

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA



CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

**TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO**

**TEMA: “EFECTO DEL NANOLUBRICANTE (ACEITE LUBRICANTE+TiO₂)
EN EL ACABADO SUPERFICIAL DEL TORNEADO DEL ACERO
INOXIDABLE AISI 304”**

AUTOR: Carlos Rubén Morales Portero

TUTOR: Ing. MSc. Diego Núñez

AMBATO-ECUADOR

2017

APROBACIÓN DEL TUTOR

En calidad de tutor del trabajo experimental, previa a la obtención del título de Ingeniero Mecánico, bajo el tema **“EFECTO DEL NANOLUBRICANTE (ACEITE LUBRICANTE + TiO₂) EN EL ACABADO SUPERFICIAL DEL TORNEADO DEL ACERO INOXIDABLE AISI 304”** elaborado por el Sr. Carlos Rubén Morales Portero, portador de la cédula de ciudadanía: 180461753-6, y egresado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Carrera de Ingeniería Mecánica.

Certifico:

- El presente trabajo experimental es original de su autor.
- Ha sido revisado cada uno de los capítulos integrados.
- Y está terminado en su totalidad.

.....
Ing. M.Sc. Diego Núñez

TUTOR

AUTORÍA DE TRABAJO EXPERIMENTAL

Los juicios expuestos en este trabajo experimental bajo el tema **“EFECTO DEL NANOLUBRICANTE (ACEITE LUBRICANTE + TiO₂) EN EL ACABADO SUPERFICIAL DEL TORNEADO DEL ACERO INOXIDABLE AISI 304”** como también las opiniones, investigaciones, y conclusiones son de completa responsabilidad de mi persona, como autor.

.....
Carlos Rubén Morales Portero

C.I: 180461753-6

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este proyecto de investigación, un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación.

Cedo los derechos en línea patrimoniales de mi proyecto de investigación, con fines de difusión pública; además apruebo la reproducción de este proyecto de investigación, dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica potencial; y se realice respetando mis derechos de autoría.

Ambato 07 de noviembre del 2017

AUTOR

.....

Carlos Rubén Morales Portero

C.I: 180461753-6

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

El tribunal de grado aprueba el Proyecto de Investigación, sobre el tema: **“EFECTO DEL NANOLUBRICANTE (ACEITE LUBRICANTE + TiO₂) EN EL ACABADO SUPERFICIAL DEL TORNEADO DEL ACERO INOXIDABLE AISI 304”** elaborado por Carlos Rubén Morales Portero, el mismo que guarda conformidad con las disposiciones reglamentarias emitidas por la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

Ambato 07 de noviembre del 2017

Ing. Cristian Pérez

Ing. Henry Vaca

.....

.....

DEDICATORIA

El presente trabajo lo dedico a Dios por regalarme la oportunidad de llegar a esta etapa de mi vida y hacer realidad uno de mis sueños, por brindarme la compañía de mis padres y mi familia quienes me dieron educación, apoyo, consejos y han sido el pilar fundamental en mi día a día, en especial a mi madre y a mi tío que siempre me brindaron su apoyo incondicional y ha sido mi motivación para no rendirme jamás.

A mi mejor amigo y a mi novia quienes me apoyaron emocional y económicamente. A mis docentes, amigos y todos quienes me apoyaron para seguir adelante y conseguir este fin.

AGRADECIMIENTO

Al finalizar este trabajo de investigación quiero expresar mi agradecimiento a Dios por protegerme durante todo mi camino y darme fuerzas para superar obstáculos y dificultades a lo largo de mi vida. Agradezco también la confianza y el apoyo de mis padres, hermanos, tíos y mis abuelitas quienes sin duda alguna me han demostrado su amor, corrigiendo mis errores y alegrándose con mis logros.

A mi tutor, Ing. Mg. Diego Núñez por toda la colaboración brindada, durante la elaboración de este proyecto.

A la Universidad Técnica de Ambato y en especial a la Carrera de Ingeniería Mecánica por acogerme en sus aulas y por medio de los docentes que en ella colaboran han inculcado en mí los conocimientos necesarios para desarrollarme como un profesional.

A mi familia y amigos que me apoyaron durante este camino.

ÍNDICE GENERAL

PÁGINAS PRELIMINARES

APROBACIÓN DEL TUTOR.....	II
AUTORÍA DEL TRABAJO EXPERIMENTAL.....	III
DERECHOS DE AUTOR.....	IV
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO.....	V
DEDICATORIA.....	VI
AGRADECIMIENTO.....	VII
ÍNDICE GENERAL.....	VIII
RESÚMEN EJECUTIVO.....	XIV
SUMMARY.....	XV
CAPÍTULO I.....	1
ANTECEDENTES.....	1
1.1 TEMA DE TRABAJO EXPERIMENTAL.....	1
1.2 ANTECEDENTES.....	1
1.3 JUSTIFICACIÓN.....	3
1.4 OBJETIVOS.....	4
1.4.1 Objetivo general	4
1.4.2 Objetivos específicos	4
CAPÍTULO II.....	5
FUNDAMENTACIÓN.....	5
2.1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	5
2.1.1 El Torno	5
2.1.2 Procesos en el torno.....	6
2.1.2.1 Operaciones externas	7
2.1.2.2 Operaciones internas	10
2.1.3 Métodos de lubricación	12
2.1.3.1 Mecanizado en seco	12

2.1.3.2 Mecanizado con el método de inundación	13
2.1.3.3 Funciones de los fluidos de corte	15
2.1.3.4 Efectos negativos del sistema de inundación	16
2.1.4 Utilización de gases refrigerantes o métodos criogénicos	18
2.1.4.1 Proceso "coldcut"	18
2.1.5 Sistema de mínima cantidad de lubricación (MQL)	19
2.1.5.1 Funcionamiento básico del sistema MQL más representativo.....	20
2.1.6 Sistema de mínima cantidad de lubricación con uso de nano fluidos	22
2.1.6.1 La preparación de nanofluidos	22
2.1.6.2 Propiedades de los nanofluidos.....	25
2.1.7 Herramientas de corte para el mecanizado de torneado	27
2.1.7.1 Vida útil en las herramientas de corte.....	28
2.1.8 Acabado superficial.....	31
2.1.8.1 Rugosidad (Ra).....	32
2.1.8.2 Equipo medidor de rugosidad SJ-210	32
2.1.9 Aceros inoxidable.....	33
2.1.9.1 Maquinabilidad del acero inoxidable AISI 304.....	34
2.2 HIPÓTESIS.....	36
2.3 SEÑALAMIENTO DE VARIABLES DE LA HIPÓTESIS	36
2.3.1 VARIABLE INDEPENDIENTE	36
2.3.2 VARIABLE DEPENDIENTE.....	36
CAPÍTULO III.....	37
METODOLOGÍA	37
3.1 NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN	37
3.1.1 Descriptivo:	37
3.1.2 Exploratorio:	37
3.1.3 Bibliográfico:	37
3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA.....	38
3.2.1 POBLACIÓN	38
3.2.2 MUESTRA.....	38
3.3 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	39
3.3.1 Variable independiente: Efecto del nano lubricante (ACEITE LUBRICANTE + TiO ₂)	39

3.3.2 Variable dependiente: En el acabado superficial del torneado del acero inoxidable AISI 304	40
3.4 PLAN DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN	41
3.5 PLAN DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS	41
3.5.1 PROCESO DE OBTENCIÓN Y ANÁLISIS	42
3.5.2 PROCEDIMIENTO	45
3.5.2.1 Adquisición del acero AISI 304.....	45
3.5.2.2 Compra y adquisición del TiO ₂	46
3.5.2.3 Adquisición de las placas de metal duro.	47
3.5.2.4 Preparación del torno CNC.-	52
3.5.2.5 Preparación del método de lubricación por (MQL) con nanopartículas.	58
3.5.2.6 Preparación del método de lubricación por (MQL).	62
3.5.2.7 Torneado del acero.-	62
3.5.2.8 Preparación del mecanizado por el método seco.....	63
3.5.2.8 Acabado superficial.-	63
3.5.2.9 Calificación de acabado.	72
3.5.2.9 Análisis del desgaste en el flanco de la herramienta.	73
CAPÍTULO IV.....	77
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS	77
4.1.- TOMA DE DATOS	77
4.2 TOMA DE DATOS DE DESGASTE DE LA HERRAMIENTA DE CORTE. .	100
4.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS	120
4.4.- VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS	122
4.3.1.-Verificación de hipótesis para MQL+TiO₂, mecanizado en SECO y mecanizado en MQL.	122
CAPÍTULO V	135
5.1 CONCLUSIONES	135
5.2 RECOMENDACIONES.....	137
6. BIBLIOGRAFÍA	139

ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura 2. 1 Torno CNC [11].....	6
Figura 2. 2 Movimientos básicos del torno CNC [7].....	6
Figura 2. 3 Cilindrado [12].....	7
Figura 2. 4 Refrentado [12].....	8
Figura 2. 5 Ranurado [12].....	8
Figura 2. 6 Corte [12].....	9
Figura 2. 7 Roscado [12].....	9
Figura 2. 8 Perforación [12].....	10
Figura 2. 9 Taladrado [12].....	10
Figura 2. 10 Escariado [12].....	11
Figura 2. 11 Roscado interno [12].....	11
Figura 2. 12 Proceso de torneado en seco [13].....	13
Figura 2.13 Máquina herramienta con método de inundación [14].....	17
Figura 2. 14 Sistema MQL [15].....	20
Figura 2. 15 Zonas de desgaste de la herramienta.....	21
Figura 2. 16 homogeneizador ultrasónico [16].....	23
Figura 2. 17 Geometrías de insertos de metal duro [13].....	27
Figura 2. 18 Portaherramientas para insertos de metal duro [13].....	28
Figura 2. 19 Desgaste en la herramienta de corte [9].....	29
Figura 2. 20 Zonas de desgaste en el flanco de la herramienta de corte [9].....	30
Figura 2. 21 Marcas producidas por la herramienta de corte [13].....	31
Figura 2. 22 Figura ilustrativa para el cálculo de rugosidad promedio Ra [8].....	32
Figura 2. 23 Equipo medidor de rugosidad SJ-210 [17].....	33
Figura 2. 24 Criterios de Maquinabilidad [13].....	35
Figura 3. 1 Ejes de acero inoxidable 304.....	45
Figura 3. 2 Óxido de Titanio TiO ₂	47
Figura 3. 3 Inserto de metal duro CNMG 120404 MF 2025.....	51
Figura 3. 4 Esquema de la probeta de acero AISI 304 a mecanizar.....	58
Figura 3. 5 Mezcla de nanopartículas de Titanio en el homogeneizador electromagnético.....	58
Figura 3. 6 Compresor con su placa de características.....	59
Figura 3. 7 Unidad de mantenimiento de aire.....	60
Figura 3. 8 Fuente de 24V.....	60
Figura 3. 9 Sujeción de la boquilla en el punto de ataque.....	61
Figura 3. 10 Carga del fluido.....	61
Figura 3. 11 Aceite vegetal para el mecanizado de acero inoxidable.....	62
Figura 3. 12 Eje sin maquinar.....	63
Figura 3. 13 Mecanizado de la probeta en seco.....	63
Figura 3. 14 Componentes de equipo Mitutoyo SJ-210.....	65

Figura 3. 15 Cable de extensión del equipo Mitutoyo SJ-210.....	65
Figura 3. 16 Encendido del equipo Mitutoyo SJ-210	65
Figura 3. 17 Menú del equipo Mitutoyo SJ-210	66
Figura 3. 18 Condiciones de calibración del equipo Mitutoyo SJ-210.....	66
Figura 3. 19 Submenú de calibración del equipo Mitutoyo SJ-210.....	66
Figura 3. 20 Calibración del equipo Mitutoyo SJ-210.....	67
Figura 3. 21 Selección de la norma JIS 1994 del equipo Mitutoyo SJ-210.....	68
Figura 3. 22 Submenú antes de calibrar el equipo Mitutoyo SJ-210	68
Figura 3. 23 Calibración del equipo Mitutoyo SJ-210.....	68
Figura 3. 24 Calibración y actualización del equipo Mitutoyo SJ-210.....	69
Figura 3. 25 Configuración de parámetros de medición del equipo Mitutoyo SJ-210	70
Figura 3. 26 Pantallas de parámetros de medición.....	70
Figura 3. 27 Pantalla de rugosidad media del equipo Mitutoyo SJ-210	71
Figura 3. 28 Comprobación de lectura en el equipo Mitutoyo SJ-210	71
Figura 3. 29 Foto de Rugosímetro en la probeta.....	72
Figura 3. 30 Insertos de metal duro flancos a desgastar	74
Figura 3. 31 Mecanizado del acero inoxidable para obtención de datos de desgaste	74
Figura 3. 32 Insertos de metal duro flancos desgastados	74
Figura 3. 33 Foto microscopio electrónico de barrido	75
Figura 3. 34 Zonas de desgaste de la herramienta	75
Figura 4. 1 Recomendaciones para el límite de desgaste de flanco [9]	100

ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 2. 1 Propiedades de los aceros inoxidables [13]	35
Tabla 3. 1 Combinación de factores aplicables para cada sistema de lubricación.....	38
Tabla 3. 2 Composición química del acero AISI 304	46
Tabla 3. 3 Propiedades mecánicas del acero AISI 304	46
Tabla 3. 4 Velocidades de mecanizado	56
Tabla 3. 5 Características del aceite vegetal	62
Tabla 3. 6 Valores de rugosidad.....	64
Tabla 3. 7 Parámetros para calibración transversal de rugosímetro MITUTOYO SJ 210.....	67
Tabla 3. 8 Diseño ortogonal de TAGUCHI	72
Tabla 3. 9 Designación de valores de rugosidad según la norma ASME B46.1.....	73

Tabla 4. 1 Resultados óptimos de rugosidad para cada método de lubricación.....	120
Tabla 4. 2 Mediciones de rugosidad del sistema SECO y MQL+0.5% TiO ₂ ,	125
Tabla 4. 3 Mediciones de rugosidad del sistema MQL y MQL+0.5% TiO ₂ ,	126
Tabla 4. 4 Tiempo de desgaste máximo según las exigencias de la norma ASME B94.55M	132
Tabla 4. 5 Cálculo de C y k para la ecuación de Taylor en base a la ecuación $y=a+k(x-\bar{X})$	133
Tabla 4. 6 Cálculo de C y k para la ecuación de Taylor en base a la ecuación $y=a+k(x-\bar{X})$	133

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 4. 1 Comparación de resultados de los mejores parámetros $r=0.8\text{mm}$	121
Gráfica 4. 2 Distribución t.....	124
Gráfica 4. 3 Tiempo de mecanizado del sistema SECO vs MQL+05% TiO ₂ a 1347rpm.	128
Gráfica 4. 4 Tiempo de mecanizado del sistema SECO vs MQL+05% TiO ₂ a 1190rpm.	129
Gráfica 4. 5 Tiempo de mecanizado vs desgaste de flanco en el sistema SECO.....	130
Gráfica 4. 6 Tiempo de mecanizado vs desgaste de flanco en el sistema MQL+5% TiO ₂	131
Gráfica 4. 7 Comparación de vida útil de la herramienta entre los sistemas SECO y MQL+5% TiO ₂	134

RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo experimental tiene como objetivo analizar el efecto que tiene el uso de las nanopartículas de óxido de Titanio en el acabado superficial de torneado del acero AISI 304, el mismo que se llevará a cabo en un torno CNC, donde se realizará un maquinado enfocado al acabado.

Este proceso al ser destinado al acabado superficial se usarán insertos de metal duro, los mismos que se utilizarán con dos radios de punta en la herramienta, uno que será de 0.4mm y el otro será de 0.8mm. Para la selección de las velocidades se utilizará las recomendadas por el fabricante de la herramienta de corte y al ser un torno de programación CNC se usará las velocidades exactas que pide el fabricante.

Para este experimento se usará el sistema de mínima cantidad de lubricante con aceite vegetal en conjunto con nanopartículas de óxido de titanio a diferentes concentraciones de porcentaje en relación al peso, y con una base de etilenglicol, además se utilizará el sistema simple de MQL y un mecanizado sin ningún sistema de refrigeración o lubricación.

Por último, después de realizar los respectivos ensayos con las distintas combinaciones de factores para el mecanizado de las probetas procederemos a las mediciones con el rugosímetro portátil de marca Mitutoyo SJ – 210, el cual se usará para la medición de diferentes tramos, en los cuales el mismo nos mostrará un valor promedio de cinco mediciones que realiza a lo largo del tramo analizado.

SUMMARY

The objective of this experimental work is to analyze the effect of the use of titanium oxide nanoparticles in the surface finishing of AISI 304 steel, which will be carried out in a CNC lathe, where a focused machining will be carried out. to the finish.

This process, when being used for surface finishing, will use hard metal inserts, which will be used with two pointed spokes in the tool, one that will be 0.4mm and the other will be 0.8mm. For the selection of speeds, those recommended by the manufacturer of the cutting tool will be used, and since a CNC programming lathe will use the exact speeds requested by the manufacturer.

For this experiment the system of minimum amount of lubricant with vegetable oil will be used in conjunction with nanoparticles of titanium oxide at different concentrations of percentage in relation to weight, and with a base of ethylene glycol, in addition the simple system of MQL and a machining without any cooling or lubrication system.

Finally, after carrying out the respective tests with the different combinations of factors for the machining of the samples, we will proceed to the measurements with the portable rugosimeter of Mitutoyo SJ - 210 mark, which will be used for the measurement of different sections, in which it will show us an average value of five measurements that it carries out along the analyzed section.

CAPÍTULO I

ANTECEDENTES

1.1 TEMA DE TRABAJO EXPERIMENTAL

“EFECTO DEL NANOLUBRICANTE (ACEITE LUBRICANTE + TiO₂) EN EL ACABADO SUPERFICIAL DEL TORNERADO DEL ACERO INOXIDABLE AISI 304”.

1.2 ANTECEDENTES

En la industria del mecanizado de metales para facilitar el enfriamiento y la lubricación en el corte se han utilizado varios sistemas de lubricación con diferentes características[3][4], el mecanizado con una lubricación y refrigeración por inundación usando taladrina fue por un tiempo uno de los más usados pero a causa que este traía efectos secundarios contra la salud del operario y el medio ambiente se pensó en nuevas alternativas además de que en producción este incrementaba del 16 al 20 por ciento del coste total de producción por lo que se enfocó la investigación nuevamente en un método que sea amigable con el ambiente y el operario, además disminuya los costos de producción obteniendo como resultado el sistema de mínima cantidad de lubricación y para que este resulte amigable se usaron aceites naturales los cuales son pulverizados y enviados al flanco de ataque entre la herramienta de corte y el material lo cual fue un gran paso en cuanto a mecanizado se refiere. Sin embargo este sistema no logra disipar por completo el calor que se genera por la fricción del mecanizado, volviendo nuevamente a la investigación donde ha dado como resultado un mecanizado con nitrógeno líquido pulverizado y otro al que al sistema de mínima cantidad de lubricante se le añadió nanopartículas las cuales favorecen la disipación del calor y el acabado superficial.

Como se indica en [1], [2] y [3] se realizaron operaciones utilizando métodos como el mecanizado en seco además de usar métodos de lubricación y refrigeración por inundación, sistema de mínima cantidad de lubricante(MQL), MQL con nanopartículas y un sistema de criogenia usando nitrógeno líquido en el punto de contacto entre el material y la herramienta de corte donde el método de mecanizado en seco muestra una gran desventaja en comparación con los otros métodos, y el que mayor beneficios en cuanto a disipación de calor y acabado superficial muestra es el método de MQL con nanopartículas, mostrando que los líquidos tienen una menor conductividad térmica en comparación a los sólidos por tal motivo al incluir nanopartículas en el proceso la conductividad térmica aumenta disipando de mejor manera el calor generado y dependiendo de las propiedades tribológicas de las nanopartículas el acabado superficial y la vida de la herramienta también se ve favorecida.

En [4], [5] y [6] las ventajas del uso del sistema de mínima cantidad se presentan en el material mecanizado, la herramienta de corte usada en el proceso y el ambiente de trabajo del operario; En la primera muestra un plus en el acabado superficial que disminuye las crestas de rugosidad y mejora las tolerancias en el acabado final lo cual acelera la producción, este hecho se ve estrictamente relacionado con la herramienta de corte donde el uso del sistema presenta como ventaja alargar la vida útil de la misma, mejora la lubricación entre el flanco de ataque y el material, de una manera eficiente permite aumentar las velocidades de corte lo que conlleva un aumento en la producción en menor o igual tiempo, el ambiente de trabajo también sufre un cambio drástico, al eliminar los métodos de inundación la contaminación y residuos en la máquina son tratados con facilidad y llegan a mejorar los procesos de reciclaje de la viruta resultante del mecanizado, los aceites usados al ser de origen vegetal presentan características amigables con el operario minimizando las enfermedades profesionales y al ser usado en cantidades no mayores de 50 ml por hora su impacto ambiental es altamente considerable en comparación a los casi 12000 litros que se llegan a usar en ocasiones, además de que estos deben ser reacondicionados lo que representa más costos en la producción es así como el uso del sistema de mínima cantidad representa una alternativa viable en el mecanizado de aceros.

1.3 JUSTIFICACIÓN

El presente estudio se justifica en la mejora de la producción industrial en Ecuador ya que las pequeñas y medianas empresas todavía trabajan con métodos anticuados y nocivos para los operarios, por esta causa la calidad del producto no cumple con las exigencias del consumidor.

En los sistemas de mecanizado convencionales como el torneado, el método de lubricación es ejecutado por inundación, pero en varios estudios se ha comprobado que este método no es del todo efectivo por tanto disminuye la vida útil de la herramienta de corte, no es amigable con el medio ambiente y es muy costoso. Algunas empresas tomaron la iniciativa e incorporaron a sus procesos el sistema MQL, el cual reemplaza la taladrina por aceite vegetal prolongando así la vida útil de las herramientas, redujo el volumen de lubricante, permite mejorar la calidad del producto y abarata costos de producción.

El proyecto se realizó con el propósito de ofrecer al sector industrial un sistema MQL (mejorado), con productos que están a la vanguardia en procesos de manufactura, el cual consiste en reformar el lubricante que utiliza el sistema ya mencionado, añadiendo Óxido de Titanio (TiO_2), este NANOLUBRICANTE posee propiedades abrasivas que aumentarán sustancialmente el acabado de las diversas piezas mecanizadas y como resultado cumplirán las expectativas del ofertante y consumidor.

Este ideal fue viable ya que se contó con los recursos necesarios para realizar la investigación, tales como: recursos económicos, tecnológicos, informáticos y asesoría profesional.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo general

1. Estudiar el efecto del nano lubricante (aceite vegetal + TiO_2) en el acabado superficial del torneado del acero AISI 304.

1.4.2 Objetivos específicos

1. Identificar los tipos de nanofluidos lubricantes existentes en el mercado, útiles para el torneado del acero AISI 304.
2. Determinar los parámetros y herramientas de corte necesarios para el torneado del acero AISI 304.
3. Determinar la rugosidad superficial alcanzada en las probetas de acero inoxidable AISI 304 mecanizadas en seco, con aceite vegetal utilizando MQL y con nanolubricante de (ACEITE VEGETAL + TiO_2) en MQL.
4. Comparar la rugosidad superficial de las probetas de acero inoxidable AISI 304 mecanizadas con los diferentes métodos planteados.
5. Identificar la evolución de desgaste de flanco de las herramientas de corte en los diferentes sistemas de lubricación.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN

2.1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1.1 El Torno

Desde los orígenes del hombre siempre los avances de las herramientas se han presentado a base de la necesidad de seguir cumpliendo trabajos necesarios que con las manos resultaban una tarea tediosa e incluso imposible, llegando a aparecer las primeras herramientas de mano las mismas que por un corto periodo cubrieron las necesidades, pero con el tiempo estas se volvieron obsoletas generando nuevamente inconvenientes los mismos que para ser suprimidos fue necesario la invención de las primeras máquinas herramientas, estas eran primitivas y en su mayoría eran tornos y taladros para trabajos rudimentarios. Con las múltiples guerras y la creciente revolución industrial las máquinas herramientas avanzaron de manera exorbitante en tecnología y capacidad, entre las que ha destacado como una de las principales es el torno llegando desde ese entonces a ser una de las máquinas indispensables en talleres dedicados a la carpintería como al igual que el mecanizado de piezas metálicas para la industria. Con la llegada de las computadoras las máquinas herramientas han dado pasos agigantados llegando a funcionar de manera nítida en tolerancias y precisión a partir del uso de códigos numéricos que previamente fueron realizados en programas de diseño mecánico. [7]



Figura 2. 1Torno CNC [11]

2.1.2 Procesos en el torno

Para entender los procesos en el torno es necesario entender cuáles son los movimientos básicos que se pueden realizar tomando en cuenta la siguiente gráfica.[7]

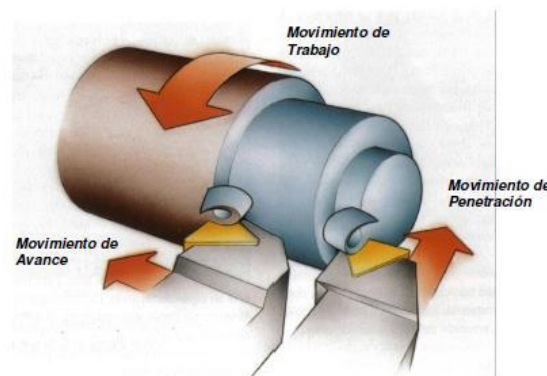


Figura 2. 2 Movimientos básicos del torno CNC [7]

➤ **Movimiento de trabajo**

Este movimiento consiste en la rotación del eje o pieza mecánica sujeta al torno donde después entrará en contacto con la debida herramienta de corte para el mecanizado requerido. [7]

➤ **Movimiento de avance**

Este movimiento es el que se encarga de perfilar la pieza mecanizada siendo este paralelo a la misma, la perfilación de la pieza puede variar con respecto a la herramienta de corte que se utilice. [7]

➤ **Movimiento de penetración**

Este movimiento resulta perpendicular al eje (X) donde (Y) es el que define la cantidad de material que va ser retirado de la pieza mecánica y profundidad que se va a maquinar en las diferentes pasadas. [7]

Una vez entendidos estos movimientos básicos principales empezaremos con la descripción de los procesos que se pueden realizar en el torno.

2.1.2.1 Operaciones externas

➤ **Cilindrado**

Este es uno de los procesos más básicos que se realiza en el torno y consiste en un pequeño mecanizado de rectificación donde la penetración de la herramienta no sobrepasa los 2 milímetros o a su vez se realizan varias pasadas hasta llegar a la obtención de un diámetro acorde a los parámetros necesarios, es un proceso previo para cualquier otro mecanizado. [8]

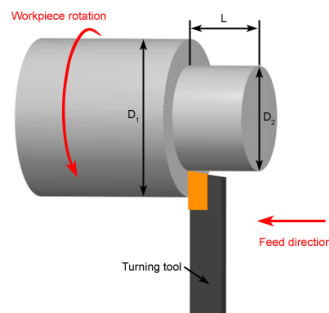


Figura 2. 3 Cilindrado [12]

➤ Refrentado

Al igual que el cilindrado es otro proceso básico en el cual la punta de la herramienta de corte se mueve radialmente en el extremo del eje para así conseguir un plano en las bases este proceso tampoco suele sobrepasar los 2 milímetros o en ciertos casos se realiza múltiples pasadas para eliminar los excesos en las bases del eje, en otro tipo de refrentado incluso con un pequeño asentamiento en la punta de la herramienta de corte se puede alcanzar una cierta hendidura en el centro que sirve de apoyo para el contrapunto evitando que el material no vibre en las próximas operaciones. [8]

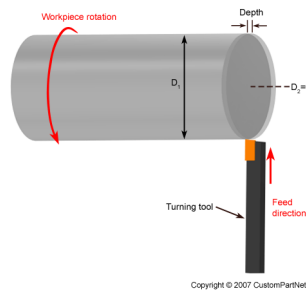


Figura 2. 4 Refrentado [12]

➤ Ranurado

En este proceso utiliza una herramienta de corte de un solo punto donde se pueden crear ranuras con biselados de diferente geometría y profundidad, de la misma manera se pueden realizar varios biselados de acuerdo a lo que demande las especificaciones de mecanizado. [8]

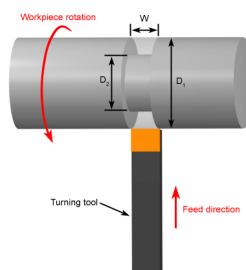


Figura 2. 5 Ranurado [12]

➤ Corte

Es un proceso muy parecido al ranurado con una herramienta de corte que actúa en un solo punto y avanza de manera radial en cuanto al eje hasta llegar al diámetro interior de la pieza logrando separarlas, también se toma en cuenta que el acabado final del corte elimina el uso del refrentado. [8]

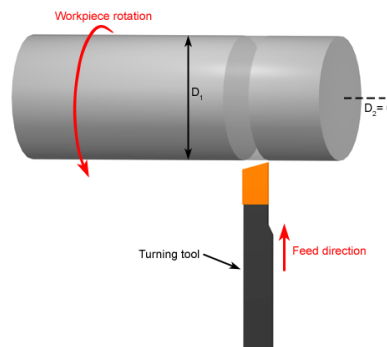


Figura 2. 6 Corte [12]

➤ Roscado

Con un sistema de avance automático y ciertas herramientas específicas se pueden tallar roscas en el eje con un movimiento axial a lo largo del mismo y dependiendo de la herramienta de corte esta puede tener diferentes características como longitudes y pasos diferentes.

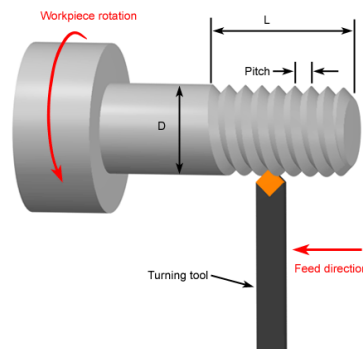


Figura 2. 7 Roscado [12]

2.1.2.2 Operaciones internas

➤ Perforación

En este proceso con diferencia a lo convencional la herramienta de corte y perforación permanece estática y lo que entra en movimiento es el material, de este modo se podrá controlar la velocidad del husillo y dependiendo de las características de dureza del material se controlará los diferentes parámetros de perforación. [8]

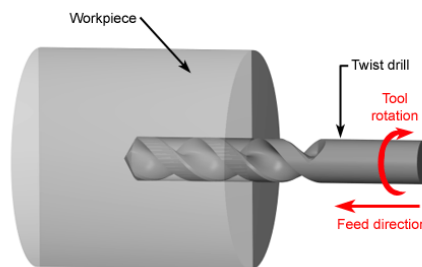


Figura 2. 8 Perforación [12]

➤ Taladrado

Después de que se realizó la perforación una herramienta de corte entra de una manera axial para realizar diferentes procesos dentro de la perforación previamente realizada, entre los procesos que se pueden mecanizar están la construcción de escalones chaflanes e incluso con la herramienta adecuada se puede mecanizar contornos de diferentes geometrías. [8]

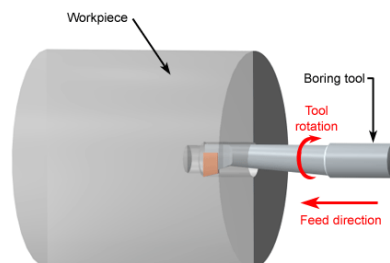


Figura 2. 9 Taladrado [12]

➤ Escariado

En este proceso la herramienta llamada escariador atraviesa la pieza antes perforada para eliminar excedentes de material incluso llegando a usarse para que esta tenga un diámetro con una alta precisión. [8]

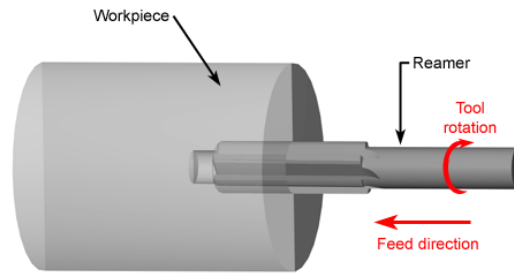


Figura 2. 10 Escariado [12]

➤ Roscado interno

Una vez terminado el proceso de escariado se puede realizar trabajos internos de alta precisión entre los cuales uno de los más comunes es el roscado interno donde se inserta una herramienta macho con paso de rosca ya determinado y se realiza pasadas múltiples para que la rosca quede bien marcada y no presente problemas en un futuro con el tornillo, además en cada pasada se debe despejar los residuos de material que se quedan en el interior, de lo contrario pueden causar desperfectos el trabajo. [8]

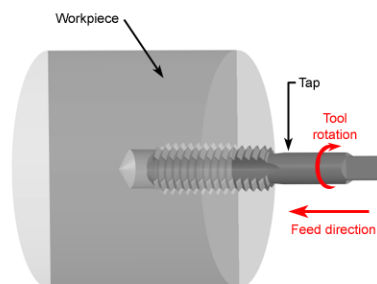


Figura 2. 11 Roscado interno [12]

2.1.3 Métodos de lubricación

2.1.3.1 Mecanizado en seco

En los últimos años con el avance tecnológico el proceso de mecanizado por medio del arranque de viruta ha dado pasos agigantados no solo por la aparición de nuevas maquinarias con altos grados de potencia y precisión sino también por el descubrimiento de nuevos métodos de fabricación de las herramientas de corte, estos nuevos métodos de fabricación involucran el uso de materiales que han aparecido recientemente tras el continuo estudio enfocado en mejorar las propiedades tales como resistencia al desgaste, mejor resistencia al corte y una mayor dureza combinándolo con distintos tipos de recubrimientos descubiertos. En el torneado al ser un proceso de mecanizado en el que implica el arranque de viruta, el material como la herramienta de corte van a sufrir un considerable impacto térmico por el calor generado en la fricción pero dependiendo de la calidad de la herramienta y las propiedades del material el mecanizado en seco puede ser viable o no. [9]

El mecanizado en seco representa una eliminación total de los fluidos de corte por lo tanto no existirán medios para la disipación de calor lo cual crea conflictos ya que el material y la herramienta absorben todo el calor generado, esta absorción completa de calor puede variar según los parámetros de mecanizado. [9]

La generación del calor depende del tipo de mecanizado que se lleve a cabo, mientras más se inserte la herramienta de corte el área de contacto aumenta lo cual también aumenta el calor, además la velocidad con la que se mueve el material que es conocida como velocidad de trabajo es muy importante, a mayor velocidad genera una mayor concentración de calor, de una manera definida la práctica del mecanizado en seco depende de las características del material, herramienta y los parámetros que se usarán en el proceso. [9]

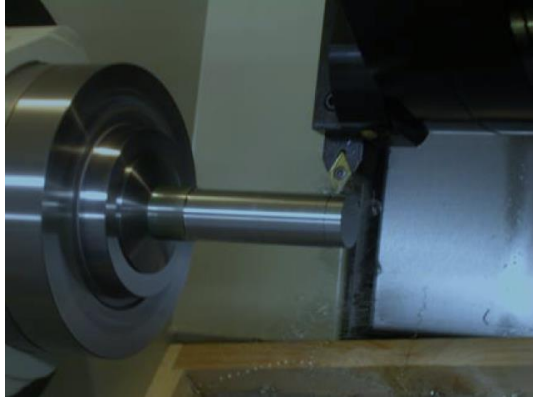


Figura 2. 12 Proceso de torneado en seco [13]

El mecanizado en seco es una buena alternativa para eliminar el uso de materiales que en condiciones de trabajo pueden causar daños colaterales por su uso pero sin embargo este método no es para todos los trabajos, se pueden analizar condiciones favorables para su uso pero no siempre esta será una alternativa viable puesto que se pueden presentar desventajas como cambiar la microestructuras del material y crear adhesión del mismo en la herramienta de corte, lo cual causa una disminución de la vida útil de la misma. [9]

2.1.3.2 Mecanizado con el método de inundación

El mecanizado combinado con el método de lubricación y refrigeración por inundación es un método antiguo donde en los primeros mecanizados a gran escala se usaba agua para enfriar las herramientas usadas. Se dejó de usar el agua ya que cumplía con la tarea de enfriar pero no cumplía con otras demandas, además la presencia del agua con el oxígeno y el calor produce oxidaciones en el material y la herramienta, como el avance tecnológico evolucionó adecuándose a las necesidades, usando diferentes tipos de fluidos entre los que destacan: [10]

- Los aceites íntegros.
- Las emulsiones oleosas.
- Las "soluciones" semi-sintéticas.
- Las soluciones sintéticas.

Estos fluidos anteriormente mencionados tienen componentes o aditivos que en casos son parafinas cloradas, los tres últimos fluidos mencionados anteriormente se lo diluyen con agua en una relación general del 3.5% pero estas cantidades pueden variar dependiendo del fabricante, otra de las características de estos aceites es que al entrar en contacto con el agua tienden a cambiar su apariencia y toma un color blanquecino lechoso y presenta un pH de 8-10 lo que lo sitúa en un nivel parcialmente alcalino [10].

