.

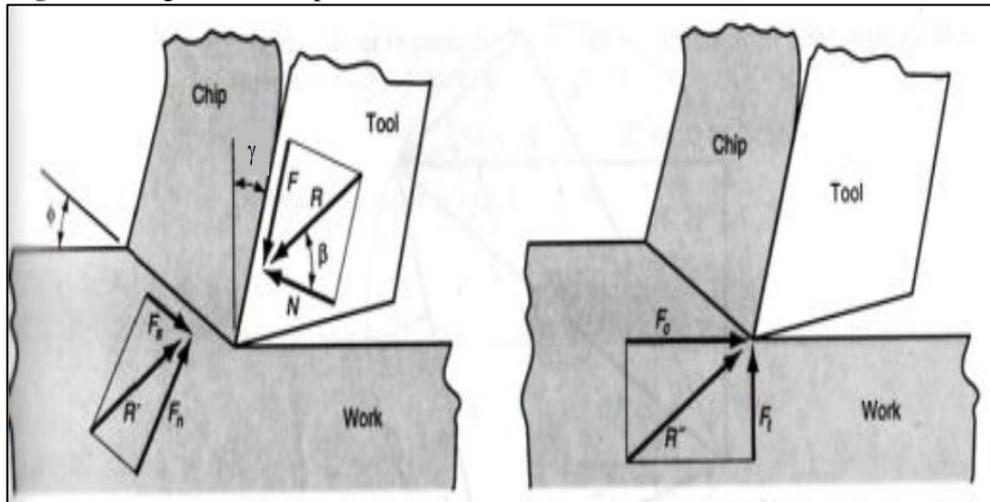
F_n = Fuerza normal al plano de corte; es la resistencia la pieza o el material.

N = fuerza que ofrece la herramienta de corte y actúa sobre la viruta, normal a la cara de corte.

F = fuerza de fricción de la herramienta actuando sobre el metal actúa en contra del movimiento de la viruta sobre la cara de la herramienta.

A continuación, se muestra un diagrama de cuerpo libre con las fuerza actuantes.

Figura 5: Diagrama de cuerpo libre en la viruta.

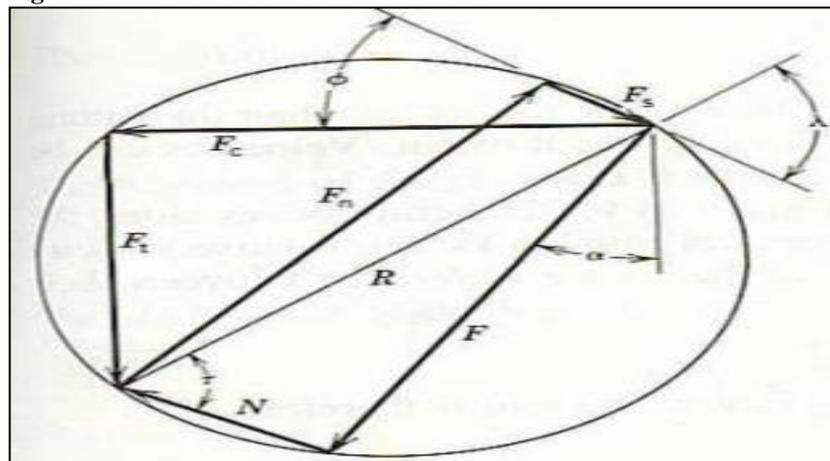


Fuente: (Flores Galvan, 2015)

Como se puede ver en la siguiente cita (Ortiz Garcés & Vanegas Robles, 2011), existe un equilibrio entre las dos fuerzas resultantes ($R=R'$) así que las componentes de la fuerza de la pieza sobre la viruta son la fuerza de corte F_s y la fuerza normal compresora F_n . La fuerza de la herramienta sobre la viruta son F y N . Estas fuerzas se pueden relacionar con las fuerzas necesarias en la herramienta F_t y F_c , siendo la primera, la fuerza de empuje en dirección de la velocidad de corte y a la superficie de trabajo, y la segunda la fuerza de corte en dirección de la velocidad de corte.

Por medio del método de superposición, aplicado a los triángulos de fuerzas vistos en la figura anterior. F_c es la fuerza horizontal de corte en la herramienta y F_t la fuerza en dirección vertical, necesaria para soportar la fuerza vertical ejercida en la herramienta (Ortiz Garcés & Vanegas Robles, 2011).

Figura 6: Relación entre las fuerzas de corte.



Fuente: (Flores Galvan, 2015)

Obteniendo así que:

$$F_t = F \cos (\tau - \gamma)$$

$$F_n = F \sin (\tau - \gamma)$$

$$F_s = F \cos (\phi + \tau - \gamma) = F_t \sec (\tau - \gamma) \cos (\phi + \tau - \gamma)$$

$$F_{sn} = F \sin (\phi + \tau - \gamma) = F_t \sec (\tau - \gamma) \sin (\phi + \tau - \gamma)$$

$$F_v = F \sin \tau = F_t \sec (\tau - \gamma) \sin \tau$$

$$F_{vn} = F \cos \tau = F_t \sec (\tau - \gamma) \cos \tau$$

8.9. Desgaste de la herramienta.

La duración o vida de las herramientas de corte es un factor económico muy importante en el corte de metales. En operaciones de desbaste, los ángulos de la herramienta, las velocidades de corte y los avances se escogen de tal forma que se obtenga una duración económica de la herramienta (Ortiz Garcés & Vanegas Robles, 2011).

Las condiciones para las cuales se obtienen una vida relativamente corta de la herramienta son antieconómicas porque los costos de refilado o de reemplazo de la herramienta son comparativamente altos. Por otra parte usar velocidades y avances muy pequeños con los que se obtendría una gran duración de la herramienta es igualmente antieconómico en razón de la baja productividad (Ortiz Garcés & Vanegas Robles, 2011).

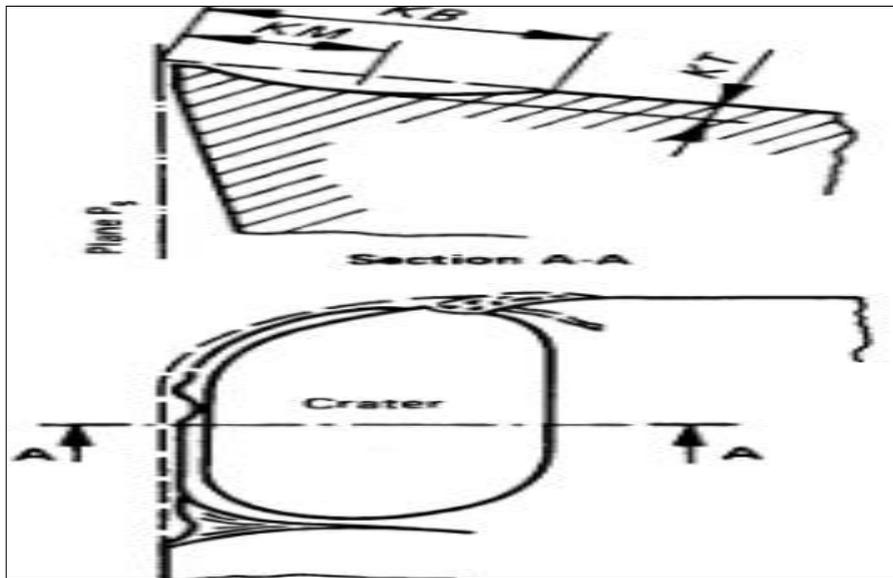
- La vida de una herramienta de corte puede llegar a su fin por varias causas, pero éstas pueden ser separadas por dos grandes grupos:
- El desgaste gradual o progresivo de ciertas regiones en la cara y en el flanco de la herramienta.
- Fallas mecánicas que lleven la vida de la herramienta a un final prematuro.

