

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

**“ESTUDIO DEL EFECTO DEL SISTEMA DE MÍNIMA CANTIDAD DE
LUBRICANTE (MQL) CON ACEITE VEGETAL EN EL ACABADO
SUPERFICIAL DEL FRESADO DEL ACERO INOXIDABLE AISI 304”.**

AUTOR: Max Alejandro Guijarro Portero

TUTOR: Ing. Mg. Cristian Pérez

AMBATO - ECUADOR

2016

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor del Trabajo experimental, previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico, con el tema **“ESTUDIO DEL EFECTO DEL SISTEMA DE MÍNIMA CANTIDAD DE LUBRICANTE (MQL) CON ACEITE VEGETAL EN EL ACABADO SUPERFICIAL DEL FRESADO DEL ACERO INOXIDABLE AISI 304”**, elaborado por el Sr. Max Alejandro Guijarro Portero, portador de la cédula de ciudadanía: 180459289-5, 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 sus capítulos componentes.
- Está concluido en su totalidad.

.....
Ing. Mg. Cristian Pérez
TUTOR

AUTORÍA DE TRABAJO EXPERIMENTAL

Los criterios emitidos en este trabajo experimental con el tema “**ESTUDIO DEL EFECTO DEL SISTEMA DE MÍNIMA CANTIDAD DE LUBRICANTE (MQL) CON ACEITE VEGETAL EN EL ACABADO SUPERFICIAL DEL FRESADO DEL ACERO INOXIDABLE AISI 304** ” como también las ideas, análisis, y conclusiones son de exclusiva responsabilidad de mi persona, como autor.

.....
Max Alejandro Guijarro Portero
C.I.: 180459289-5

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de este trabajo experimental o parte el, un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación según las normas de la institución

Cedo los Derechos en línea patrimoniales de mi trabajo experimental con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este trabajo experimental dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando ésta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor

Ambato, 15 de Marzo de 2016

Autor

.....
Max Alejandro Guijarro Portero
C.I.: 180459289-5

DEDICATORIA

Este trabajo producto de mi esfuerzo dedico a Jehová Dios, porque ha derramado bendiciones a lo largo de mi vida, a el porque me dotó de inteligencia, y me dio las fuerzas y las ganas de seguir adelante.

A mi padre por el ejemplo que me dio de ser constante y persistente

A mi madre por sus consejos y su motivación de seguir adelante, por su guía y amor; su esfuerzo y sacrificio por verme convertido en un profesional.

A mis hermanas por confiar en mí, por ser mis amigas y confidentes.

Max Alejandro

AGRADECIMIENTO

Un profundo y sincero agradecimiento a la Universidad Técnica de Ambato que me dio la oportunidad de formar parte de tan prestigiosa institución, a todos y cada uno de los docentes de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Carrera de Ingeniería Mecánica por compartir su sabiduría que han nutrido mi conocimiento y me han preparado para desempeñarme como un profesional con ética y vocación de servicio.

Un agradecimiento especial al Ing. Mg. Cristian Pérez, por su guía y apoyo incondicional en la elaboración del presente trabajo de grado.

Max Alejandro

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

PÁGINAS PRELIMINARES	N° PÁGINA
APROBACIÓN DEL TUTOR	II
AUTORÍA DE TRABAJO EXPERIMENTAL	III
DERECHOS DE AUTOR	IV
DEDICATORIA.....	V
AGRADECIMIENTO	VI
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS	VII
RESUMEN EJECUTIVO.....	XIV

CAPÍTULO I

ANTECEDENTES	1
1.1 TEMA DE TRABAJO EXPERIMENTAL.....	1
1.2 ANTECEDENTES	1
1.4 OBJETIVOS	3

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN	4
2.1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	4
2.1.1 PROCESOS DE REMOCIÓN DEL MATERIAL.....	4
2.1.2 PROCESO DE FRESADO.....	5
2.1.2.1 Clases de fresado	6
2.1.3.1 Fresadoras universales	7
2.1.3.2 Fresadoras CNC.....	9
2.1.3.3 Centro de mecanizado CNC	9
2.1.4 HERRAMIENTAS DE CORTE	9

2.1.4.1 Metal duro con recubrimiento	9
2.1.4.2 Recubrimiento: CVD	10
2.1.4.3 Recubrimiento: PVD	11
2.1.4.4 Metal duro.....	12
2.1.5 FLUIDOS DE CORTE EN EL MECANIZADO	14
2.1.5.1 Fluido de corte de base mineral	17
2.1.5.2 Fluidos de corte semi-sintético y sintético	17
2.1.5.3 Fluidos de corte de base vegetal	17
2.1.6 LUBRICACIÓN EN EL CORTE.....	18
2.1.6.1 LUBRICACIÓN POR INUNDACIÓN.....	19
2.1.6.2 LUBRICACIÓN POR CANTIDADES MÍNIMAS (MQL)	19
2.1.6.3 TIPOS DE LUBRICACIÓN POR CANTIDADES MÍNIMAS	20
A) Mínima cantidad de lubricación interna (MQL)	20
B) Mínima Cantidad de lubricación Externo (MQL)	21
2.1.7 ACERO INOXIDABLE	22
2.1.7.1 Acero Inoxidable AISI 304.....	22
2.1.7.2 Propiedades del acero inoxidable AISI 304	22
Propiedades mecánicas y químicas.....	22
2.1.7.3 Maquinabilidad del acero inoxidable AISI 304.....	23
2.1.8 Contacto entre pieza y herramienta de corte en el fresado	23
2.1.9 ACABADO SUPERFICIAL O TEXTURA SUPERFICIAL	24
2.1.9.1 Acabado superficial	24
2.1.9.2 Rugosidad (Ra).....	24
2.1.9.3 Grado de rugosidad superficial.....	25
2.1.9.4 Rasgos de una superficie	26

2.1.10 PARÁMETROS DEL FRESADO QUE INTERVIENEN EN EL ACABADO SUPERFICIAL	27
2.1.11 PARÁMETROS DE MÍNIMA CANTIDAD DE LUBRICANTE QUE INTERVIENEN EN EL ACABADO SUPERFICIAL DEL FRESADO.....	28
2.1.12 RUGOSIDAD SUPERFICIAL PRODUCIDA POR MÉTODOS COMUNES DE PRODUCCIÓN	28
2.1.12.1 Parámetros de rugosidad.....	30
2.2 HIPÓTESIS	31
2.3 SEÑALAMIENTO DE VARIABLES DE HIPÓTESIS	31

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA.....	32
3.1 NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN	32
3.3 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	36
3.3.2 Variable Dependiente	38
3.4 PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	39
3.5 PLAN PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS	39
3.5.2 Procesamiento.....	43
3.5.2.1 Diseño de la probeta	43
3.5.2.2 Preparación de la probeta de acero inoxidable AISI 304	44
3.5.2.3 Selección de las herramientas, equipo de lubricación y lubricantes.....	45
3.5.2.4 Sistema de lubricación MQL.....	48
3.5.2.5 Selección de los lubricantes para el fresado de acero inoxidable AISI 304	49
3.5.2.10 Proceso de acabado bajo sistema MQL.....	58
3.5.2.11 Proceso para la medición del acabado superficial de las probetas	59
3.5.2.12 Análisis	60

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	61
4.1 RECOLECCIÓN DE DATOS.....	62
4.3 VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS.....	93

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	98
5.1 CONCLUSIONES	98
5.2 RECOMENDACIONES	99
Bibliografía.....	100
REFERENCIAS	126

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 2.1: Fuerzas que actúan sobre la viruta y la herramienta en el corte ortogonal.....	5
Fig. 2.2: Proceso de Fresado	5
Fig. 2.3: Fresado cilíndrico	6
Fig. 2.4: Fresado frontal	7
Fig. 2.5: Fresadora Universal	8
Fig. 2.6: Diferentes calidades de insertos de metal duro.....	10
Fig. 2.7: Recubrimiento CVD.....	11
Fig. 2.8: Recubrimiento PVD	12
Fig. 2.9: Tamaño de grano WC de medio a grueso	13
Fig. 2.10: Composiciones de Aceites lubricantes	14
Fig. 2.11: Esquema del sistema de lubricación interna por cantidades mínimas	20

Fig. 2.12: Suministro externo del refrigerante mediante MQL. Configuración de un equipo básico y funcionamiento de la boquilla de rociado	21
Fig. 2.13: Ilustración para el cálculo de rugosidad promedio Ra.....	25
Fig. 2.14: Superficies obtenidas por procesos de fabricación.....	29
Fig. 3.1: Diagrama de flujo para la operación de acabado por fresado.....	42
Fig. 3.2: Diseño de la probeta	43
Fig. 3.3: Corte del acero inoxidable AISI 304	44
Fig. 3.4: Refrentado de la pieza	44
Fig. 3.5: Diseño de la probeta	44
Fig. 3.6: Ejecución del desbaste	45
Fig. 3.7: Numeración de probetas	45
Fig. 3.8: Sistema MQL Miquel instalado en el centro de mecanizado KIA KV40A	51
Fig. 3.9: Anclaje del Atomizador MQL en el centro de mecanizado	51
Fig. 3.10: Mezcla de agua-lubricante y llenado del depósito del sistema de lubricación por inundación.....	52
Fig. 3.11: Nivel de aceite del sistema MQL.....	52
Fig. 3.12: Programación del desbaste para acabado en el software	56
Fig. 3.13: Herramienta de corte de la marca Sandvik Coromant	56
Fig. 3.14: Preparación de herramienta en el centro de mecanizado.....	57
Fig. 3.15: Ejecución del mecanizado bajo condiciones de inundación.....	57
Fig. 3.16: Sistema de mínima cantidad de lubricante MQL Miquel Pro i	58
Fig. 3.17: Aplicación de mínima cantidad de lubricante	58
Fig. 3.18: Ingreso del palpador en el Rugosímetro Mitutoyo SJ 210	59
Fig. 3.19: Calibración del rugosímetro con el patrón de rugosidad	59

Fig. 3.20: comparación de rugosidad superficial Ra (2.94um).....	60
Fig. 3.21: Áreas de medición de Ra en la probeta mecanizada.....	60
Fig.4.1: Comportamiento general de la rugosidad superficial bajo diferentes condiciones de lubricación	88
Fig. 4.2: Comportamiento del acabado superficial bajo las condiciones de corte de la tabla 4.2 en condiciones de lubricación por inundación	89
Fig. 4.3: Comportamiento del acabado superficial bajo las condiciones de corte de la tabla 4.2 en condiciones de Mínima cantidad de lubricante	90
Fig. 4.4: Comportamiento del acabado superficial bajo las condiciones de corte de la tabla 4.3, en condiciones de lubricación por inundación	91
Fig. 4.5: Comportamiento del acabado superficial bajo las condiciones de corte de la tabla 4.3, en condiciones de Mínima cantidad de lubricante	92
Fig. 4.6: Evaluación del acabado superficial en el microscopio de barrido.....	92
Fig. 4.7: Distribución t	95
Fig. 4.8: Campana de la distribución t	97

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1: Propiedades mecánicas y químicas del acero inoxidable AISI 304.....	22
Tabla2.2: Valores aproximados del número de dureza Brinell e índices de maquinabilidad típicos para materiales de trabajo seleccionados.....	23
Tabla 2.3: Grados de rugosidad superficial	25
Tabla 2.4: Orientación posible de una superficie	26
Tabla 3.1: Valores de Ra obtenidos con los parámetros de mecanizado máximo recomendado por la marca Sandvik Coromant	34
Tabla 3.2: Número de parámetros variables para la realización del experimento	36
Tabla 3.3: Variable independiente	37
Tabla 3.4: Variable dependiente	38

Tabla 3.5: Parámetros importantes del útil de fresado.....	46
Tabla 3.6: Parámetros importantes de insertos de corte	47
Tabla 3.7: Características técnicas del sistema MQL	48
Tabla 3.8: Características técnicas de aceite soluble	49
Tabla 3.9: Características técnicas de lubricante para MQL.....	50
Tabla 3.10: Parámetros de corte según el programa en línea Corguide de la marca de herramientas Sandvik Coromant.....	53
Tabla 3.11: Parámetros de corte disminuidos en 10% para el trabajo práctico	53
Tabla 3.12: Parámetros de corte para acabado superficial por fresado del acero inoxidable AISI 304 con el sistema (MQL).....	54
Tabla 3.13: Parámetros de corte recomendados para acabado superficial por fresado del acero inoxidable AISI 304 con el sistema de inundación con taladrina	55
Tabla 4. 1: Parámetros de corte calculados en función de la velocidad de giro del husillo y velocidad de avance	61
Tabla 4. 2: Valores de rugosidad superficial obtenidos del proceso de acabado por fresado bajo las condiciones de lubricación por inundación y mínima cantidad de lubricante (MQL)	88
Tabla 4. 3: Parámetros de corte utilizados para el proceso de acabado por fresado	89
Tabla 4. 4: Parámetros de corte utilizado para el proceso de acabado por fresado.....	91
Tabla 4. 5: Media de las rugosidades obtenidas en este estudio	96

RESUMEN EJECUTIVO

El presente estudio tiene como objetivo principal: estudiar el efecto de mínima cantidad de lubricante en el acabado superficial por fresado del acero inoxidable AISI 304, para lo cual en un eje de una pulgada y media de diámetro por 40mm de largo, se mecanizó un hexágono del cual se usó solo 5 superficies como probetas, en total se procesó 24 ejes dándonos un total de 120 probetas, para las condiciones de lubricación de inundación y de mínima cantidad de lubricante (MQL), se utilizó como fluidos refrigerantes aceite soluble y aceite de origen vegetal respectivamente.