A estas taladrinas se las puede clasificar en 3 tipos

➤ **Emulsiones de aceite (mineral, vegetal o animal)**

Este tipo de emulsiones se encuentra prioritariamente en procesos de mecanizados como el laminado de metales, la extrusión y la deformación entre los cuales destacan la estampación y embutido. [10]

La medida para la dilución de estas emulsiones suele ser por lo general de 4% pero según recomendaciones del fabricante puede ser la disolución entre un 2.5% y 15%, estas también son usadas comúnmente con concentraciones mayores para la protección de metales creando una pequeña película que disminuye el ataque corrosivo del medio ambiente que contienen una base de aceites minerales aproximadas a un 60% y usando un 10% de agua. [10]

➤ **Taladrinas semi-sintéticas**

Estos tipos de taladrinas son muy usadas en procesos donde existe generación de calor, muy comúnmente usado en los procesos donde existe arranque de viruta como son: torneado, fresado entre otras. Su disolución es similar al anteriormente mencionado y la concentración de aceite mineral es de un 20% y un 10% de agua. [10]

➤ **Taladrinas sintéticas**

Estas taladrinas son muy usadas en el campo en donde se necesita eliminar toda la concentración de calor como los procesos de rectificado además de que estos controlan el ataque corrosivo, en estos la presencia de aceites minerales base es casi nula y se ocupa de un 50% a 75% de agua estas taladrinas suelen ser una de las mejores en cuanto a las características que poseen, pero en cuestión económica no son muy factibles. [10]

2.1.3.3 Funciones de los fluidos de corte

Los fluidos de corte con todas las características anteriormente citadas deben cumplir diferentes funciones, pero las más requeridas en el medio del mecanizado de metales son: [10]

- **Lubricación**, la cual se encarga de disminuir la fricción entre la herramienta de corte y el material mecanizado además de disminuir las fuerzas que se actúan en el mecanizado.
- **Refrigeración**, es otra de las misiones del refrigerante por inundación el continuo contacto entre la herramienta de corte y el material producen calor el cual la lubricación no lo elimina por completo, he ahí donde entra a actuar el fluido de corte para lograr la disminución de calor.
- **Eliminación de la viruta** del punto de mecanizado, el fluido de corte debe tener un caudal adecuado el mismo que debe ayudar a evacuar los residuos generados para que estos no interfieran con el acabado superficial de la pieza mecanizada.
- **Protección a la corrosión**, como se mencionó antes los procesos de inundación antiguamente se lo realizaba con agua, pero esta creaba un inconveniente al generar Óxido en la pieza mecanizada, en la herramienta de corte e incluso en la máquina herramienta, con el avance tecnológico se

desarrolló nuevos fluidos de corte donde se incorporó diferentes aditivos que previenen en alto grado la corrosión.

- **Disminución en el desgaste de la herramienta de corte** al usar los fluidos de corte se debe tomar en cuenta que estos disipan el calor y aminoran las fuerzas generadas en el mecanizado, así que con todos estos efectos siendo suprimidos la herramienta de corte aumenta su vida útil lo que genera ciertos efectos.
- **Mejora del acabado superficial** como un efecto de la lubricación en el mecanizado la herramienta de corte alarga su vida útil por lo que a su vez un mejor filo denota como un mejor acabado superficial al existir menos irregularidades en el flanco principal y así evitando el incremento de crestas no deseadas en el acabado. [10]

2.1.3.4 Efectos negativos del sistema de inundación

El método de inundación cumple con la mayoría de los requerimientos necesarios para ser un excelente método combinando lubricación, refrigeración, eliminación de viruta y protección ante la corrosión pero ningún método tiene una eficacia del 100% causando daños a los operarios de la máquina y al usar agua como componente causa daños al medio ambiente y el tratamiento de estos residuos ocasiona costos que se ven reflejados en la producción. [10]

El National Toxicology Program en USA, la Convención de Oslo y un proyecto de Directiva de la Unión Europea determina que en las taladrinas hay cuatro componentes que resultan peligrosos para la salud de las personas. [10]

- Dietamina y derivados
- Nitrito sódico, alquifenoles y ácido cresílico
- Parafinas cloradas
- Biocidas

Con la presentación de estos estudios se ha buscado la nueva aplicación de leyes legislativas que puedan frenar el uso de taladrinas e impulse la investigación de nuevos métodos que permitan mantener la eficiencia del método de inundación y no causen efectos negativos en los mismos. [10]

Los fluidos de corte son controlados y regulados con la norma ISO 6743/7-1986 (E) la misma que los califica como productos usados a nivel industrial ISO-L-M. (M FAMILIA METAL WORKING). (L- CLASE “LUBRICANTS”). Esta norma clasifica a los fluidos de corte en dos categorías MH o aceites puros y los MA o fluidos con base de agua también conocidos como acuosos. [10]



Figura 2.13 Máquina herramienta con método de inundación [14]

Como se especificó anteriormente los fluidos de corte o taladrina suponen un buen método técnico metalmecánico pero con efectos secundarios muy graves que ocasionan gastos para su tratamiento y a su vez estos generan un aumento en el costo de producción por lo cual la búsqueda de nuevos métodos que ayuden al mecanizado de metales siguen siendo estudiados. [10]

2.1.4 Utilización de gases refrigerantes o métodos criogénicos

Una alternativa que se ha buscado emplear como apoyo al mecanizado en seco es el uso de refrigerantes en forma gaseosa. Un ejemplo de este método sería el uso de aire comprimido. Varios estudios se han enfocado en torno a esta alternativa de usar el aire como refrigerante pero para que este llegue a ser más efectivo se ha concluido que se debe refrigerar previo a su uso. Otros gases como el argón, helio y nitrógeno que en algunas ocasiones y para efecto de soldadura son usados para prevenir la oxidación de la pieza y las virutas han demostrado ser un aporte beneficioso para la teoría, pero el alto coste de estos los convierte en un factor de impacto negativo en la producción. [10]

Estudios que provienen de Rusia evidencian que un nuevo proceso en donde a través de la ionización de aire presurizado y este aplicado de manera puntual en la zona donde se efectúa el corte, busca llegar a las propiedades que ofrecen ciertos fluidos básicos de corte; donde se observa que el aire a presión presenta características de enfriamiento similares a las funciones de fluidos refrigerantes y la ionización de este se encarga de las funciones de un fluido lubricante a través de la reacción química de la oxidación que se genera en la zona puntual donde se ataca el mecanizado. [10]

El denominado método criogénico consiste en el mecanizado de los metales pero sometidos en su punto de ataque con gases que son usados en métodos del mismo nombre, donde se ha encontrado que estos ayudan a la disipación del calor de una manera efectiva, pero sin un control preciso de los mismos, puede afectar la microestructura del metal base o de la herramienta de corte llegando a presentar daños en el proceso. [10]

2.1.4.1 Proceso "coldcut"

Este sistema se deriva principalmente de los estudios anteriormente mencionados donde se utiliza aire frío y mínimas cantidades de lubricante que sean amigables con el medio ambiente siendo estas de origen vegetal o sintético, los datos arrojados

muestran que este método disminuye en un 98% el uso de aceites lubricantes tóxicos usados comúnmente en el mecanizado. [10]

2.1.5 Sistema de mínima cantidad de lubricación (MQL)

El sistema de mínima cantidad de lubricación es uno de los nuevos métodos que se está usando en el mecanizado de metales y consiste en el ataque directo de aceite a base de fluidos de corte biodegradable no perjudiciales para el medio ambiente ni para el operador de la máquina herramienta [10]

Este tipo de sistema tiene 3 métodos principales que sobresalen y se pueden definir como su carta de presentación.

- 1- Por una parte existen sistemas de mínima cantidad de lubricante a baja presión el cual utiliza de 0.5 a 10 l/h y funciona mezclando el aceite vegetal con aire a presión el cual se envía al punto de ataque. El problema de este método es que su control es bastante dificultoso, además que este método produce nubosidades por la atomización del aceite la cual no es toxica, pero puede llegar a ser molesta en el medio de trabajo.
- 2- Otro tipo de sistema aplica un método intermitente en el cual el aceite es enviado al punto de ataque por medio de un sistema de bombas sin la necesidad de aire pero al ser bombas hidráulicas, la dosis del fluido no es tan reducida por lo que su uso solo se limita a procesos de mecanizado intermitentes, este sistema al no usar aire comprimido no genera nubosidades en el medio de trabajo.
- 3- Y por último el más efectivo y representativo de los sistemas, es donde el aceite es transportado por una bomba a una boquilla donde se encarga de unir el aceite y el aire comprimido atomizándolo pero evitando que se genere nubosidades, este nuevo método conjuntamente con los aceites biodegradables no tóxicos presentan una nueva era en el ámbito del mecanizado por desbaste y arranque de viruta. Este tipo de sistema MQL supone una interesante combinación entre el método de mecanizado en seco y el convencional método del sistema de inundación, una gran diferencia entre el método de inundación es que presenta

un total ataque en toda la zona de herramental, material y máquina, mientras que el método MQL solo presenta un ataque puntual en el contacto entre la herramienta de corte y la pieza mecanizada. [10]

2.1.5.1 Funcionamiento básico del sistema MQL más representativo.

Una parte esencial del proceso es que el lubricante participa durante todo el mecanizado por lo cual no es necesaria una previa preparación para su uso tomando en cuenta que una corriente de aire se une a una gota de lubricante por medio de una boquilla que evita que se formen nubes, además de que el ataque se lo lleva puntual entre los puntos de fricción y la viruta que se genera, este sistema garantiza una excelente lubricación el diseño básico del sistema que consiste en: [11]

El diseño básico consiste en lo siguiente.

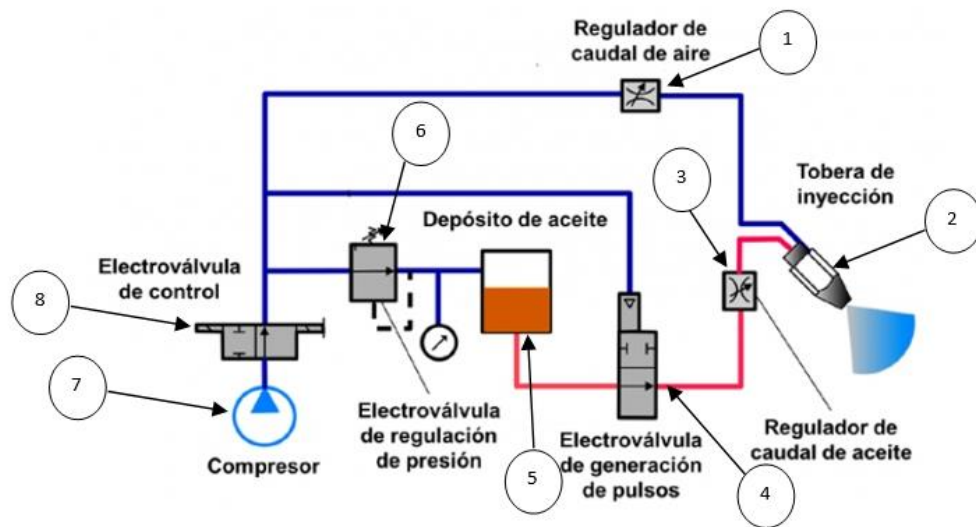


Figura 2.14 Sistema MQL [15]

Componentes principales del sistema MQL

1. Regulador de caudal de aire.
2. Tobera de inyección
3. Regulador de caudal de aceite.
4. Electroválvula de generación de pulsos
5. Electroválvula de regulación de presión.

6. Depósito de aceite
7. Compresor
8. Electro válvula de control.
9. Conexión de aire comprimido

Representación esquemática de MQL y su funcionamiento.

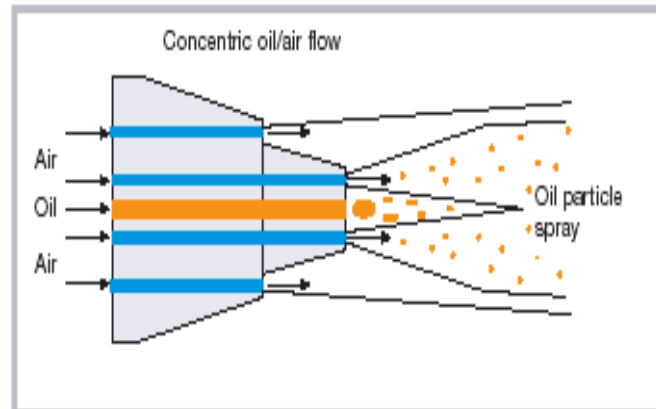


Figura 2. 15Esquema de la boquilla del sistema MQL.

En la figura 2.15 se observa el principio de funcionamiento de la boquilla del sistema MQL, en donde se produce la mezcla del aire y el aceite, produciendo un spray de partículas de aceite, los mismos que reemplazarán a los lubricantes tradicionales.

En resumen podemos decir que las partes principales de este sistema son:

1. Generador de aerosol
2. Boquilla
3. Compresor

El uso del sistema MQL muestra un gran avance en cuanto a la situación de lubricación pero en cuanto se refiere a disipación del calor generado por fricción aún no se logra una refrigeración adecuada como se podría comparar con el método tradicional de inundación por esta razón se está buscando nuevas formas de mejorar este sistema usando nanopartículas con fluidos vegetales y disipar el calor. [11]

2.1.6 Sistema de mínima cantidad de lubricación con uso de nano fluidos

El sistema de nanofluidos es una extensión del sistema de mínima cantidad de lubricación, es la composición de un lubricante seleccionado con nanopartículas de diferentes metales que proporcione buenas propiedades tribológicas además de que este método fue desarrollado pensando en los intercambiadores de calor, el estudio de nuevos fluidos que permitan el mejoramiento de la transferencia de calor han arrojado como resultado que la inclusión de partículas mejoran la transferencia de calor. [12]

La idea de nanofluidos fue adoptada Stephen U.S. Choi in the en 1995 en el Argonne National Laboratorio en U.S.A. Usando pequeñas cantidades de partículas de un tamaño de 100nm, y aunque es una técnica particularmente nueva ha presentado resultados favorables que exponen un gran avance en la disipación de calor; por lo cual se lo está implementado en varios sistemas de intercambiadores de calor donde los fluidos base no son suficientes. También se lo está usando de una manera de contacto de punto en la industria del mecanizado de metales donde en una fusión con el sistema de mínima cantidad de lubricante se ha demostrado que mejora el sistema básico de solo lubricación del MQL, además que estas partículas presentan propiedades tribológicas que mejoran en el acabado superficial de las piezas mecanizadas. [12]

Uno de los desafíos que se ha creado con esta nueva tecnología supone la implementación de una mejora en la cantidad de dispersión de las nanopartículas con lo que esto conllevaría una búsqueda por aumento de presión sin causar un costo adicional por aumentar la potencia de bombeo. [12]

2.1.6.1 La preparación de nanofluidos

La preparación de nanofluidos es el primer paso clave en el estudio de los mismos. Los nanofluidos se obtienen de una mezcla de un fluido y nanopartículas dispersando partículas nanométricas a escala sólida en líquidos de base tales como agua, Etilenglicol, aceites sintéticos semi-sintéticos e incluso aceites de origen vegetal, etc. [12]

En la preparación, mezcla y síntesis de los nanofluidos, la aglomeración que se presenta es uno de los mayores problemas. La complicada y delicada preparación de un nanofluido es uno de los pasos principales y con una gran importancia porque estos necesitan suspensiones estables así como también presentar bajos niveles de aglomeración de las nanopartículas y ningún cambio químico del fluido, éstos pueden causar reacciones negativas en las suspensiones [12]

Una de las alternativas para la estabilización de las suspensiones es cambiar el valor de pH de la misma así procurando desarrollar un estado óptimo para conservar el equilibrio. Otra técnica que se encuentra en desarrollo es el uso de arena activadora de superficie o dispersantes que eviten la aglomeración, e incluso ha buscado la manera de mezclar usando vibración ultrasónicas para que las nanopartículas se dispersen por todo el fluido. [12]



Figura 2. 16 homogeneizador ultrasónico [16]

Estos métodos de exploración cambian las propiedades superficiales de las partículas en suspensión y pueden usarse para suprimir la formación de aglomerados de partículas con el fin de evitar una suspensión inestable. El uso de estas técnicas depende de la aplicación requerida del nanofluido [12]

Existen varios nanofluidos en el mercado de los que sobresalen los siguientes:

1- Óxido de zinc

Nanofluido de Óxido de zinc, se sintetizaron nanopartículas de ZnO las cuales poseían la propiedad de solubilidad en agua. Estas soluciones fueron sonicadas en el lapso de una hora donde luego se añadió una apropiada cantidad de acetona acetona (acac) como dispersante la misma que fue sonicada nuevamente durante 10 min mostrando que los nanofluidos presentaban una estabilidad de 9 meses a 1 año. [12]

2- La alúmina

Debido a su costo económico es considerado como uno de los materiales más rentables, además de ser utilizados en la familia de las cerámicas que prestan sus propiedades para usos de ingeniería, a estas nanopartículas se las preparó con Al₂O₃/etilenglicol, en una mezcla ultrasónica durante varios minutos para lograr la obtención de una dispersión uniforme. Estos estudios informaron que las dispersiones mostraron permanecer uniformes durante la duración de los experimentos. [12]

3- Dióxido de silicio

El material base de este dióxido es la sílice la cual se la puede calificar como un material cerámico la misma que es ampliamente utilizado como base arenosa de otros productos cerámicos además de que también se la puede usar como un material por su cuenta. La sílice presenta una buena resistencia a la abrasión, aislamiento eléctrico y alta estabilidad térmica siendo está muy usada en plantas o estaciones eléctricas. En el experimento realizado se dispersó las nanopartículas de dióxido de silicio (SiO₂) en agua destilada, y luego la suspensión fue sonicada por un continuo ataque de ultrasonidos durante un periodo de 90 min, donde se observó que los nanofluidos con base de sílice se conservaron estables durante un período de 72 h sin mostrar ningún asentamiento visible. [12]

4- Nanotubos de carbón y nanofluidos

Las nanopartículas provenientes del carbono presentan ciertas variaciones nanométricas que presentan formas cilíndricas llamadas nanotubos de carbono. También se presentan ciertos tipos de formaciones nanométricas del mismo tipo de nanotubo de carbono se los llama nanotubos de carbono de paredes múltiples porque estos presentan un conjunto con varios tubos concéntricos en una misma configuración. Uno de los pasos críticos dentro del procedimiento de la preparación de nanofluidos de carbono es el acople y dispersión de nanotubos de carbono en el fluido base. Debido a la alta relación de aspecto de los nanotubos de carbono y fuertes fuerzas que se presentan entre las superficies de carbono, la dispersión de estas en un medio acuoso puede ser un desafío. Los nanotubos de carbono son de naturaleza hidrófoba y por lo tanto no puede dispersarse en agua en condiciones normales.

Generalmente hay dos métodos para dispersar los nanotubos de carbón en los fluidos base que son mecánicos y químicos. [12]

2.1.6.2 Propiedades de los nanofluidos

Las propiedades de los nanofluidos se basan principalmente en cinco parámetros:

Termo fluidos, transferencia de calor, partículas, coloides y lubricación. En la propiedad del termofluido se incluyen las variaciones de temperatura, viscosidad, densidad, el calor específico y la entalpía. Los parámetros en la transferencia de calor son la conductividad, capacidad calorífica, número de Prandtl y caída de presión. Los parámetros basados en las partículas son tamaño de las mismas, la forma en como estas se adapten, la superficie y fase cristalina. Basado en las propiedades coloidales son la estabilidad de la suspensión, el potencial Zeta y el pH. Las propiedades basadas en la lubricación fueron viscosidad, índice de viscosidad, coeficiente de fricción, tasa de desgaste y presión extrema. Uno de los principales puntos a destacar es que las propiedades de los nanofluidos se discuten en detalle. Las propiedades de los nanofluidos son muy diferentes del fluido base. [12]

➤ Dióxido de Titanio TiO_2

Una de las nanopartículas también muy usadas en los nanofluidos es el dióxido de Titanio, el cual se presenta en tres tipos de formas de cristal que se mantienen con su nombre original del idioma inglés, brookite, anatase y rutilo. Brookite se denomina a una estructura cristalina que presenta inestabilidad, por lo cual esta no presenta ningún valor a nivel de industrial, al contrario de lo que sucede con las dos formas de cristal restantes, anatase y rutilo las cuales presentan estructuras estables que son a diferencia de la anterior muy cotizadas en el sector industrial, estas presentan la característica de un pigmento blanco muy importante que a comparación de otros tipos de nanopartículas que se presentan en stock en el mercado. Éste es bien aceptado por sus características de resistencia y estabilidad química; además de presentar un beneficio altamente valorado, su presencia es libre de toxicidad. En los estudios realizados esta fue preparada diluida 30-40% en peso de agua destilada de alúmina y nanofluido de agua destilada de Titanio procurando mantener el pH a un nivel donde no se presenten cambios, es decir constante. A esta suspensión también se la sometió a ultrasonido durante un periodo de 3 minutos para obtener una mezcla homogénea. Según la información emitida por el fabricante éste especifica que las suspensiones de alúmina y Titanio son estabilizadas utilizando octil-silano y poliacrilato de amonio, una de las observaciones presentadas indica que las partículas incluso después de ser sometidas al proceso de sonicación las nanopartículas siguieron presentando la formación de aglomerados relativamente grandes con el tamaño de 200nm y 140nm para la alúmina y Titanio, respectivamente. En el estudio verificaron la eficiencia de dispersión de los nanofluidos de agua de Al_2O_3 (15% en peso) y TiO_2 (25% en peso), que fueron preparados y mezclados dos partes una por el método de agitación mecánica, y la segunda fue sonicada a 25 kHz durante 48 horas donde se llegó a la conclusión que la sometida a ultrasonido muestra una mejor eficiencia en comparación del método de dispersión por simple agitación mecánica, pero ambos nanofluidos mostraron estabilidad durante un periodo mayor a un mes. [12]

2.1.7 Herramientas de corte para el mecanizado de torneado

Existen varios tipos de herramientas que se pueden denominar herramientas de corte integrales las mismas que presentan diferentes figuras geométricas, entre las que se mencionan: redondas, cuadradas y rectangulares las mismas que están compuestas de acero que presentan una alta dureza en los extremos para que estas sean un filo cortante excelente, además de que presentan diferentes ángulos de ataque que se los denomina ángulos de incidencia y que de acuerdo al tipo de mecanizado son seleccionados. Estas herramientas integrales pueden realizar los diferentes procesos que resulten necesarios en la producción de piezas mecánicas usando procesos de cilindrado, biselado roscado, refrentado, tronzado, redondeo etc. [9]

Por otra parte se han venido desarrollando otro tipo de herramientas de corte de metal duro denominado inserto intercambiable o plaquitas las cuales son consideradas una gran mejora y avance tecnológico en el mecanizado de metales, estos insertos presentan varias formas geométricas y dependiendo de su geometría pueden presentar varios filos con diferentes caras, estas plaquitas están construidas con varios materiales que presentan excelentes combinaciones de propiedades mecánicas. Existen varias combinaciones de los metales base para las plaquitas de metal duro, pero en general son hechos de diferentes carburos y cerámicas. [9]



Figura 2. 17 Geometrías de insertos de metal duro [13]

Los insertos de metal duro anteriormente mencionados son colocados sobre soportes especiales denominados porta herramientas que se encuentran estandarizados por los diferentes fabricantes y proveedores. Estos portaherramientas generalmente vienen equipados con diferentes sujeciones que permiten asegurar el inserto ya sea por medio

de tornillos, grapas o medios apalancados. En la creación de estos insertos de metal duro se buscó la manera de adaptar los diferentes componentes del inserto para el mecanizado de varios tipos de materiales que en la industria son necesarios para la elaboración de piezas mecánicas requeridas, cabe recalcar que en ocasiones un inserto puede ser utilizado en dos o más tipos de materiales, siempre y cuando los parámetros de mecanizado sean acorde a los indicados y recomendados por el fabricante, otro aspecto relacionado a parte de la implicación del material que va ser trabajado, también es el tipo de trabajo que se va a realizar para seleccionar la geometría de la herramienta adecuada. Es así que para aprovechar al máximo todos los beneficios que proveen los insertos de metal duro es importante tener claro todos los parámetros necesarios del mecanizado y así seleccionar el mejor inserto con su respectivo portaherramienta para el proceso. [9]



Figura 2. 18 Portaherramientas para insertos de metal duro [13]

2.1.7.1 Vida útil en las herramientas de corte

La vida útil de un producto o herramienta está determinada en función de la calidad de trabajo que desempeñe, si al realizar su propósito muestran fallas pueden ser muestras evidentes que su vida útil ya pasó, en el proceso de mecanizado la vida útil de la herramienta de corte llega a ser un parámetro muy importante ya que de esta depende la calidad y acabado de la pieza mecanizada. El desgaste en la herramienta de corte de metal duro es uno de los fenómenos más comunes que presentan el proceso de torneado, se inicia por la pérdida progresiva del filo de ataque principal y secundario el mismo que es causado por el ambiente hostil que se desarrolla en el contacto entre la herramienta y el material, donde se produce grandes concentraciones de calor además de que se encuentran sometidas a diferentes fuerzas. [9]

El desgaste de la herramienta de corte causa un efecto inexacto en el proceso, lo que traducido a la economía significa un incremento en el costo de producción, por tal motivo las empresas dedicadas a la producción de herramientas de metal duro han realizado varios estudios donde las fallas más comunes presentadas son las siguientes:[9]

- **Falla por fractura:** Esta falla es recurrente cuando los parámetros de corte no son debidamente calculados, por lo que las fuerzas de corte resultan ser excesivas provocando que el inserto sufra fracturas en el filo principal e incluso puede acabar por la una rotura completa.
- **Falla por temperatura:** El exceso de temperatura en el filo de corte principal de la herramienta puede causar ablandamientos o deformación plástica, la misma que causa fallas en las tolerancias de mecanizado.
- **Desgaste gradual:** El desgaste gradual es uno de los desgastes más comunes que sufren las herramientas de corte y se debe al uso de las mismas por un periodo de tiempo extenso donde su filo se ha perdido forma y no es apto para realizar las operaciones para las que fue destinada.

En la figura 2.19 se muestran los desgastes más comunes que sufre la herramienta de corte



Figura 2. 19 Desgaste en la herramienta de corte [9]

El desgaste de flanco se presenta en el filo principal de la herramienta y para saber si esta ya ha cumplido su vida útil se utilizan los siguientes parámetros [5]

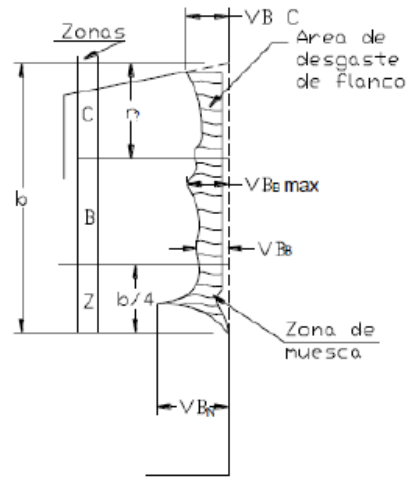


Figura 2. 20 Zonas de desgaste en el flanco de la herramienta de corte [9]

Dónde:

- A. Zona C: Es la parte curva del filo de corte en la esquina de la herramienta.
- B. Zona N: Representa la cuarta parte de la longitud del filo de corte b , es la zona más lejana de la esquina de la herramienta.
- C. Zona B: Es la parte recta remanente que se encuentra entre la zona C y la zona N.

El ancho de la zona de desgaste de flanco debe de ser medido en la zona B, perpendicular al principal filo de corte, el ancho debe ser medido desde la ubicación original del principal filo de corte. [5]

La norma ANSI/ASME B94.5M para criterio de desgaste recomienda que la zona intermedia del flanco que va a ser analizado se la denomine VB_B o VB_B , y para que ésta sea aplicada con eficacia se debe tomar los siguientes criterios. [5]

1. VB_B , promedio de desgaste = 0.3 mm
2. VB_B , desgaste máximo. = 0.6 mm, si el desgaste es irregular

2.1.8 Acabado superficial

El acabado superficial es uno de los parámetros que influyen en la precisión dimensional, pero hay que recordar que el acabado superficial no es más que un complemento final de todo el proceso que lo antecede como es el desbastado, el mismo que se encargó de retirar la mayor parte del exceso de material. El desbaste es el proceso donde la remoción de material es mínima y se encarga de dar un aspecto más estético a la pieza mecánica y proporcionarle las tolerancias requeridas. [9]

En este procedimiento la herramienta de corte juega un papel muy importante, donde el radio de la punta del inserto de metal duro y el avance son los parámetros más influyentes, pero con los avances en los materiales de los insertos la velocidad de corte también es un factor favorable del acabado. [9]

Para la eliminación de valles espirales que se generan por el mecanizado se ha encontrado que para el acabado superficial es mejor la utilización de radios grandes de punta en la herramienta de corte como se demuestra a continuación en la figura 2.21. [9]



Figura 2. 21 Marcas producidas por la herramienta de corte [13]

2.1.8.1 Rugosidad (Ra)

Es una función la cual nos ayuda a determinar y representar las desviaciones existentes en la medición de un perfil, en las cuales se las toma como referencia diferentes puntos del perfil y una línea media, para ciertos instrumentos electrónicos digitales el perfil medido se lo denomina con la variable ($Z(x)$), el conjunto de puntos tomados se los denomina (Z_i) y el intervalo de este valor medido se lo denomina (d_0). [4]

$$Ra = \frac{1}{L} \int_0^L |Z(x)| dx \quad \text{Ecuación 2.3}$$

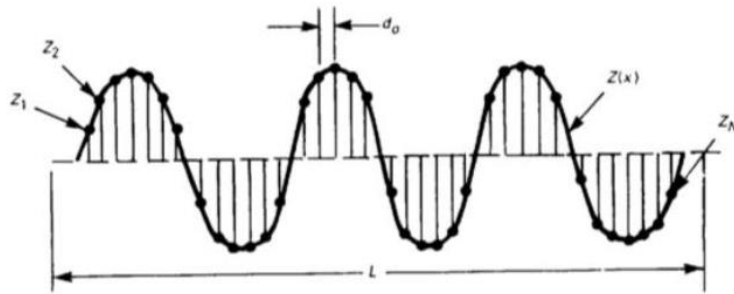


Figura 2. 22 Figura ilustrativa para el cálculo de rugosidad promedio Ra [8]

El factor de rugosidad media Ra no es más que el valor de la media aritmética de los valores absolutos que se encontraron tanto en los extremos de las crestas y los valles de rugosidad dentro del intervalo de medición, de una forma simplificada el valor de Ra es la suma de las zonas sombreadas del perfil analizado. [4]

2.1.8.2 Equipo medidor de rugosidad SJ-210

El rugosímetro SJ-210 es un instrumento de medición portátil, el mismo que cuenta con un peso de 0,5 kg. Su manufactura y diseño ergonómico se ajustan para ser utilizado con una sola mano, al contar con una batería lo hace una herramienta perfecta para ser usada en campo. Este instrumento de medición cuenta con un máximo de 360 μ m (-200 μ m a +160 μ m), este mismo instrumento puede mostrar varios parámetros de seguridad en una superficie. [13]



Figura 2. 23 Equipo medidor de rugosidad SJ-210 [17]

Este modelo cuenta con una unidad de avance que puede ser separada de la base, la misma que cuenta con el display, lo cual permite que sea usado en espacios reducidos, además de tener diferentes componentes que pueden ayudar a la adaptación de la geometría de la superficie de la pieza a ser medida y en cuanto a su fuente de energía cuenta con una protección para el acumulador que se lo conoce como auto-sleep que se encuentra programado para que se active 30 segundos después de que el instrumento se encuentre en inactividad. [13]

2.1.9 Aceros inoxidables

Como su nombre lo indica los aceros inoxidables son aquellos aceros que presentan una alta resistencia a la corrosión porque han sido fabricados como una aleación de al menos 10% de contenido de cromo el cual fortalece su resistencia a la corrosión e incluso en otras presentaciones muestran una concentración de 12% a 18%. [9]

- 1- La ANSI denomina a casi todos estos aceros inoxidables en las series 200, 300 y 400, donde estos grupos pertenecen a aceros inoxidables austenítico, ferroso, y martensítico.
- 2- Los aceros inoxidables austenítico se los denomina con la serie 200 y 300, estos aceros no son susceptibles a tratamientos térmicos y sus propiedades finales dependen del trabajo en que se usan.
- 3- Los aceros inoxidables ferrosos se los denomina con la serie 400, estos aceros presentan una notable resistencia y desempeño a elevadas temperaturas a más

de ser magnéticos, éstos son susceptibles a tratamientos térmicos para mejorar sus propiedades.

- 4- Los aceros inoxidables martensíticos también están denominados por la serie de los 400, éstos son magnéticos, susceptibles a tratamientos térmicos y presentan una resistencia más alta que los de la serie 200 y 300. [9]

2.1.9.1 Maquinabilidad del acero inoxidable AISI 304

El acero AISI 304 al ser uno de tipo austenítico tiende a producir virutas con geometrías largas de carácter continuo con ciertas características tenaces, las mismas que en contacto con las placas de corte de metal duro tienden a aumentar el desgaste con carácter de cráter en la misma, lo que dificulta su mecanizado. Otro de los inconvenientes que se presentan en el mecanizado de este tipo es que si se mecaniza sin una adecuada refrigeración y lubricación tiende a endurecer, por lo cual toda esa concentración de energía no disipada se inclina a transformar de austeníticometa estable a martensita. En resumen se puede decir que la maquinabilidad del material depende de los siguientes factores según el punto de vista de operación de la herramienta de corte: [9]

- a. Vida de la herramienta
- b. Formación de viruta
- c. Acabado superficial
- d. Fuerza de corte y potencia
- e. Tendencia al filo recrecido

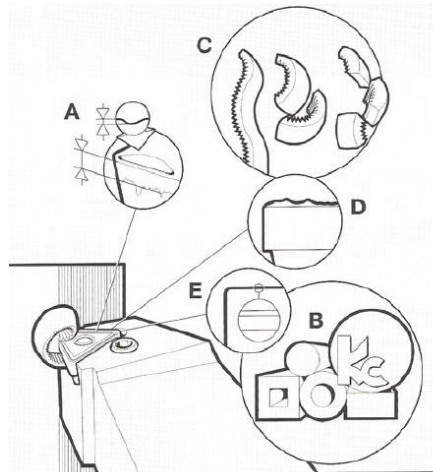


Figura 2. 24 Criterios de Maquinabilidad [13]

En la tabla 2.1 se muestra las propiedades de los aceros inoxidable incluyendo el acero inoxidable 304.

Tabla 2. 1 Propiedades de los aceros inoxidable [13]

<i>Designación del material</i>		<i>Condición</i>	<i>Resistencia a la tracción</i>		<i>Resistencia a punto cedente</i>		<i>Ductibilidad (elongación porcentual en 2 pulg)</i>
<i>Número AISI</i>	<i>UNS</i>		<i>Ksi</i>	<i>MPa</i>	<i>Ksi</i>	<i>MPa</i>	
Aceros austeníticos							
201	S20100	Recocido	115	793	55	379	55
		1/4 duro	125	862	75	517	20
		1/2 duro	150	1030	110	758	10
		3/4 duro	175	1210	135	931	5
		Totalmente duro	185	1280	140	966	4
301	S30100	Recocido	110	758	40	276	60
		1/4 duro	125	862	75	517	25
		1/2 duro	150	1030	110	758	15
		3/4 duro	175	1210	135	931	12
		Totalmente duro	185	1280	140	966	8
304	S30400	Recocido	85	586	35	241	60
310	S31000	Recocido	95	655	45	310	45
316	S31600	Recocido	80	552	30	207	60
Aceros ferríticos							
405	S40500	Recocido	70	483	40	276	30
430	S43000	Recocido	75	517	40	276	30
446	S44600	Recocido	80	552	50	345	25
Aceros martensíticos							
410	S41000	Recocido	75	517	40	276	30
416	S41600	Q&T 600	180	1240	140	966	15
		Q&T 1000	145	1000	115	793	20
		Q&T 1400	90	621	60	414	30
431	S43100	Q&T 600	195	1344	150	1034	15
440A	S44002	Q&T 600	280	1930	270	1860	3

2.2 HIPÓTESIS

¿El uso del fluido nano lubricante (ACEITE LUBRICANTE + TiO₂) mejorará el acabado superficial en el torneado del acero AISI 304?

2.3 SEÑALAMIENTO DE VARIABLES DE LA HIPÓTESIS

2.3.1 VARIABLE INDEPENDIENTE

Efecto del nano lubricante (ACEITE LUBRICANTE + TiO₂).

2.3.2 VARIABLE DEPENDIENTE

En el acabado superficial del torneado del acero inoxidable AISI 304

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN

3.1.1 Descriptivo:

Principalmente al ser un trabajo experimental, se usará como parte de la metodología el método descriptivo, con el cual todos los fenómenos que se presenten en el estudio serán registrados con un alto grado de detalle para no omitir ningún dato que pueda ser de interés en el estudio.

3.1.2 Exploratorio:

Con el método exploratorio se podrá llevar a cabo una investigación a profundidad e indagar acerca de los diferentes resultados en otros estudios que en un punto de la investigación compartirán relación y serán de gran ayuda para definir ciertos parámetros con respecto al mecanizado del acero inoxidable AISI 304 y el acabado superficial del mismo.

3.1.3 Bibliográfico:

El método bibliográfico es una de las bases más importantes para este proyecto ya que al ser un estudio relativamente nuevo en el país solo obtendremos información válida por medio de bibliografías e investigaciones internacionales y verificar las diferentes fuentes en donde éstas se basaron para su realización.

3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1 POBLACIÓN

Se utilizará un inserto de metal duro, el cual posee cuatro puntas independientes para el respectivo mecanizado, en donde cada ensayo se lo efectuará con una punta nueva para que estos sean realizados exactamente bajo las mismas condiciones, en estos procesos los factores principales a tener en cuenta son la velocidad de corte, la velocidad de avance y el radio de punta de la herramienta sobre el material a ser tratado. A parte de estos factores, cada uno trabajará con un método diferente de refrigeración y lubricación como son el mecanizado en seco, el sistema de mínima cantidad de lubricación (MQL) y el sistema de mínima cantidad de lubricación con la inclusión de nanopartículas de Óxido de Titanio en diferentes concentraciones.