8.9.1. Formas de desgaste en el corte de metales.

(Ortiz Garcés & Vanegas Robles, 2011) Habla del desgaste en la cara, caracterizado por la formación de un cráter, el cual es el resultado de la acción de la viruta al fluir o deslizarse a lo

largo de la cara (figura 8). El cráter formado en la cara de la herramienta se ajusta a la forma de la viruta y está limitado al área de contacto entre la viruta y superficie de ataque de la herramienta, además la zona adyacente al filo, en donde se presentan la fricción adhesiva o de recrecimiento del filo, se desgasta poco. El cráter se forma especialmente en los mecanizados a alta velocidad sobre los carburos o metales duros por efectos de adhesión y difusión.

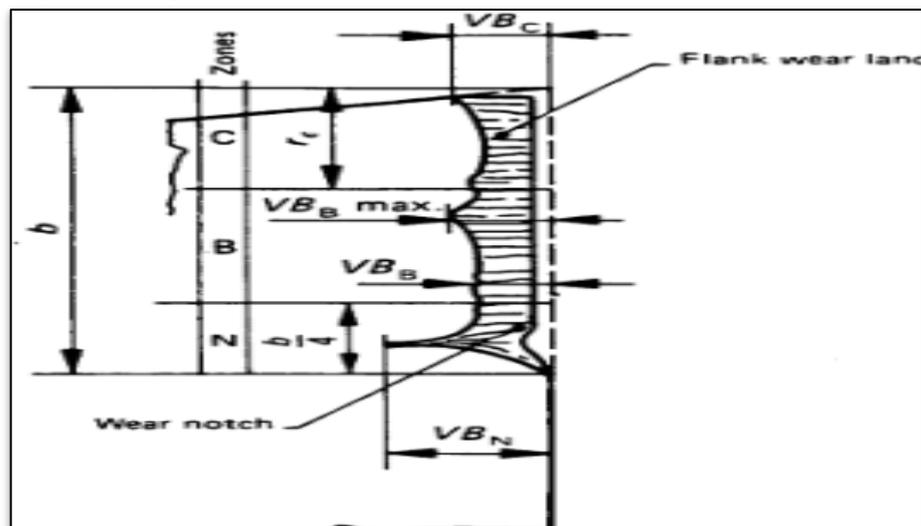
Figura 7: Desgaste de cráter.



Fuente: (Alvarez Fernandez, 2013)

El desgaste gradual ocurre en dos lugares principales de la herramienta de corte: en la parte superior de la superficie de inclinación, al cual se lo denomina desgaste en cráter y en el flanco o superficie de incidencia, llamado desgaste del flanco.

Figura 8: Desgaste de flanco



Fuente: (Álvarez Fernandez, 2013)

8.9.2. Causas del desgaste

(Ortiz Garcés & Vanegas Robles, 2011) Habla de varias son las causas del desgaste de la herramienta, por efecto combinado de la velocidad de corte y de la temperatura.

Se enumeran a continuación las varias causas de desgaste, con la advertencia de que en función de las diversas condiciones de corte y operación, pueden prevalecer unas u otras.

- A. Abrasión mecánica
- B. Adhesión
- C. Difusión
- D. Acción química y electrolítica
- E. Criterios para Determinar la Vida de la Herramienta.

Los valores de la velocidad de corte se eligen en función de la duración de la herramienta. Para ello hay que establecer los criterios para la determinación de la duración o vida, que sirvan de guía en la utilización de las herramientas en función de su desgaste. La duración de la herramienta puede ser definida con la ayuda de estos criterios (Ortiz Garcés & Vanegas Robles, 2011).

8.9.3. Destrucción total del filo

Cuando se destruye el filo de la herramienta de corte no puede trabajar más, generaría inconsistencia en el maquinado del acero, si antes no se afila de nuevo; este criterio es aplicable a herramientas de acero rápido y a máquinas no automáticas.

8.9.4. Dimensiones preestablecidas de la franja de desgaste y del cráter

Con el aumento de la anchura de la franja de desgaste VB, aparecen modificaciones en las dimensiones de la pieza mecanizada; por ello en las máquinas automáticas, especialmente- las utilizadas para acabados, el valor de esta franja de desgaste asume una importancia notable: un aumento sensible de su valor determina alteraciones en las dimensiones de las piezas y la pérdida de la tolerancia. También la profundidad del cráter KT no debe superar un cierto valor máximo admisible (Ortiz Garcés & Vanegas Robles, 2011).

8.9.5. Acabado superficial de la pieza mecanizada

Las variaciones de calidad superficial del acero indican un proceso de deterioro de la herramienta, que se va presentando mediante su utilización ya que no varía uniformemente con el desgaste de la herramienta de corte en el proceso de torneado.

8.9.6. Velocidad de corte y su relación con diversos parámetros de mecanizado

(Ortiz Garcés & Vanegas Robles, 2011) Dice que la velocidad de corte es un parámetro muy importante en el arranque de viruta, porque con ella se relacionan tanto la duración de la herramienta como el tiempo de mecanizado y también el grado de acabado superficial de la pieza. Los factores que inciden sobre la elección de la velocidad de corte son numerosos y se relacionan con las propias características de maquinabilidad de los materiales.

Entre estos factores figuran:

- Características del material a mecanizar.
- Material de la herramienta.
- Forma, geometría y perfección del afilado de la herramienta.
- Condiciones de lubricación y refrigeración.
- Tipo de mecanizado y grado de acabado superficial requerido por la pieza (Ortiz Garcés & Vanegas Robles, 2011)

8.10. Ecuaciones de Taylor

(Ortiz Garcés & Vanegas Robles, 2011) Esta teoría se basa en el cálculo de la velocidad de corte para una duración establecida de la herramienta entre dos afilados consecutivos, Taylor para ello realiza una serie sistemática de ensayos, haciendo intervenir en los mismos, doce parámetros de corte, entre los que se encuentran: las condiciones de corte (velocidad de corte, avance, profundidad de pasada, etc.); la geometría de la herramienta (ángulo de situación principal, ángulo de desprendimiento normal, ángulo de caída de filo, radio de redondeamiento, etc.); la calidad del material de la herramienta y pieza; el criterio de duración o vida de la herramienta (desgaste frontal de la cara de incidencia, profundidad de cráter de la cara de desprendimiento, tolerancias de la pieza, etc.); y condiciones de trabajo, como el refrigerante utilizado, medios de fijación de la pieza, potencia y estado de la máquina, tipo de máquina, tipo de operación, etc.

La ecuación que determinó fue:

$$V = C_v P^{-p} A^{-a} T^{-n}$$

p: profundidad de pasada

a: avance

En el proyecto se utilizará la ecuación simplificada porque se acerca más a la realidad de trabajo, ya que los únicos parámetros que se consideran variables son: profundidad, avance, calidad de herramienta, etc. como se puede observar en la explicación de cada parámetro de la fórmula (ecuación III).

$$VT^n = C \tag{III}$$

N: depende del material de la herramienta y pieza.

C: es una constante que engloba todos los factores que han permanecido fijos durante el ensayo, por tanto, dependerá del avance, penetración, geometría y calidad de la herramienta, calidad del material a trabajar, condiciones de trabajo, criterio de desgaste, etc.