La máquina en la que se llevó a cabo el experimento fue en un centro de mecanizado CNC de marca KIA, en el cual se adaptó el sistema de mínima cantidad de lubricante de la marca Miquel pro i de Dropsa

El proceso de acabado por fresado del acero inoxidable AISI 304 se realizó con un porta insertos e insertos de metal duro la marca Sandvik Coromant de la cual se seleccionó los parámetros de corte como: Velocidad de giro del husillo, Velocidad de avance y profundidad de corte según sus recomendaciones para este proceso

Finalmente se midió la rugosidad superficial (Ra) obtenida en las probetas mecanizadas con un rugosímetro Mitutoyo SJ210 bajo la norma ISO 1997, con el cual se pudo determinar, una mejora del 29.37% frente a la lubricación por inundación en el mejor de los casos, de esta manera se demuestra que el sistema de mínima cantidad de lubricante es eficiente mejorando el acabado superficial del fresado de acero inoxidable AISI 304, trabajando a velocidades máximas que se permite en el centro de mecanizado lo que incide en una producción más rápida y eficiente

CAPÍTULO I

ANTECEDENTES

1.1 TEMA DE TRABAJO EXPERIMENTAL

ESTUDIO DEL EFECTO DEL SISTEMA DE MÍNIMA CANTIDAD DE LUBRICANTE (MQL) CON ACEITE VEGETAL EN EL ACABADO SUPERFICIAL DEL FRESADO DEL ACERO INOXIDABLE AISI 304

1.2 ANTECEDENTES

En otros países a nivel mundial con el fin de mejorar la calidad y producción en los procesos de arranque de viruta con la optimización en mayor medida del desgaste de las herramientas y menor consumo de fluidos lubricantes.

Se ha llevado a cabo en diferentes institutos estudios comparativos con la utilización de diferentes sistemas de lubricación como son: El sistema de inundación y el sistema de mínima cantidad de lubricante para la refrigeración y lubricación en la interface de la herramienta y la pieza de trabajo en el proceso de corte del el fresado de diferentes materiales.

A manera de experimentación se ha probado algunos fluidos de corte, a diferentes caudales de suministro y a otras presiones, por ejemplo en [1] el rendimiento de corte en el mecanizado por fresado del acero templado de 15 HRC bajo condiciones de MQL a 900ml/h es mejor que la del mecanizado con el uso del sistema de lubricación por inundación de fluido a 2 (l/min), ya que el MQL proporciona la función de reducir la fricción, refrigerar, expulsar las virutas y principalmente de la reducción de la temperatura de corte, lo que mejora el efecto de enfriamiento y los resultados en un mejor acabado superficial.

Para [2] en el mecanizado de aleación Inconel 718 tanto la fuerza, el desgaste de la herramienta y la rugosidad de la superficie disminuyeron apreciablemente bajo ambiente MQL en comparación con aquellos en ambientes secos y húmedos.

Y en [3] para el fresado del acero inoxidable martensítico AISI 420 Bajo las condiciones de MQL con aceite vegetal reforzado con nano partículas de MoS₂ con caudales de suministro de 20ml/h y 40ml/h a 5Bar de presión redujo el acabado superficial en un 8.8% y 22.5% respectivamente con respecto al mecanizado en seco.

1.3 JUSTIFICACIÓN

La presente investigación se justifica ante la existente evolución industrial que va en mejora de los procesos de producción industriales sin contaminación ambiental, otro factor importante es el cambio de la matriz productiva en nuestra provincia que pretende mejorar el parque industrial con el fin de llegar a producir más con calidad, con menos recursos y respetando el medio ambiente.

Según la Superintendencia de compañías [4] los beneficiarios directos del presente estudio lo constituyen 23 empresas legalmente constituidas y otras que se componen de los pequeños talleres de artesanos, que se dedican a la manufactura y procesamiento de elementos ferrosos por medio de procesos de arranque de viruta como fresado, torneado, lapeado, bruñido, cepillado y otros.

El sistema de lubricación que se ha venido utilizando hasta la actualidad en nuestro país es el sistema que bombea aceite soluble o taladrina hacia el contacto que se produce entre la herramienta de corte y la superficie del elemento maquinado, sin tomar en cuenta la contaminación que se produce tanto al operario como al medio ambiente. Y además que para mejorar el acabado superficial es necesario recurrir a procesos de rectificado donde necesariamente hay que utilizar más tiempo de producción y más fluidos sintéticos de lubricación lo que repercute en un costo adicional al proceso de acabado.

En esta investigación se pretende la utilización de un sistema de lubricación por fluidos vegetales que consuma menos cantidad de estos, sean amigables con el ambiente, sin contaminar al operario, mejorando el acabado superficial de los elementos maquinados en el fresado, con menor tiempo de maquinado.

1.4 OBJETIVOS

Objetivo General

Estudio del efecto del sistema de mínima cantidad de lubricante (MQL) con aceite vegetal en el acabado superficial del fresado del acero inoxidable AISI 304.

Objetivos específicos

- Identificar los sistemas de lubricación en el fresado del acero inoxidable AISI 304.
- Establecer los principales parámetros del sistema de mínima cantidad de lubricante que influyen en el acabado superficial del fresado del acero AISI 304.
- Identificar los principales parámetros del proceso de mecanizado que influyen en el acabado superficial del fresado del acero inoxidable AISI 304.
- Comparar los resultados del acabado superficial en el fresado del acero inoxidable AISI 304 mediante la lubricación por inundación y el sistema de mínima cantidad de lubricante.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN

2.1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1.1 PROCESOS DE REMOCIÓN DEL MATERIAL

Por medio del arranque de viruta se puede obtener las dimensiones y la naturaleza superficial deseada de las piezas a partir de una preforma, por medio de la eliminación de material sobrante.

Los tres procesos principales de arranque de viruta son el torneado, taladrado y fresado se incluyen también el perfilado, el cepillado, el escariado y el aserrado, otro grupo de procesos de remoción de material es el proceso abrasivo, que de forma mecánica remueve el material por la acción de partículas abrasivas duras como el molido, Los demás procesos abrasivos son: Afilado, fundido y super acabado. Por último se utilizan otras formas de energía aparte de la herramienta de corte agudo o de partículas abrasivas para remover el material. [5]

Eugene Merchant dedujo una relación importante en el corte de metal y está basada en el corte ortogonal y es válida para opciones de maquinado en tres dimensiones y se expresa mediante la siguiente relación.

$$\tau = \frac{F_c \cos\theta - F_s \sin\theta}{t_o W / \sin\theta} \quad \text{Ecuacion 2.1} \quad [5]$$

Merchant pensó que entre los ángulos del borde cortante de la herramienta donde puede ocurrir la deformación de corte existe un ángulo θ que predomina en el cual el esfuerzo cortante es igual a la resistencia de corte del material de trabajo y este esfuerzo es menor para los demás ángulos, y se plantea de la siguiente manera:

$$\phi = 45 + \frac{\alpha}{2} - \frac{\beta}{2} \text{ Ecuacion 2.2 [5]}$$

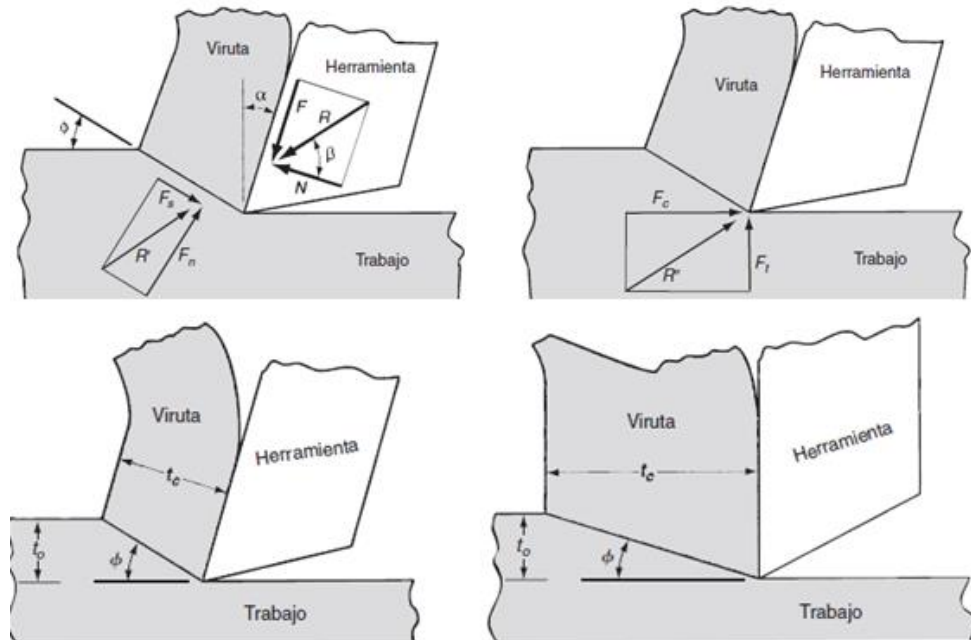


Fig. 2.1: Fuerzas que actúan sobre la viruta y la herramienta en el corte ortogonal [5]

2.1.2 PROCESO DE FRESADO

Este proceso se emplea para la obtención de superficies planas y curvadas, de ranuras rectas, de ranuras espirales y de ranuras helicoidales, así como de roscas. En el fresado, el útil o herramienta es quien ejecuta el movimiento principal. Los movimientos de avance y de aproximación son realizados generalmente por la pieza de trabajo. [6]

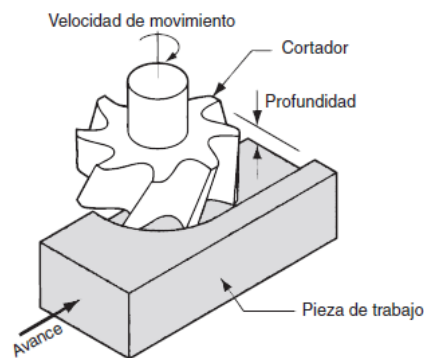


Fig. 2. 2: Proceso de Fresado [5]

2.1.2.1 Clases de fresado

Se distinguen dos clases de fresado: Fresado cilíndrico y Fresado frontal.

Fresado cilíndrico

El eje de la fresa se mueve transversalmente en la superficie de la pieza que se trabaja, la fresa en forma de rodillo corta solamente con los dientes dispuestos en su periferia. Se distinguen aquí el fresado a contra dirección y el fresado paralelo. En ambos procedimientos de trabajo se arrancan al material virutas en forma de coma. [6]



Fig. 2. 3: Fresado cilíndrico [6]

Fresado frontal

El eje de la fresa tiene posición perpendicular a la superficie de la pieza, el fresado frontal es más económico que el cilíndrico porque siempre hay varios dientes cortando, la fresa puede refrigerarse mejor y la sección de viruta es casi constante.

El maquinado se ejecuta por los bordes o filos cortantes del extremo y la periferia de la fresa.



Fig. 2. 4: Fresado frontal [6]

2.1.3 TIPOS DE FRESADORA

Las fresadoras se clasifican según la posición de la mesa y del husillo se distinguen las más importantes:

- Fresadoras horizontales.
- Fresadoras verticales.
- Fresadora copiadora
- Fresadoras universales.
- Fresadora CNC
- Torno-fresado Multitasking

2.1.3.1 Fresadoras universales

Se denomina fresadora universal a una máquina-herramienta utilizada para realizar diferentes mecanizados por arranque de viruta en piezas de forma prismática. Se caracteriza por trabajar en el espacio mediante el movimiento adecuado de la mesa

donde se fijan las piezas que deben ser mecanizadas, esta puede desplazarse a lo largo de tres movimientos diferentes: Longitudinal, transversal y vertical.

Las fresas tienen un movimiento rotatorio impulsado por el motor principal de la máquina y que se regula mediante una caja de velocidades para adecuar la velocidad de giro de la fresa a la que debe realizarse el mecanizado. [6]

Movimiento longitudinal: Denominado X, que corresponde generalmente al movimiento de trabajo. La mesa de trabajo se puede desplazar de forma manual o automática con avances de trabajo o avances rápidos, para ello cuenta con una caja de avances expresado de mm/minuto donde es posible seleccionar el avance de trabajo adecuado de acuerdo con las condiciones tecnológicas del mecanizado.

Movimiento transversal: Denominado Y, que corresponde al desplazamiento transversal de la mesa de trabajo. Se utiliza básicamente para posicionar la herramienta de fresar en la posición correcta.

Movimiento vertical: Denominado eje Z que corresponde al desplazamiento vertical de la mesa de trabajo. Con este eje se establece la profundidad de corte del fresado.