3.2.2 MUESTRA

Para el estudio se aplicó el método ortogonal de Taguchi, con ayuda de un software estadístico, se calculó un total de 4 probetas a ser analizadas con diferentes combinaciones de los factores antes mostrados, además de que éste solo es considerado como un grupo como se muestra en la tabla 3.1, por lo que cada grupo tendrá un sistema diferente de lubricación y refrigeración para así obtener los mejores resultados en cuanto compete al acabado superficial en el acero inoxidable AISI 304.

Tabla 3. 1 Combinación de factores aplicables para cada sistema de lubricación

Probeta	Radio (r)	Velocidad de husillo (N)	Velocidad de avance (Vf)
01	menor	prom.	prom.
02	menor	max.	max.
03	mayor	prom.	max.
04	mayor	max.	prom.

3.3 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

3.3.1 Variable independiente: Efecto del nano lubricante (ACEITE LUBRICANTE + TiO₂)

CONCEPTO	CATEGORÍA	INDICADOR	ÍTEMS	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
Los nanofluidos son una nueva clase de fluidos de ingeniería producidos mediante la dispersión de materiales de tamaño nanométrico menor que 100nm (nanopartículas, nanotubos, nanofibras, nanoalambres, nanovarillas, o gotas) en fluidos de base. En otras palabras, nanofluidos son suspensiones coloidales a nanoescala que contienen nanomateriales condensados. Son un sistema de dos fases con una fase sólida dispersada en otra fase líquida.	<ul style="list-style-type: none"> • Lubricante • Máquina herramienta • Inserto de metal duro 	<ul style="list-style-type: none"> • Tipo de lubricación • Caudal en el sistema • Presión del sistema • Velocidad de corte • Velocidad de avance • Radios de punta 	<ul style="list-style-type: none"> • Seco • MQL • MQL+TiO₂ • (8cm³/min) (480ml/h) • 2 Bar • (215-190) m/min • 0.175 mm/r • R1 0.4mm • R2 0.8mm 	<ul style="list-style-type: none"> • Hojas de cálculo • Ensayos de Laboratorio • Toma de Datos • Hojas de cálculo • Ensayos de Laboratorio • Toma de Datos • Hojas de cálculo • Ensayos de Laboratorio • Toma de Datos

Fuente: Autor

3.3.2 Variable dependiente: **En el acabado superficial del torneado del acero inoxidable AISI 304**

CONCEPTO	CATEGORÍA	INDICADOR	ÍTEMS	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
<p>Acabado superficial abarca un rango amplio de procesos industriales que alteran la superficie de un elemento de fabricación para lograr una propiedad determinada. Los procesos de acabado puede emplearse para: mejorar la apariencia, adhesión, soldadura, resistencia a la corrosión, resistencia química, resistencia al desgaste, dureza, modificar la conductividad eléctrica, y otros defectos superficiales y control de la superficie de fricción.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Acabado superficial <p>COMPLEMENTARIO</p> <ul style="list-style-type: none"> • Desgaste de la herramienta 	<ul style="list-style-type: none"> • Ra promedio <ul style="list-style-type: none"> • Desgaste de flanco 	<p>Grado N9 – N6 ($6.3 > Ra > 0.8$) μm</p> <p>VB_B, promedio de desgaste = 0.3 mm VBB, desgaste máximo. = 0.6 mm, si el desgaste es irregular</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Hojas de cálculo • Ensayos de Laboratorio • Toma de Datos <ul style="list-style-type: none"> • Hojas de cálculo • Ensayos de Laboratorio • Toma de Datos

Fuente: Autor

3.4 PLAN DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

Para recolectar los datos que proporcionen los distintos ensayos que se llevarán a cabo con el mecanizado del acero AISI 304, se usará las diferentes hojas de registro o control preparadas especialmente para este estudio a más de usar hojas de cálculo que puedan ayudarnos a mantener un orden determinado y así poder facilitar su posterior uso en el desarrollo de diagramas y gráficas demostrativas, los datos de rugosidad serán tomados con ayuda del Rugosímetro Mitutoyo que se encuentra en las instalaciones de los laboratorios de la carrera de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica.

3.5 PLAN DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS

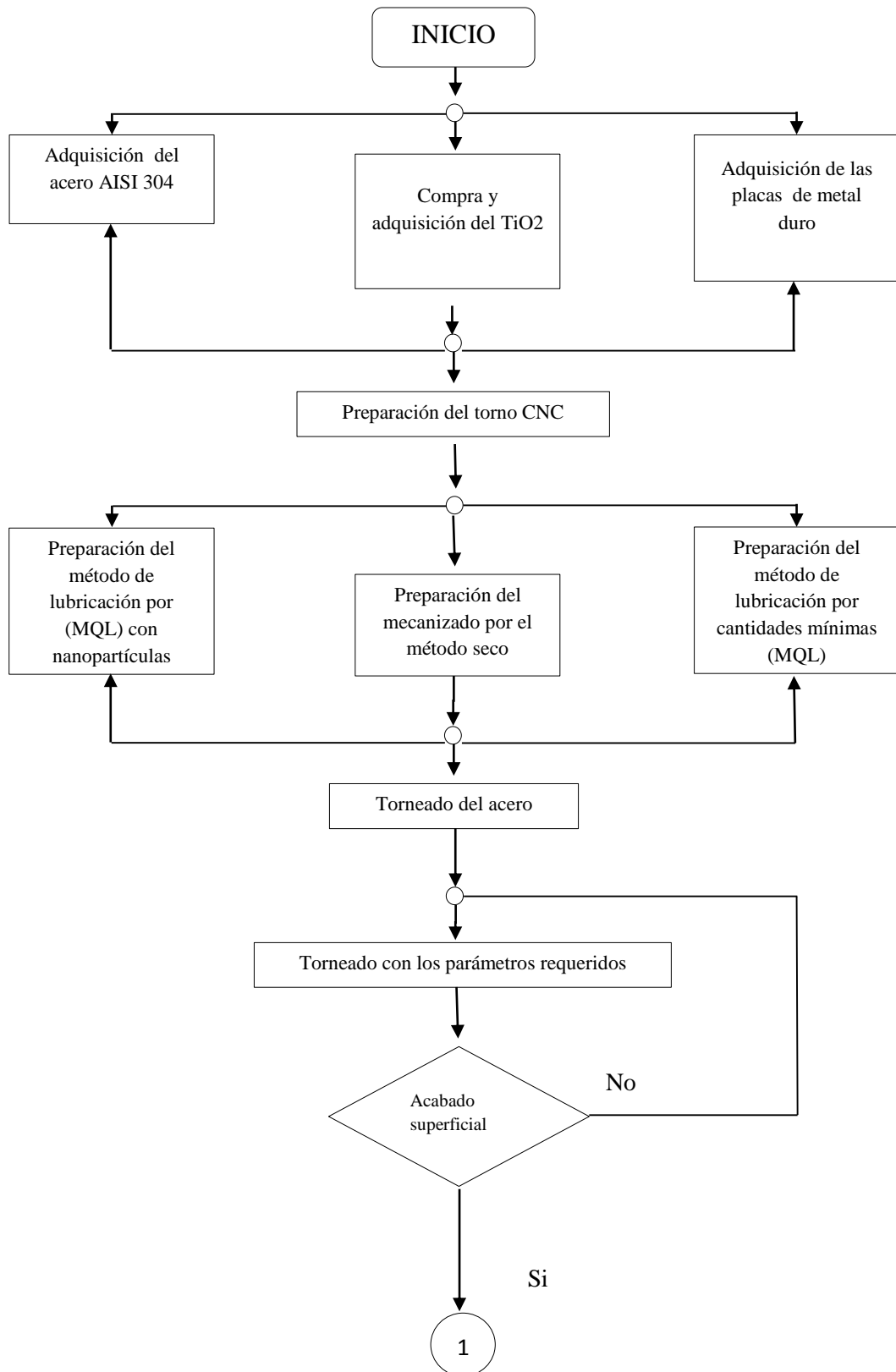
Una vez tomado los datos respectivos arrojados por el rugosímetro se realizará una revisión más meticulosa, procurando eliminar algún dato que se encuentra fuera de los parámetros normales que puedan causar algún tipo de falla en el resultado final.

Después de este control se buscará obtener un orden coherente con los datos para así poder tabularlos según sus características de mecanizado, entre estos factores los principales serán la velocidad de corte y velocidad de avance que se encuentran entre el valor promedio y el máximo y los radios de las cuchillas que varían entre 0.4 y 0.8mm y el más importante será el uso del mecanizado en seco y el mecanizado con el sistema de mínima cantidad de lubricación con nanopartículas de Óxido de Titanio.

Una vez tabulado los datos de rugosidad se analizará y seleccionará el conjunto de factores que mejores resultados arrojen usando el criterio bibliográfico de acabado superficial.

3.5.1 PROCESO DE OBTENCIÓN Y ANÁLISIS

En la figura 3.0 se presenta un diagrama de flujo, donde se muestra el procedimiento sugerido para el mecanizado del acero inoxidable AISI 304, además se muestra el proceso para realizar las mediciones y tabulaciones de los resultados de rugosidad, en donde se puede ver la incidencia de los factores en los diferentes acabados donde finalmente se podrá apreciar los resultados según un análisis de distribución de probabilidad t de student.



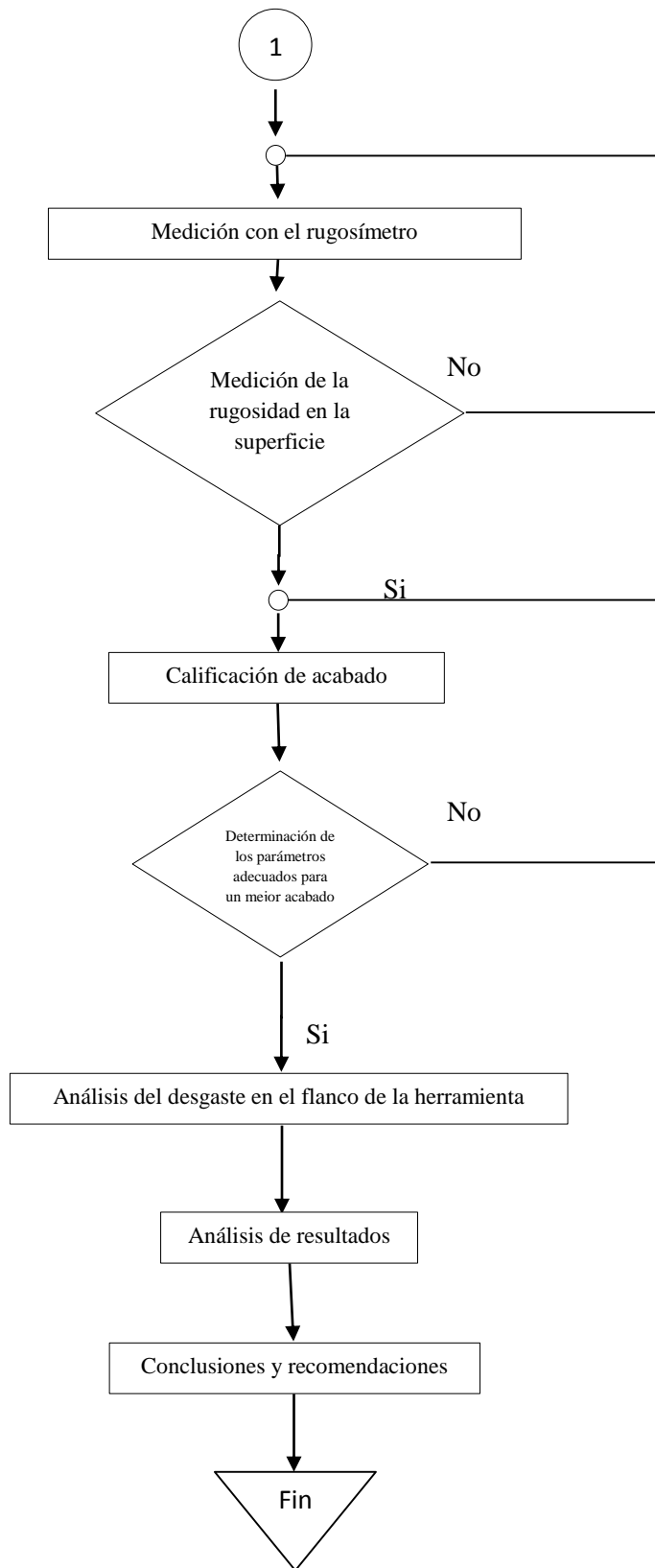


Figura 3. 0 Diagrama de flujo para el estudio de la rugosidad en el acabado superficial

3.5.2 PROCEDIMIENTO

3.5.2.1 Adquisición del acero AISI 304.

Para la realización del experimento de acabado superficial se seleccionó el acero AISI 304 el mismo que posee varias propiedades mecánicas que son de gran utilidad en varios campos de la mecánica pero su gran resistencia a la oxidación también conlleva varias dificultades para el mecanizado, uno de los problemas más importantes que reportan es el calentamiento y cambio micro estructural al mecanizar el acero con altas revoluciones.

Se compró ejes de 2 pulgadas de diámetro de 125 mm de largo que luego fue mecanizado para ser acoplado al mandril del torno CNC bajo los parámetros correspondientes.



Figura 3. 1 Ejes de acero inoxidable AISI 304

Composición química: (Según ASTM A240)

Tabla 3. 2 Composición química del acero AISI 304

Elemento	Tipo 304
Carbón	0.07 máx.
Manganeso	2.00 máx.
Azufre	0.030 máx.
Fósforo	0.045 máx.
Silicio	0.75 máx.
Cromo	17.5 a 19.5
Níquel	8.0 a 10.5
Nitrógeno	0.10 máx.

Propiedades mecánicas: (Según ASTM A240, A666)

Tabla 3. 3 Propiedades mecánicas del acero AISI 304

Tipo	Límite elástico 0,2 % compensación (KSI)	Resistencia a la tracción (KSI)	% de elongación (longitud de calibre de 2")	Dureza Rockwell
Recocido 304	30 min.	75 mín.	40 min.	HRB 92 máx.

3.5.2.2 Compra y adquisición del TiO₂.

Bajo la dirección del tutor designado se realizó la búsqueda de un distribuidor de nanofluidos a nivel nacional como internacional dando como resultado que el mejor y más factible de estos se localizó en Reino Unido el mismo que nos proporcionó la tabla de las propiedades de este material, una vez analizada dicha tabla se procedió a la compra y se dio a conocer las respectivas indicaciones para él envió hacia Ecuador.



Figura 3. 2 Óxido de Titanio TiO_2

Propiedades del TiO_2

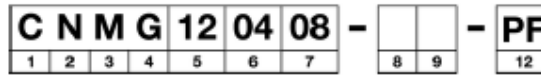
- Marca: Nanopowder de Óxido de Titanio (TiO_2 , anatasa)
- TiO_2 Pureza Nanopartículas: 99,9%
- Nanopartículas TiO_2 APS: 100nm
- TiO_2 Nanopartículas SSA: 85m² / g
- TiO_2 Nanopartículas Color: blanco
- TiO_2 Nanopartículas Densidad aparente: 0.65 g / cm³
- TiO_2 Nanopartículas Densidad Verdadera: 3.9 g / cm³
- TiO_2 Nanopartículas PH: 6-6,5
- TiO_2 Nanopartículas Pérdida de peso en el secado: 4.17%
- TiO_2 Nanopartículas Pérdida de peso al encender: 8.24%

3.5.2.3 Adquisición de las placas de metal duro.

Para la selección de los insertos de metal duro se partió del proceso a realizar y el material con el que se va a trabajar, con estos datos básicos se buscó en el catálogo proporcionado por la marca, así obteniendo el inserto de metal duro designado por el código CNMG 120404 MF 2025 y CNMG 120408 MF 2025, a continuación se desglosa los diferentes códigos de la designación de los insertos de metal duro.

Plaquitas para torneado en general

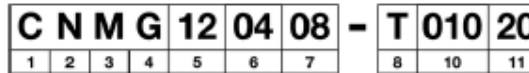
Plaquitas, métrica



Plaquitas, pulgadas



Plaquitas, materiales de corte avanzados, métrica



Plaquitas, materiales de corte avanzados, pulgadas



1 Forma de la plaquita		3 Tolerancias, sistema métrico			3 Tolerancias, pulgadas																																																																																																																											
C	D	<table border="1"> <tr> <th>Tipo</th> <th>s</th> <th>IC/ IW</th> <td rowspan="5"></td> </tr> <tr> <td>G</td> <td>±0.13</td> <td>±0.025</td> </tr> <tr> <td>M</td> <td>±0.13</td> <td>±0.05 - ±0.15¹⁾</td> </tr> <tr> <td>U</td> <td>±0.13</td> <td>±0.08 - ±0.25¹⁾</td> </tr> <tr> <td>E</td> <td>±0.025</td> <td>±0.025</td> </tr> </table> <p>1)Varia según el tamaño de IC. Véase más abajo.</p>			Tipo	s	IC/ IW		G	±0.13	±0.025	M	±0.13	±0.05 - ±0.15 ¹⁾	U	±0.13	±0.08 - ±0.25 ¹⁾	E	±0.025	±0.025	 <p>A: Diámetro teórico del círculo inscrito en la plaquita. T: Grosor de la plaquita. B: Véanse las figuras.</p>																																																																																																											
Tipo	s	IC/ IW																																																																																																																														
G	±0.13	±0.025																																																																																																																														
M	±0.13	±0.05 - ±0.15 ¹⁾																																																																																																																														
U	±0.13	±0.08 - ±0.25 ¹⁾																																																																																																																														
E	±0.025	±0.025																																																																																																																														
K	R	<table border="1"> <tr> <th>Círculo inscrito IC mm</th> <th colspan="2">Tipo de tolerancia</th> <td rowspan="14"></td> </tr> <tr> <td></td> <th>M</th> <th>U</th> </tr> <tr> <td>3.97</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>5.0</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>5.56</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>6.0</td> <td>±0.05</td> <td>±0.08</td> </tr> <tr> <td>6.35</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>8.0</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>9.525</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>10.0</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>12.0</td> <td>±0.08</td> <td>±0.13</td> </tr> <tr> <td>12.7</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>15.875</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>16.0</td> <td>±0.10</td> <td>±0.18</td> </tr> <tr> <td>19.05</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>20.0</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>25.0</td> <td>±0.13</td> <td>±0.25</td> </tr> <tr> <td>25.4</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>31.75</td> <td>±0.15</td> <td>±0.25</td> </tr> <tr> <td>32.0</td> <td></td> <td></td> </tr> </table> <p>Para plaquitas positivas IC es el radio válido para un vértice agudo.</p>			Círculo inscrito IC mm	Tipo de tolerancia				M	U	3.97			5.0			5.56			6.0	±0.05	±0.08	6.35			8.0			9.525			10.0			12.0	±0.08	±0.13	12.7			15.875			16.0	±0.10	±0.18	19.05			20.0			25.0	±0.13	±0.25	25.4			31.75	±0.15	±0.25	32.0			<table border="1"> <tr> <th>Tipo</th> <th>B:</th> <th>A:</th> <th>T:</th> </tr> <tr> <td>A</td> <td>±.0002</td> <td>±.001</td> <td>±.001</td> </tr> <tr> <td>B</td> <td>.0002</td> <td>.001</td> <td>.005</td> </tr> <tr> <td>C</td> <td>.0005</td> <td>.001</td> <td>.001</td> </tr> <tr> <td>D</td> <td>.0005</td> <td>.001</td> <td>.005</td> </tr> <tr> <td>E</td> <td>.001</td> <td>.001</td> <td>.001</td> </tr> <tr> <td>F</td> <td>.0002</td> <td>.0005</td> <td>.001</td> </tr> <tr> <td>G</td> <td>.001</td> <td>.001</td> <td>.005</td> </tr> <tr> <td>H</td> <td>.0005</td> <td>.0005</td> <td>.001</td> </tr> <tr> <td>J</td> <td>.0002</td> <td>.002-.005</td> <td>.001</td> </tr> <tr> <td>K</td> <td>.0005</td> <td>.002-.005</td> <td>.001</td> </tr> <tr> <td>L</td> <td>.001</td> <td>.002-.005</td> <td>.001</td> </tr> <tr> <td>M</td> <td>.002-.005</td> <td>.002-.005</td> <td>.005</td> </tr> <tr> <td>U</td> <td>.005-.012</td> <td>.005-.010</td> <td>.005</td> </tr> <tr> <td>N</td> <td>.002-.010</td> <td>.002-.004</td> <td>.001</td> </tr> </table>			Tipo	B:	A:	T:	A	±.0002	±.001	±.001	B	.0002	.001	.005	C	.0005	.001	.001	D	.0005	.001	.005	E	.001	.001	.001	F	.0002	.0005	.001	G	.001	.001	.005	H	.0005	.0005	.001	J	.0002	.002-.005	.001	K	.0005	.002-.005	.001	L	.001	.002-.005	.001	M	.002-.005	.002-.005	.005	U	.005-.012	.005-.010	.005	N	.002-.010	.002-.004	.001
Círculo inscrito IC mm	Tipo de tolerancia																																																																																																																															
	M	U																																																																																																																														
3.97																																																																																																																																
5.0																																																																																																																																
5.56																																																																																																																																
6.0	±0.05	±0.08																																																																																																																														
6.35																																																																																																																																
8.0																																																																																																																																
9.525																																																																																																																																
10.0																																																																																																																																
12.0	±0.08	±0.13																																																																																																																														
12.7																																																																																																																																
15.875																																																																																																																																
16.0	±0.10	±0.18																																																																																																																														
19.05																																																																																																																																
20.0																																																																																																																																
25.0	±0.13	±0.25																																																																																																																														
25.4																																																																																																																																
31.75	±0.15	±0.25																																																																																																																														
32.0																																																																																																																																
Tipo	B:	A:	T:																																																																																																																													
A	±.0002	±.001	±.001																																																																																																																													
B	.0002	.001	.005																																																																																																																													
C	.0005	.001	.001																																																																																																																													
D	.0005	.001	.005																																																																																																																													
E	.001	.001	.001																																																																																																																													
F	.0002	.0005	.001																																																																																																																													
G	.001	.001	.005																																																																																																																													
H	.0005	.0005	.001																																																																																																																													
J	.0002	.002-.005	.001																																																																																																																													
K	.0005	.002-.005	.001																																																																																																																													
L	.001	.002-.005	.001																																																																																																																													
M	.002-.005	.002-.005	.005																																																																																																																													
U	.005-.012	.005-.010	.005																																																																																																																													
N	.002-.010	.002-.004	.001																																																																																																																													
2 Ángulo de incidencia de la plaquita																																																																																																																																
B	C																																																																																																																															
E	N																																																																																																																															
P	O Descripción específica																																																																																																																															

Plaquitas para torneado en general

4 Tipo de plaquita		5 Tamaño de plaquita																																																																																																																																																																																																																													
A		Q																																																																																																																																																																																																																													
G		R																																																																																																																																																																																																																													
M		T																																																																																																																																																																																																																													
N		W																																																																																																																																																																																																																													
P		X		Diseño especial																																																																																																																																																																																																																											
				<p>Longitud de filo, métrico</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>\sqrt{C}mm</th> <th>\sqrt{C}</th> <th>C</th> <th>D</th> <th>R</th> <th>S</th> <th>T</th> <th>V</th> <th>W</th> <th>K</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>3.18</td> <td>1/8"</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>05</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>3.97</td> <td>5/32"</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>06</td> <td></td> <td>02</td> <td></td> </tr> <tr> <td>5.0</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>05</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>5.56</td> <td>7/32"</td> <td></td> <td></td> <td>09</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>6.0</td> <td></td> <td></td> <td>06</td> <td>07</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>6.35</td> <td>1/4"</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>11</td> <td>11</td> <td>04</td> <td></td> </tr> <tr> <td>8.0</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>08</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>9.525</td> <td>3/8"</td> <td>09</td> <td>11</td> <td>09</td> <td>09</td> <td>16</td> <td>16</td> <td>06</td> <td>16¹⁾</td> </tr> <tr> <td>10.0</td> <td>10.0</td> <td></td> <td></td> <td>10</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>12.0</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>12</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>12.7</td> <td>1/2"</td> <td></td> <td>12</td> <td>15</td> <td>12</td> <td>22</td> <td>22</td> <td>08</td> <td></td> </tr> <tr> <td>13</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>13</td> <td></td> <td></td> <td>13</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>15.875</td> <td>5/8"</td> <td>16</td> <td></td> <td>15</td> <td>15</td> <td>27</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>16.0</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>16</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>19.0</td> <td>3/4"</td> <td>19</td> <td></td> <td>19</td> <td>19</td> <td>33</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>20.0</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>20</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>25.0</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>25¹⁾</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>25.4</td> <td>1"</td> <td>25</td> <td></td> <td>25²⁾</td> <td>25</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>31.75</td> <td>1/4"</td> <td></td> <td></td> <td>31</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>32</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>32</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>El círculo inscrito se indica en 1/8".</p> <p>¹⁾ Para la forma de plaquita K (KNMX, KNUX) sólo se indica la longitud teórica de la arista de corte.</p> <p>1) Diseño métrico 2) Diseño en pulgadas</p>										\sqrt{C} mm	\sqrt{C}	C	D	R	S	T	V	W	K	3.18	1/8"					05				3.97	5/32"					06		02		5.0				05						5.56	7/32"			09						6.0			06	07						6.35	1/4"					11	11	04		8.0				08						9.525	3/8"	09	11	09	09	16	16	06	16 ¹⁾	10.0	10.0			10						12.0				12						12.7	1/2"		12	15	12	22	22	08		13				13			13			15.875	5/8"	16		15	15	27				16.0				16						19.0	3/4"	19		19	19	33				20.0				20						25.0				25 ¹⁾						25.4	1"	25		25 ²⁾	25					31.75	1/4"			31						32				32					
\sqrt{C} mm	\sqrt{C}	C	D	R	S	T	V	W	K																																																																																																																																																																																																																						
3.18	1/8"					05																																																																																																																																																																																																																									
3.97	5/32"					06		02																																																																																																																																																																																																																							
5.0				05																																																																																																																																																																																																																											
5.56	7/32"			09																																																																																																																																																																																																																											
6.0			06	07																																																																																																																																																																																																																											
6.35	1/4"					11	11	04																																																																																																																																																																																																																							
8.0				08																																																																																																																																																																																																																											
9.525	3/8"	09	11	09	09	16	16	06	16 ¹⁾																																																																																																																																																																																																																						
10.0	10.0			10																																																																																																																																																																																																																											
12.0				12																																																																																																																																																																																																																											
12.7	1/2"		12	15	12	22	22	08																																																																																																																																																																																																																							
13				13			13																																																																																																																																																																																																																								
15.875	5/8"	16		15	15	27																																																																																																																																																																																																																									
16.0				16																																																																																																																																																																																																																											
19.0	3/4"	19		19	19	33																																																																																																																																																																																																																									
20.0				20																																																																																																																																																																																																																											
25.0				25 ¹⁾																																																																																																																																																																																																																											
25.4	1"	25		25 ²⁾	25																																																																																																																																																																																																																										
31.75	1/4"			31																																																																																																																																																																																																																											
32				32																																																																																																																																																																																																																											

6 Espesor de plaquita, s mm, pulgadas			
Métrica		Pulgadas	
01 s = 1.59	1 s = .0625		
T1 s = 1.98	(1.2) s = .075		
02 s = 2.38	(1.5) s = 3/32		
03 s = 3.18	2 s = 1/8		
T3 s = 3.97	(2.5) s = 5/32		
04 s = 4.76	3 s = 3/16		
05 s = 5.56	4 s = 1/4		
06 s = 6.35	5 s = 5/16		
07 s = 7.94	6 s = 3/8		
09 s = 9.52	6.3 s = .394		
10 s = 10.00	7.6 s = .475		
12 s = 12.00			

7 Radio de punta, r mm, pulgadas		
Métrico:	Pulgada:	Dimensiones reales: pulgadas
00 = 0	00	Redondas
01 = 0.1	03	.004
02 = 0.2	0	.008
04 = 0.4	1 = 1/64	.0156
05 = 0.5		
08 = 0.8	2 = 1/32	.0312
10 = 1.0		
12 = 1.2	3 = 3/64	.047
15 = 1.5		
16 = 1.6	4 = 1/16	.0625
24 = 2.4	6 = 3/32	.094
32 = 3.2	8 = 1/8	.125



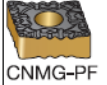

8 Estado del filo	
F	Filo de corte agudizado
A	Filo con tratamiento ER (ANSI)
E	Arista de corte tratada ER
T	Faceta negativa
K	Facetas negativa dobles
S	Faceta negativa y filo de corte con tratamiento ER

9 Sentido de la herramienta	
R	
L	
N	

10 Anchura del chaflán métrica, pulgadas	
Métrico:	
010 byn = 0.10	
025 byn = 0.25	
070 byn = 0.70	
150 byn = 1.50	
200 byn = 2.00	
Pulgada:	
03 byn = .003	
08 byn = .008	
30 byn = .030	
60 byn = .060	
80 byn = .080	
Para obtener más información, consultar los códigos en la página A76	

11 Ángulo de chaflán	
	15 $\gamma_n = 15^\circ$
	20 $\gamma_n = 20^\circ$

12 Opción del fabricante	
El código ISO está compuesto por nueve símbolos incluyendo 8 y 9 que se utilizan solamente cuando es necesario. Además, el fabricante puede añadir otros tres, p. ej.:	WF = Wiper - acabado - WMX = Wiper, mecanizado medio - PF = ISO P - acabado PR = ISO P - desbaste

	ISO	E	iC	P					M					K					N					S					ANSI		
				GC	GC	GC	GC	GC	GC	GC	GC	GC	GC	GC	GC	GC	GC	GC	GC	GC	GC	GC	GC	GC	GC	GC	GC	GC		GC	GC
 CNMG-WF Wiper	CNMG 09 03 04-WF	09	3/8	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	CNMG 321-WF
	CNMG 09 03 08-WF			☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	CNMG 322-WF
	CNMG 12 04 04-WF	12	1/2	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	CNMG 431-WF
	CNMG 12 04 08-WF			☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	CNMG 432-WF
	CNMG 12 04 12-WF			☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	CNMG 433-WF
 CNMG-WL Wiper	CNMG 12 04 04-WL	12	1/2	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	CNMG 431-WL	
	CNMG 12 04 08-WL			☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	CNMG 432-WL
 CNMG-PF	CNMG 09 03 04-PF	09	3/8	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	CNMG 321-PF	
	CNMG 09 03 08-PF			☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	CNMG 322-PF
	CNMG 12 04 04-PF	12	1/2	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	CNMG 431-PF
	CNMG 12 04 08-PF			☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	☆	CNMG 432-PF
 CNMG-MF	CNMG 12 04 04-MF	12	1/2									☆	☆	☆	☆														☆	CNMG 431-MF	
	CNMG 12 04 08-MF											☆	☆	☆	☆														☆	CNMG 432-MF	
	CNMG 12 04 12-MF											☆	☆	☆	☆														☆	CNMG 433-MF	

GC2025 (HC) – M25 (M15-M35)

Metal duro con recubrimiento por CVD optimizado para semiacabado y desbaste de aceros inoxidables austeníticos y dúplex a velocidades de corte moderadas. Su buena resistencia al impacto térmico y mecánico ofrece excelente seguridad del filo también para cortes discontinuos.

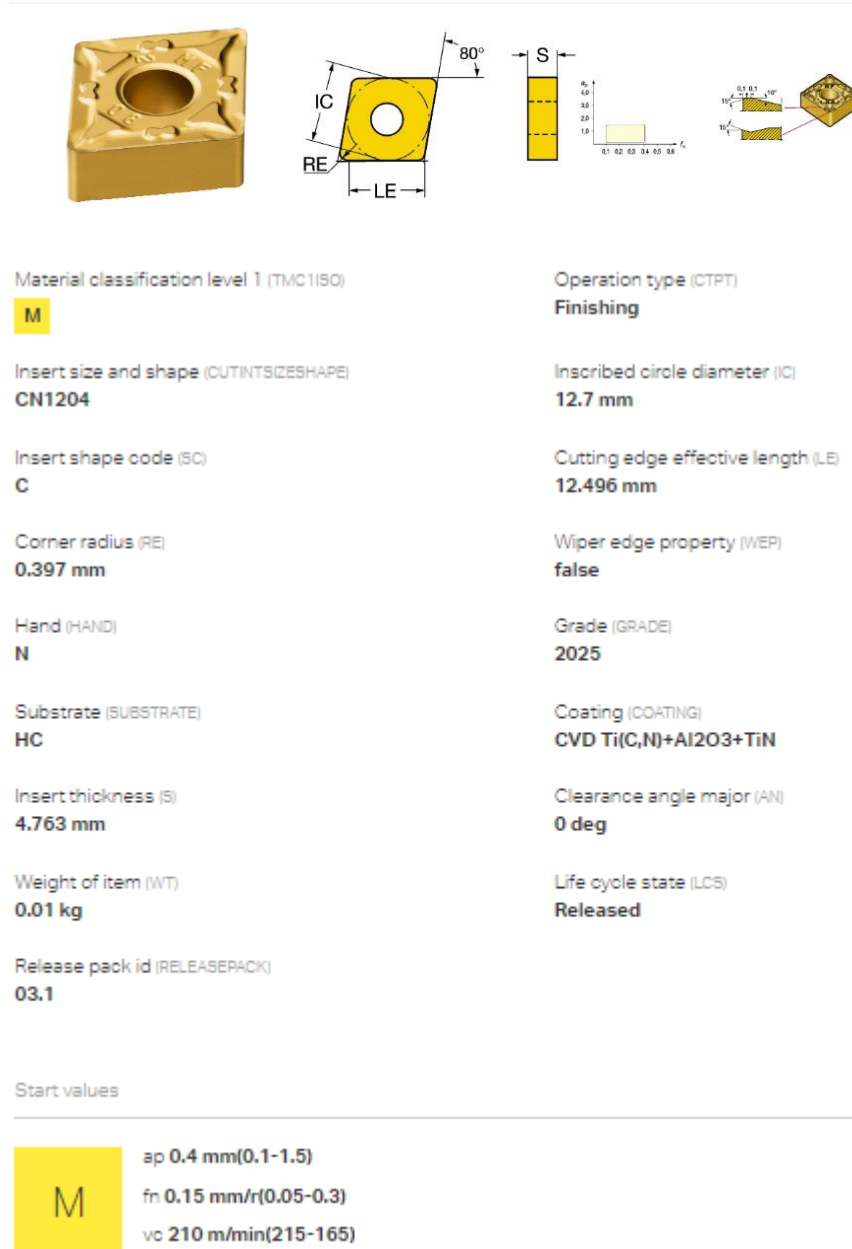


Figura 3. 3 Inserto de metal duro CNMG 120404 MF 2025

En la figura 3.3 se muestra los parámetros que engloban los diferentes números y letras de la designación del inserto de metal duro deducidos mediante el catálogo de la marca del fabricante, también los rangos de avance de profundidad, velocidad de corte y velocidad de avance a los que la herramienta puede exponerse.

3.5.2.4 Preparación del torno CNC.-

Para la preparación del torno CNC se seleccionó las diferentes velocidades basado en los parámetros de la cuchilla de donde se tomó la velocidad máxima y la velocidad promedio, tanto en velocidad de corte como en la velocidad de avance, manteniendo la profundidad a 0.4mm, la misma que es la profundidad óptima recomendada por el fabricante.

Para determinar los parámetros de mecanizado es necesario realizar una transformación de unidades de las velocidades recomendadas por el fabricante para la inclusión al programa de control numérico de acuerdo a las exigencias del torno CNC, para esto se utiliza las siguientes ecuaciones de conversión:

Datos:

Start values	
M	ap 0.4 mm(0.1-1.5)
	fn 0.15 mm/r(0.05-0.3)
	vc 210 m/min(215-165)

Cálculo de la velocidad del husillo (n)

Para el cálculo se toman los parámetros que el fabricante de la herramienta recomienda. Este experimento se lo hará con velocidad de husillo máxima y promedio.

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

Dónde:

n = Velocidad del husillo (rpm)

Vc = Velocidad de corte (m/min)

D = Diámetro del eje (mm)

Cálculo velocidad de husillo máxima

$$n1 = \frac{V_{cmax} * 1000}{\pi * D}$$

$$n1 = \frac{215 * 1000}{\pi * 50.8}$$

$$\mathbf{n1 = 1347 rpm}$$

Cálculo velocidad de husillo promedio

$$V_{cprom} = \frac{V_{cmax} + V_{cmin}}{2}$$

$$V_{cprom} = \frac{215 + 165}{2}$$

$$V_{cprom} = 190m/min$$

$$n2 = \frac{V_{cprom} * 1000}{\pi * D}$$

$$n2 = \frac{190 * 1000}{\pi * 50.8}$$

$$\mathbf{n2 = 1190 rpm}$$

Cálculo de la velocidad de avance (V_f)

Se toman los parámetros que el fabricante recomienda, pero esta vez se decide trabajar con un avance promedio para después calcular las velocidades con las que se realizará el mecanizado.

$$V_f = f_n * n$$

Dónde:

V_f = Velocidad de avance (mm/min)

f_n = Avance por revolución (mm/rev)

n = Velocidad del husillo (rpm)

Cálculo de avance promedio recomendada

$$f_n.prom = \frac{f_n.max + f_n.min}{2}$$

$$f_n.prom = \frac{0.3 + 0.05}{2}$$

$$f_n.prom = 0.175mm/rev$$

Cálculo velocidad de avance máximo

$$Vf1 = fnprom * n$$

$$Vf1 = 0.175 * 1347$$

$$Vf1 = 235 \text{ mm/min}$$

Cálculo velocidad de avance promedio

$$Vf2 = fnprom * n$$

$$Vf2 = 0.175 * 1190$$

$$Vf2 = 209 \text{ mm/min}$$

Las velocidades usadas como parámetros en desarrollo del experimento son:

Tabla 3. 4 Velocidades de mecanizado

NIVEL	Velocidad del husillo (n)(rpm)	Velocidad de avance(Vf) (mm/min)
Máximo	1347	235
Promedio	1190	209

El mecanizado base que desarrolla el experimento es el proceso de cilindrado para lo cual se realizó un programa donde solo se modifican los parámetros anteriormente mencionados en el programa.

```
O0000;  
G21;  
G0 T0101;  
G18;  
G97 Svelocidad de corte M03;  
G0 Xprofundidad Z.4.5;  
G98 G1 Z2.5 Fvelocidad de avance. ;  
Z-45. ;  
X50.8 Z-45. ;  
X53. Z-45;  
G0 Z4.5;  
G28 U0. W0. M05;  
M30;
```

Programa usado para el control del torno CNC

Se utiliza como ejemplo la siguiente programación de control numérico utilizando los parámetros de una combinación del diseño de Taguchi a ser experimentado.

```
0000;  
G21;  
G0 T0101;  
G18;  
G97 S1347 M03;  
G0 X50.4 Z4.5;  
G98 G1 Z2.5 F235.;;  
Z-125.;;  
X50.8 Z-125.;;  
X53. Z-125.;;  
G0 Z4.5;  
G28. U0. W0. M05;  
M30;
```

Ejemplo de programación para experimentación con parámetros de mecanizado.