8.11. Selección del criterio de desgaste

Según (Ortiz Garcés & Vanegas Robles, 2011) El desgaste progresivo de una herramienta tiene lugar en dos formas distintas:

Desgaste de cráter, caracterizado por la formación de un cráter, el cual es el resultado de la acción de la viruta al fluir o deslizarse a lo largo de la cara.

Desgaste en el flanco, en donde se forma una zona de desgaste a causa del rozamiento entre la herramienta y la superficie generada en la pieza.

(ANSI/ASME, 1985) “El criterio seleccionado a trabajar en el proyecto es el desgaste de flanco. Según la norma ANSI/ASME B94.55M 1985 para ensayos de vida de herramienta de una sola punta de torneado, en el inciso 7.1.2 establece que una herramienta de corte para considerarla inservible, el desgaste de flanco debe tener un valor de 0,3 mm bajo condiciones de desgaste uniforme”.

9. VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS

La utilización de un fluido de corte biodegradable afecta a la maquinabilidad del acero al carbono AISI 1045.

10. METODOLOGÍAS Y DISEÑO EXPERIMENTAL

La evaluación del acero AISI 1045 se realiza mediante un estudio multifactorial completo. El análisis consiste en un estudio de maquinabilidad donde se evalúan dos variables dependientes de mecanizado, el desgaste de la herramienta de corte y la rugosidad de superficie de la pieza. Las variables independientes que conforman el diseño son: la velocidad de corte, la profundidad y el avance de corte. Dentro de la obtención del aceite para el fluido de corte se generan residuos o subproductos que están caracterizados para poder sugerir sus posibles usos. La obtención del aceite se realiza mediante centrifugado ya que permite la menor cantidad de residuos sólidos.

10.1 Tipos de investigación

Investigación Formativa

La presente investigación tiene carácter formativo en vista que a través de la ejecución del mismo se fomenta el espíritu investigador en el ámbito del sector educativo de la Universidad Técnica de Cotopaxi y fortalece el proceso de aprendizaje a través de una propuesta que permite la construcción y diseño de prototipos experimentales.

Investigación Bibliográfica

Además, se emplea la investigación bibliográfica para recopilar información teórica de la investigación para esto se recurre a diversas fuentes como libros, revistas y páginas webs que provean información suficiente sobre la caracterización que permita brindar al investigador una visión más clara sobre el tema.

Investigación Experimental

Por lo último, se utiliza el tipo de investigación experimental para descubrir los resultados obtenido en las distintas etapas que componen el presente proyecto, su uso se evidencia durante el diseño del prototipo de una maquina separador de viruta magnética.

Justificación del criterio seleccionado

Se selecciona los insertos por cada pasada en base a los equipos con los cuales se cuenta en la carrera en Ingeniería Electromecánica, utilizando el microscopio metalográfico electrónico (Figura 9) existente en el laboratorio, en el cual se puede medir el desgaste de flanco para su posterior análisis estadístico.

Figura 9: Microscopio metalográfico electrónico.



Fuente: Freire (2020).

Selección del Tipo de Inserto a Utilizar

La selección del tipo de inserto se la hizo en base al portaherramientas es PTGNR 2020K, el catálogo de ISCAR y el material a mecanizar fue el acero AISI 1045.

Debido a que el material a mecanizar se trata de un acero con contenido de carbono de % 0,45, se selecciona el inserto de clasificación P, que se puede aplicar para el maquinado de materiales de viruta larga, y dentro de esta clasificación se elige la que es para acero no aleado con

porcentaje de carbono entre 0.10% - 0.35%, y dureza Brinell 110 HB según el catálogo de ISCAR.

El inserto seleccionado en base a los diferentes parámetros dichos anteriormente es:

CNMG 120408-TF-IC907

C: rómbico de 80°

N: ángulo de incidencia 0°

M: tolerancia ± 0.13

G: filos ambos lados

4,76 espesor de la plaquita (mm)

0.8 mm radio de punta

Justificación de los insertos seleccionados.

CNMG 120408-TF-IC907

IC907-P15: Calidad tenaz sustrato submicron con recubrimiento PVD TiAlN, la cual se usa para diferentes operaciones que se establecen en la descripción tanto como el material y la herramienta de corte, lo cual representa un sustrato de dureza y tenacidad optimizadas para el torneado de acero o el tratamiento que se la valla a dar al mismo, en combinación con un grueso recubrimiento resistente al desgaste (ISCAR, 2020).

Parámetros de Corte para los Insertos Seleccionados.

Según el catálogo ISCAR proveedor de los insertos, los valores establecidos como mínimos y máximos, de los diferentes parámetros de corte bajo los cuales se puede trabajar son los siguientes.

Tabla 7. Parámetros de corte para inserto

Parámetros inserto CNMG 120408-TF-IC907 P15			
	Velocidad de corte(m/min)	Avance (mm/rev)	Profundidad(mm)
Mínima	220	0,12	0,25
Máxima	300	0,3	1,5
Recomendada	250	0,15	0,4

Fuente: Freire (2020).

Procedimiento experimental

El torneado experimental se ejecuta en condiciones húmedas utilizando un fluido de corte elaborado a base de aceite de piñón, la máquina herramienta utilizada es un torno paralelo Marca JET 1660-3PGH con una potencia del motor de 10 kW.

Figura 10: Torno paralelo JET 1660-3PGH

Fuente: Freire (2020)

La probeta seleccionada fue de acero al carbono AISI 1045 con 100 mm de diámetro y 200 mm de longitud, las cuales fueron torneadas con un inserto recubierto con (TiCN–TiN), marcación ISCAR IC907. La geometría de los insertos fue CNMG 120408-TF, el ángulo de incidencia principal fue de 7° , el ángulo de ataque fue de 0° y el radio de la punta fue de 0,8 mm.

El análisis factorial completo fue el procedimiento utilizado para determinar la relación entre las variables independientes (parámetros de corte) y la variable dependiente (desgaste del flanco). Un total de 14 ensayos sin replicas fueron desarrollados con dos niveles de velocidades de corte (v), siete niveles de tiempo (T), en la tabla 8 aparecen las variables estudiadas.

En esta investigación se asume el criterio de desgaste del flanco $VBB=0,3$ mm teniendo en cuenta criterios de las investigaciones revisadas y que se trata de una elaboración de acabado (Cordes, 2012).

Tabla 8. Variables consideradas en el estudio (Aceite de piñón)

v(m/min)	T(min)	Condiciones constantes
250	0.17, 0.44 0.64, 0.83 1, 1.2, 1.8	Fluido de corte (Piñón), Profundidad de corte 0,4 mm
300		

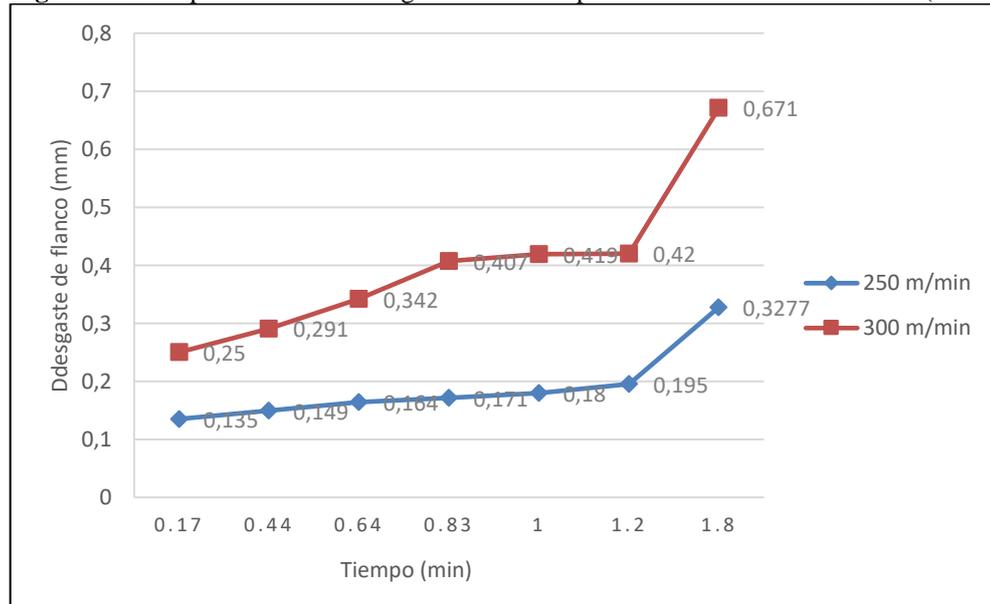
Fuente: Freire (2020).