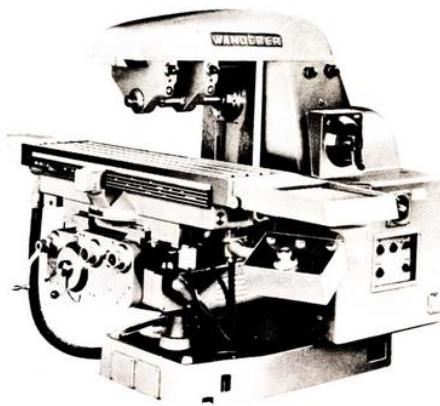


Fig. 2. 5: Fresadora Universal [6]

Con el invento de la tecnología, las fresadoras incorporan una unidad de control automatizado, utilizando controles numéricos (CNC). Actualmente se encuentran

fresadoras manuales y CNC. Las fresadoras manuales son adecuadas para la fabricación de piezas y geometrías no graduadas con un bajo grado de complejidad, formas generalmente planas. [7]

2.1.3.2 Fresadoras CNC

Máquina que ejecuta movimientos por medio de comandos numéricos controlados por ordenador. Esta máquina permite los movimientos en tres direcciones X, Y y Z de forma simultánea.

2.1.3.3 Centro de mecanizado CNC

Este tipo de máquina a más de realizar el movimiento de una fresadora CNC, esta ofrece recursos más avanzados de control de mecanizado, como controlar el movimiento de precisión en tiempo real, en términos de velocidad programada, la aceleración y la posición. El uso de la interfaz de un control de lazo cerrado, que trabaja con transductores de posición, lineal o angular. Permitiendo compensar inexactitudes mecánicas de la máquina, tales como holguras, procedentes por desgaste y la expansión térmica de los mecanismos de accionamiento de la máquina que se producen por el trabajo.

El centro de mecanizado también consta de un mecanismo de almacenamiento e intercambio de herramientas, llamado cargador el cual puede cambiarlas durante el proceso de mecanizado, este cambio se realiza mediante un comando en la máquina CNC. O impulsado por el operador. [8]

2.1.4 HERRAMIENTAS DE CORTE

2.1.4.1 Metal duro con recubrimiento

Este metal duro se combina con diferentes recubrimientos detallados a continuación. Juntos constituyen una calidad que se puede adaptar a distintas aplicaciones.



Fig. 2. 6: Diferentes calidades de insertos de metal duro [9]

2.1.4.2 Recubrimiento: CVD

CVD es la abreviatura del inglés Chemical Vapor Deposition, es decir, deposición química en fase de vapor. Este se crea mediante reacciones químicas a temperaturas de 700-1050 °C, presenta alta resistencia al desgaste y excelente adherencia al metal duro. El primer metal duro con recubrimiento CVD fue de carburo de titanio de una sola capa (TiC). Los recubrimientos de alúmina (Al_2O_3) y de nitruro de titanio (TiN) se introdujeron posteriormente. El desarrollo más reciente es de los recubrimientos de carbonitruro de titanio (MT-Ti(C,N) o MTTiCN, también llamado MT-CVD) que mejora las propiedades de la calidad por su capacidad de mantener intacta la adherencia con el metal duro. [9]

Aplicaciones del recubrimiento CVD

Las calidades con recubrimiento CVD se usa en aplicaciones en las que resulta importante la resistencia al desgaste. Estas aplicaciones se pueden encontrar en torneado general y mandrinado de acero, torneado general de acero inoxidable y para calidades de fresado en ISO P, ISO M, ISO K. [9]

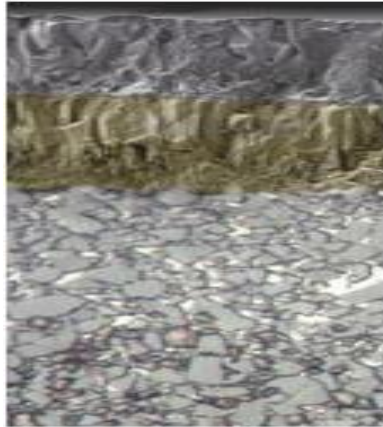


Fig. 2. 7: Recubrimiento CVD [9]

2.1.4.3 Recubrimiento: PVD

Los recubrimientos por deposición física en fase de vapor (PVD) se forman a temperaturas de (400-600 °C). Este proceso consiste en la evaporación de un metal que reaccione, por ejemplo con gas nitrógeno, formando así un recubrimiento duro de nitruro en la superficie de la herramienta, aporta resistencia al desgaste por su dureza y tensión compresiva, añade tenacidad al filo y resistencia a roturas de tipo peine. [9]

Propiedades del recubrimiento PVD

Los siguientes son los componentes principales de este tipo de recubrimiento que al combinarse entre ellos en capas sucesivas, recubrimientos laminares y como los últimos en espesores manométricos hacen que el recubrimiento sea más duro (**PVD-TiN**) nitruro de titanio, **PVD-Ti(C,N)** carbonitruro de titanio que es más duro que el **TiN** y aporta resistencia al desgaste en incidencia, **PVD-(Ti,Al)N** nitruro de titanio aluminio tiene elevada dureza y resistencia a la oxidación, por ello mejora la resistencia al desgaste global, **Óxido PVD** se utiliza por su estabilidad química y porque mejora la resistencia a formación de cráteres de desgaste. [9]

Aplicaciones del recubrimiento PVD

Este recubrimiento es esencial cuando se necesita un filo tenaz y agudo al mismo tiempo, para mecanizar materiales pastosos, por eso se incluye en todas las brocas y fresas enterizas en la gran mayoría de calidades para ranurar, roscar y fresar. [9]



Fig. 2. 8: Recubrimiento PVD [9]

2.1.4.4 Metal duro

El metal duro es un material metalúrgico en polvo; un compuesto de partículas de carburo de tungsteno (WC) y un aglutinante rico en cobalto metálico (Co). Los metales duros para aplicaciones de mecanizado contienen más del 80% de fase WC dura. El carbonitruro cúbico es otro componente importante, especialmente en calidades de gradiente sinterizado.

El cuerpo de metal duro se forma, bien mediante prensado del polvo o bien mediante técnicas de moldeo por inyección, para luego sinterizarlo hasta la densidad completa.

Propiedades del metal duro

WC: el tamaño del grano es uno de los parámetros más importantes para ajustar la relación dureza/tenacidad de una calidad; cuanto más fino sea al tamaño del grano, mayor será la dureza con un contenido de fase de aglutinante dado.

La cantidad y composición del aglutinante rico en Co controla la tenacidad de la calidad y la resistencia a la deformación plástica. Con el mismo tamaño de grano WC, un incremento en la cantidad de aglutinante conseguirá una calidad más tenaz, que tiene más tendencia al desgaste por deformación plástica. Y un contenido de aglutinante demasiado bajo puede provocar que el material sea quebradizo.

Carbonitruro cúbico: también llamado fase- γ , se suele añadir para incrementar la resistencia al calor y para formar gradientes.

Gradientes: se utilizan para combinar la mejora de resistencia a la deformación plástica con tenacidad del filo. El carbonitruro cúbico concentrado en el filo mejora la resistencia al calor donde más se necesita. Más allá del filo, un aglutinante rico en estructura de carburo de tungsteno inhibe las fisuras y las fracturas por martillado de las virutas. [9]

Aplicaciones

Tamaño del grano WC de medio a grueso

Un tamaño de grano WC entre medio y grueso aporta al metal duro una combinación superior de elevada resistencia al calor y tenacidad. Se utiliza en combinación con recubrimientos CVD o PVD en calidades para todas las áreas. [9]



Fig. 2. 9: Tamaño de grano WC de medio a grueso [9]

2.1.5 FLUIDOS DE CORTE EN EL MECANIZADO

La clasificación de los fluidos de corte es necesaria para entender mejor la variedad de estos que están ampliamente disponibles en el mundo.

Según formulaciones químicas de los fluidos de corte se clasifican en siete categorías: Aceites de corte, aceites solubles, aceites emulsionados, químicos, fluidos sintéticos, semi-sintéticos y semi-químicos.

Los aceites nombrados como aceite puro se forman de derivados del petróleo, de origen animal o vegetal. Los aceites de corte utilizados sin dilución adicional en procesos de corte de metal tienen buenas propiedades de lubricación, bajas propiedades de refrigeración y alto riesgo de inflamabilidad. También pueden crear una niebla perjudicial para la salud del operador.

Los aceites emulsionados son una suspensión de gotas de aceite en agua. Este fluido de corte es hecho mediante la mezcla de aceite con el agente emulsionante para mejorar la estabilidad de la emulsión en agua.

Las composiciones generales de agua en fluidos de corte están basados de la siguiente manera:

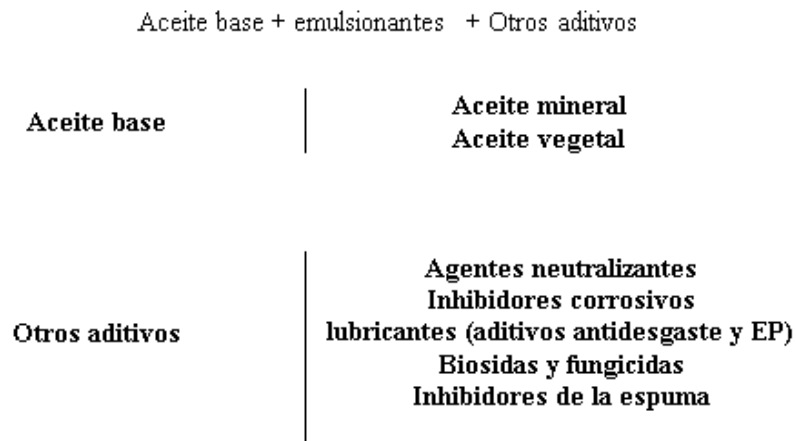


Fig. 2. 10: Composiciones de Aceites lubricantes [10]

Los emulsionantes tienen la función de dispersar el aceite en agua con el fin de hacer una emulsión estable. La presencia de agua en emulsiones induce al óxido, el crecimiento bacteriano y pérdidas por evaporación.

Los aditivos de azufre, cloro y químicos basados en fósforo conocido como de extrema presión (EP) se utilizan para esta condición. Los aditivos EP forman una capa de lubricante sólido entre el fluido de corte y la superficie de metal por reacción química.

Esta película posee baja resistencia al corte y buenas propiedades anti-soldadura así los aditivos EP pueden reducir la fricción y el desgaste de manera efectiva. Las emulsiones tienen algunas ventajas:

- Reducción de calor permite mayores velocidades de corte en el mecanizado.
- Dilución con agua para reducir el costo.
- Sin peligro de incendio y una menor tasa de nebulización de aceite.

Uno de los inconvenientes asociados con las emulsiones es el crecimiento hongos y bacterias que aumenta riesgos de salud y disminuye la vida útil de los fluidos de corte. La presencia de bacterias en el fluido de corte puede causar la separación de las emulsiones. Como resultado, la capacidad de lubricación refrigerante es degradada por las bacterias. Por otra parte, el PH del líquido refrigerante puede ayudar a reducir la corrosión de la pieza de trabajo-máquina herramienta, y la actividad microbiana.

Algunos de los lubricantes o fluidos de corte se consideran peligrosos con el medio ambiente y la salud cuando se libera formaldehídos que tienen lugar cuando se trabajan a presión extrema, siendo potenciales cancerígenos.

La capacidad de reducción de las temperaturas de un fluido de corte durante el mecanizado depende de sus propiedades térmicas de calor específico y conductividad térmica.

La otra función del fluido de corte es la lubricación que minimiza la cantidad de calor generado por la fricción.

El efecto de enfriamiento se puede hacer mejor por el agua con bajo costo pero sus propiedades lubricantes son muy bajas. El agua posee un alto calor específico y conductividad térmica, esta es la razón por la cual se usa agua como la base en fluidos de corte.

Los aditivos químicos utilizados para formular los fluidos de corte proporcionan varias funciones tales como emulsificación, inhibición de la corrosión, lubricación, el control microbiano, antiespumante, dispersantes y humectantes. La mayoría de los aditivos utilizados son productos químicos orgánicos que son líquidos, con el fin de mezclarse fácil. Algunos de los tipos de aditivos químicos utilizados son ácidos grasos, ésteres, sulfonatos, jabones, parafinas cloradas y aceites grasos.

Los fluidos de corte también deben quitar las virutas de la interfaz de la herramienta y pieza de trabajo, para evitar un mal acabado superficial. Especialmente a velocidades de corte más altas y velocidades de avance, una mayor cantidad de viruta se genera en el mecanizado. Por lo tanto la eliminación de las virutas del área de corte depende de los fluidos de corte.

Los fluidos de corte deben tener las siguientes propiedades para cumplir con sus funciones correctamente:

- Buenas propiedades de lubricación
- Alta capacidad de refrigeración
- Baja viscosidad para proporcionar el libre flujo de fluido de corte
- anticorrosivo
- Alto punto de inflamación para reducir los riesgos de incendio
- Libre de alergias
- Menos evaporativo
- Bajo coste

La selección del fluido de corte adecuado es muy importante, ya que podría afectar factores del mecanizado como son: Vida de la herramienta, fuerzas de corte, rugosidad de la superficie, consumo de energía, la selección depende de algunos parámetros tales como el material de la pieza utilizados, material de la herramienta de corte y el tipo de mecanizado. Por ejemplo, fluidos de corte que contienen aditivos de azufre y cloro, no debe utilizarse con aleaciones de titanio y base de níquel, respectivamente. [10]

2.1.5.1 Fluido de corte de base mineral

Consiste en aceites extraídos de petróleo, estos son hidrocarburos y sus propiedades se basan en el nivel de longitud de la cadena de la estructura y la refinación. Para el maquinado del metal se utilizan dos tipos de fluidos de corte que son: Parafínicos y nafténicos. [10]

2.1.5.2 Fluidos de corte semi-sintético y sintético

Los fluidos de corte sintético y semi-sintético se mezclan con agua y diversos agentes químicos que se añaden para la prevención del óxido, la lubricación y la reducción de la tensión superficial.