Dónde:

- S1347 es N= número de revoluciones en rpm.
- X50.4 es el diámetro resultante después de restar 0.4mm recomendados de profundidad de penetración en el mecanizado del eje AISI 304 con diámetro inicial de 50.8mm.
- F235 es el avance por vuelta en mm/min.

Para una sujeción óptima en el mandril del torno CNC se debe realizar un mecanizado previo para obtener una medida de 1 ¾ de pulgada con un largo de 40mm y también se dejó un espacio de 40mm para evitar cualquier riesgo de choque y a partir de este intervalo se mecanizará 45mm de longitud como se muestra en la figura 3.4.

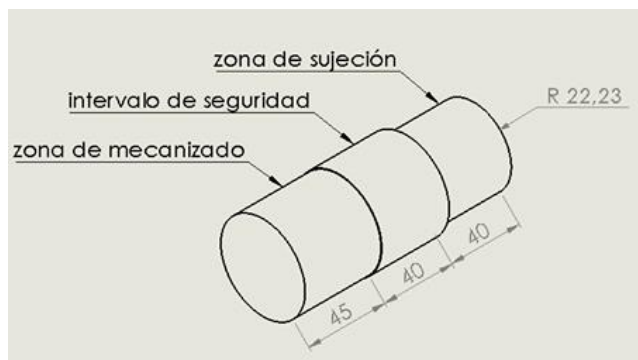


Figura 3. 4 Esquema de la probeta de acero AISI 304 a mecanizar

3.5.2.5 Preparación del método de lubricación por (MQL) con nanopartículas.

Para la preparación del método de mínima cantidad de lubricación con aceite vegetal y nanopartículas de Óxido de Titanio se usó un homogeneizador electromagnético especializado en la mezcla de partículas con bases líquidas que se encuentra en las instalaciones de la Facultad de Bioquímica y Alimentos, estas preparaciones se realizaron en diferentes concentraciones como son 0.25%, 0.5% y 1% en relación al peso del aceite. Se usó una base de 200 gramos y para la suspensión de las partículas se usó etilenglicol.

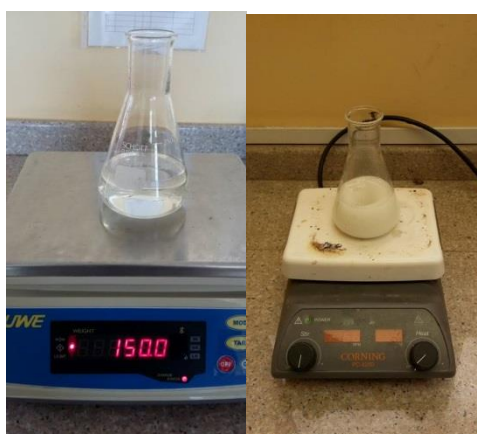


Figura 3. 5 Mezcla de nanopartículas de Titanio en el homogeneizador electromagnético.

En este método de lubricación se usa los mismos componentes básicos que se utilizan para el método de mínima cantidad de lubricación, partiendo por el sistema de aire comprimido hasta llegar al ataque directo de la zona de mecanizado.

- Para suministrar el aire comprimido necesario para el correcto funcionamiento del sistema de mínima cantidad de lubricante, se utilizó un compresor separado del sistema interno del laboratorio de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica el mismo que es capaz de suministrar una presión de 8 bares de los cuales se requieren 2.5 bares, siendo este el adecuado para el correcto funcionamiento del MQL.



Figura 3. 6 Compresor con su placa de características

- Antes de enviar el aire comprimido hacia nuestro sistema de mínima cantidad de lubricación este debe pasar por una unidad de mantenimiento que soporte la presión de trabajo y cumpla con la adecuada separación de la humedad del ambiente para evitar que ingresen partículas de agua que puede ser contraproducentes en el proceso.



Figura 3. 7 Unidad de mantenimiento de aire

- Para el accionamiento de las electroválvulas de paso que se encuentran en la parte interna del mecanismo de paso del sistema se usa una fuente de 24v de corriente continua, la misma que acciona una bobina que permite el paso de la mezcla aire aceite.



Figura 3. 8 Fuente de 24V

- El sistema de mínima cantidad de lubricante es un equipo independiente el cual para su uso no se necesita realizar ninguna modificación extra a la máquina herramienta, pero sí es indispensable colocar la boquilla de descarga lo más fija posible en el punto de contacto entre la herramienta y el material como se muestra en la figura 3.9.

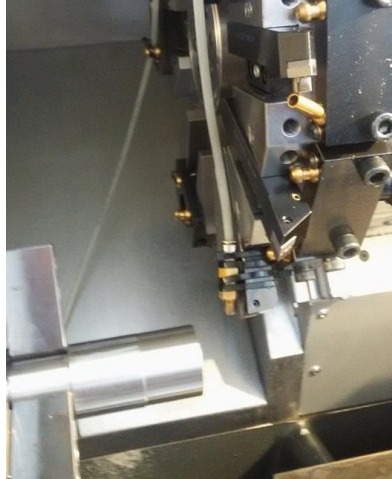


Figura 3. 9 Sujeción de la boquilla en el punto de ataque

- Una vez realizado todos los pasos anteriores solo se debe colocar el fluido lubricante seleccionado con sus respectivas cantidades y accionar el sistema al momento de la mecanización, para así evitar gasto innecesario del fluido.



Figura 3. 10 Carga del fluido

- El sistema de acceso al tanque de MQL es un mecanismo simple que se basa en un tornillo con un sello para evitar las fugas, para cargarlo se debe verificar que no exista presión dentro del tanque y luego se debe abrir la tapa, se carga el fluido a usar y se lo cierra nuevamente procurando no ajustar más de lo necesario de lo contrario se puede causar daños en el sello plástico.

3.5.2.6 Preparación del método de lubricación por (MQL).

Para el uso de este sistema se deben seguir los pasos anteriormente enumerados en cuanto al sistema de MQL, con excepción de la carga de nanopartículas, se debe tomar en cuenta que en esta parte del experimento solo se trabaja con aceite lubricante de origen vegetal.



Figura 3. 11 Aceite vegetal para el mecanizado de acero inoxidable

Tabla 3. 5 Características del aceite vegetal

Nombre del lubricante	Coolube 2210 EP
Color	Amarillento
Materiales	Aceros ferrosos
Densidad (Kg/cm³)	890
Viscosidad cinemática (Cst) a 40° C	10
Tipo de mecanizado	Para aplicaciones de mínima cantidad de lubricante

3.5.2.7 Torneado del acero.-

En este paso se debe comprobar que el eje tenga las medidas requeridas para que la sujeción en el mandril sea lo más precisa y evitar que una mala sujeción genere vibración que podría afectar el acabado superficial, llevado a cabo esta comprobación se ejecuta el programa de mecanizado seleccionando los parámetros determinados por el diseño ortogonal de Taguchi.



Figura 3. 12 Eje sin maquinar

3.5.2.8 Preparación del mecanizado por el método seco.

En esa parte del experimento se realiza la puesta a punto de la máquina herramienta o torno CNC, evitando que el material entre en contacto con algún residuo de los anteriores métodos usados para la lubricación, ya que esto puede causar cambios al momento de la medición que alterarán el resultado final.

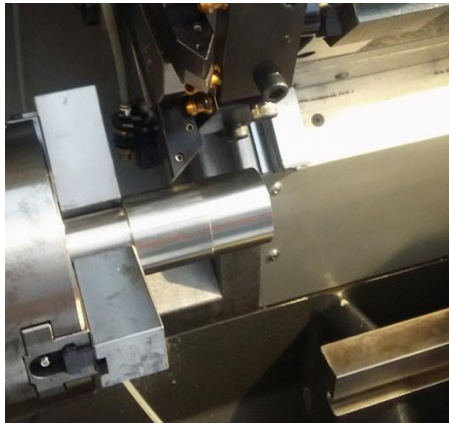


Figura 3. 13 Mecanizado de la probeta en seco.

3.5.2.8 Acabado superficial.-

Una vez mecanizado el eje podremos notar una diferencia entre el acabado de fábrica del eje y el acabado superficial que deja el mecanizado con los diferentes factores que se usan en el mismo y proceder a la medición. En si podemos decir que el acabado superficial es un proceso que se realiza en los materiales manufacturados y que dependiendo de su uso final tendrán un diferente proceso. En la antigüedad el acabado

superficial solo se lo realizaba con fines estéticos, pero hoy en día es una parte importante de la industria en general, teniendo como importancia la funcionalidad de la pieza manufacturada como parte de un sistema industrial.

Tabla 3. 6 Valores de rugosidad

Valor de la Rugosidad Ra		
micrómetros µm	micropulgadas µin	Clase de rugosidad
50	2000	N12
25	1000	N11
12,5	500	N10
6,3	250	N9
3,2	125	N8
1,6	63	N7
0,8	32	N6
0,4	16	N5
0,2	8	N4
0,1	4	N3
0,05	2	N2
0,025	1	N1

Como se puede mostrar en la tabla 3.5, el valor más generalizado en cuanto al acabado superficial en un proceso de tornado se encuentra entre un acabado de tipo N9 a N10 lo que en micrómetros se expresa entre 6.3 y 12.5µm, teniendo estos parámetros se empezará las debidas mediciones.

3.5.2.9 Medición con el rugosímetro.

3.5.2.9.1 Calibración del rugosímetro Mitutoyo SJ210.

Para conseguir una medición exacta de las probetas mecanizadas, primero se debe calibrar el equipo MITUTOYO SJ 210 siguiendo los parámetros que el manual del fabricante recomienda, para esto se necesita la galga de calibración que viene como complemento del equipo mencionado.

1. Primero verificar que los componentes del equipo estén completos



Figura 3. 14 Componentes de equipo Mitutoyo SJ-210

2. Antes de encender el rugosímetro es necesario conectar la extensión con el palpador portátil, ya que las mediciones se las realizarán sobre un eje y este no posee una superficie apta para la ejecución del ensayo.



Figura 3. 15 Cable de extensión del equipo Mitutoyo SJ-210

3. Para encender el equipo presionar el botón (POWER/DATA).



Figura 3. 16 Encendido del equipo Mitutoyo SJ-210

4. El ingreso al MENÚ se logra presionando el botón (Enter Menu).



Figura 3. 17 Menú del equipo Mitutoyo SJ-210

5. Por defecto la opción de calibración (Calib. Meas) aparece marcada, pero en caso de que no, se la puede marcar usando las flechas direccionales.



Figura 3. 18 Condiciones de calibración del equipo Mitutoyo SJ-210

6. Presionando (Enter Menu) aparece la siguiente pantalla.



Figura 3. 19Submenú de calibración del equipo Mitutoyo SJ-210

7. Con el botón (Red) ingresar al sub menú y seleccionar(Cond. Cali) presionando (Enter Menu), aparece la siguiente pantalla.



Figura 3. 20 Calibración del equipo Mitutoyo SJ-210

8. Ingresar los parámetros de calibración transversal de la tabla 3.6.

Tabla 3. 7 Parámetros para calibración transversal de rugosímetro MITUTOYO SJ 210

Ítem setup de Condição Calibração	Valor Default
Valor Nominal	1.000 μm (39.37 μin)
Norma de Rugosidade	JIS1994
Filtros	GAUSS
λc	0.8 μm (0.03 in)
λs	NONE
Numero do Comprimento da Amostra	5
Velocidade de Deslocamento	0.5 mm/s (0.02 in/s)
Faixa de Medição	AUTO

9. Como ejemplo, ingresar la norma que requiere la calibración presionando (Enter Menu) en la opción y seleccionar JIS1994 con (Enter Menu). El mismo procedimiento se lo repetirá para ingresar cada parámetro de la tabla 3.6.



Figura 3. 21 Selección de la norma JIS 1994 del equipo Mitutoyo SJ-210

10. Una vez ingresado los parámetros de calibración con el botón (Esc Guide),escapar a la siguiente pantalla:



Figura 3. 22 Submenú antes de calibrar el equipo Mitutoyo SJ-210

11. Un paso muy importante es ubicar el palpador sobre la galga de calibración de la siguiente forma:



Figura 3. 23Calibración del equipo Mitutoyo SJ-210

12. Con el botón (STAR/STOP) se ejecuta la calibración del equipo, en esta acción el palpador se moverá transversalmente sobre la galga de calibración y aparecen las siguientes pantallas:



Figura 3. 24Calibración y actualización del equipo Mitutoyo SJ-210

13. Presionar el botón (Red) para que se actualice la información del equipo.

3.5.2.9.2 Ingreso de parámetros y medición de probetas con rugosímetro Mitutoyo SJ210.

Es obligatorio ingresar los parámetros de medición para las lecturas finales de las probetas ensayadas, como en la calibración, se lo realiza manualmente en el equipo y a diferencia de la calibración los parámetros de medición varían dependiendo las superficies a ser evaluadas.

1. De igual forma que en la calibración, ingresar con el botón (Enter Menú) en la opción (Cond Med) y seleccionar la opción (Configurando).



Figura 3. 25 Configuración de parámetros de medición del equipo Mitutoyo SJ-210

2. Los parámetros a ingresar se muestran en la figura 3.26.

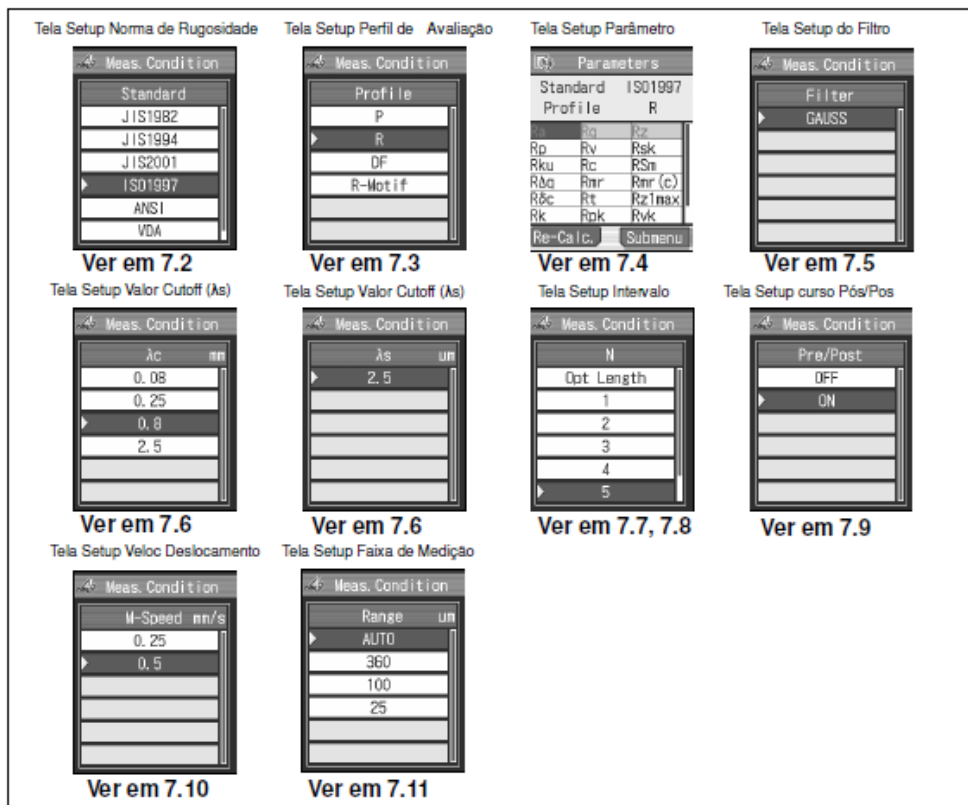


Figura 3. 26 Pantallas de parámetros de medición

3. Después de haber ingresado todos los parámetros establecidos por el manual del rugosímetro, presionar el botón (Esc Guide) hasta que la siguiente pantalla.



Figura 3. 27 Pantalla de rugosidad media del equipo Mitutoyo SJ-210

4. Con el botón (STAR/STOP) se realiza la última medición de comprobación sobre la galga de calibración.



Figura 3. 28 Comprobación de lectura en el equipo Mitutoyo SJ-210

5. Tomar en cuenta que un mínimo movimiento del palpador mientras se ejecute la medición puede afectar drásticamente las lecturas. Se efectúa la primera medición de la probeta verificando que ésta se encuentre correctamente alineada al palpador del rugosímetro, sabiendo que la lectura resultante será un promedio de cinco mediciones que el rugosímetro hará en cada pasada, esto debido a los parámetros ingresados anteriormente (N= 5). A más de eso se repitió cuatro veces esta acción en la misma probeta para obtener un promedio de lecturas y obtener un resultado preciso.



Figura 3. 29Foto de Rugosímetro en la probeta

La acción antes mencionada se la repitió cuatro veces en cada método, combinando parámetros como la velocidad de corte, velocidad de avance y radio de punta con ayuda de un diseño ortogonal de Taguchi como se muestra en la tabla 3.7.

Tabla 3. 8 Diseño ortogonal de TAGUCHI

Radio (mm)	N (rpm)	V_f (mm/min)
0.4	1190	209
0.4	1347	235
0.8	1190	235
0.8	1347	209

3.5.2.9 Calificación de acabado.

Una vez obtenido los valores arrojados por el rugosímetro Mitutoyo calificaremos los acabados que presentan según la norma ASME B46.1, donde se distinguen los acabados según su mecanizado.

Tabla 3. 9 Designación de valores de rugosidad según la norma ASME B46.1

	Clase de rugosidad	Valor de la rugosidad		Estado Superficial	Procedimiento de Fabricación	Aplicaciones
		μ	μ in			
Sin demasia para mecanizado sin arranque de viruta				Basto e irregular (sin supresión de rebabas)	Forja Fundición Corte a soplete	Bastidores de fundición, Chapas soldadas bajo tierra.
	N12	50	2.000	Basto, liso pero regular (sin rebabas)	Las anteriores realizadas con mayor esmero	Piezas corrientes de manipulación Material agrícola
	N11	25	1.000			
Con demasia para mecanizado con arranque de viruta	N10	12,5	500	Desbastado, marcas apreciables al tacto y perfectamente visibles	Lima. Torno. Fresadora. Con gran avance de la herramienta.	Agujeros, avellanados. Superficies de apoyo Ajustes fijos
	N9	6,3	250			
	N8	3,2	125	Marcas visibles a simple vista y perceptibles ligeramente al tacto	Las anteriores con herramientas en fase de acabado.	Ajustes duros. Caras de referencia o de apoyo.
	N7	1,6	63			
	N6	0,8	32	Muy fino. Marcas no visibles ni perceptibles al tacto	Las anteriores con más fases de acabado. Escanado. Rasqueteado.	Ajustes deslizantes. Correderas. Aparatos de medida y control.
	N5	0,4	16			
	N4	0,2	8	Super fino. Marcas en ningún modo visibles	Lapeado Bruñido. Rectificado muy cuidadoso.	Calibres Especiales
	N3	0,1	4			
N2	0,05	2				
N1	0,025	1				

Una vez concluida la medición y calificación de los acabados superficiales de los distintos procesos realizados, se procederá con el análisis de t de student y se determinará la combinación de parámetros que arrojen los mejores resultados.

3.5.2.9 Análisis del desgaste en el flanco de la herramienta.

Realizado la determinación de las mejores combinaciones de factores en los diferentes mecanizados se procede al análisis de los flancos principales de la herramienta de corte de metal duro y poder realizar un estudio de la vida útil de la herramienta partiendo de los mejores resultados con respecto a la rugosidad y método de lubricación.

De los cinco métodos usados con los diferentes métodos de lubricación se escoge la mejor combinación de cada uno y se lo mecaniza por lapsos de 5 minutos hasta que cumpla las exigencias que la norma ANSI/ASME B94.5M para criterio de desgaste requiere $VB_B = 0.3$ mm, para realizar el cálculo de la vida útil, usando puntas nuevas para cada proceso.

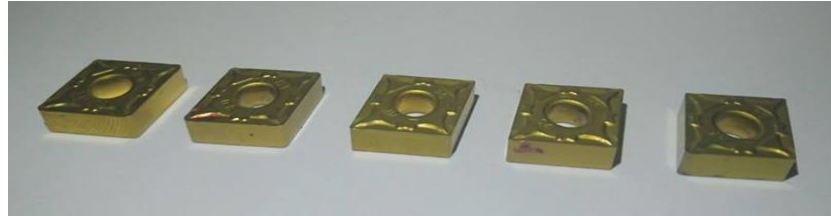


Figura 3. 30Insertos de metal duro flancos a desgastar

Después de seleccionar las puntas procedemos con el mecanizado del acero inoxidable usando los factores más sobresalientes.



Figura 3. 31Mecanizado del acero inoxidable para obtención de datos de desgaste

Acabado los mecanizados se retira los insertos de metal duro y se los limpia con una solución que elimine residuos aceitosos o contaminantes que puedan dañar el microscopio electrónico de barrido, que es el siguiente instrumento que se usó en este estudio.



Figura 3. 32Insertos de metal duro flancos desgastados

El microscopio electrónico de barrido se encuentra en el laboratorio de materiales de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica y este solo puede ser usado por personal autorizado, este microscopio nos ayuda a enfocar de manera más practica el desgaste

producido en el flanco principal de la herramienta de corte, el mismo que a simple vista no lo podemos observar, además se puede realizar mediciones de una manera más exacta que con un microscopio convencional.

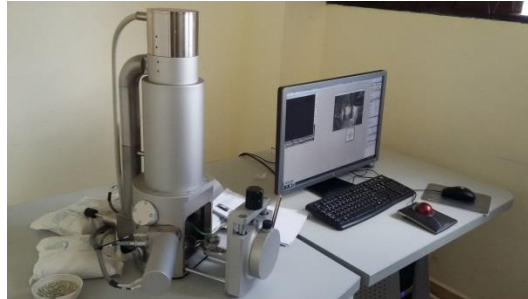


Figura 3. 33Foto microscopio electrónico de barrido

Acabada las mediciones en el M.E.B., se recolecta los datos obtenidos en sus respectivas fichas técnicas y se procede con el análisis de desgaste usando la norma ASME B94.55M, donde se enuncia que la parte media del flanco denominado VB es la más importante y debe cumplir las siguientes condiciones:

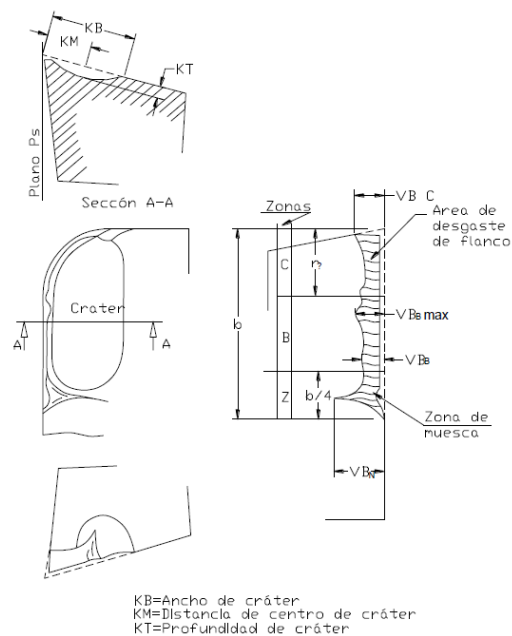


Figura 3. 34Zonas de desgaste de la herramienta

Zona C: Es el filo de corte en la parte inicial en la herramienta de corte

Zona N: Representa un cuarto del filo de corte b, es la zona extrema opuesta a la punta de la herramienta de corte.

Zona B: Es la zona recta restante que se ubica en medio de la zona C y zona N.

Criterio de desgaste según la norma ASME B94.55M

1. V_{BB} , promedio de desgaste = 0.3 mm

2. V_{BB} , desgaste máximo. = 0.6 mm, si el desgaste es irregular

Una vez finalizado todos los cálculos se procede al respectivo análisis de resultados para llegar a las conclusiones más sobresalientes del experimento.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS

4.1.- TOMA DE DATOS

En esta sección se realizará la toma de datos de las diferentes probetas ensayadas, cada una expuesta a los diferentes parámetros establecidos anteriormente.



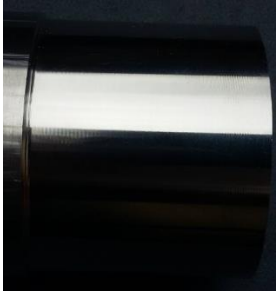
Para una recolección precisa de datos es necesario la ayuda de fichas preestablecidas, en las cuales mencionan los parámetros, procesos, sistemas y demás requeridas por el estudiante para evitar confusión al momento de analizar los resultados.

A continuación en las fichas 4.1.1 a la 4.1.20 se presentan los resultados de la rugosidad superficial obtenida por el rugosímetro MITUTOYO SJ-210, en el mecanizado de los diferentes sistemas de lubricación: SECO, MQL, MQL+0.25% TiO₂, MQL+0.5% TiO₂, MQL+1% TiO₂



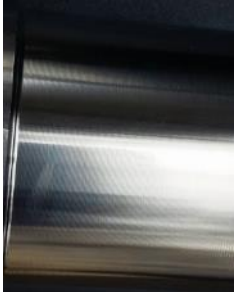
En la ficha 4.1.21 se presenta una recopilación de resultados de rugosidad superficial, usando un radio de punta $r=0.4\text{mm}$.

En la ficha 4.1.22 se presenta una recopilación de resultados de rugosidad superficial, usando un radio de punta $r=0.8\text{mm}$.



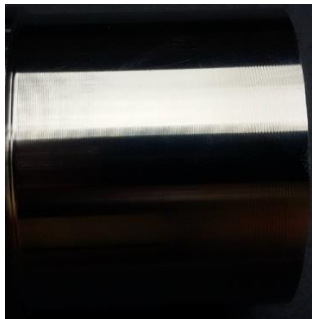
Ficha 4.1.1 Reporte de rugosidad de acabado superficial de mecanizado en SECO.

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA					
		REPORTE DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL					
DATOS INFORMATIVOS							
Tipo de estudio		Experimental		Ítem		A	
Fecha de ejecución		2017/08/08					
Lugar de estudio		Universidad Técnica de Ambato Laboratorio FICM					
Realizado por:		Carlos Morales		Revisado por:		Ing. Diego Núñez	
Parámetros de Torneado y lubricación							
Material:				Acero Inoxidable AISI 304			
Sistema de lubricación:				Seco			
Fluido lubricante				No Utilizado			
Herramienta de corte:				CNMG 120404			
Parámetros de medición del rugosímetro MITUTOYO SJ 210							
Norma		Ac			λ_s	MEDICIONES	
ISO 1997		0.8mm			2.5 μ m	X5	
n(rpm) / Vc(m/min)	Vf(mm/min)/ fn (mm/rev)	Avance de profundidad(ap) (mm)		Radio de punta r(inserto) (mm)		Caudal lt/min	
1190 / 190	209 / 0.175	0.4		0.4		N/A	
REGISTRO DE MEDICIONES DE (Ra)							
Probeta	Med.1(μm)	Med.2(μm)	Med.3(μm)	Med.4(μm)	Promedio (μm)		
A001	1,994	1,974	1,985	1,997	1,9875		
A001.1	1,865	1,967	1,856	1,910	1,8995		
PROMEDIO TOTAL						1,9435	
RESULTADOS							
					Estado Superficial Marcas visibles a simple vista y perceptibles generalmente al tacto. Clase de rugosidad N7 Proceso Torneado		



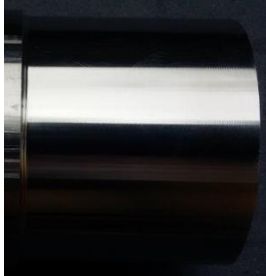
Ficha 4.1.2 Reporte de rugosidad de acabado superficial de mecanizado en SECO.

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA					
		REPORTE DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL					
DATOS INFORMATIVOS							
Tipo de estudio		Experimental		Ítem		A	
Fecha de ejecución		2017/08/08					
Lugar de estudio		Universidad Técnica de Ambato Laboratorio FICM					
Realizado por:		Carlos Morales		Revisado por:		Ing. Diego Núñez	
Parámetros de Torneado y lubricación							
Material:				Acero Inoxidable AISI 304			
Sistema de lubricación:				Seco			
Fluido lubricante				No Utilizado			
Herramienta de corte:				CNMG 120404			
Parámetros de medición del rugosímetro MITUTOYO SJ 210							
Norma		Ac			λ_s	MEDICIONES	
ISO 1997		0.8mm			2.5 μ m	X5	
n (rpm) / Vc (m/min)	Vf (mm/min) / fn (mm/rev)	Avance de profundidad(ap) (mm)		Radio de punta r(inserto) (mm)		Caudal lt/min	
1347 / 215	235 / 0.175	0.4		0.4		N/A	
REGISTRO DE MEDICIONES DE (Ra)							
Probeta	Med.1(μm)	Med.2(μm)	Med.3(μm)	Med.4(μm)	Promedio (μm)		
A002	2,182	2,184	2,190	2,188	2,186		
A002.1	2,230	2,194	2,178	2,180	2,1955		
PROMEDIO TOTAL						2,19075	
RESULTADOS							
					Estado Superficial Marcas visibles a simple vista y perceptibles generalmente al tacto.		
					Clase de rugosidad N7		
Proceso Torneado							



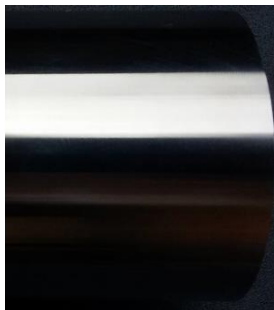
Ficha 4.1.3 Reporte de rugosidad de acabado superficial de mecanizado en SECO.

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
		REPORTE DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL				
DATOS INFORMATIVOS						
Tipo de estudio	Experimental		Ítem	A		
Fecha de ejecución	2017/08/08					
Lugar de estudio	Universidad Técnica de Ambato Laboratorio FICM					
Realizado por:	Carlos Morales		Revisado por:	Ing. Diego Núñez		
Parámetros de Torneado y lubricación						
Material:			Acero Inoxidable AISI 304			
Sistema de lubricación:			Seco			
Fluido lubricante			No Utilizado			
Herramienta de corte:			CNMG 120408			
Parámetros de medición del rugosímetro MITUTOYO SJ 210						
Norma	Ac			λ_s	MEDICIONES	
ISO 1997	0.8mm			2.5μm	X5	
n(rpm) / Vc (m/min)	Vf (mm/min) / fn (mm/rev)	Avance de profundidad(ap) (mm)	Radio de punta r(inserto) (mm)		Caudal lt/min	
1190 / 190	235 / 0.175	0.4	0.8		N/A	
REGISTRO DE MEDICIONES DE (Ra)						
Probeta	Med.1(μm)	Med.2(μm)	Med.3(μm)	Med.4(μm)	Promedio (μm)	
A003	1,732	1,751	1,740	1,756	1,745	
A003.1	1,765	1,755	1,760	1,739	1,75475	
PROMEDIO TOTAL					1,74975	
RESULTADOS						
				Estado Superficial Marcas visibles a simple vista y perceptibles generalmente al tacto.		
				Clase de rugosidad N7		
				Proceso Torneado		




Ficha 4.1.4 Reporte de rugosidad de acabado superficial de mecanizado en SECO.

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
		REPORTE DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL				
DATOS INFORMATIVOS						
Tipo de estudio	Experimental		Ítem	A		
Fecha de ejecución	2017/08/08					
Lugar de estudio	Universidad Técnica de Ambato Laboratorio FICM					
Realizado por:	Carlos Morales		Revisado por:	Ing. Diego Núñez		
Parámetros de Torneado y lubricación						
Material:			Acero Inoxidable AISI 304			
Sistema de lubricación:			Seco			
Fluido lubricante			No Utilizado			
Herramienta de corte:			CNMG 120408			
Parámetros de medición del rugosímetro MITUTOYO SJ 210						
Norma		Ac		λ_s	MEDICIONES	
ISO 1997		0.8mm		2.5 μ m	X5	
n(rpm) / Vc (m/min)	Vf (mm/min) / fn (mm/rev)	Avance de profundidad(ap) (mm)	Radio de punta r(inserto) (mm)	Caudal lt/min		
1347 / 215	209 / 0.175	0.4	0.8	N/A		
REGISTRO DE MEDICIONES DE (Ra)						
Probeta	Med.1(μm)	Med.2(μm)	Med.3(μm)	Med.4(μm)	Promedio (μm)	
A004	1,307	1,251	1,276	1,338	1,293	
A004.1	1,287	1,278	1,255	1,276	1,274	
PROMEDIO TOTAL					1,2835	
RESULTADOS						
				Estado Superficial Marcas visibles a simple vista y perceptibles generalmente al tacto. Clase de rugosidad N7 Proceso Torneado		



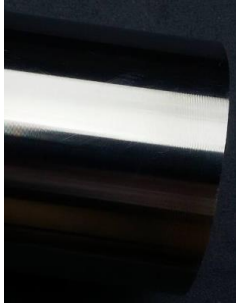
Ficha 4.1.5 Reporte de rugosidad de acabado superficial de mecanizado con MQL.

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
		REPORTE DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL				
DATOS INFORMATIVOS						
Tipo de estudio	Experimental		Ítem	A		
Fecha de ejecución	2017/09/08					
Lugar de estudio	Universidad Técnica de Ambato Laboratorio FICM					
Realizado por:	Carlos Morales		Revisado por:	Ing. Diego Núñez		
Parámetros de Torneado y lubricación						
Material:			Acero Inoxidable AISI 304			
Sistema de lubricación:			MQL			
Fluido lubricante			Coolube 2210 EP			
Herramienta de corte:			CNMG 120404			
Parámetros de medición del rugosímetro MITUTOYO SJ 210						
Norma		Ac		λs	MEDICIONES	
ISO 1997		0.8mm		2.5μm	X5	
n(rpm) / Vc (m/min)	Vf (mm/min) / fn (mm/rev)	Avance de profundidad(ap) (mm)	Radio de punta r(inserto) (mm)	Caudal lt/min		
1190 / 190	209 / 0.175	0.4	0.4	480		
REGISTRO DE MEDICIONES DE (Ra)						
Probeta	Med.1(μm)	Med.2(μm)	Med.3(μm)	Med.4(μm)	Promedio (μm)	
B001	1,908	1,911	1,852	1,868	1,885	
B001.1	1,883	1,932	1,876	1,903	1,8985	
PROMEDIO TOTAL					1,891625	
RESULTADOS						
				Estado Superficial Marcas visibles a simple vista y perceptibles generalmente al tacto. Clase de rugosidad N7 Proceso Torneado		



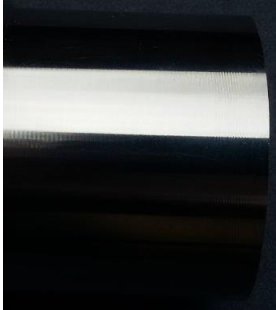
Ficha 4.1.6 Reporte de rugosidad de acabado superficial de mecanizado con MQL.

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
		REPORTE DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL				
DATOS INFORMATIVOS						
Tipo de estudio	Experimental		Ítem	A		
Fecha de ejecución	2017/09/08					
Lugar de estudio	Universidad Técnica de Ambato Laboratorio FICM					
Realizado por:	Carlos Morales		Revisado por:	Ing. Diego Núñez		
Parámetros de Torneado y lubricación						
Material:			Acero Inoxidable AISI 304			
Sistema de lubricación:			MQL			
Fluido lubricante			Coolube 2210 EP			
Herramienta de corte:			CNMG 120404			
Parámetros de medición del rugosímetro MITUTOYO SJ 210						
Norma		Ac		As	MEDICIONES	
ISO 1997		0.8mm		2.5µm	X5	
n(rpm) / Vc (m/min)	Vf (mm/min) / fn (mm/rev)	Avance de profundidad(ap) (mm)	Radio de punta r(inserto) (mm)	Caudal lt/min		
1347 / 215	235 / 0.175	0.4	0.4	480		
REGISTRO DE MEDICIONES DE (Ra)						
Probeta	Med.1(µm)	Med.2(µm)	Med.3(µm)	Med.4(µm)	Promedio (µm)	
B002	1,880	1,876	1,851	1,860	1,867	
B002.1	1,853	1,857	1,875	1,893	1,8695	
PROMEDIO TOTAL					1,868125	
RESULTADOS						
				Estado Superficial Marcas visibles a simple vista y perceptibles generalmente al tacto.		
				Clase de rugosidad N7		
				Proceso Torneado		



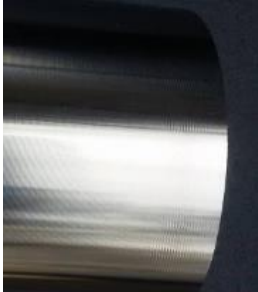
Ficha 4.1.7 Reporte de rugosidad de acabado superficial de mecanizado con MQL.