Después de cada pasada se retiraba el inserto del porta herramientas se realizan las respectivas mediciones del desgaste producido en el proceso de mecanización. El proceso de medición se realiza usando el microscopio metalográfico electrónico.

11. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Los resultados que se detallan a continuación corresponden a la evaluación del desgaste del flanco respecto al tiempo de maquinado y a las velocidades de corte. En la figura 11 se muestra la evolución del desgaste del flanco para el estudio realizado. Se observan valores mínimos del desgaste del flanco cuando se utiliza la velocidad de 250 m/min, esta tendencia de mejor resultado para la menor velocidad se corresponde con lo expresado (Abdul Sani, Rahim, Sharif, & Sasahara, 2019).

Los valores alcanzados de desgaste de flanco con la velocidad de 250 m/min se mantuvieron por debajo del criterio de fin de vida adoptado en este investigación (0,3 mm), solo el desgaste a los 1,8 min no cumplió, no siendo así para los valores de la velocidad de 300 m/min, hasta 0,44 min estuvieron inferiores a 0,3 mm como medida de fin de vida. Con los valores obtenidos podemos recomendar el uso del fluido de corte elaborado con base de aceite de piñón, puesto que los valores obtenidos experimentalmente son similares a los obtenidos por (Sahu & Choudhury, 2015) en su investigación.

Figura 11: Comportamiento del desgaste del flanco para las velocidades analizadas. (Aceite de piñón)

Fuente: Freire (2020).

Análisis de Varianza

El análisis de varianza del estudio experimental realizado se presenta en la tabla 9. Se midió la contribución de cada factor determinando la significación de las variables para un 95% de confianza, esto se comprueba determinando los p-valores inferiores a 0,05. Resultaron significativas ambas variables, tanto la velocidad como el tiempo, conclusión similar obtenida por (Hasan & Thamizhmanii, 2010) en su investigación.

Tabla 9. Análisis de varianza factorial del desgaste del flanco. (Aceite de piñón)

Fuente	Suma de cuadrados	Grado de libertad	Cuadrado medio	Cociente-F	p-valor
Tiempo de maquinado	0,119728	6	0,0199547	7,01	0,0160
Velocidad de corte	0,156098	1	0,156098	54,81	0,0003
Residuo	0,017087	6	0,00284784		
Total (corregido)	0,292913	13			

Fuente: Freire (2020)

Análisis de Regresión Múltiple

Se realizó un análisis de regresión múltiple para describir la relación entre el desgaste del flanco, el tiempo de maquinado y la velocidad. La finalidad fue obtener la ecuación del modelo ajustado para el inserto de corte empleado. Además, se determinó el coeficiente de determinación (R^2)

que representa la bondad del ajuste. A continuación, se muestra el modelo empírico de la ecuación aplicando el ajuste por mínimos cuadrados (Ecuación), coeficiente de determinación alcanzo un valor de 89,49.

$$D = -1,02297 + 0,00422371 * V + 0,179438 * T$$

Donde:

D: es el desgaste del flanco.

V: es la velocidad de corte en m/min

T: tiempo de mecanizado en min

La comprobación del correcto resultado del modelo empírico obtenido se realiza mediante del análisis del error absoluto. Seguidamente se observa en la tabla 10 dichos valores. Se puede observar que la mayoría de los valores son inferiores a 15 %, valor que recomiendan para este tipo de estudios (Venkata Rao, Murthy, & Mohan Rao, 2014) .

Tabla 10. Error absoluto basado en el modelo empírico obtenido. (Aceite de piñon)

Velocidad	Tiempo	Desgaste Experimental	Desgaste Modelo	Error (%)
250	0.17	0,135	0,06346196	52,9911407
250	0.44	0,149	0,11191022	24,8924698
250	0.64	0,164	0,14779782	9,87937805
250	0.83	0,171	0,18189104	-6,36902924
250	1	0,18	0,2123955	-17,9975
250	1.2	0,195	0,2482831	-27,3246667
250	1.8	0,327	0,3559459	-8,61943851
300	0.17	0,25	0,27464746	-9,858984
300	0.44	0,291	0,32309572	-11,029457
300	0.64	0,342	0,35898332	-4,96588304
300	0.83	0,407	0,39307654	3,42099754
300	1	0,419	0,423581	-1,09331742
300	1.2	0,42	0,4594686	-9,39728571
300	1.8	0,671	0,5671314	15,4796721

Fuente: Freire (2020)

Procedimiento experimental con la Taladrina

La probeta seleccionada fue de acero al carbono AISI 1045 con 100 mm de diámetro y 200 mm de longitud, las cuales fueron torneadas con un inserto recubierto con (TiCN–TiN), marcación

ISCAR IC907. Y todos los demás parámetros de corte, para los parámetros del torno son escogidas iguales que el otro estudio con la taladrina.

El análisis factorial completo fue el procedimiento utilizado para determinar la relación entre las variables independientes (parámetros de corte) y la variable dependiente (desgaste del flanco). Un total de 14 ensayos sin replicas fueron desarrollados con dos niveles de velocidades de corte (v), siete niveles de tiempo (T).

Tabla 11. Variables consideradas en el estudio (Taladrina)

v(m/min)	T(min)	Condiciones constantes
250	0.17, 0.44	Fluido de corte (Taladrina), Profundidad de corte 0,4 mm
	0.64, 0.83	
	1, 1.2, 1.8	
300		

Fuente: Freire (2020).

Después de cada pasada se retiraba el inserto del porta herramientas se realizan las respectivas mediciones del desgaste producido en el proceso de mecanización. El proceso de medición se realiza usando el microscopio metalográfico electrónico.