- Los fluidos de corte sintéticos tienen buenas propiedades refrigerantes, pero sus propiedades lubricantes son menores que otros, son transparentes, por lo que ayudan al operador controlar el proceso de mecanizado y son más resistentes al ataque biológico.
- Los fluidos de corte semi-sintéticos son combinaciones de fluidos de corte sintéticos y emulsiones, contienen menos aceite (30.2%), mientras que los fluidos de corte sintéticos no contienen aceite.

2.1.5.3 Fluidos de corte de base vegetal

Los aceites vegetales se componen de triacilglicéridos (triglicéridos) que son moléculas de glicerol con tres ácidos grasos de cadena larga unidos a los grupos hidroxilo a través

de enlaces éster. La estructura de triglicéridos de los aceites vegetales proporciona propiedades deseables de lubricante. Las cadenas de ácidos grasos, largos y polares proporcionan películas lubricantes de alta resistencia que interactúan fuertemente con superficies metálicas y reduce tanto la fricción y el desgaste.

Estos tienen un índice de viscosidad más alto. Sin embargo, la estabilidad térmica y a la oxidación de los aceites vegetales se limita

- Los aceites vegetales tienen un punto de inflamación superior, lo cual reducen el peligro de encenderse en condiciones de alta temperatura.
- La viscosidad es otra propiedad del aceite que tiene un efecto importante en la productividad de mecanizado, los aceites vegetales tienen una alta viscosidad natural cuando la temperatura de mecanizado aumenta esta cae más lentamente que la de los aceites minerales y a medida que la temperatura desciende, los aceites vegetales permanecen más fluidos que los minerales, hacen la evacuación más rápida de las virutas, permiten una mejor lubricación frente a la alta temperatura durante el tiempo de maquinado.
- Las moléculas de aceite vegetal son bastante homogéneas en tamaño en cambio las moléculas del aceite mineral varían en tamaño. En consecuencia, las propiedades del aceite mineral tal como la viscosidad, la temperatura de ebullición son más susceptibles a la variación.
- Mayor punto de ebullición y un mayor peso molecular, esto resulta en una menor pérdida por vaporización. [10]

2.1.6 LUBRICACIÓN EN EL CORTE

Para mejorar las condiciones durante el proceso de mecanizado, se utiliza un fluido que baña en el área donde se efectúa el corte, este se aplica por inundación, chorro a presión o niebla. Los objetivos principales de estos fluidos son; Refrigerar o ayudar a la disipación del calor generado, Lubricar el contacto entre la herramienta y la viruta o la superficie mecanizada, Otras funciones son: Reducir la energía necesaria para efectuar

el corte, proteger a la pieza contra la corrosión, arrastrar las partículas del material limpiando la zona de corte y mejorar el acabado superficial [11]

2.1.6.1 LUBRICACIÓN POR INUNDACIÓN

El sistema de lubricación convencional para mecanizar aceros, proporciona lubricantes y refrigerantes a la zona de trabajo en volúmenes que inundan el área de trabajo, estos fluidos se filtran y luego recirculan a través del sistema de abastecimiento; [12] y [13] comparten la idea que Los flujos van de 10 l/min (3 gal/min) para herramientas monofilos a 225 l/min (60 gal/min) cortadora multifilo, por ejemplo en el fresado.

2.1.6.2 LUBRICACIÓN POR CANTIDADES MÍNIMAS (MQL)

La lubricación por cantidades mínimas (MQL, “Minimal Quantity Lubrication”) es el suministro de cantidades muy pequeñas de lubricante justo en los puntos de fricción; es el proceso de mecanizado de metales que conlleva la sustitución de la “taladrina” o aceite de corte puro por un aerosol generado a partir de una mínima cantidad de producto típicamente con una velocidad de flujo de 50 a 500 ml / hora, que es de tres a cuatro veces inferior a la cantidad utilizada en la condición de enfriamiento de lubricación convencional, donde por ejemplo, hasta 10 litros de fluido puede ser dispensada por minuto. [14]

Ventajas de usar el sistema de lubricación por cantidades mínimas (MQL)

- Mayor productividad (de un 20 a un 70% menos de tiempo de mecanizado, como consecuencia de los valores de corte superiores).
- Menor desgaste (la vida útil de la herramientas aumenta hasta un 300%).
- Mejor calidad superficial.
- Proceso prácticamente seco (sin pérdidas por arrastre).
- Ventajas ecológicas (sin problemas de eliminación de residuos, nula contaminación del agua).

2.1.6.3 TIPOS DE LUBRICACIÓN POR CANTIDADES MÍNIMAS

A) Mínima cantidad de lubricación interna (MQL)

En el depósito se genera un fino aerosol con un tamaño homogéneo de las partículas de $0.5 \mu\text{m}$ de lubricante y aire comprimido con un sistema de boquillas especiales. Gracias al pequeño tamaño de las partículas, el aerosol pasa a través de los husillos de los centros de mecanizado o a través de los enrevesados conductos de las torretas de los modernos centros de mecanizado, sin que se produzca ninguna separación de la mezcla aire-aceite durante el recorrido. La mezcla de lubricante se añade a través de la herramienta a los puntos de arranque de virutas reduciendo el calor de fricción.

Esto se consigue aplicando una fina capa de aceite lubricante entre la herramienta y la pieza de trabajo, la herramienta y la viruta, y la pieza de trabajo y la viruta; El sistema mantiene realmente bajo los siguientes parámetros como son presiones entre 1-5 bar (14-72 psi) y el consumo de lubricante entre: 10-100 ml/h

Esta técnica se puede aplicar a procesos como: fresado, torneado, centros mecanizados, máquinas transfer, brochado, etc., en donde se requiera lubricante. [15]

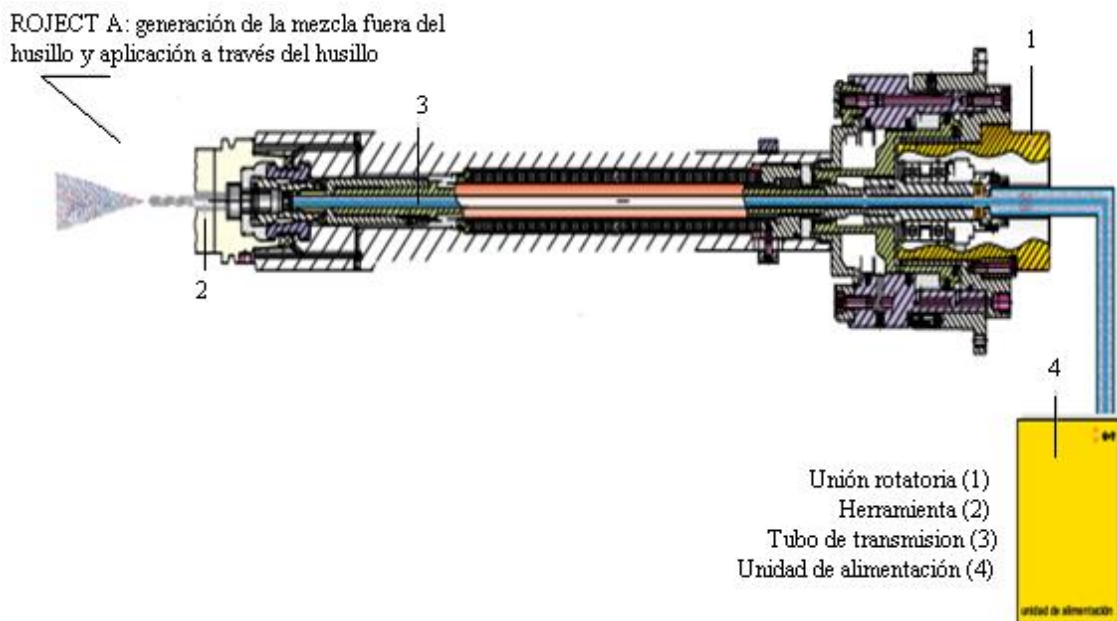


Fig. 2. 11: Esquema del sistema de lubricación interna por cantidades mínimas [16]

B) Mínima Cantidad de lubricación Externo (MQL)

El aerosol necesario en el punto del proceso se genera a la salida de la boquilla. Como se ve en la figura 2.9, que el lubricante y el aire de atomización se alimentan a través de líneas coaxiales hasta la boquilla de rociado que opera como efecto venturi. Un tubo interior suministra una mínima cantidad de lubricante, mientras que otro tubo exterior rodea a este chorro con aire y lo expulsa hacia la herramienta. El flujo concéntrico de aceite y aire que resulta de este diseño evita que el chorro de rociado se expanda y se contamine el entorno con el aerosol sobrante. La lubricación externa se utiliza principalmente en operaciones de corte de material por sierra, fresado de ranuras y operaciones de torneado. La orientación de la tobera de suministro debe ajustarse manualmente dependiendo de la longitud y el diámetro de la herramienta. Cuando las herramientas involucradas en la operación no tienen canales de refrigeración interna el suministro externo es la única solución. [17]

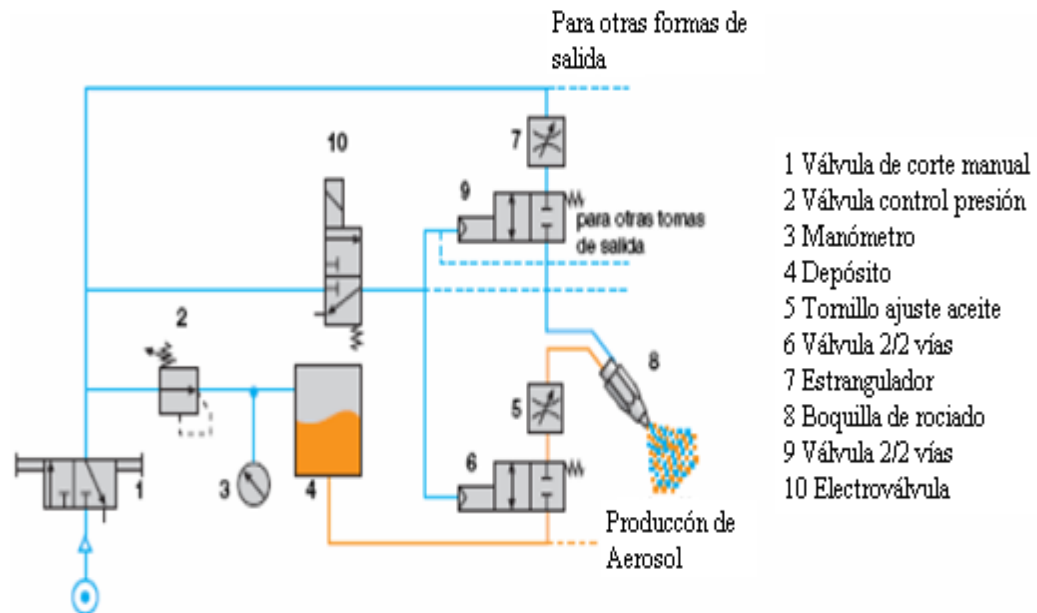


Fig. 2. 12: Suministro externo del refrigerante mediante MQL. Configuración de un equipo básico y funcionamiento de la boquilla de rociado [17]

2.1.7 ACERO INOXIDABLE

Los aceros inoxidable son aleaciones a base de hierro que contienen un mínimo de aproximado de 11% de Cr, la cantidad necesaria para evitar la formación de óxido en ambientes no contaminados, pocos aceros inoxidable, contienen más de 30% de Cr o menos de 50 % de Fe. Logran sus características inoxidable a través de la formación de una película superficial de óxido de cromo invisible y adherente que protege de la formación de óxido de hierro en presencia de oxígeno. [18]

2.1.7.1 Acero Inoxidable AISI 304

La aleación 304 es un acero inoxidable austenítico de estructura cúbica de caras centradas. Acero estándar de la familia del Cr-Ni, con un contenido bajo de C (0,07 %) a fin de reducir la precipitación de carburos de Cr en las zonas de soldadura (oxidación por falta de Cr). Los aceros de esta familia tienen una amplísima utilización en industrias como la de alimentación, farmacéutica, química, del transporte y la de electrodomésticos, así como en aplicaciones criogénicas [19]

2.1.7.2 Propiedades del acero inoxidable AISI 304

Propiedades mecánicas y químicas

Tabla 2. 1: Propiedades mecánicas y químicas del acero inoxidable AISI 304 [20]

PROPIEDADES MECÁNICAS								
AISI	Resistencia a la tracción (kg/mm ²)		Resistencia a la cedencia min. (kg/mm ²)		Elongación %		Dureza (HB) max	
304	54		21		58 min		190	
PROPIEDADES QUÍMICAS								
Análisis típico %	%C	%Si	%Mn	%P	%S	%Cr	%Ni	%Mo
304	0.08	1	2	0.045	0.015	18-20	8-10.5	-

2.1.7.3 Maquinabilidad del acero inoxidable AISI 304

La austenita produce virutas largas, continuas y tenaces, que resultan difíciles de romper. Al añadir S se mejora la maquinabilidad, pero se reduce la resistencia a la corrosión.