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
REPORTE DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL						
DATOS INFORMATIVOS						
Tipo de estudio		Experimental		Ítem		A
Fecha de ejecución		2017/09/08				
Lugar de estudio		Universidad Técnica de Ambato Laboratorio FICM				
Realizado por:		Carlos Morales		Revisado por:		Ing. Diego Núñez
Parámetros de Torneado y lubricación						
Material:			Acero Inoxidable AISI 304			
Sistema de lubricación:			MQL			
Fluido lubricante			Coolube 2210 EP			
Herramienta de corte:			CNMG 120408			
Parámetros de medición del rugosímetro MITUTOYO SJ 210						
Norma		Ac			λ_s	MEDICIONES
ISO 1997		0.8mm			2.5 μ m	X5
n(rpm) / Vc (m/min)	Vf (mm/min) / fn (mm/rev)	Avance de profundidad(ap) (mm)	Radio de punta r(inserto) (mm)		Caudal lt/min	
1190 / 190	235 / 0.175	0.4	0.8		480	
REGISTRO DE MEDICIONES DE (Ra)						
Probeta	Med.1(μm)	Med.2(μm)	Med.3(μm)	Med.4(μm)	Promedio (μm)	
B003	1,675	1,691	1,696	1,693	1,689	
B003.1	1,721	1,686	1,709	1,691	1,70175	
PROMEDIO TOTAL					1,69525	
RESULTADOS						
				Estado Superficial Marcas visibles a simple vista y perceptibles generalmente al tacto. Clase de rugosidad N7 Proceso Torneado		




Ficha 4.1.8 Reporte de rugosidad de acabado superficial de mecanizado con MQL.

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
		REPORTE DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL				
DATOS INFORMATIVOS						
Tipo de estudio	Experimental		Ítem	A		
Fecha de ejecución	2017/09/08					
Lugar de estudio	Universidad Técnica de Ambato Laboratorio FICM					
Realizado por:	Carlos Morales		Revisado por:	Ing. Diego Núñez		
Parámetros de Torneado y lubricación						
Material:			Acero Inoxidable AISI 304			
Sistema de lubricación:			MQL			
Fluido lubricante			Coolube 2210 EP			
Herramienta de corte:			CNMG 120408			
Parámetros de medición del rugosímetro MITUTOYO SJ 210						
Norma		Ac		λs	MEDICIONES	
ISO 1997		0.8mm		2.5μm	X5	
n(rpm) / Vc (m/min)	Vf (mm/min) / fn (mm/rev)	Avance de profundidad(ap) (mm)	Radio de punta r(inserto) (mm)	Caudal lt/min		
1347 / 215	209 / 0.175	0.4	0.8	N/A		
REGISTRO DE MEDICIONES DE (Ra)						
Probeta	Med.1(μm)	Med.2(μm)	Med.3(μm)	Med.4(μm)	Promedio (μm)	
B004	1,076	1,059	1,041	1,028	1,051	
B004.1	1,066	1,063	1,044	1,032	1,0512	
PROMEDIO TOTAL					1.051	
RESULTADOS						
				Estado Superficial Marcas visibles a simple vista y perceptibles generalmente al tacto. Clase de rugosidad N7 Proceso Torneado		



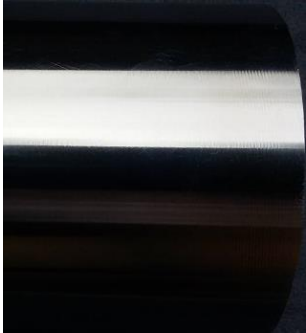
Ficha 4.1.9 Reporte de rugosidad de acabado superficial de mecanizado con (MQL + 0.25%TiO₂).

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
REPORTE DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL					
DATOS INFORMATIVOS					
Tipo de estudio	Experimental		Ítem	A	
Fecha de ejecución	2017/10/08				
Lugar de estudio	Universidad Técnica de Ambato Laboratorio FICM				
Realizado por:	Carlos Morales		Revisado por:	Ing. Diego Núñez	
Parámetros de Torneado y lubricación					
Material:			Acero Inoxidable AISI 304		
Sistema de lubricación:			MQL + 0.25%TiO₂		
Fluido lubricante			Coolube 2210 EP		
Herramienta de corte:			CNMG 120404		
Parámetros de medición del rugosímetro MITUTOYO SJ 210					
Norma		Ac		λs	MEDICIONES
ISO 1997		0.8mm		2.5μm	X5
n(rpm) / Vc (m/min)	Vf (mm/min) / fn (mm/rev)	Avance de profundidad(ap) (mm)	Radio de punta r(inserto) (mm)	Caudal lt/min	
1190 / 190	209 / 0.175	0.4	0.4	480	
REGISTRO DE MEDICIONES DE (Ra)					
Probeta	Med.1(μm)	Med.2(μm)	Med.3(μm)	Med.4(μm)	Promedio (μm)
C001	1,760	1,751	1,756	1,764	1,75775
C001.1	1,754	1,754	1,734	1,759	1,75025
PROMEDIO TOTAL					1,754
RESULTADOS					
				Estado Superficial Marcas visibles a simple vista y perceptibles generalmente al tacto. Clase de rugosidad N7 Proceso Torneado	



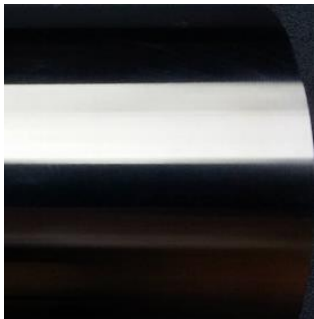
Ficha 4.1.10 Reporte de rugosidad de acabado superficial de mecanizado con (MQL + 0.25%TiO₂).

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA					
		REPORTE DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL					
DATOS INFORMATIVOS							
Tipo de estudio		Experimental		Ítem		A	
Fecha de ejecución		2017/10/08					
Lugar de estudio		Universidad Técnica de Ambato Laboratorio FICM					
Realizado por:		Carlos Morales		Revisado por:		Ing. Diego Núñez	
Parámetros de Torneado y lubricación							
Material:				Acero Inoxidable AISI 304			
Sistema de lubricación:				MQL + 0.25%TiO ₂			
Fluido lubricante				Coolube 2210 EP			
Herramienta de corte:				CNMG 120404			
Parámetros de medición del rugosímetro MITUTOYO SJ 210							
Norma		Ac			λs	MEDICIONES	
ISO 1997		0.8mm			2.5μm	X5	
n(rpm) / Vc (m/min)	Vf (mm/min) / fn (mm/rev)	Avance de profundidad(ap) (mm)		Radio de punta r(inserto) (mm)		Caudal lt/min	
1347 / 215	235 / 0.175	0.4		0.4		480	
REGISTRO DE MEDICIONES DE (Ra)							
Probeta	Med.1(μm)	Med.2(μm)	Med.3(μm)	Med.4(μm)	Promedio (μm)		
C002	1,846	1,845	1,826	1,827	1,836		
C002.1	1,854	1,856	1,832	1,832	1,8435		
PROMEDIO TOTAL						1,83975	
RESULTADOS							
					Estado Superficial Marcas visibles a simple vista y perceptibles generalmente al tacto.		
					Clase de rugosidad N7		
			Proceso Torneado				



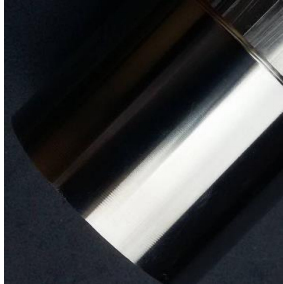
Ficha 4.1.11 Reporte de rugosidad de acabado superficial de mecanizado con (MQL + 0.25%TiO₂).

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
REPORTE DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL					
DATOS INFORMATIVOS					
Tipo de estudio	Experimental		Ítem	A	
Fecha de ejecución	2017/10/08				
Lugar de estudio	Universidad Técnica de Ambato Laboratorio FICM				
Realizado por:	Carlos Morales		Revisado por:	Ing. Diego Núñez	
Parámetros de Torneado y lubricación					
Material:			Acero Inoxidable AISI 304		
Sistema de lubricación:			MQL + 0.25%TiO ₂		
Fluido lubricante			Coolube 2210 EP		
Herramienta de corte:			CNMG 120408		
Parámetros de medición del rugosímetro MITUTOYO SJ 210					
Norma		λ_c		λ_s	MEDICIONES
ISO 1997		0.8mm		2.5 μ m	X5
n(rpm) / Vc (m/min)	Vf (mm/min) / fn (mm/rev)	Avance de profundidad(ap) (mm)	Radio de punta r(inserto) (mm)	Caudal lt/min	
1190 / 190	235 / 0.175	0.4	0.8	480	
REGISTRO DE MEDICIONES DE (Ra)					
Probeta	Med.1(μm)	Med.2(μm)	Med.3(μm)	Med.4(μm)	Promedio (μm)
C003	1,375	1,405	1,356	1,377	1,378
C003.1	1,356	1,375	1,380	1,375	1,3715
PROMEDIO TOTAL					1,374875
RESULTADOS					
				Estado Superficial Marcas visibles a simple vista y perceptibles generalmente al tacto. Clase de rugosidad N7 Proceso Torneado	



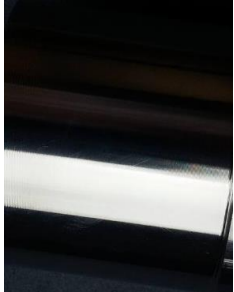
Ficha 4.1.12 Reporte de rugosidad de acabado superficial de mecanizado con (MQL + 0.25%TiO₂).

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
		REPORTE DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL				
DATOS INFORMATIVOS						
Tipo de estudio	Experimental		Ítem	A		
Fecha de ejecución	2017/10/08					
Lugar de estudio	Universidad Técnica de Ambato Laboratorio FICM					
Realizado por:	Carlos Morales		Revisado por:	Ing. Diego Núñez		
Parámetros de Torneado y lubricación						
Material:			Acero Inoxidable AISI 304			
Sistema de lubricación:			MQL + 0.25%TiO ₂			
Fluido lubricante			Coolube 2210 EP			
Herramienta de corte:			CNMG 120408			
Parámetros de medición del rugosímetro MITUTOYO SJ 210						
Norma		λ _c		λ _s	MEDICIONES	
ISO 1997		0.8mm		2.5μm	X5	
n(rpm) / Vc (m/min)	Vf (mm/min) / fn (mm/rev)	Avance de profundidad(ap) (mm)	Radio de punta r(inserto) (mm)	Caudal lt/min		
1347 / 215	209 / 0.175	0.4	0.8	N/A		
REGISTRO DE MEDICIONES DE (Ra)						
Probeta	Med.1(μm)	Med.2(μm)	Med.3(μm)	Med.4(μm)	Promedio (μm)	
C004	0,856	0,856	0,846	0,837	0,849	
C004.1	0,845	0,852	0,865	0,852	0,8535	
PROMEDIO TOTAL					0,851125	
RESULTADOS						
				Estado Superficial Muy fino, marcas no visibles ni perceptibles al tacto.		
				Clase de rugosidad N6		
				Proceso Torneado		




Ficha 4.1.13 Reporte de rugosidad de acabado superficial de mecanizado con (MQL + 0.5%TiO₂).

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
REPORTE DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL						
DATOS INFORMATIVOS						
Tipo de estudio	Experimental		Ítem	A		
Fecha de ejecución	2017/14/08					
Lugar de estudio	Universidad Técnica de Ambato Laboratorio FICM					
Realizado por:	Carlos Morales		Revisado por:	Ing. Diego Núñez		
Parámetros de Torneado y lubricación						
Material:			Acero Inoxidable AISI 304			
Sistema de lubricación:			MQL + 0.5%TiO₂			
Fluido lubricante			Coolube 2210 EP			
Herramienta de corte:			CNMG 120404			
Parámetros de medición del rugosímetro MITUTOYO SJ 210						
Norma		λ_c			λ_s	MEDICIONES
ISO 1997		0.8mm			2.5μm	X5
n(rpm) / Vc (m/min)	Vf (mm/min) / fn (mm/rev)	Avance de profundidad(ap) (mm)	Radio de punta r(inserto) (mm)		Caudal lt/min	
1190 / 190	209 / 0.175	0.4	0.4		480	
REGISTRO DE MEDICIONES DE (Ra)						
Probeta	Med.1(μm)	Med.2(μm)	Med.3(μm)	Med.4(μm)	Promedio (μm)	
D001	1,595	1,606	1,615	1,614	1,608	
D001.1	1,601	1,584	1,608	1,592	1,59625	
PROMEDIO TOTAL					1,601875	
RESULTADOS						
				Estado Superficial Marcas visibles a simple vista y perceptibles generalmente al tacto. Clase de rugosidad N7 Proceso Torneado		



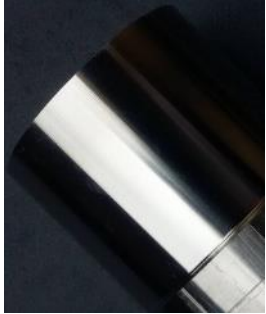
Ficha 4.1.14 Reporte de rugosidad de acabado superficial de mecanizado con (MQL + 0.5%TiO₂).

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
		REPORTE DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL				
DATOS INFORMATIVOS						
Tipo de estudio	Experimental		Ítem	A		
Fecha de ejecución	2017/14/08					
Lugar de estudio	Universidad Técnica de Ambato Laboratorio FICM					
Realizado por:	Carlos Morales		Revisado por:	Ing. Diego Núñez		
Parámetros de Torneado y lubricación						
Material:			Acero Inoxidable AISI 304			
Sistema de lubricación:			MQL + 0.5%TiO ₂			
Fluido lubricante			Coolube 2210 EP			
Herramienta de corte:			CNMG 120404			
Parámetros de medición del rugosímetro MITUTOYO SJ 210						
Norma		λc		λs	MEDICIONES	
ISO 1997		0.8mm		2.5μm	X5	
n(rpm) / Vc (m/min)	Vf (mm/min) / fn (mm/rev)	Avance de profundidad(ap) (mm)	Radio de punta r(inserto) (mm)	Caudal lt/min		
1347 / 215	235 / 0.175	0.4	0.4	480		
REGISTRO DE MEDICIONES DE (Ra)						
Probeta	Med.1(μm)	Med.2(μm)	Med.3(μm)	Med.4(μm)	Promedio (μm)	
D002	1,296	1,265	1,278	1,270	1,277	
D002.1	1,312	1,285	1,256	1,266	1,27975	
PROMEDIO TOTAL					1,2785	
RESULTADOS						
				Estado Superficial Marcas visibles a simple vista y perceptibles generalmente al tacto.		
				Clase de rugosidad N7		
				Proceso Torneado		



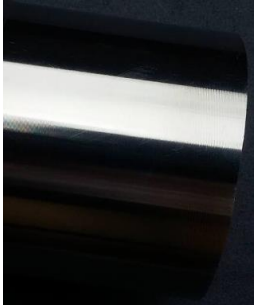
Ficha 4.1.15 Reporte de rugosidad de acabado superficial de mecanizado con (MQL + 0.5%TiO₂).

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
REPORTE DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL						
DATOS INFORMATIVOS						
Tipo de estudio	Experimental		Ítem	A		
Fecha de ejecución	2017/14/08					
Lugar de estudio	Universidad Técnica de Ambato Laboratorio FICM					
Realizado por:	Carlos Morales		Revisado por:	Ing. Diego Núñez		
Parámetros de Torneado y lubricación						
Material:			Acero Inoxidable AISI 304			
Sistema de lubricación:			MQL + 0.5%TiO ₂			
Fluido lubricante			Coolube 2210 EP			
Herramienta de corte:			CNMG 120408			
Parámetros de medición del rugosímetro MITUTOYO SJ 210						
Norma		λ_c		λ_s	MEDICIONES	
ISO 1997		0.8mm		2.5 μ m	X5	
n(rpm) / Vc (m/min)	Vf (mm/min) / fn (mm/rev)	Avance de profundidad(ap) (mm)	Radio de punta r(inserto) (mm)		Caudal lt/min	
1190 / 190	235 / 0.175	0.4	0.8		480	
REGISTRO DE MEDICIONES DE (Ra)						
Probeta	Med.1(μm)	Med.2(μm)	Med.3(μm)	Med.4(μm)	Promedio (μm)	
D003	1,364	1,355	1,363	1,364	1,362	
D003.1	1,363	1,365	1,341	1,353	1,3555	
PROMEDIO TOTAL					1,3585	
RESULTADOS						
				Estado Superficial Marcas visibles a simple vista y perceptibles generalmente al tacto. Clase de rugosidad N7 Proceso Torneado		




Ficha 4.1.16 Reporte de rugosidad de acabado superficial de mecanizado con (MQL + 0.5%TiO₂).

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
		REPORTE DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL				
DATOS INFORMATIVOS						
Tipo de estudio	Experimental		Ítem	A		
Fecha de ejecución	2017/14/08					
Lugar de estudio	Universidad Técnica de Ambato Laboratorio FICM					
Realizado por:	Carlos Morales		Revisado por:	Ing. Diego Núñez		
Parámetros de Torneado y lubricación						
Material:			Acero Inoxidable AISI 304			
Sistema de lubricación:			MQL + 0.5%TiO ₂			
Fluido lubricante			Coolube 2210 EP			
Herramienta de corte:			CNMG 120408			
Parámetros de medición del rugosímetro MITUTOYO SJ 210						
Norma		λ _c		λ _s	MEDICIONES	
ISO 1997		0.8mm		2.5μm	X5	
n(rpm) / Vc (m/min)	Vf (mm/min) / fn (mm/rev)	Avance de profundidad(ap) (mm)	Radio de punta r(inserto) (mm)	Caudal lt/min		
1347 / 215	209 / 0.175	0.4	0.8	N/A		
REGISTRO DE MEDICIONES DE (Ra)						
Probeta	Med.1(μm)	Med.2(μm)	Med.3(μm)	Med.4(μm)	Promedio (μm)	
D004	0,638	0,625	0,642	0,645	0,638	
D004.1	0,641	0,616	0,633	0,630	0,63	
PROMEDIO TOTAL					0,63375	
RESULTADOS						
				Estado Superficial Muy fino, marcas no visibles ni perceptibles al tacto. Clase de rugosidad N5 Proceso Torneado		



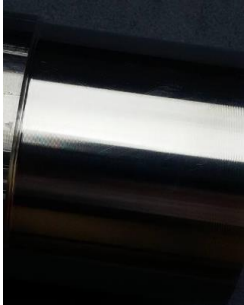
Ficha 4.1.17 Reporte de rugosidad de acabado superficial de mecanizado con (MQL + 1%TiO₂).

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
		REPORTE DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL				
DATOS INFORMATIVOS						
Tipo de estudio	Experimental		Ítem	A		
Fecha de ejecución	2017/15/08					
Lugar de estudio	Universidad Técnica de Ambato Laboratorio FICM					
Realizado por:	Carlos Morales		Revisado por:	Ing. Diego Núñez		
Parámetros de Torneado y lubricación						
Material:			Acero Inoxidable AISI 304			
Sistema de lubricación:			MQL + 1%TiO ₂			
Fluido lubricante			Coolube 2210 EP			
Herramienta de corte:			CNMG 120404			
Parámetros de medición del rugosímetro MITUTOYO SJ 210						
Norma		λc		λs	MEDICIONES	
ISO 1997		0.8mm		2.5μm	X5	
n(rpm) / Vc (m/min)	Vf (mm/min) / fn (mm/rev)	Avance de profundidad(ap) (mm)	Radio de punta r(inserto) (mm)	Caudal lt/min		
1190 / 190	209 / 0.175	0.4	0.4	480		
REGISTRO DE MEDICIONES DE (Ra)						
Probeta	Med.1(μm)	Med.2(μm)	Med.3(μm)	Med.4(μm)	Promedio (μm)	
E001	1,992	1,984	1,966	1,983	1,981	
E001.1	1,991	1,993	1,985	1,979	1,987	
PROMEDIO TOTAL					1,984125	
RESULTADOS						
				Tipo de trabajo Marcas visibles a simple vista y perceptibles generalmente al tacto.		
				Clase de rugosidad N7		
				Proceso Torneado		



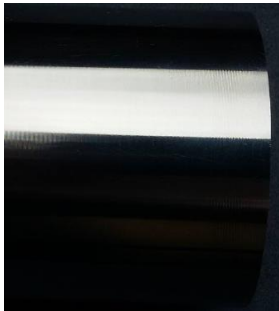
Ficha 4.1.18 Reporte de rugosidad de acabado superficial de mecanizado con (MQL + 1%TiO₂).

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
		REPORTE DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL				
DATOS INFORMATIVOS						
Tipo de estudio	Experimental		Ítem	A		
Fecha de ejecución	2017/15/08					
Lugar de estudio	Universidad Técnica de Ambato Laboratorio FICM					
Realizado por:	Carlos Morales		Revisado por:	Ing. Diego Núñez		
Parámetros de Torneado y lubricación						
Material:			Acero Inoxidable AISI 304			
Sistema de lubricación:			MQL + 1%TiO ₂			
Fluido lubricante			Coolube 2210 EP			
Herramienta de corte:			CNMG 120404			
Parámetros de medición del rugosímetro MITUTOYO SJ 210						
Norma		λc		λs	MEDICIONES	
ISO 1997		0.8mm		2.5μm	X5	
n(rpm) / Vc (m/min)	Vf (mm/min) / fn (mm/rev)	Avance de profundidad(ap) (mm)	Radio de punta r(inserto) (mm)	Caudal lt/min		
1347 / 215	235 / 0.175	0.4	0.4	480		
REGISTRO DE MEDICIONES DE (Ra)						
Probeta	Med.1(μm)	Med.2(μm)	Med.3(μm)	Med.4(μm)	Promedio (μm)	
E002	1,706	1,688	1,705	1,695	1,699	
E002.1	1,710	1,695	1,698	1,699	1,7005	
PROMEDIO TOTAL					1,6995	
RESULTADOS						
				Tipo de trabajo Marcas visibles a simple vista y perceptibles generalmente al tacto.		
				Clase de rugosidad N7		
				Proceso Torneado		



Ficha 4.1.19 Reporte de rugosidad de acabado superficial de mecanizado con (MQL + 1%TiO₂).

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
		REPORTE DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL				
DATOS INFORMATIVOS						
Tipo de estudio	Experimental		Ítem	A		
Fecha de ejecución	2017/15/08					
Lugar de estudio	Universidad Técnica de Ambato Laboratorio FICM					
Realizado por:	Carlos Morales		Revisado por:	Ing. Diego Núñez		
Parámetros de Torneado y lubricación						
Material:			Acero Inoxidable AISI 304			
Sistema de lubricación:			MQL + 1%TiO ₂			
Fluido lubricante			Coolube 2210 EP			
Herramienta de corte:			CNMG 120408			
Parámetros de medición del rugosímetro MITUTOYO SJ 210						
Norma		λ_c		λ_s	MEDICIONES	
ISO 1997		0.8mm		2.5 μ m	X5	
n(rpm) / Vc (m/min)	Vf (mm/min) / fn (mm/rev)	Avance de profundidad(ap) (mm)	Radio de punta r(inserto) (mm)	Caudal lt/min		
1190 / 190	235 / 0.175	0.4	0.8	480		
REGISTRO DE MEDICIONES DE (Ra)						
Probeta	Med.1(μm)	Med.2(μm)	Med.3(μm)	Med.4(μm)	Promedio (μm)	
E003	1,529	1,532	1,540	1,532	1,533	
E003.1	1,553	1,576	1,517	1,571	1,55425	
PROMEDIO TOTAL					1,54375	
RESULTADOS						
				Tipo de trabajo Marcas visibles a simple vista y perceptibles generalmente al tacto.		
				Clase de rugosidad N7		
				Proceso Torneado		



Ficha 4.1.20 Reporte de rugosidad de acabado superficial de mecanizado con (MQL + 1%TiO₂)

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
REPORTE DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL					
DATOS INFORMATIVOS					
Tipo de estudio	Experimental		Ítem	A	
Fecha de ejecución	2017/15/08				
Lugar de estudio	Universidad Técnica de Ambato Laboratorio FICM				
Realizado por:	Carlos Morales		Revisado por:	Ing. Diego Núñez	
Parámetros de Torneado y lubricación					
Material:			Acero Inoxidable AISI 304		
Sistema de lubricación:			MQL + 1%TiO₂		
Fluido lubricante			Coolube 2210 EP		
Herramienta de corte:			CNMG 120408		
Parámetros de medición del rugosímetro MITUTOYO SJ 210					
Norma		λc		Λs	MEDICIONES
ISO 1997		0.8mm		2.5μm	X5
n(rpm) / Vc (m/min)	Vf (mm/min) / fn (mm/rev)	Avance de profundidad(ap) (mm)	Radio de punta r(inserto) (mm)		Caudal lt/min
1347 / 215	209 / 0.175	0.4	0.8		N/A
REGISTRO DE MEDICIONES DE (Ra)					
Probeta	Med.1(μm)	Med.2(μm)	Med.3(μm)	Med.4(μm)	Promedio (μm)
E004	0,842	0,870	0,869	0,841	0,856
E004.1	0,852	0,869	0,853	0,862	0,859
PROMEDIO TOTAL					0,85725
RESULTADOS					
				Tipo de trabajo Muy fino, marcas no visibles ni perceptibles al tacto. Clase de rugosidad N6 Proceso Torneado	

Ficha 4.1.21 General de resultados de rugosidad superficial (Ra) para el mecanizado utilizando radio de punta (r = 0,4mm)

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA 						
REPORTE DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL						
DATOS INFORMATIVOS						
Tipo de estudio	Experimental		Ítem	B		
Fecha de ejecución	2017/09/08					
Lugar de estudio	Universidad Técnica de Ambato Laboratorio FICM					
Realizado por:	Carlos Morales		Revisado por:	Ing. Diego Núñez		
Parámetros de mecanizado						
Material:	Acero Inoxidable AISI 304					
Sistema de lubricación:	Varios					
Fluido lubricante	Coolube 2210 EP					
Herramienta de corte:	CNMG 120404					
Parámetros de medición del rugosímetro MITUTOYO SJ 210						
Norma		λ_c		λ_s		MEDICIONES
ISO 1997		0.8mm		2.5 μ m		X5
Probeta	Velocidad del husillo (rpm)	Velocidad de avance (mm/min)	Profundidad de corte (mm)	Caudal (ml/h)	Presión (bar)	Rugosidad superficial Ra(μ m)
A001	1190	209	0,4	480	2	1,987
A001.1	1190	209	0,4	480	2	1,899
A002	1347	235	0,4	480	2	2,186
A002.1	1347	235	0,4	480	2	2,195
B001	1190	209	0,4	480	2	1,885
B001.1	1190	209	0,4	480	2	1,898
B002	1347	235	0,4	480	2	1,867
B002.1	1347	235	0,4	480	2	1,869
C001	1190	209	0,4	480	2	1,757
C001.1	1190	209	0,4	480	2	1,750
C002	1347	235	0,4	480	2	1,836
C002.1	1347	235	0,4	480	2	1,843
D001	1190	209	0,4	480	2	1,608
D001.1	1190	209	0,4	480	2	1,596
D002	1347	235	0,4	480	2	1,277
D002.1	1347	235	0,4	480	2	1,279
E001	1190	209	0,4	480	2	1,981
E001.1	1190	209	0,4	480	2	1,987
E002	1347	235	0,4	480	2	1,699
E002.1	1347	235	0,4	480	2	1,700

Ficha 4.1.22 General de resultados de rugosidad superficial (Ra) para el mecanizado utilizando radio de punta (r = 0,8mm)

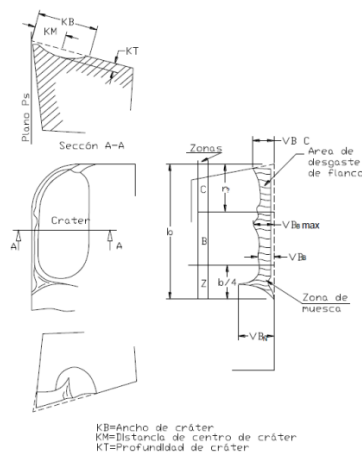
		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
REPORTE DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL						
DATOS INFORMATIVOS						
Tipo de estudio	Experimental		Ítem	B		
Fecha de ejecución	2017/09/08					
Lugar de estudio	Universidad Técnica de Ambato Laboratorio FICM					
Realizado por:	Carlos Morales		Revisado por:	Ing. Diego Núñez		
Parámetros de mecanizado						
Material:	Acero Inoxidable AISI 304					
Sistema de lubricación:	Varios					
Fluido lubricante	Coolube 2210 EP					
Herramienta de corte:	CNMG 120408					
Parámetros de medición del rugosímetro MITUTOYO SJ 210						
Norma		λ_c		λ_s		MEDICIONES
ISO 1997		0.8mm		2.5 μ m		X5
Probeta	Velocidad del husillo (rpm)	Velocidad de avance (mm/min)	Profundidad de corte (mm)	Caudal (ml/h)	Presión (bar)	Rugosidad superficial Ra(μ m)
A003	1190	235	0,4	480	2	1,745
A003.1	1190	235	0,4	480	2	1,754
A004	1347	209	0,4	480	2	1,293
A004.1	1347	209	0,4	480	2	1,274
B003	1190	235	0,4	480	2	1,689
B003.1	1190	235	0,4	480	2	1,701
B004	1347	209	0,4	480	2	1,051
B004.1	1347	209	0,4	480	2	1,051
C003	1190	235	0,4	480	2	1,378
C003.1	1190	235	0,4	480	2	1,371
C004	1347	209	0,4	480	2	0,849
C004.1	1347	209	0,4	480	2	0,853
D003	1190	235	0,4	480	2	1,362
D003.1	1190	235	0,4	480	2	1,355
D004	1347	209	0,4	480	2	0,638
D004.1	1347	209	0,4	480	2	0,63
E003	1190	235	0,4	480	2	1,533
E003.1	1190	235	0,4	480	2	1,554
E004	1347	209	0,4	480	2	0,856
E004.1	1347	209	0,4	480	2	0,859

4.2 TOMA DE DATOS DE DESGASTE DE LA HERRAMIENTA DE CORTE.

En las fichas 4.2.1 a la 4.2.19, se procede a la toma de datos de desgaste en el microscopio de barrido tanto del método menos efectivo como del más óptimo, utilizando los mismos parámetros de mecanizado como son las velocidades de husillo, las velocidades de avance, radios de punta, profundidad de corte, caudal y presión para luego hacer una comparación entre los dos métodos y definir cuál de ellos es el que prolonga más la vida útil de la herramienta. Esta comparación se la hará entre el método SECO y (MQL + 0.5%TiO₂), ya que estos presentan mayores y menores valores de rugosidad correspondientemente.

Cabe recalcar que la comparación de estos métodos se la realiza usando estrictamente los mismos parámetros de mecanizado, a excepción del método de lubricación y necesariamente las dos velocidades de husillo como se muestra en la tabla 4.1 debido a que estas son requisito para el cálculo de la vida útil de la herramienta.

Se aplicará el criterio de desgaste según la norma ASME B94.55M



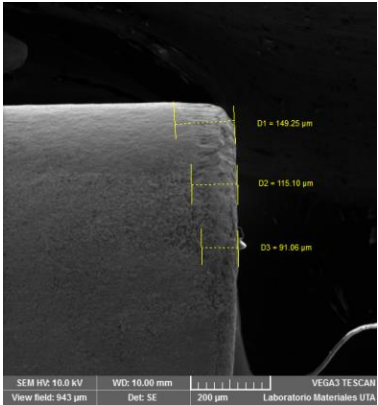
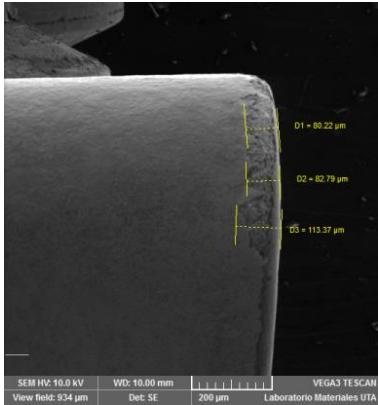


Material de la Herramienta	(mm)	Carburos Cementados	Carburos Recubiertos
Operación			
Desbaste	VB _B	0.3-1.0	0.3-1.0
Acabado	VB _B	0.1-0.25	0.1-0.25



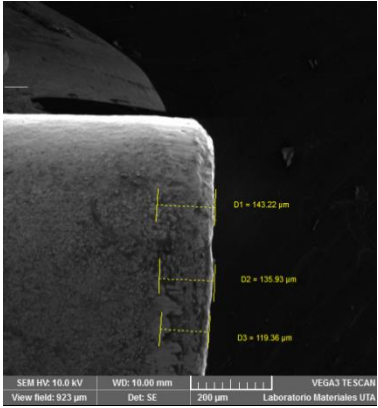
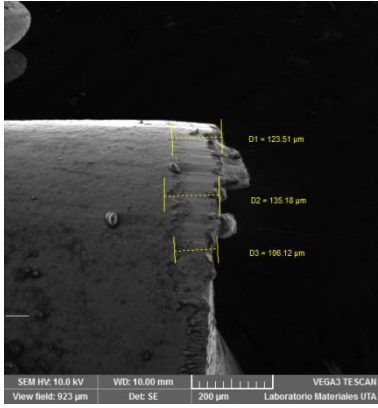
Figura 4. 1Recomendaciones para el límite de desgaste de flanco [9]

1. VB_B, promedio de desgaste en desbaste = 0.3 – 0,1
2. VB_B, promedio de desgaste en acabado = 0,1 – 0,25



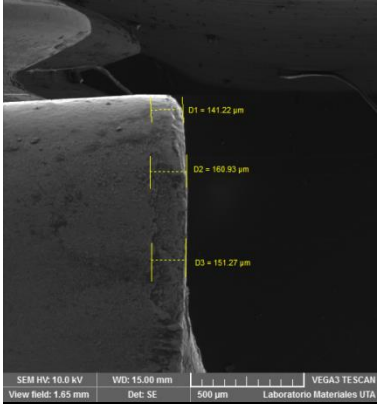
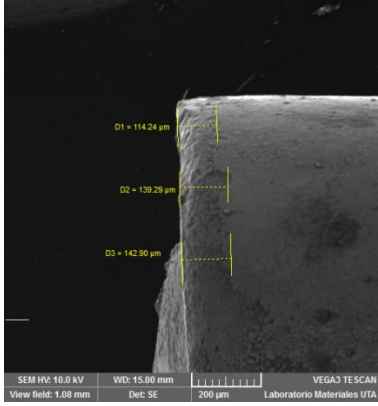
Ficha 4.2.1 Reporte de desgaste de flanco de mecanizado en SECO y (MQL+0.5%TiO₂) a 5 minutos de exposición a trabajo de acabado y n=1347rpm.

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
REPORTE DE MEDICIÓN DE DESGASTE DE FLANCOS					
DATOS INFORMATIVOS					
Tipo de estudio		Experimental		Ítem B	
Fecha de ejecución		2017/08/24			
Lugar de estudio		Universidad Técnica de Ambato Laboratorio FICM			
Realizado por:		Carlos Morales		Revisado por: Ing. Diego Núñez	
Parámetros de torneado y lubricación					
Material:		Acero Inoxidable AISI 304			
Sistema de lubricación:		Sin lubricación - (MQL + 0.5%TiO ₂)			
Fluido lubricante		Sin lubricación - Coolube 2210 EP			
Herramienta de corte:		CNMG 120408			
n(rpm)	Vf(mm/rev)	ap(mm)	T(min)	Q(ml/h)	R(mm)
1347	209	0.4	5	0 - 480	0.8
REGISTRO DE MEDICIÓN GENERAL					
SECO			(MQL + 0.5% TiO₂)		
					
VBC	149.25µm		VBC	80.22µm	
VBmax	115.10µm		VBmax	82.79µm	
VBN	91.06µm		VBN	113.37µm	
SUMA	355.41µm		SUMA	276.38µm	
PROMEDIO	118.47µm		PROMEDIO	92.12µm	
Conclusión:					
El desgaste en el flanco de los insertos no sobrepasa lo permitido por el criterio de desgaste de la norma ASME B94.55M que es un promedio de 0.3mm en la zona media del flanco y el desgaste máximo de 0.6mm si el desgaste es irregular					
OBSERVACIONES:					
Se puede apreciar que el desgaste es mayor cuando no hay un método de lubricación y la herramienta tiene contacto directo con el material					



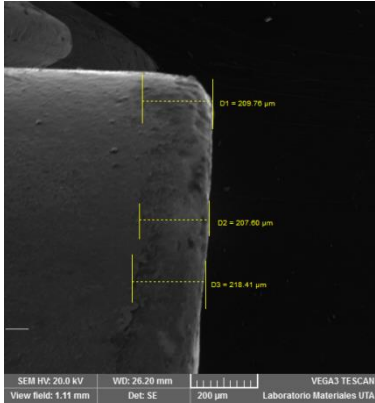
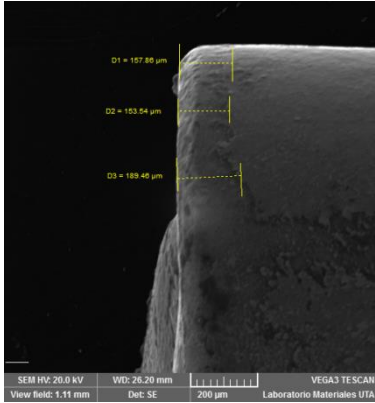
Ficha 4.2.2 Reporte de desgaste de flanco de mecanizado en SECO y (MQL+0.5%TiO₂) a 10 minutos de exposición a trabajo de acabado y n=1347rpm.