Tabla 12. Error absoluto basado en el modelo empírico obtenido (Taladrina)

Velocidad	Tiempo	Desgaste Experimental	Desgaste Modelo	Error (%)
250	0.17	0,139	0,81764706	35,56764706
250	0.44	0,152	0,34545455	38,34545455
250	0.64	0,165	0,2578125	41,5078125
250	0.83	0,174	0,20963855	43,70963855
250	1	0,185	0,185	46,435
250	1.2	0,235	0,19583333	58,94583333
250	1.8	0,456	0,25333333	114,25333333
300	0.17	0,34	2	104
300	0.44	0,471	1,07045455	142,3704545
300	0.64	0,511	0,7984375	154,0984375
300	0.83	0,679	0,81807229	204,5180723
300	1	0,7	0,71281281	210,7128128
300	1.2	0,848	0,70666667	255,1066667
300	1.8	0,935	0,51944444	281,0194444

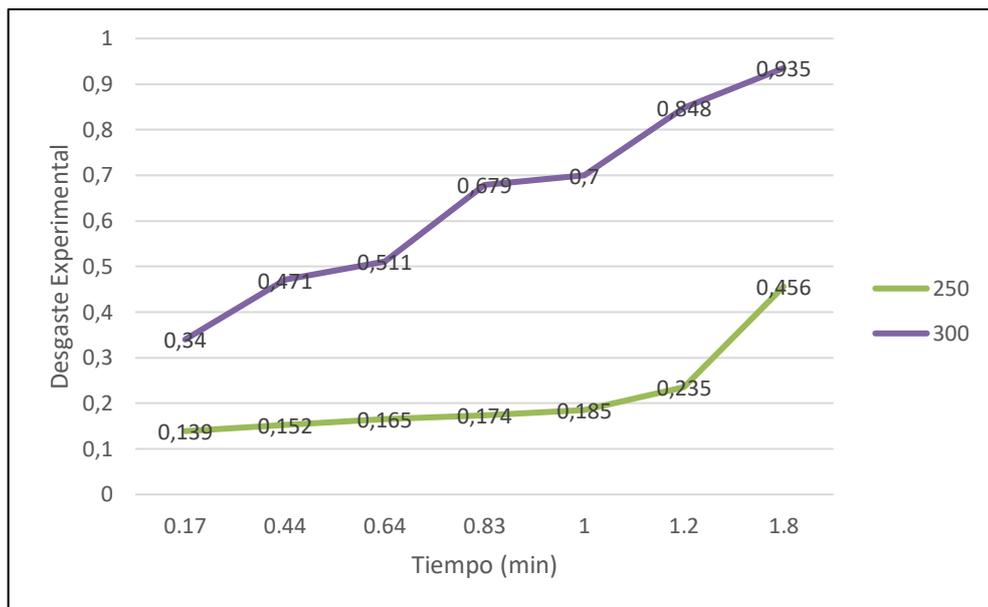
Fuente: Freire (2020)

En la siguiente figura, Se muestra el desgaste del acero a las mismas velocidades para con la taladrina mostrando que con 250 rpm casi los datos son muy similares que con el aceite de

piñón teniendo en el menor tiempo 0,17 min, un desgaste de 0,139 mm y en el tiempo más alto 1,8 min, con desgaste de 0,456 mm, siendo este el desgaste más profundo en el metal y en la herramienta de corte con un error total de 114,25333%.

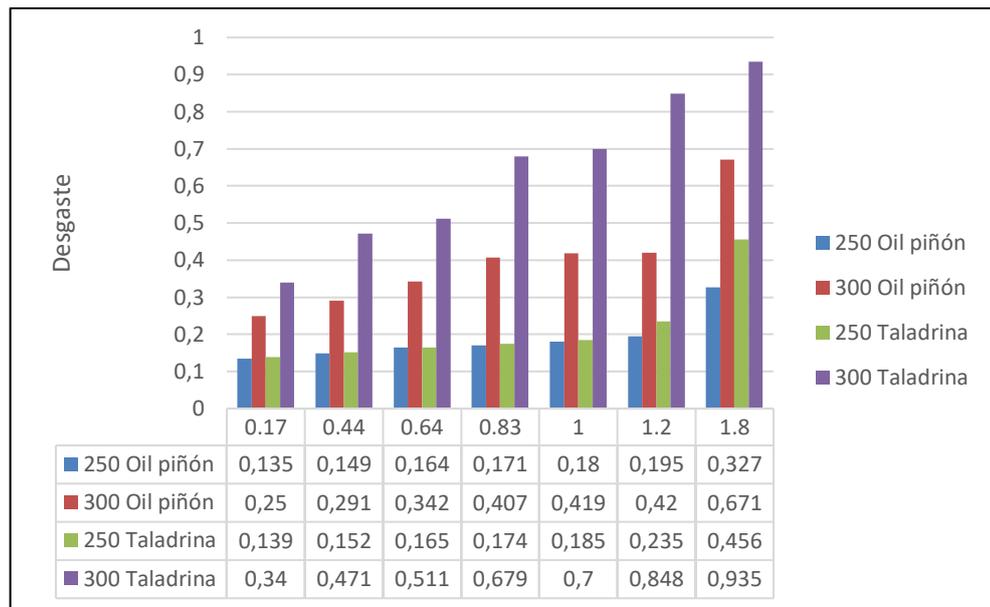
En las 300 rpm los datos varían más teniendo un mayor desgaste en todas los diferentes tiempos teniendo así en el primer tiempo de 0,17 min, un desgaste de 0,34 mm y en el último tiempo de 1,8 min su desgaste de 0,935 mm, y en la herramienta de corte un error absoluto de 281,019444%.

Figura 12: Comportamiento del desgaste del flanco para las velocidades analizadas (Taladrina)



Fuente: Freire (2020)

Con estos datos ya establecidos tanto como la taladrina y el aceite de piñón se procede a hacer una comparación del desgaste experimental, en las dos rpm escogidas y con el mismo tiempo de recorrido se muestra en la siguiente figura se muestra que el aceite de piñón es mucho más factible que la taladrina, teniendo menos desgaste en la herramienta de corte, en las 250 rpm los resultados casi se asemejan no habiendo mucha diferencia entre los dos tipos de fluidos, en cambio sí hay mucha diferencia entre las 300 rpm, demostrando que a más revoluciones el desgaste es más notable entre ambos fluidos.

Figura 13: Comparación del desgaste del flanco entre el aceite de piñón y la taladrina

Fuente: Freire (2020)

Como se puede apreciar es más rentable utilizar el aceite de piñón porque hay menos desgaste en las dos diferentes revoluciones (250-300), para la comparación se utilizaron la misma cantidad de fluido que fueron tres litros de cada uno para poder apreciar mejor los resultados obtenidos. Ya establecido la comparación entre el desgaste se debe considerar también algunos puntos importantes tales como:

- El precio de cada uno se muestra en la tabla 13, dando a conocer que el aceite de piñón costo 18\$ y la taladrina 12\$, teniendo una pequeña diferencia ente el precio.
- La disponibilidad de conseguir en cualquier parte el fluido de aceite de piñón es un punto muy importante, ya que este no se vende en cualquier parte y el que se usó para el estudio lo promovió la universidad.
- El conocimiento entre los talleres de torno de la región y demás lugares para dar a conocer el aceite de piñón y este estudio para que observen el mejor rendimiento en el desgaste que tiene el mismo.

Tomando esto en cuenta se puede decir que el aceite de piñón a futuro es muy rentable, para que haya cambio de fluido de cote, en los talleres de torno y fresa se debe dar a conocer para su uso diario contando con la disponibilidad de el en cualquier lado.

12. IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES, O ECONÓMICOS).

12.1. Impacto técnico

El presente es un proyecto con fines ingenieriles ya que su desarrollo y producción están ligados con la fundamentación teórica donde se integran los procesos de mecanizado, métodos para determinar la vida útil del de la herramienta de corte y cómo afecta con diferentes tipos de líquidos refrigerantes tales como la taladrina y del aceite de piñón (*Jatropha Curcas*), utilizando la ecuación modelos empíricos se determinarán las condiciones de corte correcta para el torneado del acero AISI 316L

12.2. Impacto social

El proyecto ayudara a conocer el proceso, tratamiento, maquinabilidad del acero que beneficia a los talleres de torno y fresa a nivel del cantón La Maná y de toda la provincia de Cotopaxi, mejorando la calidad de los trabajos realizados en dichos lugares.