El endurecimiento mecánico produce superficies y virutas duras que a su vez provocan desgaste de entalladura. También crean adherencia y filo de aportación, este acero tiene una maquinabilidad del 40%. El estado de endurecimiento puede rasgar el material de recubrimiento y el sustrato a partir del filo, que provoca astillamiento y acabado superficial deficiente. [5]

Tabla 2. 2: Valores aproximados del número de dureza Brinell e índices de maquinabilidad típicos para materiales de trabajo seleccionados [5]

Material de trabajo	Dureza Brinell	Índice de maquinabilidad ^a	Material de trabajo	Dureza Brinell	Índice de maquinabilidad ^a
Acero base: B1112	180-220	1.00	Acero de herramienta (no endurecido)	200-250	0.30
Acero al bajo carbono: C1008, C1010, C1015	130-170	0.50	Hierro colado		
Acero al medio carbono: C1020, C1025, C1030	140-210	0.65	Suave	60	0.70
Acero al alto carbono: C1040, C1045, C1050	180-230	0.55	Dureza media	200	0.55
Aceros aleados ^b			Duro	230	0.40
1320, 1330, 3130, 3140	170-230	0.55	Superalaciones		
4130	180-200	0.65	Inconel	240-260	0.30
4140	190-210	0.55	Inconel X	350-370	0.15
4340	200-230	0.45	Waspalloy	250-280	0.12
4340 (fundición)	250-300	0.25	Titanio		
6120, 6130, 6140	180-230	0.50	Puro	160	0.30
8620, 8630	190-200	0.60	Aleaciones	220-280	0.20
B1113	170-220	1.35	Aluminio		
Aceros de libre maquinado	160-220	1.50	2-S, 11-S, 17-S	suave	5.00 ^c
Acero inoxidable			Aleaciones de aluminio (suaves)	suave	2.00 ^d
301, 302	170-190	0.50	Aleaciones de aluminio (duras)	duro	1.25 ^d
304	160-170	0.40	Cobre	suave	0.60
316, 317	190-200	0.35	Latón	suave	2.00 ^d
403	190-210	0.55	Bronce	suave	0.65 ^d
416	190-210	0.90			

2.1.8 Contacto entre pieza y herramienta de corte en el fresado

Debido a que las cargas normales en las superficies de contacto son altas y las virutas de corte se mueven rápidamente en esta zona de contacto, la acción de corte y fricción en estas superficies aumentan la temperatura del material de la herramienta, lo que acelera aún más los procesos físicos y químicos asociados con desgaste de la

herramienta. Cambiando el tamaño y la geometría provocando un filo de corte achatado lo que resulta en un mayor consumo de energía por aumento de las fuerzas de corte, estas a su vez incrementan las deflexiones en la pieza de trabajo que crean vibración. Sin embargo se puede seleccionar velocidades lentas, que producen menos calor y menores tasas de desgaste, pero que disminuyen las tasas de producción debido a que la tasa de eliminación de metal se reduce. Alternativamente, la velocidad de avance o la profundidad de corte se pueden aumentar para mantener la velocidad de eliminación de metal, por lo tanto, mientras que la vida de herramienta puede prolongarse, la precisión de tolerancias dimensionales y rugosidad superficial puede verse afectado debido a la vibración. [21]

2.1.9 ACABADO SUPERFICIAL O TEXTURA SUPERFICIAL

2.1.9.1 Acabado superficial

El acabado de la superficie es un término más subjetivo que denota la suavidad y calidad general de una superficie. En el habla popular es frecuente utilizar el acabado superficial o de la superficie como sinónimo de su rugosidad. [5]

2.1.9.2 Rugosidad (Ra)

La función utilizada para representar las desviaciones punto por punto entre el perfil medido y la referencia de la línea media (ver Fig. 2.13), para instrumentos digitales es el perfil $Z(x)$ es aproximada por un conjunto de valores digitalizados (Z_i) grabado con el intervalo de muestreo (Δ). [11]

Rugosidad media, R_a es la media aritmética de los valores absolutos de las desviaciones de altitud perfil registradas dentro de la longitud de evaluación y medidas a partir de la línea media. R_a es igual a la suma de las áreas sombreadas del perfil dividida por la longitud de evaluación L , que generalmente incluye varias longitudes de muestreo o puntos de corte, analíticamente, R_a está dado por: [21]

$$Ra = \frac{1}{L} \int_0^L |Z(x)| dx \quad \text{Ecuación 2.3} \quad [21]$$

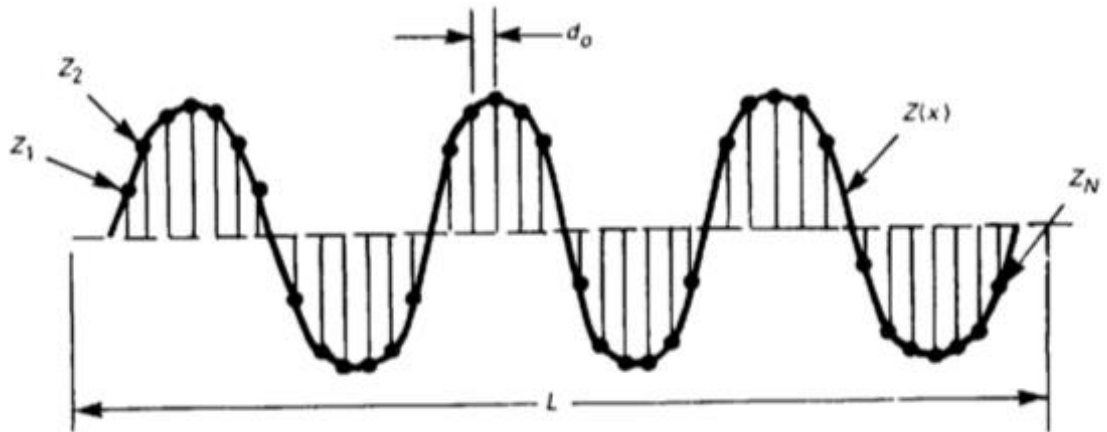


Fig. 2. 13: Ilustración para el cálculo de rugosidad promedio Ra [21]

2.1.9.3 Grado de rugosidad superficial

Este nos indica el grado de acabado superficial en función del factor Ra obtenido en micrómetros y en micropulgadas después de un proceso.

Tabla 2. 3: Grados de rugosidad superficial [18] [22]

Valores de rugosidad (Ra) en micras		Grados de calidades de rugosidad
um	u in	
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

2.1.9.4 Rasgos de una superficie

- **Ondulación** es un componente más espaciado de textura de la superficie y puede ser el resultado de factores tales como la máquina de trabajo, deflexiones o vibración
- **Fallas:** son las interrupciones involuntarias, inesperadas y no deseadas en la superficie por ejemplo, grietas, rasguños, arañazos, y crestas
- **Orientación:** Es la dirección del patrón de superficie predominante

Tabla 2. 4: Orientación posible de una superficie [22]

Símbolo gráfico	Interpretación y ejemplo	
=	Paralelo al plano de la vista en el que se usa el símbolo	
⊥	Perpendicular al plano de proyección de la vista en el que se usa el símbolo	
X	Cruzado en dos direcciones oblicuas relativas al plano de proyección de vista en el que se usa el símbolo	
M	Multidireccional	
C	Aproximadamente circular con respecto al centro de la superficie sobre la que se aplica el símbolo	
R	Aproximadamente radial con respecto al centro de la superficie donde se aplica el símbolo	
P	Los surcos superficiales son en particular, no direccionales o protuberantes	

2.1.10 PARÁMETROS DEL FRESADO QUE INTERVIENEN EN EL ACABADO SUPERFICIAL

Generalmente, el acabado superficial de las piezas obtenidas en el proceso por arranque de viruta, difiere del acabado superficial ideal, debido a ciertas alteraciones sobre las condiciones iniciales del proceso de mecanizado.

Rosales [23] y Búlmaro [24] en sus estudios de “caracterización superficial en el proceso de fresado” en máquinas herramientas, controladas por sistemas de Control Numérico Computarizado (CNC) concuerdan que un buen acabado superficial es un proceso dinámico, en el que intervienen varios factores algunos que pueden ser controlados y que influyen en gran medida como, la velocidad de rotación del husillo (n), velocidad de desplazamiento (v_f) y profundidad de corte (a_p); otros factores que influyen, pero que no es posible controlar durante el proceso de mecanizado, es la geometría de la herramienta de corte y las propiedades del material, tanto de la herramienta de corte como de la pieza de trabajo; otro factor importante no controlable, es la fuerza de vibración producida por el corte intermitente, que se da por las plaquitas, durante el proceso de fresado frontal, dicha fuerza causa imperfecciones en la textura superficial.

Estos factores se podrían contrarrestar en cierta medida, con la reducción de la fricción herramienta-viruta y la eliminación del filo recrecido, para lo cual, es recomendable un incremento en la velocidad de corte, un cambio de herramienta de acero rápido por carburos, la introducción de materiales de corte libre como aceros resulturados o con plomo, y la aplicación de lubricantes idóneos. [25]

Velocidad del husillo

Número de revoluciones que realiza la herramienta de fresado sobre el husillo en cada minuto. Este es un valor orientado a la máquina, que se calcula a partir del valor de velocidad de corte recomendado para una operación. [26]

$$n = \frac{Vc * 1000}{\pi * Dcap} \text{ Ecuación 2.4 [26]}$$

Velocidad de avance

Avance de mesa, o velocidad de avance en mm/min. Representa el desplazamiento de la herramienta respecto a la pieza, en función del avance por diente (fz) y del número de dientes de la fresa (Zn). [26]

$$Vf = fz * n * Zn \text{ Ecuación 2.5 [26]}$$

Profundidad de corte (ap)

Esta es la cantidad de material que la herramienta elimina de la pieza de trabajo, es decir, la distancia que la herramienta esta fija bajo la superficie no maquinada. [24]

2.1.11 PARÁMETROS DE MÍNIMA CANTIDAD DE LUBRICANTE QUE INTERVIENEN EN EL ACABADO SUPERFICIAL DEL FRESADO

Uno de los principales factores a la hora de mecanizar bajo la utilización del sistema de mínima cantidad de lubricante es el caudal de suministro de lubricante a la zona de trabajo es por ello que Wisley Sales [27].- Dice que el aumento en la tasa de flujo de refrigerante tienden a reducir significativamente el desgaste en la herramienta de corte y por ende se llega a obtener valores más bajos de rugosidad superficial que con tasas de fluidos más bajas.

2.1.12 RUGOSIDAD SUPERFICIAL PRODUCIDA POR MÉTODOS COMUNES DE PRODUCCIÓN

Según la norma ASME B46.1 2009. [21]. Estas especificaciones son esenciales para la medición fiable de parámetros de superficie y por tanto son necesarios para establecer y

mantener el control de la textura de la superficie. Las muestras de comparación de rugosidad permiten obtener una idea aproximada de las texturas superficiales producidos por diversos procesos de maquinado. Los instrumentos permiten la medición precisa de los parámetros de caracterización para las superficies generadas en la producción.

Estados Superficiales	PROCESOS NORMALES DE FABRICACIÓN													TABLA 3.8
	Poco esmerado			Esmerado			Fino			Refinado				
Clase de trabajo	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0,5	
Clase de rugosidad														
Símbolo														
Rugosidad en micrones	50	25	12,5	6,3	3,2	1,6	0,80	0,40	0,20	0,10	0,05	0,025	0,012	
Rugosidad en micropulgadas	2000	1000	500	250	125	63	32	16	8	4	2	1	0,5	
Oxicorte	[Bar chart]													
Aserrado	[Bar chart]													
Cepillado, limado	[Bar chart]													
Taladrado	[Bar chart]													
Fresado	[Bar chart]													
Brochado	[Bar chart]													
Escariado	[Bar chart]													
Mandrinado, torneado	[Bar chart]													
Rectificado cilíndrico	[Bar chart]													
Pulido cilíndrico	[Bar chart]													
Rectificado	[Bar chart]													
Alisado	[Bar chart]													
Bruñido	[Bar chart]													
Lapeado	[Bar chart]													
Superacabado	[Bar chart]													
Fundición en arena	[Bar chart]													
Fundición en coquilla	[Bar chart]													
Fundición a presión	[Bar chart]													
Forjado	[Bar chart]													
Extruido	[Bar chart]													
Trefilado en frío	[Bar chart]													

Las rugosidades superficiales expuestas, son obtenidas por procesos normales de fabricación.