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
REPORTE DE MEDICIÓN DE DESGASTE DE FLANCOS					
DATOS INFORMATIVOS					
Tipo de estudio		Experimental		Ítem	
				B	
Fecha de ejecución			2017/08/24		
Lugar de estudio			Universidad Técnica de Ambato Laboratorio FICM		
Realizado por:		Carlos Morales		Revisado por:	
				Ing. Diego Núñez	
Parámetros de torneado y lubricación					
Material:			Acero Inoxidable AISI 304		
Sistema de lubricación:			Sin lubricación - (MQL + 0.5%TiO ₂)		
Fluido lubricante			Sin lubricación - Coolube 2210 EP		
Herramienta de corte:			CNMG 120408		
n (rpm)	Vf(mm/rev)	ap(mm)	T(min)	Q(ml/h)	R(mm)
1347	209	0.4	10	0 - 480	0.8
REGISTRO DE MEDICIÓN GENERAL					
SECO			(MQL + 0.5%TiO₂)		
					
VBC		143.22µm	VBC		123.51µm
VBmax		135.93µm	VBmax		135.18µm
VBN		119.36µm	VBN		106.12µm
SUMA		398.51µm	SUMA		364.81µm
PROMEDIO		132.83µm	PROMEDIO		121.60µm
Conclusión:					
El desgaste en el flanco de los insertos no sobrepasa lo permitido por el criterio de desgaste de la norma ASME B94.55M que es un promedio de 0.3mm en la zona media del flanco y el desgaste máximo de 0.6mm si el desgaste es irregular					
OBSERVACIONES:					
Se puede apreciar que el desgaste es mayor cuando no hay un método de lubricación y la herramienta tiene contacto directo con el material, se presenta inclusión de material desecho en uno de los insertos.					



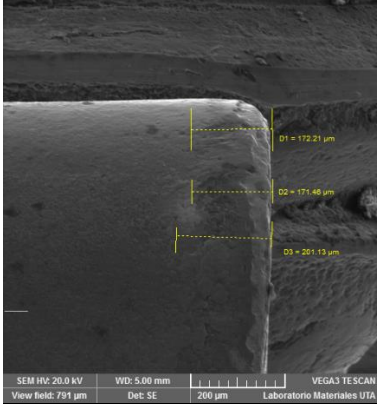
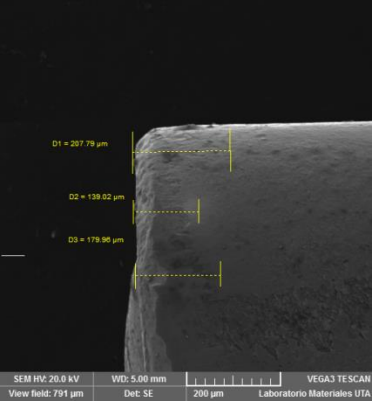
Ficha 4.2.3 Reporte de desgaste de flanco de mecanizado en SECO y (MQL+0.5%TiO₂) a 15 minutos de exposición a trabajo de acabado y n=1347rpm.

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
REPORTE DE MEDICIÓN DE DESGASTE DE FLANCOS					
DATOS INFORMATIVOS					
Tipo de estudio		Experimental		Ítem	
				B	
Fecha de ejecución			2017/08/24		
Lugar de estudio			Universidad Técnica de Ambato Laboratorio FICM		
Realizado por:		Carlos Morales		Revisado por:	
				Ing. Diego Núñez	
Parámetros de torneado y lubricación					
Material:			Acero Inoxidable AISI 304		
Sistema de lubricación:			Sin lubricación - (MQL + 0.5%TiO ₂)		
Fluido lubricante			Sin lubricación - Coolube 2210 EP		
Herramienta de corte:			CNMG 120408		
n (rpm)	Vf(mm/rev)	ap(mm)	T(min)	Q(ml/h)	R(mm)
1347	209	0.4	15	0 - 480	0.8
REGISTRO DE MEDICIÓN GENERAL					
SECO			(MQL + 0.5%TiO₂)		
					
VBC	141.22µm		VBC	114.24µm	
VBmax	160.93µm		VBmax	139.29µm	
VBN	151.27µm		VBN	142.90µm	
SUMA	453.42µm		SUMA	396.43µm	
PROMEDIO	151.14µm		PROMEDIO	132.14µm	
Conclusión:					
El desgaste en el flanco de los insertos no sobrepasa lo permitido por el criterio de desgaste de la norma ASME B94.55M, que es un promedio de 0.3mm en la zona media del flanco y el desgaste máximo de 0.6mm, si el desgaste es irregular					
OBSERVACIONES:					
Se puede apreciar que el desgaste es mayor cuando no hay un método de lubricación y la herramienta tiene contacto directo con el material.					



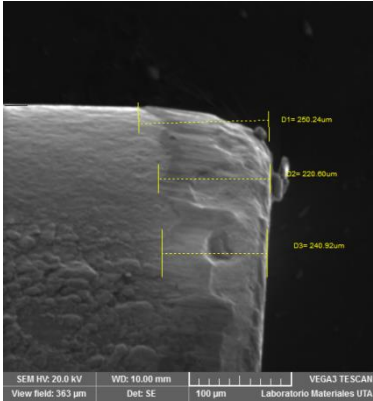
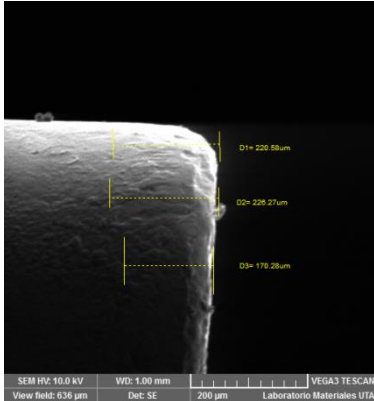
Ficha 4.2.4 Reporte de desgaste de flanco de mecanizado en SECO y (MQL+0.5%TiO₂) a 20 minutos de exposición a trabajo de acabado y n=1347rpm.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA					
REPORTE DE MEDICIÓN DE DESGASTE DE FLANCOS					
DATOS INFORMATIVOS					
Tipo de estudio	Experimental	Ítem	B		
Fecha de ejecución	2017/08/24				
Lugar de estudio	Universidad Técnica de Ambato Laboratorio FICM				
Realizado por:	Carlos Morales	Revisado por:	Ing. Diego Núñez		
Parámetros de torneado y lubricación					
Material:	Acero Inoxidable AISI 304				
Sistema de lubricación:	Sin lubricación - (MQL + 0.5%TiO ₂)				
Fluido lubricante	Sin lubricación - Coolube 2210 EP				
Herramienta de corte:	CNMG 120408				
n (rpm)	Vf(mm/rev)	ap(mm)	T(min)	Q(ml/h)	R(mm)
1347	209	0.4	20	0 - 480	0.8
REGISTRO DE MEDICIÓN GENERAL					
SECO			(MQL + 0.5%TiO₂)		
					
VBC	209.76µm		VBC	157.86µm	
VBmax	207.60µm		VBmax	153.54µm	
VBN	218.41µm		VBN	189.46µm	
SUMA	635.77µm		SUMA	500.86µm	
PROMEDIO	211.92µm		PROMEDIO	166.95µm	
Conclusión:					
El desgaste en el flanco de los insertos no sobrepasa lo permitido por el criterio de desgaste de la norma ASME B94.55M que es un promedio de 0.3mm en la zona media del flanco y el desgaste máximo de 0.6mm si el desgaste es irregular					
OBSERVACIONES:					
Se puede apreciar que el desgaste es mayor cuando no hay un método de lubricación y la herramienta tiene contacto directo con el material.					



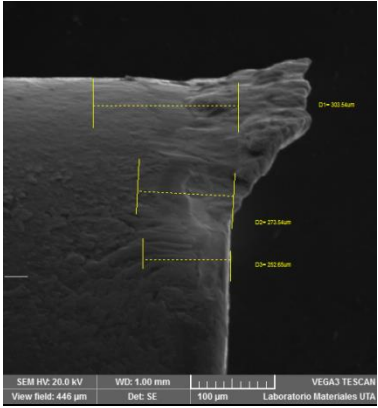
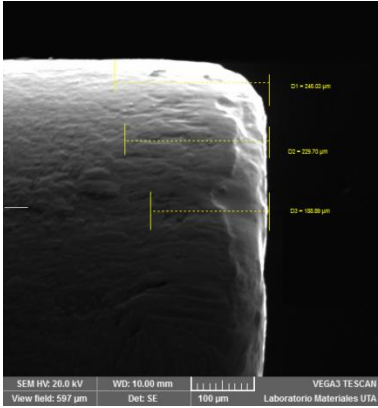
Ficha 4.2.5 Reporte de desgaste de flanco de mecanizado en SECO y (MQL+0.5%TiO₂) a 25 minutos de exposición a trabajo de acabado y n=1347rpm.

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
REPORTE DE MEDICIÓN DE DESGASTE DE FLANCOS					
DATOS INFORMATIVOS					
Tipo de estudio		Experimental		Ítem B	
Fecha de ejecución		2017/08/24			
Lugar de estudio		Universidad Técnica de Ambato Laboratorio FICM			
Realizado por:		Carlos Morales		Revisado por: Ing. Diego Núñez	
Parámetros de torneado y lubricación					
Material:		Acero Inoxidable AISI 304			
Sistema de lubricación:		Sin lubricación - (MQL + 0.5%TiO ₂)			
Fluido lubricante		Sin lubricación - Coolube 2210 EP			
Herramienta de corte:		CNMG 120408			
n (rpm)	Vf(mm/rev)	ap(mm)	T(min)	Q(ml/h)	R(mm)
1347	209	0.4	25	0 - 480	0.8
REGISTRO DE MEDICIÓN GENERAL					
SECO			(MQL + 0.5%TiO₂)		
					
VBC	212.21µm		VBC	207.79µm	
VBmax	214.46µm		VBmax	139.02µm	
VBN	251.13µm		VBN	179.96µm	
SUMA	677.8µm		SUMA	526.77µm	
PROMEDIO	225.93µm		PROMEDIO	175.59µm	
Conclusión:					
El desgaste en el flanco de los insertos no sobrepasa lo permitido por el criterio de desgaste de la norma ASME B94.55M que es un promedio de 0.3mm en la zona media del flanco y el desgaste máximo de 0.6mm si el desgaste es irregular					
OBSERVACIONES:					
Se puede apreciar que el desgaste es mayor cuando no hay un método de lubricación y la herramienta tiene contacto directo con el material.					



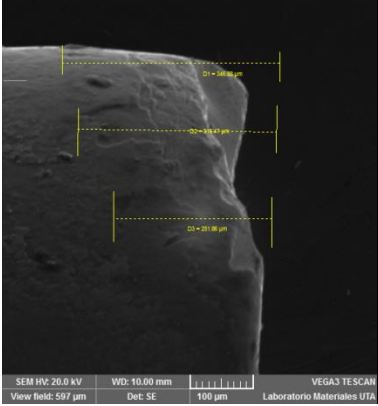
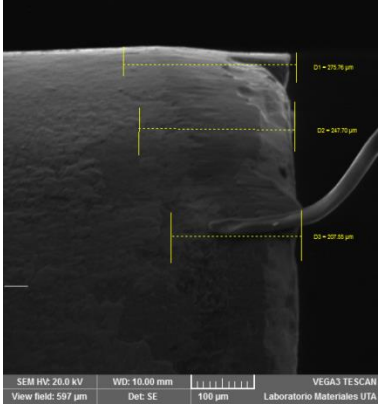
Ficha 4.2.6 Reporte de desgaste de flanco de mecanizado en SECO y (MQL+0.5%TiO₂) a 30 minutos de exposición a trabajo de acabado y n=1347rpm.

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
REPORTE DE MEDICIÓN DE DESGASTE DE FLANCOS					
DATOS INFORMATIVOS					
Tipo de estudio		Experimental		Ítem B	
Fecha de ejecución		2017/08/24			
Lugar de estudio		Universidad Técnica de Ambato Laboratorio FICM			
Realizado por:		Carlos Morales		Revisado por: Ing. Diego Núñez	
Parámetros de torneado y lubricación					
Material:		Acero Inoxidable AISI 304			
Sistema de lubricación:		Sin lubricación - (MQL + 0.5%TiO ₂)			
Fluido lubricante		Sin lubricación - Coolube 2210 EP			
Herramienta de corte:		CNMG 120408			
n (rpm)	Vf(mm/rev)	ap(mm)	T(min)	Q(ml/h)	R(mm)
1347	209	0.4	30	0 - 480	0.8
REGISTRO DE MEDICIÓN GENERAL					
SECO			(MQL + 0.5%TiO₂)		
					
VBC	250.24µm		VBC	220.58µm	
VBmax	220.60µm		VBmax	226.27µm	
VBN	240.92µm		VBN	170.28µm	
SUMA	711.76µm		SUMA	617.13µm	
PROMEDIO	237.25µm		PROMEDIO	205.71µm	
Conclusión:					
El desgaste en el flanco de los insertos no sobrepasa lo permitido por el criterio de desgaste de la norma ASME B94.55M que es un promedio de 0.3mm en la zona media del flanco y el desgaste máximo de 0.6mm si el desgaste es irregular					
OBSERVACIONES:					
Se puede apreciar que el desgaste es mayor cuando no hay un método de lubricación y la herramienta tiene contacto directo con el material.					



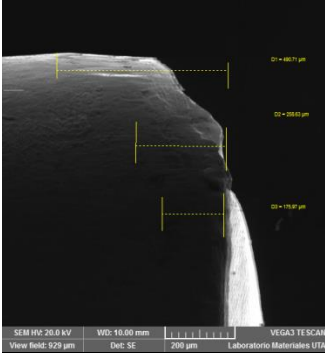
Ficha 4.2.7 Reporte de desgaste de flanco de mecanizado en SECO y (MQL+0.5%TiO₂) a 35 minutos de exposición a trabajo de acabado y n=1347rpm.

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
REPORTE DE MEDICIÓN DE DESGASTE DE FLANCOS					
DATOS INFORMATIVOS					
Tipo de estudio		Experimental		Ítem B	
Fecha de ejecución		2017/08/24			
Lugar de estudio		Universidad Técnica de Ambato Laboratorio FICM			
Realizado por:		Carlos Morales		Revisado por: Ing. Diego Núñez	
Parámetros de torneado y lubricación					
Material:		Acero Inoxidable AISI 304			
Sistema de lubricación:		Sin lubricación - (MQL + 0.5%TiO ₂)			
Fluido lubricante		Sin lubricación - Coolube 2210 EP			
Herramienta de corte:		CNMG 120408			
n (rpm)	Vf(mm/rev)	ap(mm)	T(min)	Q(ml/h)	R(mm)
1347	209	0.4	35	0 - 480	0.8
REGISTRO DE MEDICIÓN GENERAL					
SECO			(MQL + 0.5%TiO₂)		
					
VBC	303.54µm		VBC	246.03µm	
VBmax	273.54µm		VBmax	229.70µm	
VBN	252.65µm		VBN	188.89µm	
SUMA	829.73µm		SUMA	664.62µm	
PROMEDIO	276.57µm		PROMEDIO	221.54µm	
Conclusión:					
El desgaste en el flanco de los insertos no sobrepasa lo permitido por el criterio de desgaste de la norma ASME B94.55M que es un promedio de 0.3mm en la zona media del flanco y el desgaste máximo de 0.6mm si el desgaste es irregular					
OBSERVACIONES:					
Se puede apreciar que el desgaste es mayor cuando no hay un método de lubricación y la herramienta tiene contacto directo con el material. En uno de los insertos se vuelven a presentar incrustaciones.					



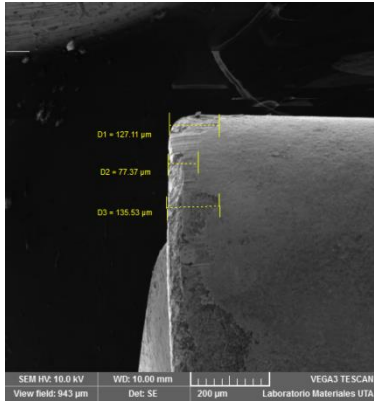
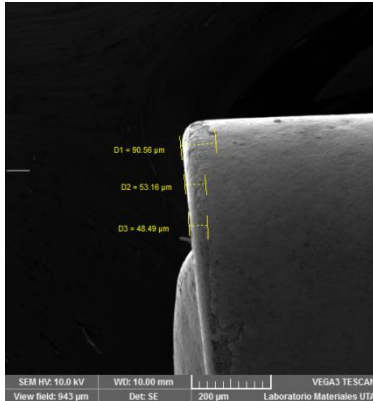
Ficha 4.2.8 Reporte de desgaste de flanco de mecanizado en SECO y (MQL+0.5%TiO₂) a 40 minutos de exposición a trabajo de acabado y n=1347rpm.

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
REPORTE DE MEDICIÓN DE DESGASTE DE FLANCOS					
DATOS INFORMATIVOS					
Tipo de estudio		Experimental		Ítem B	
Fecha de ejecución		2017/08/24			
Lugar de estudio		Universidad Técnica de Ambato Laboratorio FICM			
Realizado por:		Carlos Morales		Revisado por: Ing. Diego Núñez	
Parámetros de torneado y lubricación					
Material:		Acero Inoxidable AISI 304			
Sistema de lubricación:		Sin lubricación - (MQL + 0.5%TiO ₂)			
Fluido lubricante		Sin lubricación - Coolube 2210 EP			
Herramienta de corte:		CNMG 120408			
n (rpm)	Vf(mm/rev)	ap(mm)	T(min)	Q(ml/h)	R(mm)
1347	209	0.4	40	0 - 480	0.8
REGISTRO DE MEDICIÓN GENERAL					
SECO			(MQL + 0.5%TiO₂)		
					
VBC	346.88µm		VBC	275.76µm	
VBmax	316.47µm		VBmax	247.70µm	
VBN	251.86µm		VBN	207.55µm	
SUMA	915.20µm		SUMA	731.01µm	
PROMEDIO	305.06µm		PROMEDIO	243.67µm	
Conclusión:					
El desgaste en el flanco del inserto mecanizado en seco cumple el criterio de desgaste de la norma ASME B94.55M que es un promedio de 0.3mm en la zona media del flanco, sin embargo el inserto mecanizado en (MQL + 0.5%TiO ₂) se aproxima al criterio de desgaste.					
OBSERVACIONES:					
Se puede apreciar que el desgaste es mayor cuando no hay un método de lubricación y la herramienta tiene contacto directo con el material.					



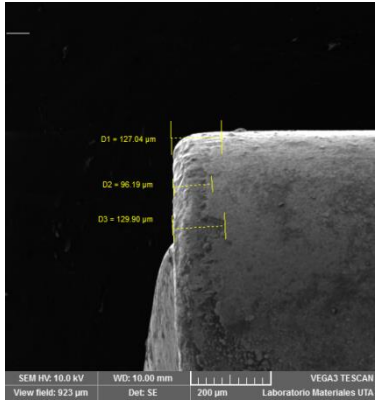
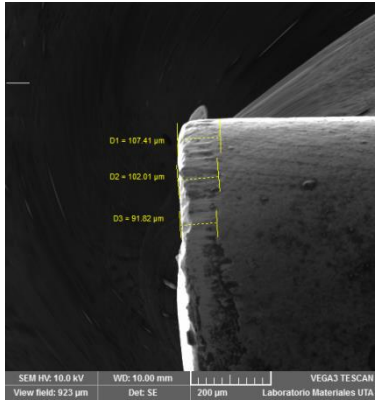
Ficha 4.2.9 Reporte de desgaste de flanco de mecanizado en (MQL+0.5%TiO₂) a 45 minutos de exposición a trabajo de acabado y n=1347rpm.

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
REPORTE DE MEDICIÓN DE DESGASTE DE FLANCOS					
DATOS INFORMATIVOS					
Tipo de estudio		Experimental		Ítem B	
Fecha de ejecución		2017/08/24			
Lugar de estudio		Universidad Técnica de Ambato Laboratorio FICM			
Realizado por:		Carlos Morales		Revisado por: Ing. Diego Núñez	
Parámetros de torneado y lubricación					
Material:		Acero Inoxidable AISI 304			
Sistema de lubricación:		(MQL + 0.5%TiO ₂)			
Fluido lubricante		Coolube 2210 EP			
Herramienta de corte:		CNMG 120408			
n (rpm)	Vf(mm/rev)	ap(mm)	T(min)	Q(ml/h)	R(mm)
1347	209	0.4	45	480	0.8
REGISTRO DE MEDICIÓN GENERAL					
(MQL + 0.5%TiO ₂)					
					
VBC			490.71μm		
VBmax			258.63μm		
VBN			175.97μm		
SUMA			925.31μm		
PROMEDIO			308.43μm		
Conclusión:					
El desgaste en el flanco del insertocumple con el criterio de desgaste de la norma ASME B94.55M que es un promedio de 0.3mm en la zona media del flanco.					
OBSERVACIONES:					
El desgaste del flanco de mecanizado (MQL + 0.5%TiO ₂) no es tan drástico a comparación del flanco de mecanizado en seco.					



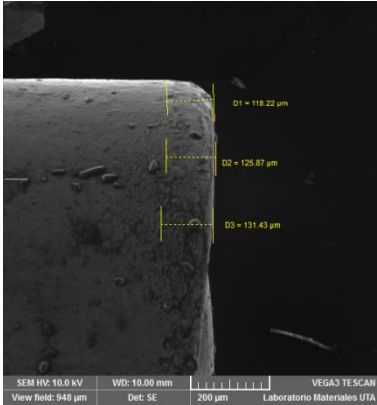
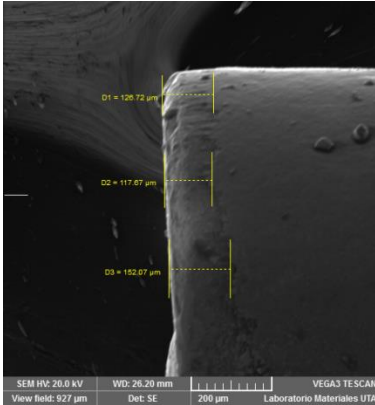
Ficha 4.2.10 Reporte de desgaste de flanco de mecanizado en SECO y (MQL+0.5%TiO₂) a 5 minutos de exposición a trabajo de acabado y n=1190rpm.

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA					
REPORTE DE MEDICIÓN DE DESGASTE DE FLANCOS					
DATOS INFORMATIVOS					
Tipo de estudio	Experimental	Ítem	B		
Fecha de ejecución	2017/08/24				
Lugar de estudio	Universidad Técnica de Ambato Laboratorio FICM				
Realizado por:	Carlos Morales	Revisado por:	Ing. Diego Núñez		
Parámetros de torneado y lubricación					
Material:	Acero Inoxidable AISI 304				
Sistema de lubricación:	Sin lubricación - (MQL + 0.5%TiO ₂)				
Fluido lubricante	Sin lubricación - Coolube 2210 EP				
Herramienta de corte:	CNMG 120408				
n (rpm)	Vf(mm/rev)	ap(mm)	T(min)	Q(ml/h)	R(mm)
1190	209	0.4	5	0 - 480	0.8
REGISTRO DE MEDICIÓN GENERAL					
SECO			(MQL + 0.5%TiO₂)		
					
VBC	127.11µm	VBC	90.56µm		
VBmax	77.37µm	VBmax	53.16µm		
VBN	135.53µm	VBN	48.49µm		
SUMA	340.01µm	SUMA	192.21µm		
PROMEDIO	113.33µm	PROMEDIO	64.07µm		
Conclusión:					
El desgaste en el flanco de los insertos no sobrepasa lo permitido por el criterio de desgaste de la norma ASME B94.55M que es un promedio de 0.3mm en la zona media del flanco y el desgaste máximo de 0.6mm si el desgaste es irregular					
OBSERVACIONES:					
Se puede apreciar que el desgaste es mayor cuando no hay un método de lubricación y la herramienta tiene contacto directo con el material.					



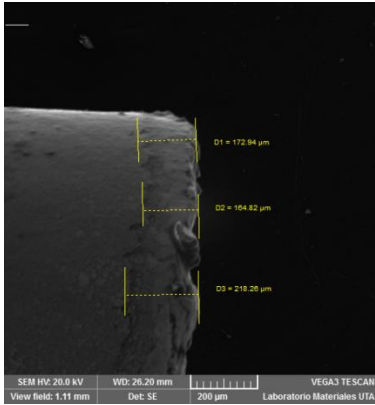
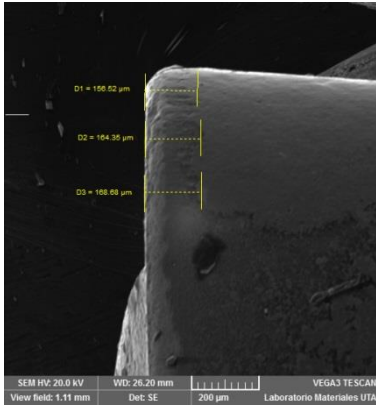
Ficha 4.2.11 Reporte de desgaste de flanco de mecanizado en SECO y (MQL+0.5%TiO₂) a 10 minutos de exposición a trabajo de acabado y n=1190rpm

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
REPORTE DE MEDICIÓN DE DESGASTE DE FLANCOS					
DATOS INFORMATIVOS					
Tipo de estudio		Experimental		Ítem B	
Fecha de ejecución		2017/08/24			
Lugar de estudio		Universidad Técnica de Ambato Laboratorio FICM			
Realizado por:		Carlos Morales		Revisado por: Ing. Diego Núñez	
Parámetros de torneado y lubricación					
Material:		Acero Inoxidable AISI 304			
Sistema de lubricación:		Sin lubricación - (MQL + 0.5%TiO ₂)			
Fluido lubricante		Sin lubricación - Coolube 2210 EP			
Herramienta de corte:		CNMG 120408			
n (rpm)	Vf(mm/rev)	ap(mm)	T(min)	Q(ml/h)	R(mm)
1347	209	0.4	10	0 - 480	0.8
REGISTRO DE MEDICIÓN GENERAL					
SECO			(MQL + 0.5%TiO₂)		
					
VBC	127.04µm	VBC	µm		
VBmax	96.19µm	VBmax	107.41µm		
VBN	129.90µm	VBN	102.01µm		
SUMA	353.13µm	SUMA	301.24µm		
PROMEDIO	117.71µm	PROMEDIO	100.41µm		
Conclusión:					
El desgaste en el flanco de los insertos no sobrepasa lo permitido por el criterio de desgaste de la norma ASME B94.55M que es un promedio de 0.3mm en la zona media del flanco y el desgaste máximo de 0.6mm si el desgaste es irregular					
OBSERVACIONES:					
Se puede apreciar que el desgaste es mayor cuando no hay un método de lubricación y la herramienta tiene contacto directo con el material.					



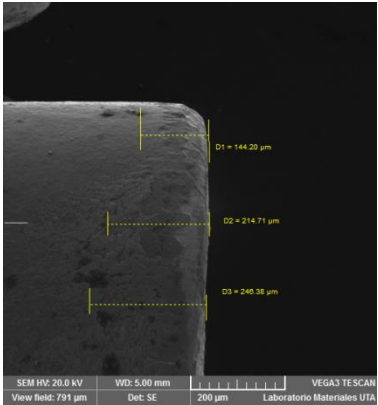
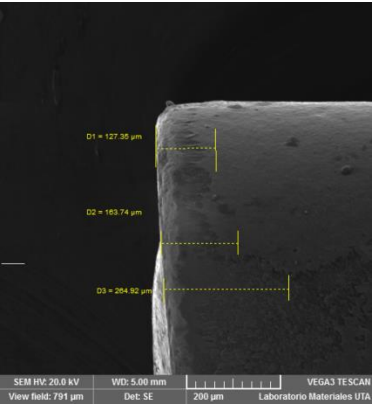
Ficha 4.2.12 Reporte de desgaste de flanco de mecanizado en SECO y (MQL+0.5%TiO₂) a 15 minutos de exposición a trabajo de acabado y n=1190rpm

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
REPORTE DE MEDICIÓN DE DESGASTE DE FLANCOS					
DATOS INFORMATIVOS					
Tipo de estudio		Experimental		Ítem B	
Fecha de ejecución		2017/08/24			
Lugar de estudio		Universidad Técnica de Ambato Laboratorio FICM			
Realizado por:		Carlos Morales		Revisado por: Ing. Diego Núñez	
Parámetros de torneado y lubricación					
Material:		Acero Inoxidable AISI 304			
Sistema de lubricación:		Sin lubricación - (MQL + 0.5%TiO ₂)			
Fluido lubricante		Sin lubricación - Coolube 2210 EP			
Herramienta de corte:		CNMG 120408			
n (rpm)	Vf(mm/rev)	ap(mm)	T(min)	Q(ml/h)	R(mm)
1190	209	0.4	15	0 - 480	0.8
REGISTRO DE MEDICIÓN GENERAL					
SECO			(MQL + 0.5%TiO₂)		
					
VBC	118.22μm		VBC	126.72μm	
VBmax	125.87μm		VBmax	117.67μm	
VBN	131.43μm		VBN	152.07μm	
SUMA	375.52μm		SUMA	396.46μm	
PROMEDIO	125.17μm		PROMEDIO	132.15μm	
Conclusión:					
El desgaste en el flanco de los insertos no sobrepasa lo permitido por el criterio de desgaste de la norma ASME B94.55M que es un promedio de 0.3mm en la zona media del flanco y el desgaste máximo de 0.6mm si el desgaste es irregular					
OBSERVACIONES:					
Se puede apreciar que el desgaste es mayor cuando no hay un método de lubricación y la herramienta tiene contacto directo con el material.					



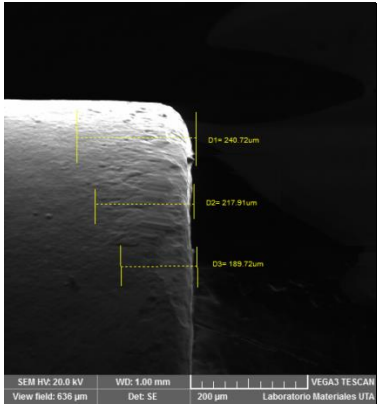
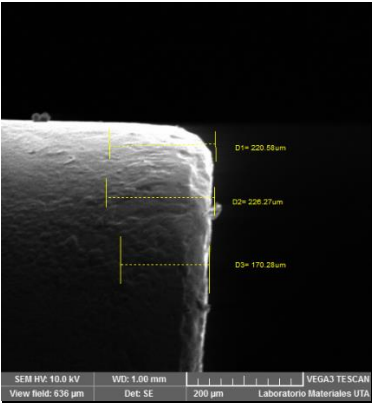
Ficha 4.2.13 Reporte de desgaste de flanco de mecanizado en SECO y (MQL+0.5%TiO₂) a 20 minutos de exposición a trabajo de acabado y n=1190rpm

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA					
REPORTE DE MEDICIÓN DE DESGASTE DE FLANCOS					
DATOS INFORMATIVOS					
Tipo de estudio	Experimental	Ítem	B		
Fecha de ejecución	2017/08/24				
Lugar de estudio	Universidad Técnica de Ambato Laboratorio FICM				
Realizado por:	Carlos Morales	Revisado por:	Ing. Diego Núñez		
Parámetros de torneado y lubricación					
Material:	Acero Inoxidable AISI 304				
Sistema de lubricación:	Sin lubricación - (MQL + 0.5%TiO ₂)				
Fluido lubricante	Sin lubricación - Coolube 2210 EP				
Herramienta de corte:	CNMG 120408				
n (rpm)	Vf(mm/rev)	ap(mm)	T(min)	Q(ml/h)	R(mm)
1190	209	0.4	20	0 - 480	0.8
REGISTRO DE MEDICIÓN GENERAL					
SECO			(MQL + 0.5%TiO₂)		
					
VBC	172.94µm	VBC	156.52µm		
VBmax	264.82µm	VBmax	164.35µm		
VBN	218.26µm	VBN	168.68µm		
SUMA	556.02µm	SUMA	489.55µm		
PROMEDIO	185.34µm	PROMEDIO	163.18µm		
Conclusión:					
El desgaste en el flanco de los insertos no sobrepasa lo permitido por el criterio de desgaste de la norma ASME B94.55M que es un promedio de 0.3mm en la zona media del flanco y el desgaste máximo de 0.6mm si el desgaste es irregular					
OBSERVACIONES:					
Se puede apreciar que el desgaste es mayor cuando no hay un método de lubricación y la herramienta tiene contacto directo con el material.					



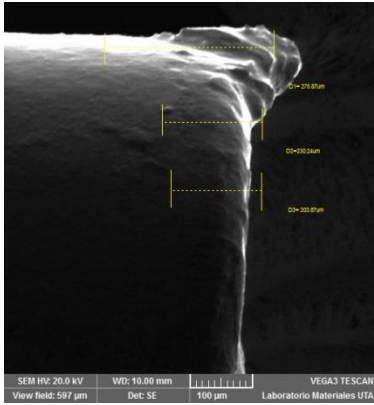
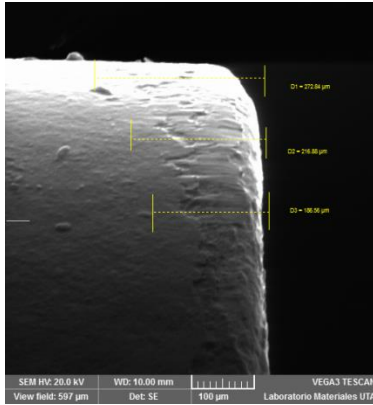
Ficha 4.2.14 Reporte de desgaste de flanco de mecanizado en SECO y (MQL+0.5%TiO₂) a 25 minutos de exposición a trabajo de acabado y n=1190rpm

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA					
REPORTE DE MEDICIÓN DE DESGASTE DE FLANCOS					
DATOS INFORMATIVOS					
Tipo de estudio	Experimental	Ítem	B		
Fecha de ejecución	2017/08/24				
Lugar de estudio	Universidad Técnica de Ambato Laboratorio FICM				
Realizado por:	Carlos Morales	Revisado por:	Ing. Diego Núñez		
Parámetros de torneado y lubricación					
Material:	Acero Inoxidable AISI 304				
Sistema de lubricación:	Sin lubricación - (MQL + 0.5%TiO ₂)				
Fluido lubricante	Sin lubricación - Coolube 2210 EP				
Herramienta de corte:	CNMG 120408				
n (rpm)	Vf(mm/rev)	ap(mm)	T(min)	Q(ml/h)	R(mm)
1190	209	0.4	25	0 - 480	0.8
REGISTRO DE MEDICIÓN GENERAL					
SECO			(MQL + 0.5%TiO₂)		
					
VBC	144.20µm	VBC	127.35µm		
VBmax	214.71µm	VBmax	163.74µm		
VBN	246.38µm	VBN	264.92µm		
SUMA	605.29µm	SUMA	556.01µm		
PROMEDIO	201.76 µm	PROMEDIO	185.33 µm		
Conclusión:					
El desgaste en el flanco de los insertos no sobrepasa lo permitido por el criterio de desgaste de la norma ASME B94.55M que es un promedio de 0.3mm en la zona media del flanco y el desgaste máximo de 0.6mm si el desgaste es irregular					
OBSERVACIONES:					
Se puede apreciar que el desgaste es mayor cuando no hay un método de lubricación y la herramienta tiene contacto directo con el material.					



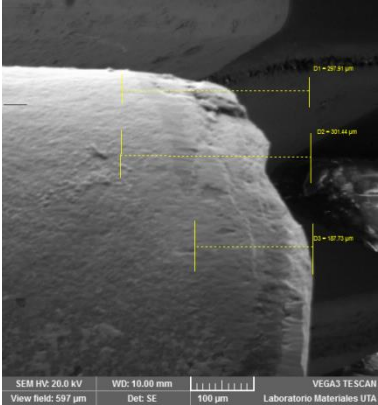
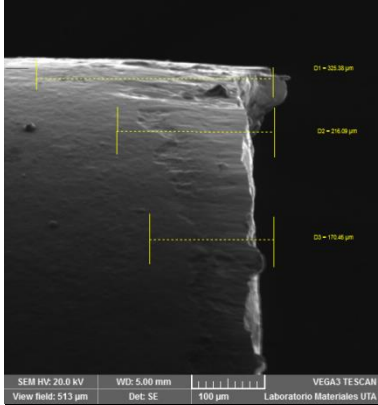
Ficha 4.2.15 Reporte de desgaste de flanco de mecanizado en SECO y (MQL+0.5%TiO₂) a 30 minutos de exposición a trabajo de acabado y n=1190rpm

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA					
REPORTE DE MEDICIÓN DE DESGASTE DE FLANCOS					
DATOS INFORMATIVOS					
Tipo de estudio	Experimental	Ítem	B		
Fecha de ejecución	2017/08/24				
Lugar de estudio	Universidad Técnica de Ambato Laboratorio FICM				
Realizado por:	Carlos Morales	Revisado por:	Ing. Diego Núñez		
Parámetros de torneado y lubricación					
Material:	Acero Inoxidable AISI 304				
Sistema de lubricación:	Sin lubricación - (MQL + 0.5%TiO ₂)				
Fluido lubricante	Sin lubricación - Coolube 2210 EP				
Herramienta de corte:	CNMG 120408				
n (rpm)	Vf(mm/rev)	ap(mm)	T(min)	Q(ml/h)	R(mm)
1190	209	0.4	30	0 - 480	0.8
REGISTRO DE MEDICIÓN GENERAL					
SECO			(MQL + 0.5%TiO₂)		
					
VBC	240.72µm		VBC	220.56µm	
VBmax	217.91µm		VBmax	228.27µm	
VBN	189.72µm		VBN	170.26µm	
SUMA	648.35µm		SUMA	619.09µm	
PROMEDIO	216.11µm		PROMEDIO	206.36µm	
Conclusión:					
El desgaste en el flanco de los insertos no sobrepasa lo permitido por el criterio de desgaste de la norma ASME B94.55M que es un promedio de 0.3mm en la zona media del flanco y el desgaste máximo de 0.6mm si el desgaste es irregular					
OBSERVACIONES:					
Se puede apreciar que el desgaste es mayor cuando no hay un método de lubricación y la herramienta tiene contacto directo con el material.					