12.3. Impacto ambiental

Los impactos ambientales de la producción de biocombustibles a partir de aceites usados y aceites naturales, son fuentes potenciales como fuente alternativa de energía, los biocombustibles aparentan ser una gran oportunidad para reducir con ventaja, el uso de los combustibles fósiles porque reducen la emisión del dióxido de carbono (CO₂) entre otros elementos, mejoran las condiciones ambientales, son renovables, favorecen el desarrollo agrícola, generan empleo con niveles justos de remuneración, son biodegradables y además, son un recurso energético en zonas no interconectadas. Los biolubricantes (biofluidos) son un biocombustible a partir de aceites vegetales o grasas animales, por lo tanto, son amigos del medio ambiente ya que en su composición química no hay partículas de azufre como en el caso de los combustibles de origen fósil, han sido visto como una estrategia de mitigación del cambio climático y de independencia energética en muchos países.

12.4. Impacto económico

El proyecto es realizado mediante equipos y herramientas que la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Mana obtiene en el laboratorio de Electromecánica tales como el

Rugosímetro y un microscopio metalúrgico, los cuales sirven para determinar el desgaste de la herramienta de corte, acortando un poco los gastos de laboratorio que se deben realizar

13. PRESUPUESTO PARA LA PROPUESTA DEL PROYECTO

A continuación se muestra el presupuesto con la descripción de cada uno de los gastos.

Tabla 13. Materiales utilizados.

MATERIALES UTILIZADOS		
	MATERIAL	VALOR
	Acero AISI 1045 (3m.)	345,00\$
16	Cuchilla de corte PTGNR 2020K (16)	22,30\$
1	Husillo	30,00\$
31	Taladrina	12,00\$
3L	Aceite piñón (3L)	18,00\$
	TOTAL	442,30\$

Fuente: Freire (2020).

Tabla 14. Análisis realizados en cada uno de los laboratorios.

ANÁLISIS DE LABORATORIO	
TIPO DE ANÁLISIS	VALOR
Análisis de maquinabilidad	115\$
Análisis de desgaste	115\$
TOTAL	130\$

Fuente: Freire (2020).

Tabla 15. Manufactura y gastos inesperados.

MANUFACTURA Y GASTOS INESPERADOS	
DETALLE	VALOR
Mano de obra (extracción, emulsión)	122,00\$
Transporte	25,00 \$
Costos de envío	15,00 \$
Impresión de documentos	34,00 \$
Otros	84,00 \$
TOTAL	\$ 280

Fuente: Freire (2020)

*Para la mano de obra se consideró el sueldo básico para un ingeniero recién graduado que se aproxima a los 400 \$ donde se dividió para el mes y por el número de días laborables.

Tabla 16. Sumatoria del total de cada gasto realizado.

SUMA DE TODOS LOS GASTOS	
DETALLE	VALOR
Materiales utilizados	442,30\$
Análisis de laboratorio	130\$
Manufactura y gastos inesperados	280\$
TOTAL	852,30\$

Fuente: Freire (2020).

14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Conclusiones

- Se realizó un análisis de la bibliografía relacionada con diferentes tipos de fluidos en ella se pudo identificar que existen 4 tipos importantes, de ellos según la tendencia actual es la utilización de los fluidos de corte naturales.
- El fluido de corte utilizado corresponde a una emulsión compuesta fundamentalmente por el aceite de piñón, teniendo como antecedente los valores de desgaste de flanco determinados en el proyecto. Además se puede recomendar el uso de este fluido para el corte del acero AISI 1045 durante las operaciones de torneado.
- El modelo matemático empírico de regresión múltiple obtenido en la investigación presenta resultados cercanos a los experimentales en cuanto a los errores calculados por tanto puede ser utilizado para la predicción bajo estas condiciones en el mecanizado de acero AISI 1045.
- El sistema de lubricación por inundación que se utilizó en la investigación con el fluido de corte a base de aceite de piñón aumento la vida de útil de la herramienta ya que se alcanzaron menores resultados de desgaste del flanco que los obtenidos por Hasan y Thamizhmanii en su investigación.

Recomendaciones

- Realizar un estudio experimental para comparar el rendimiento dos fluidos de corte, uno a base de aceite de piñón y otro industrial teniendo en consideración todos los parámetros que influirán en el proceso de mecanizado considerando otros tipos de acero con mas aleación para obtener los resultados del comportamiento de los fluidos en la herramienta de corte y el acero.
- Determinar en un estudio el efecto del fluido de corte a base de piñón en la calidad superficial de la pieza mecanizada teniendo en cuenta el término de alta velocidad.

15. BIBLIOGRAFÍA

- Alvarez Fernandez, R. (2013). Estudio de los procesos de mecanizado. UNED.
- ANSI/ASME. (1985). *Trabajo con fluidos en procesos metalizados*.
- Arellano, B. M. (Marzo de 2016). TRABAJO EXPERIMENTAL, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO. *ESTUDIO DEL EFECTO DEL SISTEMA DE MÍNIMA CANTIDAD DE LUBRICACIÓN (MQL) CON ACEITE VEGETAL EN LA VIDA DE LAS HERRAMIENTAS DE CORTE DE METAL DURO EN EL FRESADO DEL ACERO AISI 1018*. Ambato, Ecuador.
- Arrieta, A. O. (2014). MÉTODO EXPERIMENTAL PARA LA DETERMINACIÓN DE LA DIFUSIÓN DE CARBONO EN ACEROS DE BAJA ALEACIÓN EN RANGOS INDUSTRIALES DE COMPOSICIÓN . *UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA*.
- Bavaresco, G. (2016). *mecanizado*. (GABP ingeniería) Obtenido de <https://gabpingenieria.weebly.com/uploads/2/0/1/6/20162823/mecanizado.pdf>
- Castellanos diaz, R., & Martinez Krahmer, D. (2011). Aplicación de la norma ISO 3685 en la evaluación. *ResearchGate*. Obtenido de <https://www.researchgate.net/>
- Center, J. (2006). *Fluidos basicos para mecanizado y trabajos de metal*. MPC.
- Crespo Martinez, A. (2006). *Mecanica de Fluidos* (primera ed.). thomson paranifo.
- Félix Calvo Narváez, C. R. (2014). Una metodología para el estudio de la maquinabilidad de los aceros. *Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology*.
- Flores Galvan, C. (Abril de 2015). *ANÁLISIS DEL DESGASTE PROGRESIVO EN LA HERRAMIENTA DE MAQUINADO UTILIZANDO LA ECUACIÓN DE TAYLOR*. Obtenido de <https://docplayer.es/73821237-Ingeniero-mecanico-universidad-nacional-autonoma-de-mexico-facultad-de-ingenieria.html>
- García Balsa, D. (2010). *Simulación del proceso de mecanizado por torno a alta velocidad de la aleación Inconel 718*. Universidad Carlos III de Madrid, Madrid. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10016/10762>
- Garcia, J. A., & Torralva, M. J. (2014). *Herramientas de corte: Determinación de vida útil en aceros de mediana y alta dureza*. Instituto Tecnológico de Buenos Aires .
- General de aceros S.A. (s.f.). SAE 1020 Y SAE 1045. *Aceros Ingeniería al carbono*. Recuperado el 21 de Noviembre de 2019, de <http://www.cga.com.co/productos-y-servicios/productos/acero-1045>
- IBARRA, G. G. (2014). ESTUDIO DE MAQUINABILIDAD DE 2 SUPERALEACIONES INCONEL 617 Y 718. *UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN*.
- Jimenez, L. G. (2019). *Influencia de la velocidad de avance y la lubricación en el acabado superficial en un proceso de cilindrado*. 3Ciencias.
- Maldonado Flores, J. L. (1996). *Aceros y sus aplicaciones* . Universidad Autonoma De Nuevo León .