Fig. 2. 14: Superficies obtenidas por procesos de fabricación [28]

2.1.12.1 Parámetros de rugosidad

- Longitud de evaluación (ln): Longitud total de medida, perpendicular a la dirección de las huellas.
- Longitud de muestreo (l): Tramos iguales e individuales en los que se divide la longitud de evaluación
- Número de longitudes de muestreo(n): Número de repeticiones de la longitud de muestreo para recorrer la longitud de evaluación
- Línea media: Línea que divide la mitad del área por encima y la otra mitad por debajo en cada longitud de muestreo.
- Desviación aritmética (Ra) [11] [29]

$$Ra = \frac{\sum_{i=1}^N |Y_i|}{N} \text{ Ecuación 2.6 [29]}$$

- desviación de la raíz cuadrada (Rq): Es la raíz cuadrada de la media aritmética del cuadrado de las desviaciones del perfil respecto de la línea media.

$$Rq = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N Y_i^2}{N}} \text{ Ecuación 2.7 [29]}$$

- Altura del perfil promedio (Rz): Media de la altura total en cada tramo de muestreo. La altura total de cada tramo (Zi) se obtiene sumando el pico más alto (Pi) y el valle más bajo dentro del tramo.

$$Rz = \frac{\sum_{i=1}^N Z_i}{n} = \frac{\sum_{i=1}^N (P_i + |V_i|)}{n} \text{ Ecuación 2.8 [29]}$$

2.2 HIPÓTESIS

Es mejor el efecto del acabado superficial del fresado del acero inoxidable AISI 304 utilizando como sistema de lubricación el sistema de mínima cantidad de lubricante (MQL) con aceite vegetal que el sistema de inundación por taladrina

2.3 SEÑALAMIENTO DE VARIABLES DE HIPÓTESIS

2.3.1 Variable independiente

Sistema de mínima cantidad de lubricante (MQL) con aceite vegetal

2.3.2 Variable dependiente

Acabado superficial en el fresado del acero inoxidable AISI 304

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN

Las características fundamentales para la realización de este trabajo de investigación es utilizar un método bibliográfico para hacer uso de la información disponible en catálogos de herramientas, libros, revistas técnicas, tesis y páginas web; con el fin obtener los parámetros necesarios tanto de mecanizado como de los sistemas de lubricación; y las características del material acero inoxidable AISI 304

3.1.1 Exploratorio

Este tipo de investigación nos permitirá tener una visión generalizada del comportamiento del acabado superficial en el fresado del acero inoxidable AISI 304 frente a los métodos de lubricación que son: Inundación y mínima cantidad de lubricante.

3.1.2 Descriptivo

Para la presente investigación se tomó en cuenta recomendaciones y conclusiones de investigaciones realizados en diferentes centros de estudios, utilizando en estos otros materiales y bajo las condiciones de mínima cantidad de lubricante para el proceso de fresado, con esto se pudo tomar en cuenta seleccionar de mejor manera los parámetros de lubricación para la realización exitosa de la investigación.

3.1.3 Experimental

Este estudio es netamente experimental ya que se llevará a cabo bajo diferentes condiciones de maquinado y lubricación con el fin de llegar a obtener resultados y recomendar las mejores alternativas al futuro proceso de maquinado del fresado del acero inoxidable AISI 304

3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1 Población

Para este proyecto de investigación la población de estudio serán las probetas de acero inoxidable AISI 304, en las cuales se realizará el proceso de acabado por fresado bajo las condiciones de lubricación por: inundación y mínima cantidad de lubricante (MQL); en estas probetas se medirá la rugosidad superficial (Ra) para evaluar el comportamiento de este factor.

3.2.2 Muestra

Para conocer el número de probetas que se mecanizará por parámetro, se hace un pre estudio, en el cual se ejecuta el proceso de acabado superficial por fresado del acero inoxidable AISI 304 bajo el ambiente de lubricación por inundación con las velocidades seleccionadas del programa Coroguide de la marca Sandvik Coromant, de ésta manera poder obtener resultados previos de rugosidad superficial con el fin de obtener una varianza de estos como se puede observar en la tabla 3.1 y posteriormente con las fórmulas para población infinita que se recomienda en el libro de José Álvarez [30] proceder a calcular .

$$n = \left(\frac{Z * \sigma}{E}\right)^2 \quad \text{Ecuacion 3.1 [30]}$$

$$X = \left(\frac{X1 + X2 \dots + XN}{N}\right) \quad \text{Ecuacion3.2 [30]}$$

$$\sigma = \sqrt{\left(\frac{(X1 - x)^2 + (X2 - x)^2 \dots + (Xn - x)^2}{N}\right)} \quad \text{Ecuacion 3.3 [30]}$$

Donde:

N= Tamaño de la población

n= Tamaño necesario de la muestra

Z= nivel de confianza deseado

σ = Desviación estándar de la población

E= Error máximo aceptable

X= media aritmética

Datos

- Nivel de confianza del 95% por ser investigación Z se toma de tablas
- El error se toma del equipo de medición rugosímetro Mitutoyo SJ210 en la calibración del mismo

N	Z	E(um)
20	1.96	0.012

(Fuente: Autor)

Tabla 3. 1: Valores de Ra obtenidos con los parámetros de mecanizado máximo recomendado por la marca Sandvik Coromant

Estudio pre análisis	
Parámetros de corte	Valores de Ra(um) obtenidos
Sistema de lubricación: inundación por taladrina Velocidad del husillo =2889rpm Velocidad de avance=1701mm/min Profundidad de corte=0.3mm	0.664
	0.623
	0.607
	0.631
	0.645
	0.622
	0.643
	0.641
	0.644
	0.654
	0.618
	0.632
	0.641
	0.641
	0.644
	0.654
	0.618
0.632	
0.641	
0.621	
Media aritmética(X)	0.6358

(Fuente: Elaborado por Max Guijarro)

Resolución:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\begin{aligned} & (0.664 - 0.636)^2 + (0.623 - 0.636)^2 + (0.607 - 0.636)^2 + \\ & (0.631 - 0.636)^2 + (0.645 - 0.636)^2 + (0.622 - 0.636)^2 + \\ & (0.643 - 0.636)^2 + (0.641 - 0.636)^2 + (0.644 - 0.636)^2 + \\ & (0.654 - 0.636)^2 + (0.618 - 0.636)^2 + (0.632 - 0.636)^2 + \\ & (0.641 - 0.636)^2 + (0.641 - 0.636)^2 + (0.664 - 0.636)^2 + \\ & (0.654 - 0.636)^2 + (0.618 - 0.636)^2 + (0.632 - 0.636)^2 + \\ & (0.641 - 0.636)^2 + (0.621 - 0.636)^2 \end{aligned}}{20}}$$

$$\sigma = 0.014$$

$$n = \left(\frac{1.96 * 0.014}{0.012} \right)^2$$

$$n = 5.22 \approx 5$$

- **Cálculo del número de probetas total para el estudio**

En la tabla se presenta el número de parámetros de corte y lubricación que se seleccionara de las recomendaciones de los fabricantes de las herramientas y para las combinaciones entre ellos

Tabla 3. 2: Número de parámetros variables para la realización del experimento

Lubricación	Velocidad de giro del husillo (η)	Velocidad de avance (Vfz)	Profundidad de corte (ap)	NÚMERO DE PROBETAS
Inundación	2	2	3	5
MQL	2	2	3	5

(Fuente: Elaborado por Max Guijarro)

n total= (probetas bajo lubricación con taladrina + lubricación MQL)*n

$$n \text{ Total} = ((\eta * fz * ap * Q) + (\eta * fz * ap * Q)) * n$$

$$n \text{ Total} = ((2 * 2 * 3 * 1) + (2 * 2 * 3 * 1)) * n \text{ probetas}$$

$$n \text{ Total} = (12 + 12) * 5 = 120 \text{ probetas}$$

En cada probeta se realizara 5 mediciones de rugosidad superficial con el rugosímetro Mitutoyo SJ210 con el fin de obtener una rugosidad promedio del área mecanizada, por lo tanto se realizaran 600 mediciones.

3.3 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

3.3.1 Variable Independiente

Estudio del efecto del sistema de mínima cantidad de lubricante (MQL) con aceite vegetal

Tabla 3. 3: Variable independiente

CONCEPTO	CATEGORÍA	INDICADORES	ITEMS	HERRAMIENTAS
Un sistema de lubricación MQL tiene como función suministrar a presión pequeñas cantidades de lubricante al punto activo entre la herramienta y la pieza de trabajo en operaciones con corte	Lubricante	¿Qué tipo de lubricante es adecuado para el sistema MQL en el fresado?	Aceite vegetal	Bibliográfica
	Caudal	¿Qué caudal de lubricante en el sistema MQL es necesario para realizar el mecanizado por fresado?	(8cc/min) (480ml/h)	Bibliográfica
	Presión	¿A qué Presión se debe suministrar el lubricante en el sistema MQL para el maquinado por fresado?	2 Bar	Bibliográfica

(Fuente: Elaborado por Max Guijarro)

3.3.2 Variable Dependiente

Acabado superficial del fresado del acero AISI 304

Tabla 3. 4: Variable dependiente

CONCEPTO	CATEGORÍA	INDICADORES	ITEMS	HERRAMIENTAS
Se denomina así al grado de calidad de la superficie que presentan las piezas después de haber pasado por un proceso de fabricación	Rugosidad superficial	¿Qué rango y que parámetro de rugosidad superficial determina un acabado de calidad en el fresado?	Grado N9-N6 (6.3>Ra>0.8) um	Bibliográfica Observación directa
	Proceso de fabricación	¿Qué parámetros de mecanizado interviene en el acabado superficial del fresado?	<ul style="list-style-type: none"> • Avance (0.167-0.2)mm/diente • Velocidad del husillo (2835-2889)rpm • Profundidad de corte (0.1-0.3)mm 	Bibliográfica

(Fuente: Elaborado por Max Guijarro)

3.4 PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Se procederá a la investigación bibliográfica de libros, artículos técnicos, manuales, referentes al tema, éstas nos proporcionara la información necesaria para la selección de los parámetros de corte, para la operación de acabado por fresado del acero inoxidable AISI 304, para la lubricación por medio del sistema MQL con aceite vegetal y la lubricación por inundación de taladrina o aceite soluble.

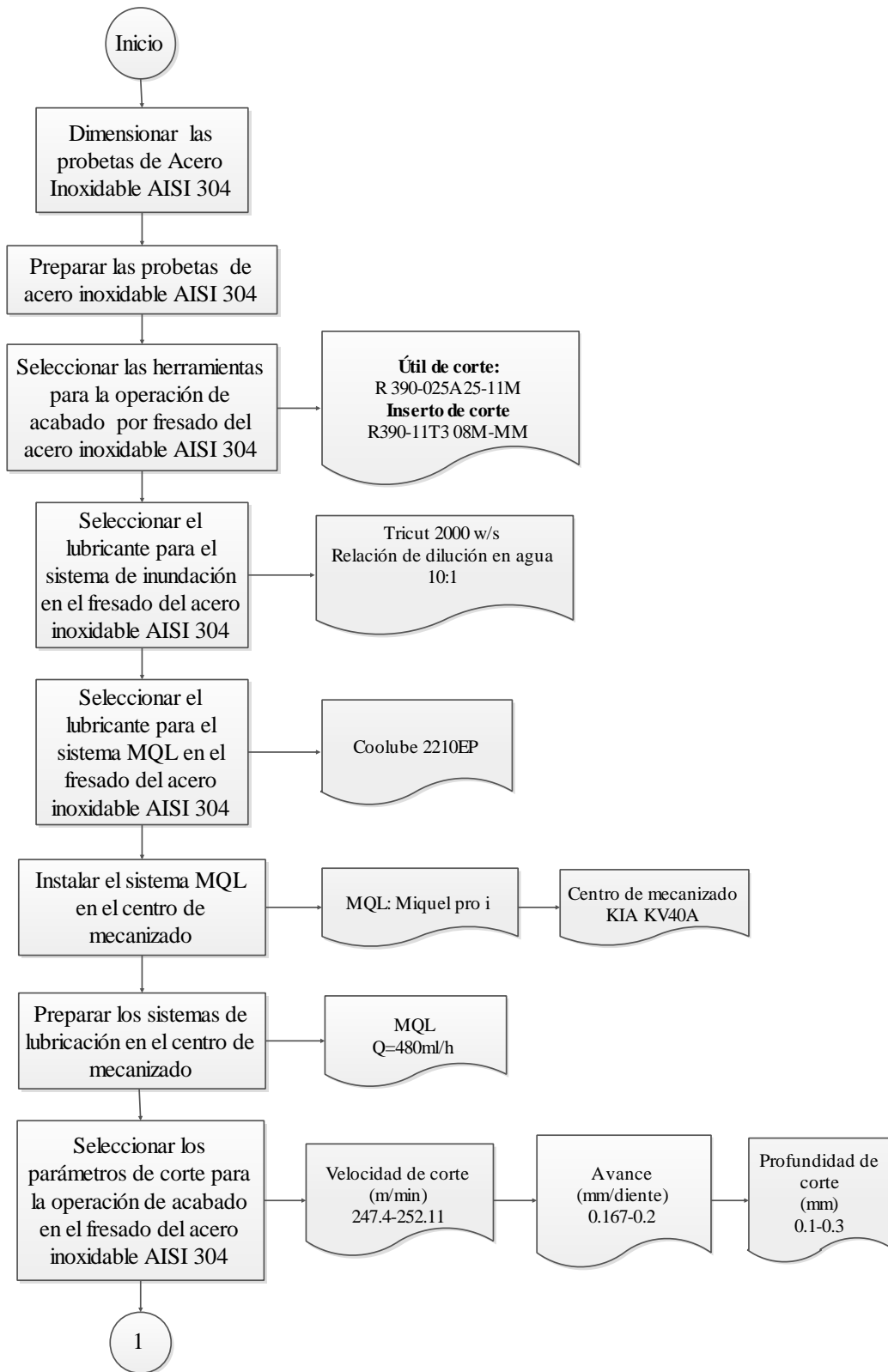
En base a estos parámetros seleccionados se procederá a mecanizar cada una de las probetas en el centro de mecanizado CNC KIA KV40A con las herramientas seleccionadas de la marca Sandvik Coromant; utilizando filos nuevos por cada grupo con el fin de no ver el estudio afectado por el desgaste, posteriormente con el rugosímetro Mitutoyo SJ210 se tomará 5 mediciones a lo largo de cada probeta con el fin de obtener un promedio de rugosidad superficial, estos constarán en las fichas para la recolección de esta información.