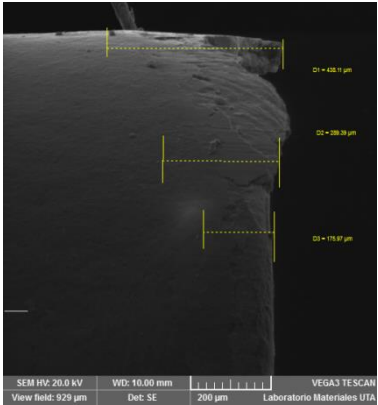
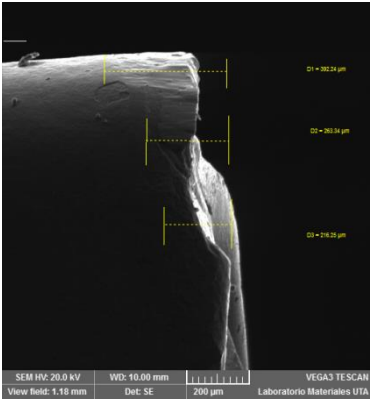
Ficha 4.2.16 Reporte de desgaste de flanco de mecanizado en SECO y (MQL+0.5%TiO₂) a 35 minutos de exposición a trabajo de acabado y n=1190rpm

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA					
REPORTE DE MEDICIÓN DE DESGASTE DE FLANCOS					
DATOS INFORMATIVOS					
Tipo de estudio	Experimental	Ítem	B		
Fecha de ejecución	2017/08/24				
Lugar de estudio	Universidad Técnica de Ambato Laboratorio FICM				
Realizado por:	Carlos Morales	Revisado por:	Ing. Diego Núñez		
Parámetros de torneado y lubricación					
Material:	Acero Inoxidable AISI 304				
Sistema de lubricación:	Sin lubricación - (MQL + 0.5%TiO ₂)				
Fluido lubricante	Sin lubricación - Coolube 2210 EP				
Herramienta de corte:	CNMG 120408				
n (rpm)	Vf(mm/rev)	ap(mm)	T(min)	Q(ml/h)	R(mm)
1190	209	0.4	35	0 - 480	0.8
REGISTRO DE MEDICIÓN GENERAL					
SECO			(MQL + 0.5%TiO₂)		
					
VBC	275.87µm		VBC	272.84µm	
VBmax	230.24µm		VBmax	216.88µm	
VBN	203.87µm		VBN	186.56µm	
SUMA	709.98µm		SUMA	676.28µm	
PROMEDIO	236.66µm		PROMEDIO	225.42µm	
Conclusión:					
El desgaste en el flanco de los insertos no sobrepasa lo permitido por el criterio de desgaste de la norma ASME B94.55M que es un promedio de 0.3mm en la zona media del flanco y el desgaste máximo de 0.6mm si el desgaste es irregular					
OBSERVACIONES:					
Se puede apreciar que el desgaste es mayor cuando no hay un método de lubricación y la herramienta tiene contacto directo con el material.					



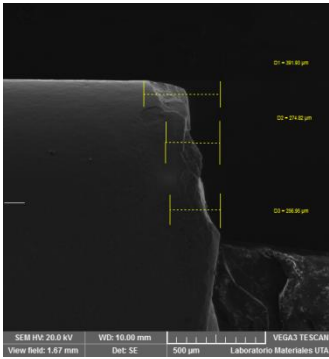
Ficha 4.2.17 Reporte de desgaste de flanco de mecanizado en SECO y (MQL+0.5%TiO₂) a 40 minutos de exposición a trabajo de acabado y n=1190rpm

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA					
REPORTE DE MEDICIÓN DE DESGASTE DE FLANCOS					
DATOS INFORMATIVOS					
Tipo de estudio	Experimental	Ítem	B		
Fecha de ejecución	2017/08/24				
Lugar de estudio	Universidad Técnica de Ambato Laboratorio FICM				
Realizado por:	Carlos Morales	Revisado por:	Ing. Diego Núñez		
Parámetros de torneado y lubricación					
Material:	Acero Inoxidable AISI 304				
Sistema de lubricación:	Sin lubricación - (MQL + 0.5%TiO ₂)				
Fluido lubricante	Sin lubricación - Coolube 2210 EP				
Herramienta de corte:	CNMG 120408				
n (rpm)	Vf(mm/rev)	ap(mm)	T(min)	Q(ml/h)	R(mm)
1190	209	0.4	40	0 - 480	0.8
REGISTRO DE MEDICIÓN GENERAL					
SECO			(MQL + 0.5%TiO₂)		
					
VBC	297.91µm		VBC	325.38µm	
VBmax	301.44µm		VBmax	216.09µm	
VBN	187.73µm		VBN	170.46µm	
SUMA	787.08µm		SUMA	711.93µm	
PROMEDIO	262.36µm		PROMEDIO	237.31µm	
Conclusión:					
El desgaste en el flanco de los insertos no sobrepasa lo permitido por el criterio de desgaste de la norma ASME B94.55M que es un promedio de 0.3mm en la zona media del flanco y el desgaste máximo de 0.6mm si el desgaste es irregular					
OBSERVACIONES:					
Se puede apreciar que el desgaste es mayor cuando no hay un método de lubricación y la herramienta tiene contacto directo con el material.					

Ficha 4.2.18 Reporte de desgaste de flanco de mecanizado en SECO y (MQL+0.5%TiO₂) a 45 minutos de exposición a trabajo de acabado y n=1190rpm

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA					
REPORTE DE MEDICIÓN DE DESGASTE DE FLANCOS					
DATOS INFORMATIVOS					
Tipo de estudio	Experimental	Ítem	B		
Fecha de ejecución	2017/08/24				
Lugar de estudio	Universidad Técnica de Ambato Laboratorio FICM				
Realizado por:	Carlos Morales	Revisado por:	Ing. Diego Núñez		
Parámetros de torneado y lubricación					
Material:	Acero Inoxidable AISI 304				
Sistema de lubricación:	Sin lubricación - (MQL + 0.5%TiO ₂)				
Fluido lubricante	Sin lubricación - Coolube 2210 EP				
Herramienta de corte:	CNMG 120408				
n (rpm)	Vf(mm/rev)	ap(mm)	T(min)	Q(ml/h)	R(mm)
1190	209	0.4	45	0 - 480	0.8
REGISTRO DE MEDICIÓN GENERAL					
SECO			(MQL + 0.5%TiO₂)		
					
VBC	438.11µm		VBC	392.24µm	
VBmax	289.39µm		VBmax	263.34µm	
VBN	175.97µm		VBN	216.25µm	
SUMA	903.47µm		SUMA	871.83µm	
PROMEDIO	301.15µm		PROMEDIO	290.61µm	
Conclusión:					
El desgaste en el flanco del inserto mecanizado en secocumple el criterio de desgaste de la norma ASME B94.55M que es un promedio de 0.3mm en la zona media del flanco, sin embargo el inserto mecanizado en (MQL + 0.5%TiO ₂) se aproxima al criterio de desgaste.					
OBSERVACIONES:					
Se puede apreciar que el desgaste es mayor cuando no hay un método de lubricación y la herramienta tiene contacto directo con el material.					

Ficha 4.2.19 Reporte de desgaste de flanco de mecanizado en SECO y (MQL+0.5%TiO₂) a 50 minutos de exposición a trabajo de acabado y n=1190rpm

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
REPORTE DE MEDICIÓN DE DESGASTE DE FLANCOS					
DATOS INFORMATIVOS					
Tipo de estudio		Experimental		Ítem B	
Fecha de ejecución		2017/08/24			
Lugar de estudio		Universidad Técnica de Ambato Laboratorio FICM			
Realizado por:		Carlos Morales		Revisado por: Ing. Diego Núñez	
Parámetros de torneado y lubricación					
Material:		Acero Inoxidable AISI 304			
Sistema de lubricación:		(MQL + 0.5%TiO ₂)			
Fluido lubricante		Coolube 2210 EP			
Herramienta de corte:		CNMG 120408			
n (rpm)	Vf(mm/rev)	ap(mm)	T(min)	Q(ml/h)	R(mm)
1090	209	0.4	50	480	0.8
REGISTRO DE MEDICIÓN GENERAL					
(MQL + 0.5%TiO ₂)					
					
VBC		391.93μm			
VBmax		274.82μm			
VBN		256.95μm			
SUMA		923.7μm			
PROMEDIO		307.9μm			
Conclusión:					
El desgaste en el flanco del inserto cumple con el criterio de desgaste de la norma ASME B94.55M que es un promedio de 0.3mm en la zona media del flanco.					
OBSERVACIONES:					
El desgaste del flanco de mecanizado (MQL + 0.5%TiO ₂) no es tan drástico a comparación del flanco de mecanizado en seco.					

4.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Se evaluará cual de entre los 5 métodos de lubricación es el mejor y el peor, y se realizará la comprobación de la hipótesis.

Para la recolección de datos se toma en cuenta que los parámetros que mayor influencia tienen sobre el mecanizado son:

- Velocidad de corte $V_c = 215 \text{ m/min}$ → Velocidad de husillo $n = 1347 \text{ rpm}$
- Velocidad de avance promedio $V_f = 209 \text{ mm/min}$
- Radio de punta $r = 0.8 \text{ mm}$

Independientemente del sistema de lubricación, estos parámetros presentaron menor rugosidad superficial en todos los sistemas según corresponden.

En la tabla 4.1, se incluye un valor de rugosidad teórica para ver cuán alejados están los datos experimentales.

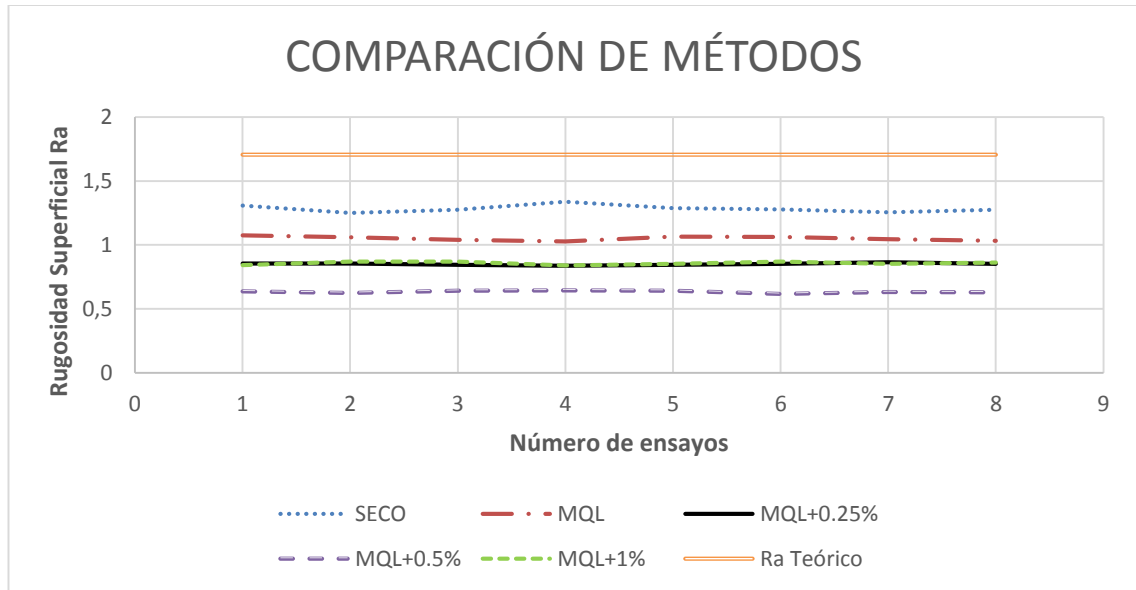
$$Ra = \frac{f^2}{32Re}$$

$$Ra = \frac{0,175^2}{32(0,8)}$$

$$Ra = 1,706 \mu\text{m}$$

Tabla 4. 1 Resultados óptimos de rugosidad superficial Ra (μm) para cada método de lubricación

No.	SECO	MQL	MQL+0.25%	MQL+0.5%	MQL+1%	Ra Teórico
1	1,307	1,076	0,856	0,638	0,842	1,706
2	1,251	1,059	0,856	0,625	0,87	1,706
3	1,276	1,041	0,846	0,642	0,869	1,706
4	1,338	1,028	0,837	0,645	0,841	1,706
5	1,287	1,066	0,845	0,641	0,852	1,706
6	1,278	1,063	0,852	0,616	0,869	1,706
7	1,255	1,044	0,865	0,633	0,853	1,706
8	1,276	1,032	0,852	0,63	0,862	1,706
Promedio	1,2835	1,051125	0,851125	0,63375	0,85725	1,706
Calificación	N7	N7	N6	N5	N6	N7



Gráfica 4. 1 Comparación de resultados de los mejores parámetros $r=0.8\text{mm}$

Como se mostró en la tabla 4.1 se seleccionó los resultados de las mejores combinaciones de factores y en la gráfica anterior se muestra cual es el método más eficiente manteniendo los parámetros óptimos arrojados por Taguchi.

Donde como conclusión el mejor mecanizado se presenta entre los factores de velocidad de corte a 1347 rpm un avance de 209 mm/min y un radio de punta de la herramienta de 0.8 mm con el sistema de lubricación de mínima cantidad de lubricante con una concentración en peso de 0,5% de Óxido de Titanio. Y la menor eficiencia viene a ser con el método de mecanizado en seco.

Debido a estos resultados la comprobación de la hipótesis se la realizará entre el método de MQL+0.5% TiO_2 y el método en seco.

También se nota que el valor de la rugosidad teórica se aleja considerablemente de los valores experimentales, esto se debe a que en la rugosidad teórica no se toman en cuenta parámetros la velocidad del husillo y sistemas de lubricación para el cálculo.

4.4.- VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS

4.3.1.-Verificación de hipótesis para MQL+TiO₂, mecanizado en SECO y mecanizado en MQL.

Se ha decidido usar el método de distribución “T Student” para un análisis con dos medias y se establecerá como base la hipótesis ya mencionada en el capítulo dos.

“El uso del fluido nano lubricante (ACEITE LUBRICANTE + TiO₂) mejorará el acabado superficial en el torneado del acero AISI 304”

VARIABLES DE LA HIPÓTESIS

Variable independiente

Fluido nano lubricante (ACEITE LUBRICANTE + TiO₂)

Variable dependiente

Acabado superficial en el torneado del acero

Simbología

H₀ = Hipótesis nula

H_a = Hipótesis alternativa

α = Margen de error

X = Media de acabado superficial con MQL + TiO₂

Y = Media de acabado superficial con método en seco

n₁ = Población 1

n₂ = Población 2

Modelo lógico

Hipótesis nula H_0

H_0 : El uso del método de mínima cantidad de lubricación + TiO_2 en el mecanizado (torneado) del acero AISI 304, no mejora el acabado superficial **se mantiene igual** a las condiciones de mecanizado en seco.

Hipótesis alternativa H_a

H_a : El uso del método de MQL+0.5% TiO_2 en el mecanizado (torneado) del acero AISI 304 mejora el acabado superficial, **no es igual** a las condiciones de mecanizado en SECO.

Modelo Matemático

$$H_0 = U_x = U_y; H_a = U_x \neq U_y$$

Determinación del nivel de significancia

Para este tipo de experimento se trabajará con un nivel de confianza del 95%, con un nivel de significancia del 5%.

Nivel de Significancia

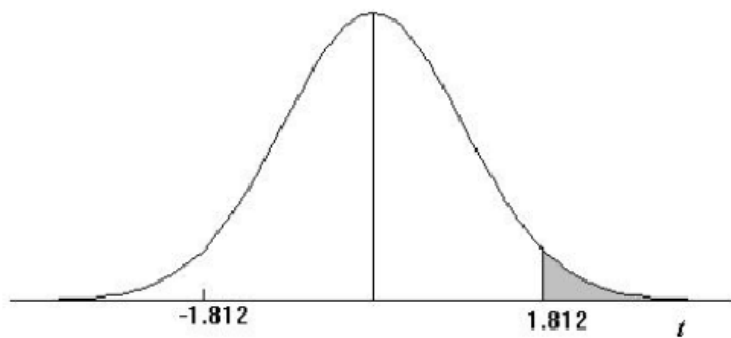
$$\alpha / 2 = 0,05/2 = 0,025$$

Grados de Libertad

$$v = n_1 + n_2 - 2$$

$$v = 8 + 8 - 2$$

$$v = 14$$



Ejemplo

Para $r = 10$ grados de libertad:

$$P[t > 1.812] = 0.05$$

$$P[t < -1.812] = 0.05$$

α Γ	0,25	0,2	0,15	0,1	0,05	0,025	0,01	0,005	0,0005
1	1,000	1,376	1,963	3,078	6,314	12,706	31,821	63,656	636,578
2	0,816	1,061	1,386	1,886	2,920	4,303	6,965	9,925	31,600
3	0,765	0,978	1,250	1,638	2,353	3,182	4,541	5,841	12,924
4	0,741	0,941	1,190	1,533	2,132	2,776	3,747	4,604	8,610
5	0,727	0,920	1,156	1,476	2,015	2,571	3,365	4,032	6,869
6	0,718	0,906	1,134	1,440	1,943	2,447	3,143	3,707	5,959
7	0,711	0,896	1,119	1,415	1,895	2,365	2,998	3,499	5,408
8	0,706	0,889	1,108	1,397	1,860	2,306	2,896	3,355	5,041
9	0,703	0,883	1,100	1,383	1,833	2,262	2,821	3,250	4,781
10	0,700	0,879	1,093	1,372	1,812	2,228	2,764	3,169	4,587
11	0,697	0,876	1,088	1,363	1,796	2,201	2,718	3,106	4,437
12	0,695	0,873	1,083	1,356	1,782	2,179	2,681	3,055	4,318
13	0,694	0,870	1,079	1,350	1,771	2,160	2,650	3,012	4,221
14	0,692	0,868	1,076	1,345	1,761	2,145	2,624	2,977	4,140
15	0,691	0,866	1,074	1,341	1,753	2,131	2,602	2,947	4,073

Gráfica 4. 2 Distribución t

$$t \text{ tabulado} = 2.145$$

Mediante la tabla de distribución t student y con los grados de libertad calculados se encuentra que el valor t tabulado es de 2.145 y a continuación procederemos a obtener la t calculada con los datos anteriormente mencionados.

Cálculo de la distribución t (Sistema SECO vs. MQL+0.5%TiO₂)

Tabla 4. 2 Mediciones de rugosidad del sistema SECO y MQL+0.5%TiO₂,

No.	SECO	MQL+0.5%TiO ₂
1	1,307	0,638
2	1,251	0,625
3	1,276	0,642
4	1,338	0,645
5	1,287	0,641
6	1,278	0,616
7	1,255	0,633
8	1,276	0,63
media	1,2835	0,63375

$$S^2 = \frac{\Sigma(X_i - X)^2 + \Sigma(Y_i - Y)^2}{n_1 + n_2 - 2}$$

$$S^2 = \frac{0.005546 + 0.0006715}{14}$$

$$S^2 = 0,00044411$$

Se sustituye los siguientes valores en la fórmula que a continuación se muestra para obtener la distribución t

$$t = \frac{X - Y}{\sqrt{\frac{S^2}{n_1} + \frac{S^2}{n_2}}}$$

$$t = \frac{1.2835 - 0.63375}{\sqrt{\frac{0,00044411}{8} + \frac{0,00044411}{8}}}$$

$$t = 61.66$$

$$t \text{ calculado} = 61.66 > t \text{ tabulado} = 2.145$$

Por ser la t calculado mayor que la t tabulada se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna que dice:

Ha: El uso del método de MQL+0.5%TiO₂ en el mecanizado (torneado) del acero AISI 304 mejora el acabado superficial, **no es igual** a las condiciones de mecanizado en SECO.

Cálculo de la distribución t (Sistema MQL vs. MQL+0.5%TiO₂)

Tabla 4. 3 Mediciones de rugosidad del sistema MQL y MQL+0.5%TiO₂,

No.	MQL	MQL+0.5%
1	1,076	0,638
2	1,059	0,625
3	1,041	0,642
4	1,028	0,645
5	1,066	0,641
6	1,063	0,616
7	1,044	0,633
8	1,032	0,63
media	1,051125	0,63375

$$S^2 = \frac{\Sigma(X_i - X)^2 + \Sigma(Y_i - Y)^2}{n_1 + n_2 - 2}$$

$$S^2 = \frac{0,00209688 + 0,0006715}{14}$$

$$S^2 = 0,00019774$$

Se sustituye los valores en la fórmula que a continuación se muestra para obtener la distribución t

$$t = \frac{X - Y}{\sqrt{\frac{S^2}{n_1} + \frac{S^2}{n_2}}}$$

$$t = \frac{1,051125 - 0,63375}{\sqrt{\frac{0,00019774}{8} + \frac{0,00019774}{8}}}$$

$$t = 59,36192641$$

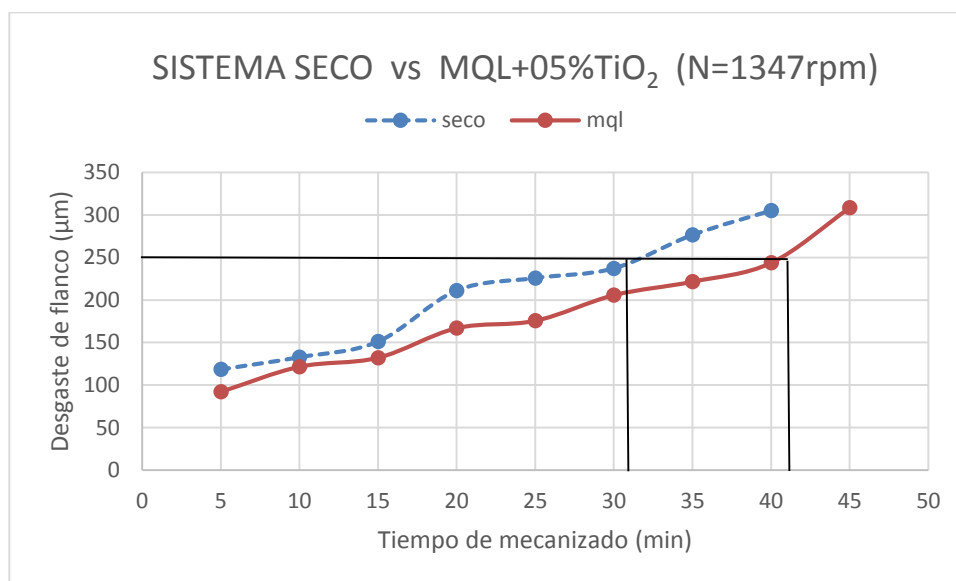
$$\mathbf{t \text{ calculado} = 59,361 > t \text{ tabulado} = 2.145}$$

Por ser la t calculada mayor que la t tabulada se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna que dice:

H_a: El uso del método de MQL+0.5% TiO₂ en el mecanizado (torneado) del acero AISI 304 mejora el acabado superficial, **no es igual** a las condiciones de mecanizado en MQL.

4.4 CÁLCULO DE LA EVOLUCIÓN DE DESGASTE DE LA HERRAMIENTA.

Con la información obtenida en las fichas anteriormente mostradas, se procede a graficar las curvas de desgaste de flanco que se produce bajo los diferentes parámetros establecidos.

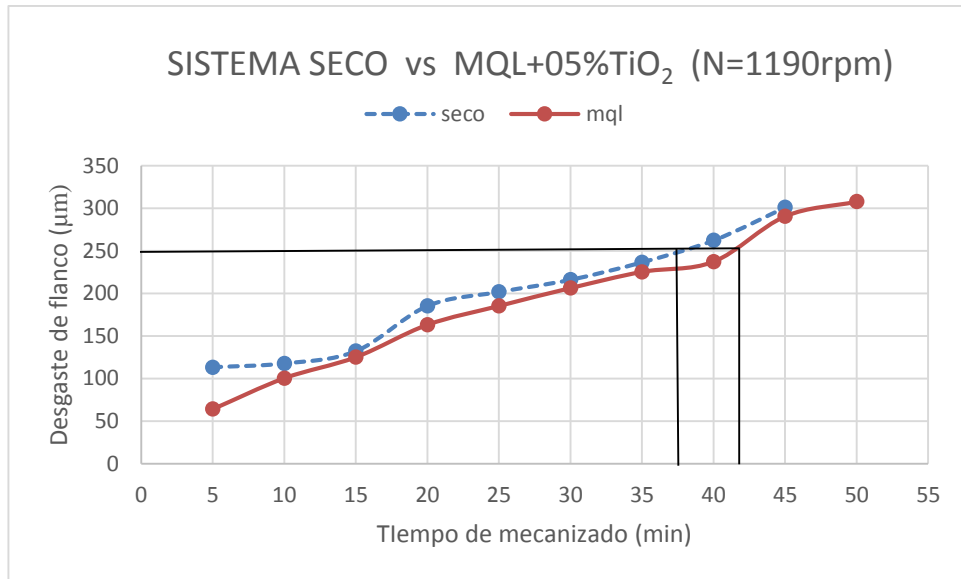


Gráfica 4. 3Tiempo de mecanizado del sistema SECO vs MQL+05%TiO₂ a 1347rpm.

Como se puede observar en la gráfica 4.3 el desgaste de flanco del sistema SECO es mayor que el sistema MQL+0.5% TiO₂.

El desgaste inicial en los dos sistemas es drástico, pero después el incremento del mismo es uniforme acorde a los periodos o tiempos de mecanizado.

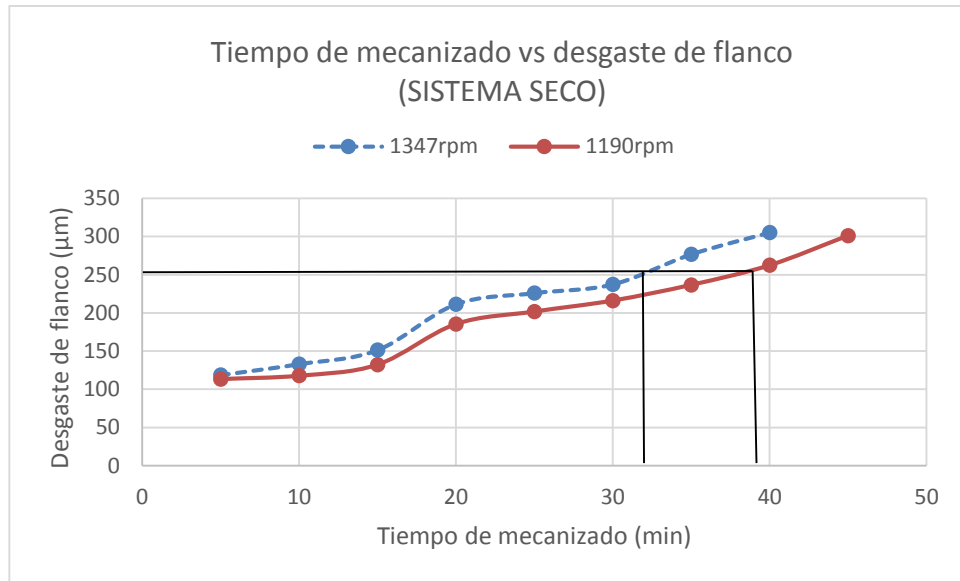
Según el criterio de desgaste de la norma ASME B94.55M, que es un promedio de 0.25mm en la zona media del flanco para operaciones de acabado, el flanco de la herramienta que utiliza el primer sistema de mecanizado en SECO cumple el criterio de desgaste aproximadamente a los 31 minutos de ser expuesto a trabajo, durando menos que el sistema de mecanizado MQL+0.5% TiO₂, ya que el flanco de este último apenas lo supera por aproximadamente 10.5 minutos de exposición al trabajo de mecanizado.



Gráfica 4.4 Tiempo de mecanizado del sistema SECO vs MQL+05%TiO₂ a 1190rpm.

De igual forma se puede observar que en la gráfica 4.4 existe un mayor desgaste de flanco del sistema SECO que en MQL+0.5%TiO₂ a pesar de que esta vez se expuso a las herramientas de corte una velocidad de husillo menor que a las herramientas de corte de la gráfica 4.3, por lo que se puede deducir que sin importar el cambio de velocidad que se aplique al husillo será mayor el desgaste del flanco de las herramientas de corte cuando no haya un sistema de lubricación que acompañe la acción del mecanizado.

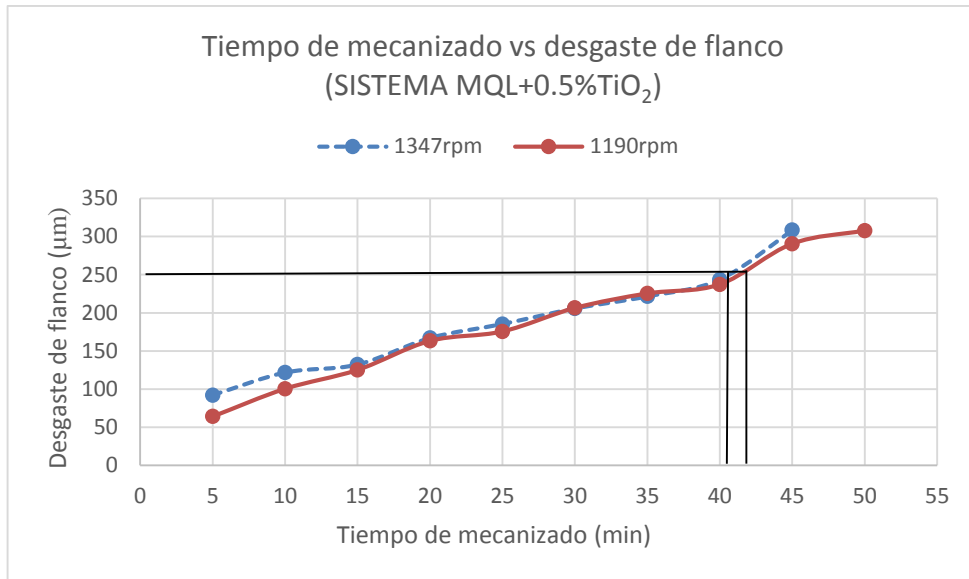
En este caso el flanco de la herramienta de corte que utiliza el sistema SECO cumple el criterio de desgaste de la norma ASME B94.55M, que es un promedio de 0.25mm en la zona media del flanco para operaciones de acabado, un tiempo de trabajo de 37.5 minutos y el sistema MQL+0.5%TiO₂ dura 42 minutos más antes de cumplir el criterio de desgaste.



Gráfica 4. 5 Tiempo de mecanizado vs desgaste de flanco en el sistema SECO

En la gráfica 4.5 se puede observar el desgaste progresivo que los dos sistemas presentan en proporción al tiempo de mecanizado, y se visualiza claramente que a mayor número de revoluciones, mayor es el desgaste que el flanco de la herramienta presenta.

El desgaste inicial en los dos sistemas es casi igual, pero a medida que son expuestos al incremento de tiempo de trabajo, mayor es diferencia de valores de rugosidad que separa las líneas de mecanizado de estos sistemas, de esta forma llega a cumplir el criterio de desgaste de flanco el sistema SECO antes que el sistema MQL+0.5% TiO₂.



Gráfica 4. 6 Tiempo de mecanizado vs desgaste de flanco en el sistema MQL+5%TiO₂

Como se muestra en la gráfica 4.6 el desgaste rápido inicial se presenta a los 5 minutos de mecanizado en ambos casos, con una estrecha deferencia de rugosidad, pero a medida de que se incrementa el tiempo de mecanizado la diferencia de valor de rugosidad se hace aún más pequeña. Esto indica que al utilizar MQL+5%TiO₂ como lubricante, el cambio de velocidades en proporciones no muy elevadas no influye en el desgaste de la herramienta ya que según la gráfica en el intervalo de tiempo de los 15 hasta los 40 minutos el desgaste de los flancos de las herramientas de corte son prácticamente iguales, pero después de este tiempo las líneas de mecanizado se alejan ya que entran a la zona de fallo según los criterios de velocidad de corte vs desgaste en relación al tiempo de mecanizado.

Se procede a calcular la vida útil de la herramienta de corte utilizando la ecuación de Taylor, la que requiere valores predeterminados, los mismos que se obtienen de los resultados obtenidos en las gráficas 4.5 y 4.6 de los sistemas SECO y MQL+5%TiO₂ respectivamente

Tabla 4. 4 Tiempo de desgaste máximo según las exigencias de la norma ASME B94.55M

SISTEMA SECO		
Desgaste	Velocidad de husillo / Velocidad de corte	Tiempo
250µm	1347rpm / (215m/min)	32min
250 µm	1190rpm / (190m/min)	39min
SISTEMA MQL+5%TiO₂		
Desgaste	Velocidad de husillo / Velocidad de corte	Tiempo
250µm	1347rpm / (215m/min)	40.5min
250 µm	1190rpm / (190m/min)	42min

Ecuación de Taylor:

Es posible aplicar la forma simplificada de la ecuación para hallar la vida útil de la herramienta y encontrar los valores de C y k requeridos por la ecuación.

$$VcT^{\frac{1}{k}} = C$$

Donde:

Vc=Velocidad de corte

T= Tiempo de vida de la herramienta

C y k= Constantes que dependen de las condiciones de corte.

Para calcular la constante C, se aplica el siguiente modelo matemático:

$$y = a + k(x - \bar{X})$$

Cálculo de constantes para el sistema SECO

Tabla 4. 5 Cálculo de C y k para la ecuación de Taylor en base a la ecuación $y=a+k(x-\bar{X})$

No. Prueba	Vc (m/min)	t (min)	X=log Vc	Y= log t	XY	X ²	Y ²
1	215	32	2,332	1,505	3,511	5,440	2,265
2	190	39	2,279	1,591	3,626	5,193	2,531
n = 2		Σ	4,611	3,096	7,136	10,633	4,797

$(\Sigma X)^2$	$\Sigma X * \Sigma Y$	$(\Sigma X)^2/n$	$(\Sigma X * \Sigma Y)/n$	$\bar{X} = \Sigma X/n$	$\bar{Y} = \Sigma Y/n$	k	(-1/k)
21,263	14,277	10,632	7,139	2,306	1,548	-1,600	0,625

Log C	3,273
C (m/min)	1874,782

Cálculo de constantes para el sistema MQL+5%TiO₂

Tabla 4. 6 Cálculo de C y k para la ecuación de Taylor en base a la ecuación $y=a+k(x-\bar{X})$

No. Prueba	Vc (m/min)	t (min)	X=log Vc	Y= log t	XY	X ²	Y ²
1	215	40,5	2,332	1,602	3,737	5,440	2,567
2	190	42	2,279	1,623	3,699	5,193	2,635
n = 2		Σ	4,611	3,225	7,436	10,633	5,202

$(\Sigma X)^2$	$\Sigma X * \Sigma Y$	$(\Sigma X)^2/n$	$(\Sigma X * \Sigma Y)/n$	$\bar{X} = \Sigma X/n$	$\bar{Y} = \Sigma Y/n$	k	(-1/k)
21,263	14,873	10,632	7,436	2,306	1,613	-0,395	2,534

Log C	6,391
C (m/min)	2462585,143

Los valores C de los dos sistemas representan los parámetros que permanecen constantes durante el proceso de cálculo.

Para predecir la vida útil de la herramienta se aplica la ecuación de Taylor obtenida, tomando en cuenta que las únicas variables serán la velocidad de corte y el sistema de lubricación.

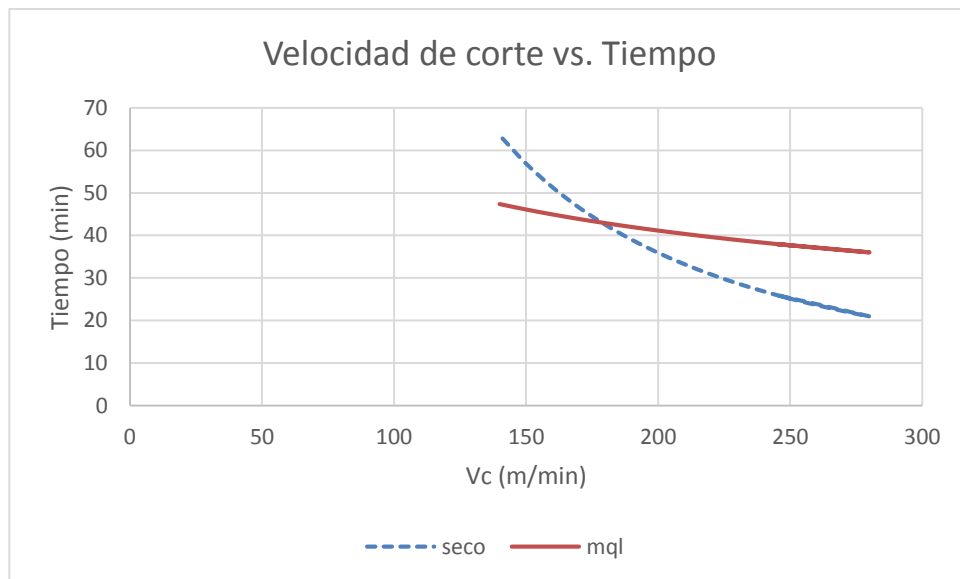
$$VcT^{\frac{1}{k}} = C$$

- Sistema SECO

$$VcT^{0,625} = 1874,782$$

- Sistema MQL+5%TiO₂

$$VcT^{2,534} = 2462585,143$$



Gráfica 4.7 Comparación de vida útil de la herramienta entre los sistemas SECO y MQL+5%TiO₂

La gráfica 4.7 muestra las curvas de vida útil de la herramienta de los dos sistemas de lubricación en las cuales se puede observar claramente que en el sistema SECO la vida de la herramienta disminuye de manera agresiva e inversamente proporcional a la velocidad de corte, lo que no pasa con un sistema MQL, ya que el desgaste es menos agresivo o casi uniforme, mientras aumenta la velocidad de corte, alargando la vida útil de la herramienta.