- Morales Tamayo, Y. (2014). Estudio Experimental del Desgaste del flanco y de la rugosidad Superficial en el Torneado en Seco de Alta Velocidad. *Universidad Politécnica de Madrid Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agronomos*.
- Ortiz Garcés, W. X., & Vanegas Robles, J. L. (2011). *Utilización del criterio de desgaste de flanco y la ecuación de Taylor para simular el tiempo de vida de una herramienta de corte mediante el proceso de torneado en cnc para un material aisi 1018*. Guayaquil: ESPOL. Obtenido de <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/19341>
- Ortiz Garcés, W. X., & Vanegas, J. L. (2014). Utilización del criterio de desgaste de flanco y la ecuación de Taylor para simular el tiempo de vida útil de una herramienta de corte . *Escuela Superior Politécnica del Litoral* .
- Paiva, C. (2018). *Principios de Mecanizado* . MAQUINAS OPERATIVAS 2da EDICION.
- pyrosis13. (2011). *pyrosisproyect*. Obtenido de wordpress.com: <https://pyrosisproyect.wordpress.com/category/torno/estructura-y-principales-movimientos-torno/>
- Serrano Lledo, R. (2019). *Ingeniera de Diseño Industrial y Desarrollo de Producto*. Recuperado el 20 de Diciembre de 2019, de <http://www.raquelserrano.com/wp-content/files/MH2.pdf>
- Sifortes, J., & Yory, C. (2014). *Proceso de mecanizado por arranque de viruta* . Santiago Mariño, Republica de Venezuela.
- Steelpurchase S.A. (2016). Acero AISI 1045. *Steelpurchase*. Obtenido de <https://es.steelpurchase.com/1045-s45c-c45-acero/>
- Tanya, S. (2018). Herramientas de corte. Obtenido de <https://www.slideserve.com/saskia/herramientas-de-corte>
- YIITA99. (2015). *Procesos de Manufactura Con arranque de viruta*. Obtenido de wordpress.com: <https://yitabeaukiss.wordpress.com/2015/03/09/procesos-de-manufactura-con-arranque-de-viruta/>
- Ziegler, D., Blanco Luman, L., & Mazini, J. (2002). *Duración del filo en plaquitas de metal duro recubiertas* .

ANEXOS

Anexo 1 Abreviaturas

m:	Metro
cm:	Centímetro
mm:	Milímetro
s:	Segundo
min:	Minuto
rev:	Revoluciones
rpm:	Revoluciones por minuto
m/min:	Metro por minuto
mm/rev:	Milímetro por revolución
RC:	Rockwell C
kg:	Kilogramos
MPa:	Mega Pascales
CVD:	Deposición Química en Fase de Vapor
PVD:	Deposición Física en Fase de Vapor

Anexo 2. Simbología

A:	Área
L:	Longitud
Π :	Pi
T:	Tiempo
Vc:	Velocidad de Corte
N:	Revoluciones por minuto
VB:	Desgaste de Flanco
KT:	Desgaste de cráter
Ap.:	Profundidad de Corte
f:	Avance
C:	Constante de Taylor
γ :	Ángulo de Virutamiento
α :	Ángulo de Incidencia

Anexo 3. Ensayo 1

ENSAYO 1 (ACEITE DE PIÑÓN)

Laboratorio de mecanización de la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná
microscopio LEMAT



Fuente: Freire (2020)

Torno CNC JET 1660-3PGH, acero AISI1045, en una de las velocidades escogidas



Fuente: Freire (2020)

Torno CNC JET 1660-3PGH, características del torno en diferentes velocidades



Fuente: Freire (2020)

Torno CNC JET 1660-3PGH, análisis de diferentes virutas en la velocidad escogida



Fuente: Freire (2020)

Torno CNC JET 1660-3PGH



Fuente: Freire (2020)

Parte del husillo del Torno CNC JET 1660-3PGH



Fuente: Freire (2020)

Anexo 4. Ensayo 2

ENSAYO 2 (TALADRINA)

Laboratorio de mecanización de la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná
microscopio LEMAT



Fuente: Freire (2020)

Torno CNC JET 1660-3PGH, acero AISI1045, en una de las velocidades escogidas



Fuente: Freire (2020)

Torno CNC JET 1660-3PGH, análisis de diferentes virutas en la velocidad escogida



Fuente: Freire (2020)

Cuchilla de corte para el torno de husillo para el Torno CNC JET 1660-3PGH



Fuente: Freire (2020)

Anexo 5. Características del Torno CNC JET 1660-3PGH.

PARTE DEL TORNO	VARIABLES	VARIABLES GEOMÉTRICAS	
HUSILLO	Velocidad de corte (define las RPM de giro)	Tipo de herramienta izquierda o derecha (define el sentido de giro)	
	Potencia para consumir (define la gama de velocidades a utilizar)		
TORRE	Avance de mecanizado (define la velocidad de desplazamiento)	Forma de la pieza (define la trayectoria de la herramienta)	
		Selección de la herramienta de corte	
FLUIDO	Velocidad del fluido		
		Selección de los distintos fluidos a utilizar en la prueba	
	Potencia del fluido (se define por cada RPM utilizada)		

Material de trabajo

El material evaluado fue barras de acero al carbono 1045, de 38.1mm de diámetro por 1500mm de longitud, cuya composición química es:

Acero	C (%)	Mn (%)	Si (%)	P (%)	S (%)	Fe (%)		
Grado 1045	0.43 a 0.5	0.6 a 0.9	N/A	0.04	0.05	BALANCE		

Propiedades mecánicas

Condición	Resistencia Mecánica (PSI)	Resistencia a la Cedencia (PSI)	Elongación (%)	Dureza (HBN)
Laminado en Caliente	82,671 min	44,961 min	16	163
Estirado en Frío	91,673 min	76, 870 min	12	179

Máquina y herramienta empleada

Para efectuar los ensayos de evaluación de maquinabilidad, se utilizó un torno CNC Promecor SMT-19, dotado de un alimentador de barra hidráulico. La herramienta de corte usada, fue un

inserto Kennametal sin recubrimiento código CNMG 432 calidad K420 (equivalente a una calidad ISO P40), con montaje en porta inserto MCLNL-2525M12.

Condiciones operativas del proceso de torneado

En primer lugar, se realizaron pruebas tendientes a establecer un valor de avance que, en combinación con una profundidad de pasada de 1.25mm, produjese la rotura de viruta. Este avance resultó de 0.24mm/rev. Para fijar las velocidades de corte, se tomaron como referencia las condiciones sugeridas por Kennametal, resultando entonces en 200, 240 y 280m/min.

Medición de desgaste

El desgaste VB sobre la superficie de incidencia del inserto, fue determinado usando un banco de medición óptico marca Dormer.

Medición de Rugosidad

Para cada velocidad de corte, se midió la rugosidad media aritmética Ra de la superficie mecanizada, en dos ocasiones, al principio del ensayo (Ra / 1°), y una vez alcanzado el criterio de desgaste sobre el filo del inserto (Ra / u). En tal sentido, se empleó un rugosímetro portátil marca Taylor Hobson modelo Surtonic 3+

Anexo 6. Características Microscopio BA310MET-T

BA310MET-T TRINOCULAR MICROSCOPIO METALÚRGICO MOTIC

Ahora el control de calidad industrial se puede realizar para todos los materiales opacos como minerales y muestras de metal con facilidad y eficiencia. El BA310Met también funciona bien en entornos educativos para profesiones de ingeniería y materiales, donde la asequibilidad y la facilidad de uso son las demandas clave. El modelo BA310Met-T tiene una opción de luz transmitida que permite una fácil manipulación y visualización de muestras transparentes y aumenta considerablemente el número de aplicaciones industriales.