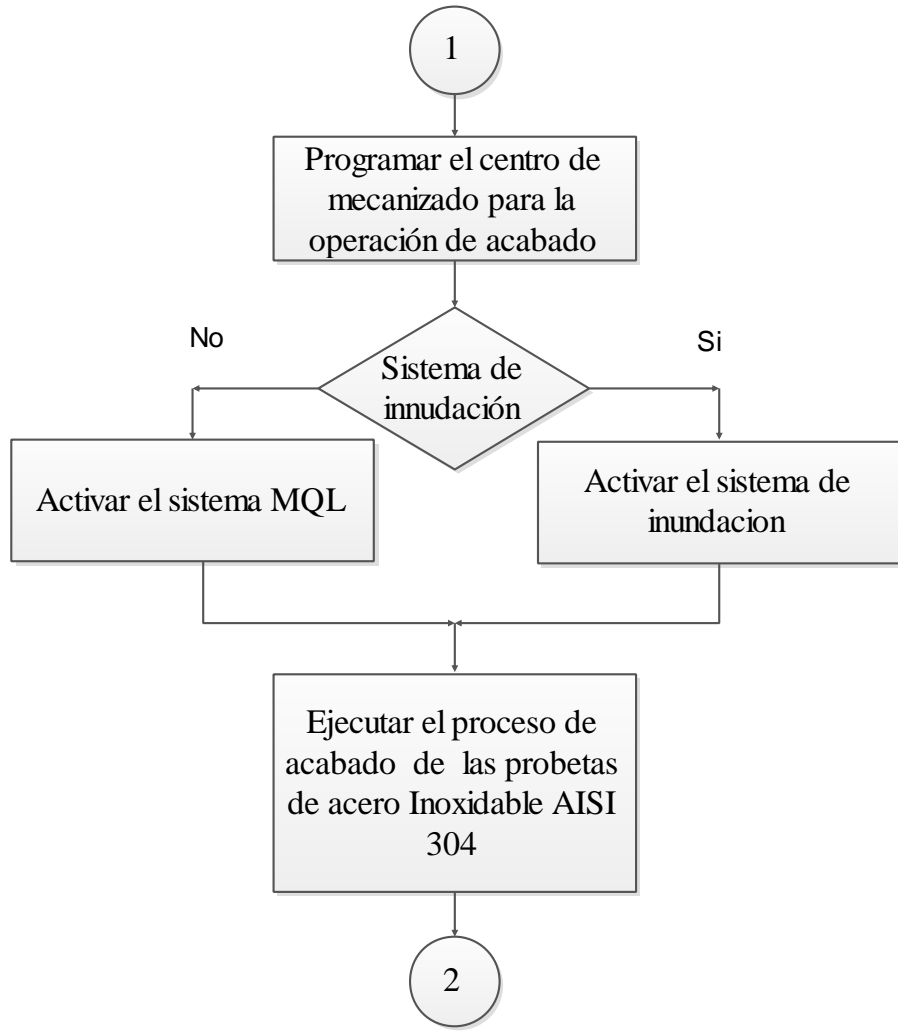
Finalmente se realizará gráficas de los resultados obtenidos en función de velocidad de giro del husillo, velocidad de avance, profundidad de corte y sistema de lubricación, con el fin de comparar y concluir el efecto en el acabado superficial del fresado del acero inoxidable AISI 304

3.5 PLAN PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS

A continuación se describe con diagramas de flujo el plan que se llevará a cabo para la realización del estudio

3.5.1 Diagrama de proceso para la realización del estudio del efecto del sistema de mínima cantidad de lubricante (MQL) con aceite vegetal en el acabado superficial del fresado del acero inoxidable AISI 304





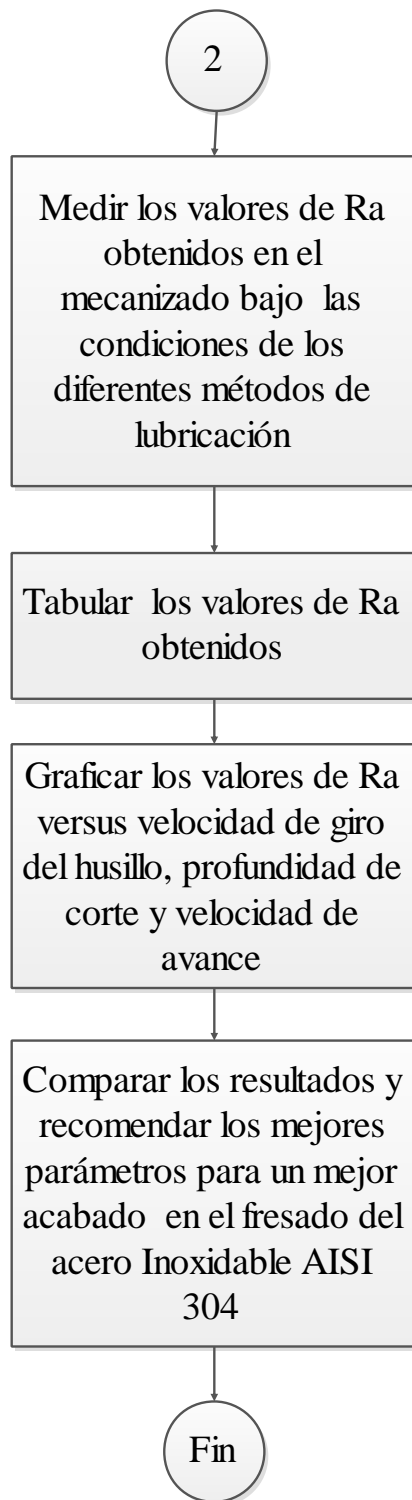


Fig. 3. 1: Diagrama de flujo para la operación de acabado por fresado
(Fuente: Autor)

3.5.2 Procesamiento

En esta sección se describe cada uno de los procesos ejecutados en este trabajo experimental para la recolección de los resultados del experimento.

3.5.2.1 Diseño de la probeta

Para el presente estudio, en un eje de acero Inoxidable AISI 304 de 1.5 pulgadas de diámetro por 4cm de largo, se le desbastará 6 lados para que tome la forma de diseño.

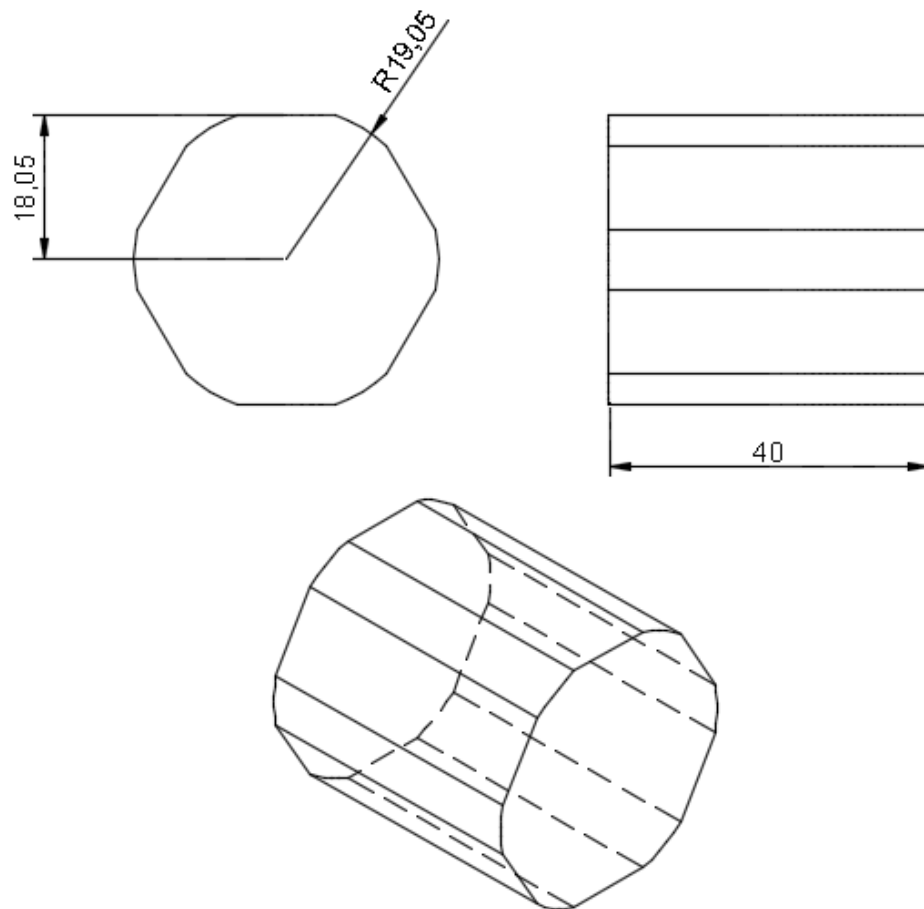


Fig. 3. 2: Diseño de la probeta
(Fuente: Autor)

3.5.2.2 Preparación de la probeta de acero inoxidable AISI 304

Corte del eje de acero inoxidable AISI 304



Fig. 3. 3: Corte del acero inoxidable AISI 304
(Fuente: Autor)

Refrentar en el torno los extremos de la pieza cortada



Fig. 3. 4: Refrentado de la pieza
(Fuente: Autor)

Dibujar el diseño para el desbaste



Fig. 3. 5: Diseño de la probeta
(Fuente: Autor)

Realizar la operación de desbaste según el diseño de las probetas



Fig. 3. 6: Ejecución del desbaste
(Fuente: Autor)

Numerar las probetas



Fig. 3. 7: Numeración de probetas
(Fuente: Autor)

3.5.2.3 Selección de las herramientas, equipo de lubricación y lubricantes

Para la realización de este proyecto se seleccionó un porta insertos e insertos de la marca Sandvik Coromant, para el proceso de acabado por fresado del acero inoxidable AISI 304

Descripción del porta insertos

Tabla 3. 5: Parámetros importantes del útil de fresado [31]



Útil de corte Sandvik	R 390-025A25-11M
diámetro máximo de corte	25 mm
profundidad de corte máxima	10mm
profundidad máxima de inmersión	1mm
máxima velocidad de rotación	36.500 rpm
sentido de giro	R
Par Torsor	1,2 Nm
Número de insertos	3
Tipo de operación	pre-mecanizado y acabado

Descripción de los insertos

Tabla 3. 6: Parámetros importantes de insertos de corte [32]



Tipo de inserto	R390-11T3 08M-MM
Radio de punta	0.8mm
Calidad	2030
Velocidad de corte (Vc)	270 m/min (260-275)
Avance por diente (fz)	0,13 mm (0,08-0,2)
Profundidad de corte	10mm
Recubrimiento	PVD

3.5.2.4 Sistema de lubricación MQL

Características técnicas del equipo de lubricación por cantidades mínimas

Tabla 3. 7: Características técnicas del sistema MQL [33]



Tipo de equipo	Miquel Pro i
Presión de ingreso	4-7 Bar
Flujo de aceite por viscosidad	(0-8cc/min) (aceite 10cst-32cst) (0-2cc/min) (aceite 32cst-100cst)
Máximo nivel de carga	30V-0.2 A
Presión de salida	2 BAR

3.5.2.5 Selección de los lubricantes para el fresado de acero inoxidable AISI 304

Características técnicas del lubricante para la lubricación por inundación

Tabla 3. 8: Características técnicas de aceite soluble [34]



Nombre del lubricante	Tricut 2000 w/s
Color de concentrado	Café claro
Color ya diluido	Blanco lechoso
Viscosidad Sus a 100° F	315
Relación de dilución para metales ferrosos	10:1
Relación de dilución para metales no ferrosos	20:1
Aplicación	Mecanizado de metales multipropósito

Características técnicas del lubricante para la lubricación por mínimas cantidades

Tabla 3. 9: Características técnicas de lubricante para MQL [35]



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

3.5.2.6 Instalación del sistema de mínima cantidad de lubricante (MQL) en el centro de mecanizado



Fig. 3. 8: Sistema MQL Miquel instalado en el centro de mecanizado KIA KV40A
(Fuente: Autor)

Anclar el atomizador del sistema MQL en un lugar donde pueda trabajar



Fig. 3. 9: Anclaje del Atomizador MQL en el centro de mecanizado
(Fuente: Autor)

3.5.2.7 Preparación de los sistemas de lubricación

Sistema de lubricación por inundación

Realizar la mezcla de agua y aceite soluble con las especificaciones recomendadas en la tabla 3.8 para el mecanizado de acero inoxidable AISI 304 y verter en el reservorio del centro de mecanizado