CAPÍTULO V

5.1 CONCLUSIONES

- Mediante una búsqueda y estudio realizado en el mercado ecuatoriano se concluyó que el uso de nanopartículas solo se reduce al uso de Óxido de aluminio o alúmina en laboratorios de materiales especializados en metalografías, donde se los usa como un material tribológico que ayuda a pulir la superficie a estudiar. Pero a nivel internacional utilizan varios tipos de nanopartículas en la industria tanto partículas de Óxidos metálicos y no metálicos como nanopartículas de carbono en forma de tubos para distintos procesos donde se usan sus propiedades tribológicas en distintos mecanizados.
- La búsqueda de la herramienta de corte se basó en las indicaciones del catálogo de herramientas de corte de la marca Sandvik, donde se determinó que la más adecuada para el trabajo y el material es la herramienta CNMG 1204 04 Y LA CNMG 1204 08 las mismas que ya vienen con parámetros predeterminados para el mecanizado.
- Se determinó que el valor de rugosidad presente en estos mecanizados en seco son los menos eficientes en comparación con los siguientes mecanizados realizados en el experimento dando su promedio de las mejores mediciones, una rugosidad de $1.2835\mu\text{m}$, siendo calificada con un acabado N7.
- Se realizó el mismo procedimiento con los mismos factores de velocidades y radios para el mecanizado, pero en esta ocasión el método de lubricación y refrigeración es el MQL con aceite vegetal, el cual también fue medido con el rugosímetro Mitutoyo SJ- 210, donde el promedio de mejor rugosidad se dio un valor de $1.051\mu\text{m}$ el mismo que recibió una calificación de acabado de N7.

- Para el mecanizado con Óxido de Titanio se usó tres diferentes concentraciones de Óxido de Titanio con base de etilenglicol que fueron 0.25%, 0.5% y 1% de peso los mismos que arrojaron como resultado de rugosidad con la mejor combinación de factores y arrojaron los siguientes resultados 0.8511 μm con una calificación de N6, otra con 0.6337 μm con una calificación de acabado superficial N5 y el ultimo un acabado superficial de 0.8572 μm con acabado superficial de N6.
- Como conclusión de la comparación de los acabados superficiales con los diferentes métodos de lubricación se determinó que el mejor acabado superficial se presentó con la concentración de 0.5% y el menos favorable fue el mecanizado en seco, si se tendría que poner un orden se puede decir que el orden ascendente desde el más eficiente al menos eficiente y se tiene:
 - Mecanizado con MQL+ 0.5% TiO_2 .
 - Mecanizado con MQL+ 0.25% TiO_2 .
 - Mecanizado con MQL+ 1% TiO_2 .
 - Mecanizado con MQL.
 - Mecanizado seco.
- La vida útil de la herramienta es definida por la velocidad de corte a que se exponga, el tiempo de vida útil es inversamente proporcional a la velocidad de corte, es decir: a mayor número de revoluciones o mayor velocidad de corte menor será el tiempo de vida de la herramienta, esto sucede porque el flanco es sometido a mayor concentración de esfuerzo al momento de mecanizar.
- En la comparación de sistemas la vida útil de la herramienta se prolonga más tiempo trabajando con MQL+0.5% TiO_2 , este tiempo se prolonga porque existe una lubricación entre la herramienta y el material mecanizado, esta misma lubricación ayuda a disipar el calor, obtener menor rugosidad superficial y a conservar la herramienta.
- El uso de MQL+0.5% TiO_2 presenta una mejora del 49.37% con respecto al sistema de lubricación en seco.

5.2 RECOMENDACIONES

- Tomar las debidas precauciones al momento de manipular las máquinas y equipos requeridos para realizar los experimentos, apegándose a las normas de seguridad industrial aprendidas durante la vida estudiantil y experiencia laboral para no poner en riesgo la integridad tanto del operario como de las máquinas y equipos existentes en los laboratorios de la facultad.
- Antes de exponer las probetas a ser mecanizadas, asegurarse que la programación del mecanizado no exponga las probetas, herramientas y en especial el torno CNC a posibles choques o trabajos inadecuados durante la ejecución del ensayo.
- Para la ejecución de los ensayos se recomienda primero ejecutar un pre mecanizado para corregir las fallas que presentan las probetas debido al descentramiento que causa el montaje de la misma en el mandril o fallas por defecto que una probeta posee al ser adquirida, esto ayudará que la corrida del inserto sobre el material sea efectiva para una correcta lectura del rugosímetro, este procedimiento es obligatorio para cada ensayo debido a que la probeta será desmontada del mandril para la medición de rugosidad.
- Debido a motivos de estudio será necesario trabajar con una punta nueva de los insertos CNMG 120404 y CNMG 120408 para cada ensayo, esto servirá para obtener medidas reales y más confiables para luego exponerlas a un análisis comparativo entre los diferentes parámetros establecidos en cada método a ser estudiado.
- Se deberá tener mucha precaución al momento de realizar la mezcla de TiO_2 con el aceite vegetal, de preferencia utilizando balanzas electrónicas de alta precisión para medir las proporciones adecuadas y luego con la ayuda de un homogeneizador electromagnético proceder a mezclar por un corto periodo hasta que las partículas se dispersen en el aceite y como último añadir unas gotas de etilenglicol para que las nanopartículas se suspendan correctamente

en el aceite por largos periodos de tiempo, esta operación se lo realizará en 90 minutos como mínimo.

- Se recomienda que la mezcla de TiO_2 mas aceite vegetal y etilenglicol se lo realice y se los almacene en envases de vidrio, ya que el etilenglicol puede reaccionar de forma no conveniente con plásticos u otros materiales.
- Se recomienda no sobrepasar la dosis del 1% de TiO_2 de peso en base al aceite vegetal porque a más de no obtener buenos resultados se puede taponar la boquilla del sistema MQL.
- Es obligatorio el uso de una unidad de mantenimiento en el sistema MQL para evitar el paso de partículas de agua en el aire y alteren la composición de la mezcla lubricante.
- Para la toma de mediciones en el rugosímetro es necesaria la calibración del equipo siguiendo los parámetros que el fabricante recomienda para que éste emita lecturas reales de rugosidad superficial, también se deberá tener extrema precaución al manipular este equipo debido a que es muy sensible y no proporcionará lecturas precisas si no se encuentra en un ambiente controlado.
- El uso del microscopio de barrido es limitado, debido al costo de operación, es recomendable insertar el mayor número de probetas posibles para la medición de las mismas, asegurándose cumplir con las seguridades requeridas por el equipo, ya que éste es muy sensible y costoso.

6. BIBLIOGRAFÍA

- [1] G. C. o. E. a. Technology, *Investigation of effects of nanofluids on turning of AISI D2 steel using*, Fazilka, Punjab, India: ELSEVIER, 2015.
- [2] B. M. N. Arellano, *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: repositorio UTA, 2016.
- [3] J. C. V. Gavilanes, *“INFLUENCIA DE LOS SISTEMAS DE LUBRICACIÓN EN EL ACABADO SUPERFICIAL EN LA PUNTA DE EJE POSTERIOR DEL NISSAN PATROL EN EL PROCESO DE TORNEADO*, Ambato: Repositorio UTA, 2016.
- [4] M. A. G. Portero, *ESTUDIO DEL EFECTO DEL SISTEMA DE MÍNIMA CANTIDAD DE*, Ambato: Repositorio UTA, 2016.
- [5] L. M. M. Moya, *ESTUDIO DEL EFECTO DEL SISTEMA DE MÍNIMA CANTIDAD DE LUBRICANTE (MQL) CON ACEITE VEGETAL EN LA VIDA DE LAS HERRAMIENTAS DE CORTE DE METAL DURO EN EL PROCESO DE TORNEADO DEL ACERO INOXIDABLE AISI 304”*, Ambato: Repositorio UTA, 2016.
- [6] A. S. P. V. Samatham Madhukar*, *A Critical review on Minimum Quantity Lubrication (MQL) Coolant*, Hyderabad, T.S., India: International Journal of Current Engineering and Technology, 2016.
- [7] L. Schvab, *Maquinas y Herramientas*, Buenos Aires: Inet, 2014.
- [8] Custompart, «Turning,» CustomPart.Net, 2015. [En línea]. Available: <http://www.custompartnet.com/>. [Último acceso: 19 Mayo 2017].
- [9] I. J. L. Nuñez, *Sandvik*, NUMA INGENIERIA , 2015.
- [10] Fittema, *FLUIDOS DE CORTE*, Antena de transferencia de tecnología, 2014.
- [11] D. V. D. Nilesh C Ghuge, *Minimum Quantity Lubrication*, Nagpur: OSR Journal of Engineering (IOSRJEN), 2015.

- [12] D. KumarDevendiran y ValanArasuAmirtham, A *reviewonpreparation,characterization,propertiesandapplications*, Madurai: ELSEVIER, 2016.
- [13] S. C. W. Vinicio, *ESTUDIO DEL PROCESO DE PINTURA BAJO LA UTILIZACIÓN DE DIFERENTES MARCAS DE RECUBRIMIENTOS SOBRE MATERIAL GALVANIZADO Y FIBRA DE VIDRIO Y SU INCIDENCIA EN LA CALIDAD DEL ACABADO SUPERFICIAL DE LOS BUSES FABRICADOS EN LA EMPRESA IMPEDSA*, Ambato: repositorio U.T.A., 2015.
- [14] S. o. M. Engineering, *Investigation of the influential parameters of machining*, North Kargar St., Tehran 11155-4563, Iran, 2013.
- [15] U. T. Nasional, *High speed end milling of AISI 304 stainless steel using new geometrically*, Kajang,, 2014.
- [16] U. Department ofMechanicalEngineering, A *reviewonapplicationsandchallengesofnanofluids*, KualaLumpur,Malaysia: ELSEVIER, 2013.
- [17] I. S. o. M. Department of Mechanical Engineering, *Effects of Minimum Quantity Lubrication (MQL) in machining*, Dhanbad 826004, India: ELSEVIER, 2016.
- [18] L. A. S. Gonzales y F. d. R. M. Aguirre, *Metodologia de ensayospara detrmnar la vida de una herramienta de corte bajo el criterio de desgaste por medio de la ecuacion de Taylo en un proceso de mecanizado para el acero AISI 01 en un torno CNC*, Guayaquil, 2012.
- [19] N. C. Ghuge, D. V.K y D. Mahalle, «Minimum Quantity Lubrication,» *Publicacion mensual IORSJEN*, vol. I, pp. 55-60, 2016.
- [20] N. Dhar, M. Kamruzzaman y M. Ahmed, «Effect of minimum quantity lubrication (MQL) on tool wear and surface roughness in turning AISI-4340 steel”,» *ELSEVIER*, vol. I, n° 172, pp. 299-304, 2006.
- [21] R. Autret y S. Liang, «Minimum Quantity Lubrication in Finish Hard Turning,» *Publicacion de Georgia Institute of Technology*, vol. I, pp. 1-9, 2012.
- [22] J. A. Correa, «Principios de torneado,» *Guia de torneado*, vol. I, n° 1, p. 1, 2008.

- [23] Escuela Colombiana de Ingeniería “Julio Garavito”, «Torno Protocolo Procesos de Manufactura,» *Laboratorio de Produccion*, vol. I, pp. 9-21, 2007.
- [24] J. A. Correa, «Principios de Torneado,» *Guia de torneado*, vol. I, nº 1, pp. 16-23, 2008.
- [25] De Maquinas y Herramientas, «De Maquinas y Herramientas,» De Maquinas y Herramientas, 1 Enero 2014. [En línea]. Available: <http://www.demaquinasyherramientas.com/mecanizado/herramientas-de-corte-para-torno-tipos-y-usos>. [Último acceso: 18 Febrero 2016].
- [26] De maquinas y Herramientas, «De maquinas y Herramientas,» De maquinas y Herramientas, 1 Enero 2014. [En línea]. Available: <http://www.demaquinasyherramientas.com/mecanizado/insertos-para-torno-clasificacion-iso-y-aplicaciones>. [Último acceso: 18 Febrero 2016].
- [27] J. A. Correa, «Principios de Torneado,» *Principios de Torneado*, vol. I, nº 1, pp. 1-2, 2008.
- [28] L. M. BARRENO, «Tercero Mecanizado,» 1 Octubre 2012. [En línea]. Available: <http://jjc3mecanizado nocturno.blogspot.com/p/velocidad-de-corte.html>. [Último acceso: 18 Febrero 2016].
- [29] C. G. MARTÍNEZ, *OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE TALLADO*, Leganes, 2010.
- [30] SUMITEC, «sumitec,» 1 1 2016. [En línea]. Available: <http://www.sumiteccr.com/Aplicaciones/Articulos/pdfs/AISI%20304.pdf>. [Último acceso: 22 02 2016].
- [31] s. share, «slide share,» slide share, 1 enro 2015. [En línea]. Available: <http://image.slidesharecdn.com/tablat-student-120318105418-phpapp02/95/tabla-t-student-1-728.jpg?cb=1332068091>. [Último acceso: 25 marzo 2016].
- [32] S. COROMANT, *Herramientas de torneado*, SANDVIK COROMANT, 2012.

ANEXOS

- Especificaciones del aceite Coolube 2210EP



Material Safety Data Sheet - Coolube® 2210EP

9. PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES

Physical state:	Low viscous oil
Viscosity (40°C):	10 mm ² /s (cSt)
Color:	Yellowish fluid
Odor:	Vegetable oil related (Slight sulphur smell)
pH value:	Not applicable
Flash point:	(Open Cup): >200 °C, >400F(COC)
Pourability:	-12 to -20 °C
Auto ignition temperature:	Not applicable
Explosion range:	Not applicable
Vapor pressure:	Negligible under normal conditions
Density (20°C):	Approx. 890 kg/m
Solubility in water:	Insoluble
Solubility in organic solvents:	Soluble

10. STABILITY AND REACTIVITY

Stability:	Stable product under ordinary conditions.
Hazardous reactions:	None known.
Conditions to be avoided:	Elevated temperatures (>>100°C), acids and strong oxidizing agents.
Hazardous decomposition:	Thermal decomposition (>>200°C) may give flammable and toxic gases such as hydrogen sulphide, sulphur oxides and carbon oxides may be formed.

11. TOXICOLOGICAL INFORMATION

Acute oral toxicity (OECD 401):	LD50 rat >2000 mg/kg, i.e. not toxic
Skin irritation (OECD 404):	Not tested.

12. ECOLOGICAL INFORMATION

Biodegradability:	The product is readily biodegradable according to CEC L-33-A-93 (>80 % in 21 days).
-------------------	---

13. DISPOSAL CONSIDERATIONS

Used product:	As per existing regulations.
Used packaging:	As per existing regulations.



Material Safety Data Sheet - Coolube® 2210EP

14. TRANSPORT INFORMATION

The product is not classified as dangerous goods.

15. REGULATORY INFORMATION

EPA SARA 311/312: Not Hazardous
EPA SARA 313: This Product Contains the Following Chemicals Subject to Annual Release Reporting Requirements Under SARA Title III, Section 313 (40 CFR 372):
None
EPA SARA 302/304: No listed chemicals are present.
Symbols: None
Risk phrases: None
Safety phrases: None

No labelling required according to EU Regulations.

Superfund Amendments and Reauthorization Act of 1986(SARA) Title III requires submission of annual reports of toxic chemicals that appear in 40 CFR 372(for SARA 313). This information must be included in all MSDSs that are copied and distributed for this material. Components present in the product at a level which could require reporting under the statute are: None

16. OTHER INFORMATION

Coolube® 2210EP is a neat metalworking oil with superior lubricating properties. The product is based on vegetable oils and natural esters and should be used undiluted in, for example, minimal lubrication applicators. This product (or components, if a mixture) has not been found to be a carcinogen or potential carcinogen by IARC; is not listed in the NTP Third Annual Report; nor is it regulated by OSHA as a carcinogen.

The information presented herein has been compiled from sources considered by the company, in good faith, to be dependable and is accurate and reliable to the best of our knowledge and belief. However, the company cannot make any warranty or representation respecting the accuracy or completeness of the data and assumes no responsibility for any liability or damages relating thereto or for advising you regarding the protection of your employees, customers, or others. Users should make their own tests to determine the applicability or such information or suitability of any products for specific use.

HMIS Rating (USA): Health:	0	0=Minimal
Flammability:	1	1=Slight
Physical Hazard:	0	2=Moderate
		3=Serious
		4=Severe
		*=Chronic Health Hazard

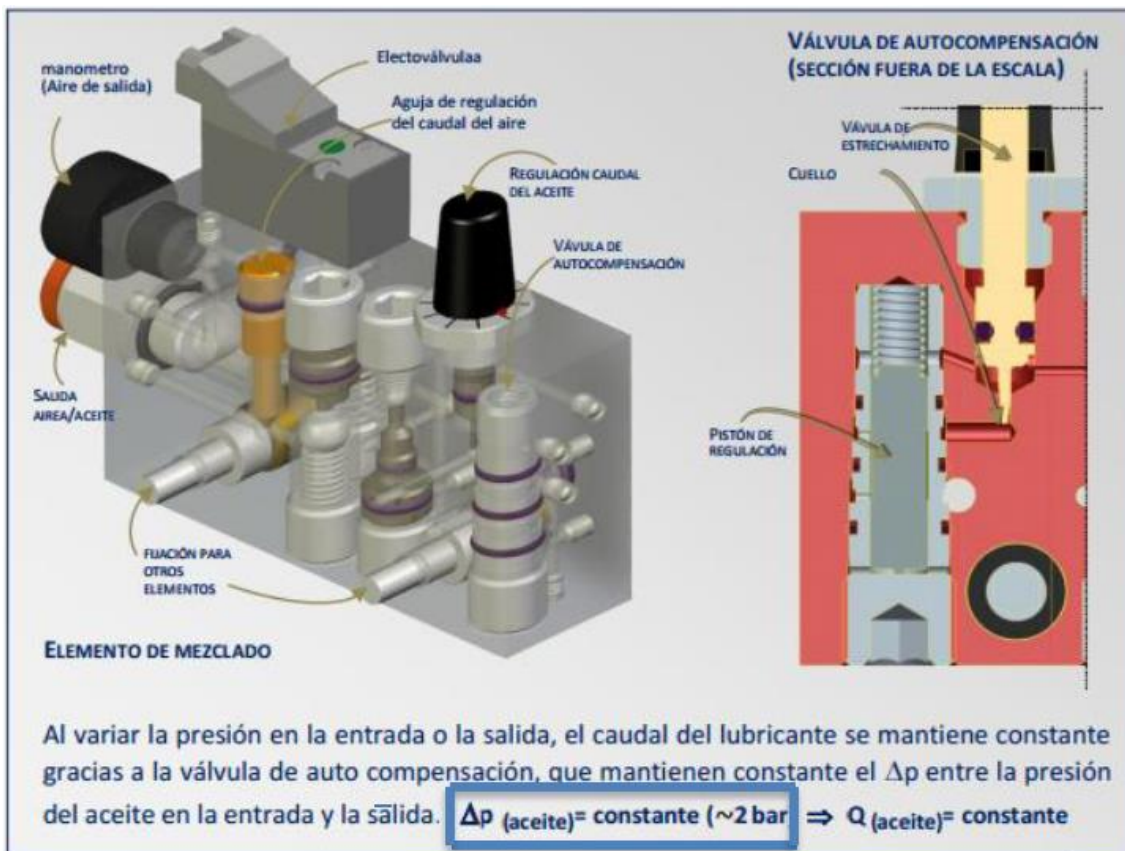
- Especificaciones de sistema MQL

3. IDENTIFICAZIONE DELLA MACCHINA

Sul fianco dell'unità è posta una targhetta su cui è riportato il codice del prodotto, le tensioni di alimentazione e le caratteristiche di base.

4. CARATTERISTICHE TECNICHE

CARATTERISTICHE TECNICHE		
Capacità serbatoio	1lt - 3lt	
Numero massimo moduli	8	
Pressione ingresso aria	4bar ÷ 7bar	
Consumo massimo aria in uscita	~50N/min (per modulo)	
Tubo ingresso aria	Ø10mm	
Tubo uscita aria	Ø6mm	
Tubo uscita olio	Ø3mm	
Portata olio per elemento	PRO	0 ÷ 8cc/min (olio 10cSt ÷ 32 cSt) 0 ÷ 2cc/min (olio 32cSt ÷ 100 cSt)
	BASE	0 ÷ 15cc/min (olio 10cSt ÷ 32 cSt) 0 ÷ 5cc/min (olio 32cSt ÷ 100 cSt)
	CART	cc/min = (P × 8,16)/V P = pressione di funzionamento in [bar] V = viscosità [Engler] alla temp. di funzionamento
Olio lubrificante	10cSt ÷ 100cSt	
Grado di protezione elemento "IP"	standard	IP 00
	su richiesta (speciale)	IP 65
Grado di protezione serbatoio	IP 65	
Taratura pressostato	6bar	
Carico massimo pressostato	Contatto pulito massima tensione 250V Massima potenza 100W	
Carico massimo minimo livello	0,2A @ 30V	
Alimentazione elettrovalvola elemento	24Vdc	
Temperatura di esercizio	+5°C ÷ +50°C	
Temperatura di stoccaggio	-10°C ÷ +80°C	
Umidità relativa max. senza condensa di esercizio	90%	
Livello di pressione sonora	< 70 db (A)	
Peso netto	~5Kg (mod. 1lt) - ~7Kg (mod. 3lt)	



Dropsa

Dropsa Spa
Via Benedetto Croce, 1
20090 Vimodrone (MI)
Italy

Tel: (+39) 02.250.79.1
Fax Sales: (+39) 02.250.79.767
E-mail: sales@dropsa.it
Web site: http://www.dropsa.com



DICHIARAZIONE **CE** DI CONFORMITÀ/DECLARATION OF COMPLIANCE WITH STANDARDS/ DECLARATION DE CONFORMITE/ KONFORMITÄTSERKLÄRUNG DES STANDARDS /DECLARACIÓN DE CONFORMIDAD/ DECLARAÇÃO DE CONFORMIDADE

La società Dropsa S.p.A., con sede legale in Milano, Via Besana, 5 /Dropsa S.p.A., registered office in Milan, Via Besana, 5 /
Dropsa S.p.A. au Siège Social à Milan, Via Besana, 5 /Dropsa S.p.A., Sitz in Milano, Via Besana 5 /La sociedad Dropsa S.p.a.
con sede legal en Milán, Via Besana, 5 /A Dropsa S.p.A, com sede em Milão, via Besana, nº 5

DICHIARA /CERTIFIES / CERTIFIE/ ZERTIFIZIERT/ DECLARA/ CERTIFICA:

che il prodotto denominato/that the product called/ le produit appelé/ dies das Produkt mit dem Namen/ que el producto
que se llama/ que o produto chamado:

"MIQUEL"	
Descrizione/ Description/ Description/ Beschreibung/ Descripción/ Descrição:	Air/oil modular lubricator
Versioni/ Versions/ Versions/ Versionen/ Versiones/ Versões:	PRO - PRO I -BASE - BASE I - CART - CART I
Codici/ Part Number/ Teile Nummer / Códigos:	3135...

Original copy

- (IT) è conforme alle condizioni previste dalle Direttive CEE
(EN) has been constructed in conformity with the Directives of the Council of the European Community on the
standardization of the legislations of member states
(FR) a été construit en conformité des Directives du Conseil des Communautés Européennes
(DE) entsprechend den Richtlinien des Rates der Europäischen Union, für die Standardisierung der Legislative der
Mitgliederstaaten, konstruiert wurde
(SP) cumple con las condiciones establecidas por las directivas comunitarias
(PT) foi construído em conformidade com as diretivas do Conselho das Comunidades Europeias:

2006/95 CE Bassa tensione/ Low voltage directive/ Directive basse tension/ Niederspannungsrichtlinien/ Directiva de baixa
tensão/ Directiva de baixa tensão

2004/108 CE Compatibilità elettromagnetica/ Electromagnetic compatibility/Compatibilité électromagnétique/ Automotive
Elektromagnetische verträglichkeit/Compatibilidad electromagnética/Compatibilidade eletromagnética/

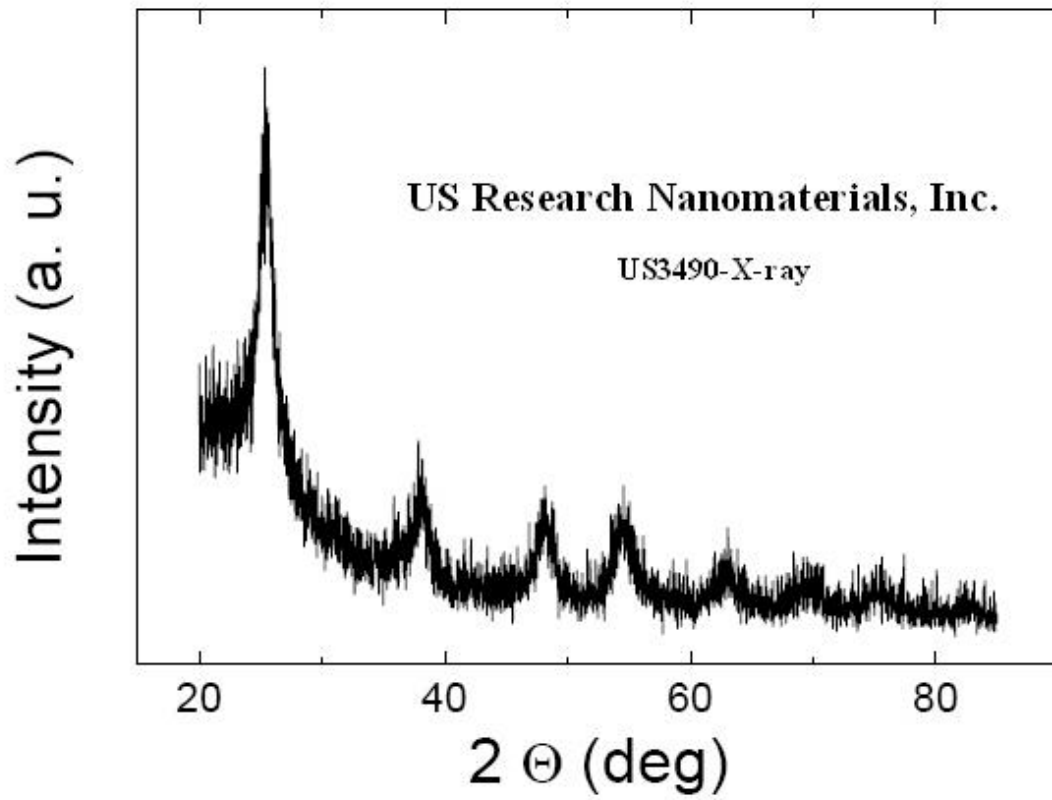


La persona autorizzata a costituire il Fascicolo Tecnico c/preso Dropsa S.P.A.
The person authorized to compile the Technical File care of Dropsa S.P.A.

Technical Director:
Walter Distri

Vimodrone (MI), June 2014

- Especificaciones de nanopartículas de Titanio (TiO₂)



Titanium Oxide (TiO₂) Nanopowder / Nanoparticles

US Research Nanomaterials, Inc.

www.us-nano.com

SAFTY DATA SHEET

Revised Date 3/19/2017

1. PRODUCT AND COMPANY IDENTIFICATION

1.1 Product Identifiers

Product name: Titanium Oxide (TiO₂) Powder

Product Number : US3411

Titanium Oxide (TiO₂) CAS#: 13463-67-7

1.2 Relevant Identified uses of the substance or mixture and uses advised against
Identified uses : Research

1.3 Details of the supplier of the safety data sheet

Company: [US Research Nanomaterials, Inc.](http://www.us-nano.com)

3302 Twig Leaf Lane

Houston, TX 77064

USA

Telephone: +1 832-460-3661

Fax: +1 281-492-8628

1.4 Emergency telephone number

Emergency Phone # : (832) 359-7867

2. HAZARDS IDENTIFICATION

2.1 Classification of the substance or mixture

GHS Classification in accordance with 29 CFR 1910 (OSHA HCS)

Eye Irritation (Category 2A), H319

Specific target organ toxicity - single exposure (Category 3), Respiratory system, H335

For the full text of the H-Statements mentioned in this Section, see Section 16.

2.2 GHS Label elements, including precautionary statements

Pictogram



Signal word

Warning

Hazard statement(s)

H319 Causes serious eye irritation.

H335 May cause respiratory irritation.

Precautionary statement(s)

P261 Avoid breathing dust/ fume/ gas/ mist/ vapours/ spray.
P264 Wash skin thoroughly after handling.
P271 Use only outdoors or in a well-ventilated area.
P280 Wear protective gloves/ eye protection/ face protection.
P304 + P340 IF INHALED: Remove victim to fresh air and keep at rest in a position comfortable for breathing.
P305 + P351 + P338 IF IN EYES: Rinse cautiously with water for several minutes. Remove contact lenses, if present and easy to do. Continue rinsing.
P312 Call a POISON CENTER or doctor/ physician if you feel unwell.
P337 + P313 If eye irritation persists: Get medical advice/ attention.
P403 + P233 Store in a well-ventilated place. Keep container tightly closed.
P405 Store locked up.
P501 Dispose of contents/ container to an approved waste disposal plant.
2.3 Hazards not otherwise classified (HNOC) or not covered by GHS
None

3. COMPOSITION/INFORMATION ON INGREDIENTS

3.1 Substances

Synonyms : Titanium Oxide (TiO₂) Powder

Titanium Oxide (TiO₂) CAS#: 13463-67-7

Hazardous components

Component: Titanium Oxide (TiO₂) Powder

Classification: Eye Irrit. 2A; STOT SE 3;

H319, H335

Concentration:

For the full text of the H-Statements mentioned in this Section, see Section 16.

4. FIRST AID MEASURES

4.1 Description of first aid measures

General advice

Consult a physician. Show this safety data sheet to the doctor in attendance. Move out of dangerous area.

If inhaled

If breathed in, move person into fresh air. If not breathing, give artificial respiration. Consult a physician.

In case of skin contact

Wash off with soap and plenty of water. Consult a physician.

In case of eye contact

Rinse thoroughly with plenty of water for at least 15 minutes and consult a physician.

If swallowed

Never give anything by mouth to an unconscious person. Rinse mouth with water. Consult a physician.

4.2 Most important symptoms and effects, both acute and delayed

The most important known symptoms and effects are described in the labeling (see section 2.2) and/or in section 11

4.3 Indication of any immediate medical attention and special treatment needed

no data available

5. FIREFIGHTING MEASURES

5.1 Extinguishing media

Suitable extinguishing media

Use water spray, alcohol-resistant foam, dry chemical or carbon dioxide.

5.2 Special hazards arising from the substance or mixture

The product is not flammable

5.3 Advice for firefighters

Wear self contained breathing apparatus for firefighting if necessary.

5.4 Further information

no data available

6. ACCIDENTAL RELEASE MEASURES**6.1 Personal precautions, protective equipment and emergency procedures**

Use personal protective equipment. Avoid dust formation. Avoid breathing vapors, mist or gas. Ensure adequate ventilation. Evacuate personnel to safe areas. Avoid breathing dust. For personal protection see section 8.

6.2 Environmental precautions

Do not let product enter drains.

6.3 Methods and materials for containment and cleaning up

Pick up and arrange disposal without creating dust. Sweep up and shovel. Keep in suitable, closed containers for disposal.

6.4 Reference to other sections

For disposal see section 13.

7. HANDLING AND STORAGE**7.1 Precautions for safe handling**

Avoid contact with skin and eyes. Avoid formation of dust and aerosols. Provide appropriate exhaust ventilation at places where dust is formed. For precautions see section 2.2.

7.2 Conditions for safe storage, including any incompatibilities

Keep container tightly closed in a dry and well-ventilated place.

7.3 Specific end use(s)

Apart from the uses mentioned in section 1.2 no other specific uses are stipulated

8. EXPOSURE CONTROLS/PERSONAL PROTECTION**8.1 Control parameters**

Components with workplace control parameters

Contains no substances with occupational exposure limit values.

8.2 Exposure controls

Appropriate engineering controls

Handle in accordance with good industrial hygiene and safety practice. Wash hands before breaks and at the end of workday.

Personal protective equipment

Eyeface protection

Safety glasses with side-shields conforming to EN166 Use equipment for eye protection tested and approved under appropriate government standards such as NIOSH (US) or EN 166(EU).

Skin protection

For any handling steps where the substance is in particulate form or in a suspension with pure water where the substance is not solubilized, the gloves must be comprised of material that successfully passes ASTM F-1671. For any handling steps where the substance is part of a carrier liquid, other than the aqueous suspension noted in the previous paragraph, gloves must be comprised of material that successfully passes ASTM F-739 (continuous liquid contact method). Gloves must be changed before they show degradation and before the designated breakthrough time for the carrier liquid (as determined by the ASTM F-739 testing or by the manufacturer). Handle with gloves. Gloves must be inspected prior to use. Use proper glove removal technique (without touching glove's outer surface) to avoid skin contact with this product. Dispose of contaminated gloves after use in accordance with applicable laws and good laboratory practices. Wash and dry hands.

Body Protection

Impervious clothing, The type of protective equipment must be selected according to the concentration and amount of the dangerous substance at the specific workplace.

Respiratory protection

The EPA mandates the use of full face respirators with minimum N100 grade cartridges if there is any risk of exposure to the dust. For nuisance exposures use type P95 (US) or type P1 (EU EN 143) particle respirator. For higher level protection use type OV/AG/P99 (US) or type ABEK-P2 (EU EN 143) respirator cartridges. Use respirators and components tested and approved under appropriate government standards such as NIOSH (US) or CEN (EU).

Control of environmental exposure

Do not let product enter drains.

9. PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES

9.1 Information on basic physical and chemical properties

- a) Appearance: Powder
- b) Odor: Odorless
- c) Odor Threshold: no data available
- d) pH: no data available
- e) Melting point/freezing point: 1830 °C
- f) Initial boiling point and boiling range: 2500 °C
- g) Flash point: no data available
- h) Evaporation rate: no data available
- i) Flammability (solid, gas): no data available
- j) Upper/lower flammability or explosive limits: no data available
- k) Vapor pressure: no data available
- l) Vapor density: no data available
- m) Relative density: 4.23
- n) Water solubility: insoluble
- o) Partition coefficient - octanol/water: no data available
- p) Auto-ignition temperature: no data available
- q) Decomposition temperature: no data available
- r) Viscosity: no data available
- s) Explosive properties: no data available
- t) Oxidizing properties: no data available

9.2 Other safety information

no data available

10. STABILITY AND REACTIVITY

10.1 Reactivity

no data available

10.2 Chemical stability

Stable under recommended storage conditions.

10.3 Possibility of hazardous reactions

no data available

10.4 Conditions to avoid

no data available

10.5 Incompatible materials

Strong oxidizing agents

10.6 Hazardous decomposition products

Other decomposition products - no data available

In the event of fire: see section 5

11. TOXICOLOGICAL INFORMATION**11.1 Information on toxicological effects****Acute toxicity**

no data available

Inhalation: no data available

Dermal: no data available

Skin corrosion/irritation

no data available

Serious eye damage/eye irritation

no data available

Respiratory or skin sensitisation

no data available

Germ cell mutagenicity

no data available

Carcinogenicity

no data available

Reproductive toxicity

no data available

Specific target organ toxicity - single exposure

Inhalation - May cause respiratory irritation.

Specific target organ toxicity - repeated exposure

no data available

Aspiration hazard

no data available

Additional Information

RTECS: Not available

To the best of our knowledge, the chemical, physical, and toxicological properties have not been thoroughly investigated.

12. ECOLOGICAL INFORMATION**12.1 Toxicity**

no data available

12.2 Persistence and degradability

no data available

12.3 Bioaccumulative potential

no data available

12.4 Mobility in soil

no data available

12.5 Results of PBT and vPvB assessment

PBT/vPvB assessment not available as chemical safety assessment not required/not conducted

12.6 Other adverse effects

no data available

13. DISPOSAL CONSIDERATIONS

13.1 Waste treatment methods

Product

Offer surplus and non-recyclable solutions to a licensed disposal company. Contact a licensed professional waste disposal service to dispose of this material.

Contaminated packaging

Dispose of as unused product.

14. TRANSPORT INFORMATION

DOT (US)

Not dangerous goods

IMDG

Not dangerous goods

IATA

Not dangerous goods

15. REGULATORY INFORMATION

SARA 302 Components

SARA 302: No chemicals in this material are subject to the reporting requirements of SARA Title III, Section 302.

SARA 313 Components

SARA 313: This material does not contain any chemical components with known CAS numbers that exceed the threshold (De Minimis) reporting levels established by SARA Title III, Section 313.

SARA 311/312 Hazards

16. OTHER INFORMATION

Full text of H-Statements referred to under sections 2 and 3.

Eye Irrit. Eye Irritation

H319 Causes serious eye irritation.

H335 May cause respiratory irritation.

HMIS Rating

Health hazard: 1

Flammability: 0

Physical Hazard 0

NFPA Rating

Health hazard: 1

Fire Hazard: 0

Reactivity Hazard: 0

Further Information

The above information is believed to be correct but does not purport to be all inclusive and shall be used only as a guide. The information in this document is based on the present state of our knowledge and is applicable to the product with regard to appropriate safety precautions. It does not represent any guarantee of the properties of the product.

Employers should use this information only as a supplement to other information gathered by them, and should make independent judgment of suitability of this information to ensure proper use and protect the health and safety of employees. This information is furnished without warranty, and any use of the product not in conformance with this Safety Data Sheet, or in combination with any other product or process, is the responsibility of the user.