Especificaciones

- Sistema Óptico: Sistema Óptico Infinito Corregido en Color [CCIS®]
- Oculares: N-WF 10X / 20mm, con ajuste dióptrico
- Tubo de observación:
 - Widefield binocular 30 ° [F.N. 20]
 - Tridimensional 30 ° [F.N. 20] - distribución de la luz 100: 0/20: 80
 - Tridimensional 30 ° [F.N. 20] - distribución de la luz 50:50 fijo, imagen derecha
- Distancia interpupilar: 55-75mm
- Puente: quintuple invertido
- Enfoque: Movimiento coaxial; Carrera de 30 mm; Foco fino con incremento mínimo de 2µm
- Condensador: N.A. 0,85; Enfocable y centrado
- Etapa: superficie de 240x140mm; Movimiento de 75x50mm; Movimiento coaxial
- Superficie 300x180mm; Movimiento 150x100mm; Movimiento coaxial
- Luz incidente: Iluminador halógeno de 12V / 50W con fuente de alimentación externa; Bombilla halógena intercambiable con 3W LED (4500K, 6000K)
- Iluminación transmitida: iluminación incorporada de Koehler del halógeno de 6V / 30W; Bombilla halógena intercambiable con 3W LED (4500K, 6000K)
- Accesorio (opcional): Polarizador, Analizador, Adaptador de cámara (0.5X, 0.65X, 1X)
- Espesor de la muestra: Máx. 30 mm

Plan	Aumento		N.A.		An.P (mm)	
		5x		0.13		11.5
		10x		0.30		6.8
		20x		0.40		11.1
		50x		0.55		8.2
		100x		0.80		2

Los ambientes diarios de trabajo industrial necesitan un microscopio confiable que se centra en la facilidad de uso, así como en la eficiencia del trabajo. Motic ha prestado una atención especial a estos requisitos del mercado para optimizar las características del BA310MET. El Epi-Iluminador con una iluminación halógena de 12V / 50W ofrece una fuente de luz potente y ajustable ideal para todas las muestras reflectantes. Para aumentar las opciones de iluminación, es posible un fácil reemplazo de la bombilla halógena por un módulo LED de diferentes temperaturas de color (4500K, 6000K). Un diafragma de campo incorporado y un diafragma de apertura ayudan a optimizar la calidad de imagen al reducir la luz dispersa y aumentar el contraste.

También el nuevo plan de distancia de trabajo largo de Motic Los objetivos acromáticos para la luz incidente proporcionan un contraste de imagen óptimo a través de un recubrimiento de lente multicapa. Junto con una lente de tubo totalmente corregida se crea una imagen intermedia sin franjas de color, accesible a través de los oculares. El diseño BA310MET también incluye una salida de fotos ISO normalizó.

CURRICULUM VITAE



INFORMACION PERSONAL

Nombres y apellidos: Luis Enrique Freire Loor

Cedula: 120528963-8

Lugar y fecha de nacimiento: Valencia, 31 de Agosto del 1996

Estado Civil: Soltero

Domicilio: Valencia, Cooperativa 12 de julio, calle 7ma; Y Vicente Rocafuerte

Teléfono de contacto: 0982064584

Correo electrónico: luisfreireloor1996@gmail.com

ESTUDIOS REEALIZADOS

Primer Nivel: Unidad educativa Mixta Particular “San Francisco de Asís”.

Segundo Nivel: Unidad Educativa “Siete de Octubre”

TITULOS

Bachiller Técnico- Especialización de Electromecánica Automotriz

IDIOMAS

- Español (nativo)
- Insuficiencia en Ingles

CURSOS DE CAPACITACION

- ❖ Segunda conferencia científica internacional de energías renovables y eficiencia energética, con duración de 40 horas; Universidad Técnica De Cotopaxi Extensión La Mana; 19 de Noviembre 2016
- ❖ Certificado el I Congreso Nacional de Electricidad y Energías Renovables CONEER 2017, duración de 40 horas. Centro de estudios multidisciplinarios “El Libertador”; 28 de Abril del 2017
- ❖ Segundo congreso internacional de electromecánica y eléctrica, duración 40 horas Universidad Técnica De Cotopaxi, Latacunga 14 de Julio del 2017
- ❖ Certificado de construcción de un prototipo de una maquina cortadora de neumáticos, de 8 horas curriculares. Universidad Técnica De Cotopaxi Extensión La Mana 06 de Julio 2018

REFERENCIAS PERSONALES

Maestro Jaime Enrique Freire Masabanda, numero de celular: 0959280853

Ing. Mirella Campos; numero de celular: 0992672269

LUIS ENRIQUE FREIRE LOOR
C.I: 120528963-8

CURRICULUM VITAE

1. DATOS PERSONALES

NOMBRE COMPLETO: Yoandrys Morales Tamayo
CEDULA DE IDENTIDAD: 1756958797
PASAPORTE: I559107
FECHA DE NACIMIENTO: 10 de Agosto de 1983
EDAD: 34 años
NÚM. CELULAR: 0988494906
E-mail: ymoralesta83@gmail.com



2. ESTUDIOS REALIZADOS

CUARTO NIVEL: Universidad Politécnica de Madrid, España
TERCER NIVEL: Universidad de Holguín, Cuba

3. TÍTULOS

CUARTO NIVEL

- Doctor por la Universidad Politécnica de Madrid, PhD
- Máster en Diseño y Fabricación Asistida por Computadora.

4. EXPERIENCIA LABORAL

- Universidad Técnica de Cotopaxi. Extensión La Maná. Ecuador. (2015) Universidad Internacional SEK. Ecuador. 2015
- Universidad de Granma. Facultad de Ciencias Técnicas. Cuba (2007-2015) Empresa de Servicios Técnicos (Zeti). Cuba (2010-2014)

5. PROYECTOS REALIZADOS

- Proyecto M-H. Desarrollo de máquinas herramientas con fines docentes en la carrera de ingeniería mecánica. Financiado por la Universidad de Granma Cuba y Empresa de Servicios Mecánicos “26 de julio”. Bayamo. Cuba. 2014.
- Proyecto Mecaniz-AISI. “Estudio experimental del desgaste del flanco y la rugosidad superficial en el torneado en seco de alta velocidad del acero inoxidable AISI 316L” Universidad Autónoma de Nuevo León, México. 2014.

6. RECONOCIMIENTOS

- Premio: Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente. 2014. Bayamo. Cuba.
- Propuesta de Premio: Rector Universidad de Granma. 2014. Bayamo. Granma. Cuba.
- Propuesta de Cum Laude de Doctorado. Universidad Politécnica de Madrid. España.

7. ARTÍCULOS PUBLICADOS

- Análisis térmico y de frecuencia del separador de aceite en un motor eléctrico ATH-10-1-8T3 por método de los elementos finitos. Revista Uteciencia. Vol. 5. N 2. 2018. ISSN: 2602-8263.
- Comparación entre redes neuronales artificiales y regresión múltiple para la predicción de la rugosidad superficial en el torneado en seco. Revista Ingenius. N 19. ISSN 1390 – 860X. 2018