Fig. 3. 10: Mezcla de agua-lubricante y llenado del depósito del sistema de lubricación por inundación
(Fuente: Autor)

Llenar el reservorio de aceite vegetal en el sistema de mínima cantidad de lubricante



Fig. 3. 11: Nivel de aceite del sistema MQL
(Fuente: Autor)

3.5.2.8 Parámetros de corte y Lubricación

Los parámetros de corte para la operación de acabado por fresado del acero inoxidable AISI 304, se seleccionó del programa en línea Coroguide de la marca Sandvik Coromant, donde nos proporciona los datos de velocidad de giro de la herramienta y velocidad de avance, a estos se los reducirá en un 10% para el trabajo práctico; los parámetros de lubricación bajo las condiciones del MQL que son: El caudal y la presión se toma de las fichas técnicas del lubricante COOLUBE 2210 EP y del equipo Miquel pro i, según la viscosidad cinemática como se puede ver en los anexos 6 y 7

Tabla 3. 10: Parámetros de corte según el programa en línea Coroguide de la marca de herramientas Sandvik Coromant [36]

Velocidad de giro del husillo (rpm)	diámetro herramienta (mm)	número de dientes	velocidad de avance (mm/min)	profundidad de corte (mm)
3150	25	3	1890	0.1
3210			1608	0.2
				0.3
Velocidad de corte (m/min)			Avance por diente (mm/diente)	Profundidad de corte (mm)
247.4			0.2	0.1
252.11			0.167	0.2
	0.3			

(Fuente: Autor)

Tabla 3. 11: Parámetros de corte disminuidos en 10% para el trabajo práctico

Velocidad de giro del husillo (rpm)	diámetro herramienta (mm)	número de dientes	velocidad de avance (mm/min)	Profundidad de corte (mm)
2835	25	3	1701	0.1
2889			1447	0.2
				0.3
Velocidad de corte (m/min)			Avance por diente (mm/diente)	Profundidad de corte (mm)
222.6			0.2	0.1
226.9			0.167	0.2
	0.3			

(Fuente: Autor)

Parámetros seleccionados para la operación de acabado superficial bajo condiciones MQL

Tabla 3. 12: Parámetros de corte para acabado superficial por fresado del acero inoxidable AISI 304 con el sistema (MQL) con aceite vegetal

Velocidad del husillo (rpm)	Diámetro herramienta (mm)	Número de dientes	Velocidad de avance (mm/min)	Profundidad de corte (mm)	Radio de punta (mm)	Presión (BAR)	Caudal (ml/h)
2835	25	3	1701	0.1	0.8	2	480
2889				0.2			
				0.3			
				0.1			
2835				0.2			
				0.3			
			0.1				
2889			1447	0.2			
				0.3			
				0.1			
2835				0.2			
				0.3			
	0.1						

(Fuente: Autor)

Parámetros seleccionados para la operación de acabado superficial bajo condiciones inundación

Tabla 3. 13: Parámetros de corte recomendados para acabado superficial por fresado del acero inoxidable AISI 304 con el sistema de inundación con taladrina

Velocidad del husillo (rpm)	Diámetro herramienta (mm)	Número de dientes	Velocidad de avance (mm/min)	Profundidad de corte (mm)	Radio de punta (mm)	Caudal l/min
2835	25	3	1701	0.1	0.8	10
2889				0.2		
				0.3		
			0.1			
2835			1447	0.2		
				0.3		
	0.1					
2889	0.2					
	0.3					
	0.1					

(Fuente: Autor)

3.5.2.9 Programación del centro de mecanizado con los valores de la tabla 3.12 para la operación de acabado

Programar en el software, para transferir el código generado y ejecutarlo en el centro de mecanizado para la operación de acabado por fresado

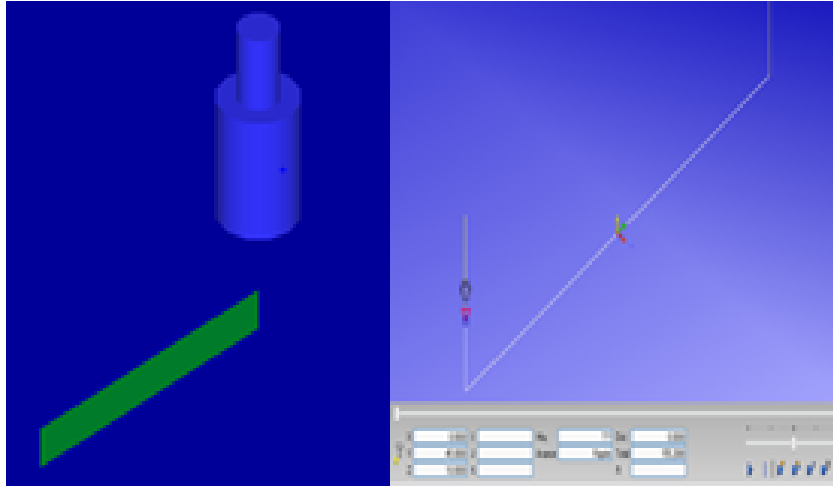


Fig. 3. 12: Programación del desbaste para acabado en el software
(Fuente: Autor)

Preparar la herramienta con los insertos para la operación de acabado



Fig. 3. 13: Herramienta de corte de la marca Sandvik Coromant
(Fuente: Autor)

Preparar y programar el centro de mecanizado para la operación de acabado



Fig. 3. 14: Preparación de herramienta en el centro de mecanizado
(Fuente: Autor)

Ejecutar el mecanizado bajo los parámetros de lubricación por inundación



Fig. 3. 15: Ejecución del mecanizado bajo condiciones de inundación
(Fuente: Autor)

3.5.2.10 Proceso de acabado bajo sistema MQL

Regular los parámetros de presión y caudal para el funcionamiento del sistema MQL



Fig. 3. 16: Sistema de mínima cantidad de lubricante MQL Miquel Pro i
(Fuente: Autor)

- Ejecutar el mecanizado bajo los parámetros de lubricación por inundación



Fig. 3. 17: Aplicación de mínima cantidad de lubricante
(Fuente: Autor)

3.5.2.11 Proceso para la medición del acabado superficial de las probetas

Instalar el palpador en el equipo de medición rugosímetro Mitutoyo SJ 210



Fig. 3. 18: Ingreso del palpador en el Rugosímetro Mitutoyo SJ 210
(Fuente: Autor)

Encender y calibrar el rugosímetro Mitutoyo SJ 210 con el patrón de rugosidad Ra (2.95um)



Fig. 3. 19: Calibración del rugosímetro con el patrón de rugosidad
(Fuente: Autor)

Comparar la medición con el espécimen



Fig. 3. 20: comparación de rugosidad superficial Ra (2.94um)
(Fuente: Autor)

Realizar las mediciones en 5 sectores a lo largo de la superficie



Fig. 3. 21: Áreas de medición de Ra en la probeta mecanizada
(Fuente: Autor)

3.5.2.12 Análisis

Se realizará 5 mediciones en cada una de las probetas con un Rugosímetro Mitutoyo SJ210, para posteriormente obtener un promedio de caracterización superficial. Finalmente se comparará el efecto de lubricación mediante gráficas de rugosidad superficial vs las diferentes condiciones de corte y lubricación con el fin de poder analizar el efecto en el acabado superficial por el fresado del acero inoxidable AISI 304.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

En las siguientes fichas se presenta los resultados de rugosidad superficial obtenidos del proceso de acabado superficial por fresado del acero inoxidable AISI 304 con las condiciones de corte de la tabla 4.1.

Para identificar las probetas mecanizadas bajo el sistema lubricación por inundación que va desde la ficha 4.1.1 hasta la ficha 4.1.12 se identificara con el ítem A y para el sistema de mínima cantidad de lubricante el ítem B que va desde la ficha 4.1.13 hasta la ficha 4.1.24.

Para el instrumento de medición se maneja los parámetros: Norma ISO 1997; λ_c (distancia de corte entre pico a pico) y λ_s (factor seleccionado según λ_c) de 0.8 y 2.5 respectivamente, estos parámetros son los perfiles de corte (cut off) según el perfil de medición R del rugosímetro Mitutoyo SJ210




Tabla 4. 1: Parámetros de corte calculados en función de la velocidad de giro del husillo y velocidad de avance

Velocidad del husillo (rpm)	velocidad de avance (mm/min)	profundidad de corte (mm)
2835	1701	0.1
2889	1447	0.2
		0.3
Velocidad de corte (m/min)	Avance por diente (mm/diente)	Profundidad de corte (mm)
222.6	0.2	0.1
226.9	0.167	0.2
		0.3




(Fuente: Autor)

4.1 RECOLECCIÓN DE DATOS



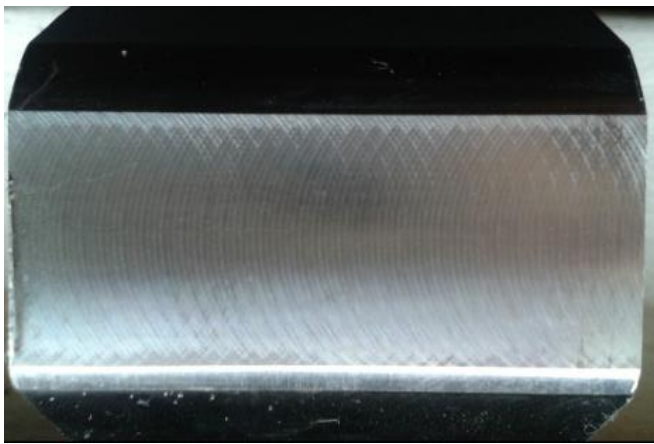
Ficha 4.1.1 Reporte de rugosidad superficial bajo condiciones de inundación

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA					
REPORTE DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL							
DATOS INFORMATIVOS							
Tipo de estudio		Experimental		Item		A	
Fecha de ejecución		2016/03/05					
Lugar de estudio		Universidad Técnica de Ambato Laboratorio FICM					
Realizado por:		Max Guijarro		Revisado por:		Ing. Cristian Pérez	
Parámetros de Fresado y lubricación							
Material:				Acero Inoxidable AISI 304			
Sistema de lubricación:				Inundación			
Fluido lubricante				Tricut 2000 w/s			
Herramienta de corte:				R 390-025A25-11M			
Parámetros de medición del rugosímetro MITUTOYO SJ 210							
Norma		λc			λs	Mediciones	
ISO 1997		0.8mm			2.5um	X5	
Velocidad del husillo (rpm)	Velocidad de avance mm/min	Profundidad de corte (mm)	Radio de punta (inserto) (mm)		Caudal lt/min		
2835	1701	0.1	0.8		10		
REGISTRO DE MEDICIONES DE (Ra)							
Probeta	Med. 1	Med.2	Med.3	Med.4	Med.5	Promedio (um)	
A1.1	0.708	0.754	0.714	0.670	0.732	0.716	
A1.2	0.513	0.521	0.528	0.551	0.541	0.531	
A1.3	0.541	0.581	0.541	0.586	0.590	0.568	
A1.4	0.525	0.570	0.596	0.575	0.594	0.572	
A1.5	0.619	0.604	0.473	0.580	0.511	0.557	
PROMEDIO TOTAL						0.589	
RESULTADOS							
					Tipo de trabajo Fino Clase de rugosidad N6 Proceso Fresado		



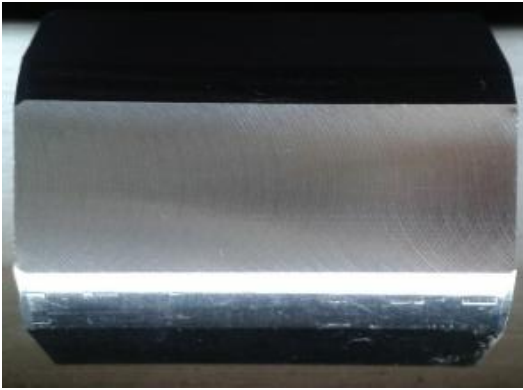
Ficha 4.1.2 Reporte de rugosidad superficial bajo condiciones de inundación

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
REPORTE DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL						
DATOS INFORMATIVOS						
Tipo de estudio		Experimental		Item		A
Fecha de ejecución		2016/03/05				
Lugar de estudio		Universidad Técnica de Ambato Laboratorio FICM				
Realizado por:		Max Guijarro		Revisado por:		Ing. Cristian Pérez
Parámetros de Fresado y lubricación						
Material:			Acero Inoxidable AISI 304			
Sistema de lubricación:			Inundación			
Fluido lubricante			Tricut 2000 w/s			
Herramienta de corte:			R 390-025A25-11M			
Parámetros de medición del rugosímetro MITUTOYO SJ 210						
Norma		λc		λs		Mediciones
ISO 1997		0.8mm		2.5um		X5
Velocidad del husillo (rpm)	Velocidad de avance mm/min	Profundidad de corte (mm)	Radio de punta (inserto) (mm)		Caudal lt/min	
2835	1701	0.2	0.8		10	
REGISTRO DE MEDICIONES DE (Ra)						
Probeta	Med 1	Med.2	Med.3	Med.4	Med.5	Promedio(um)
A2.1	0.433	0.454	0.440	0.464	0.437	0.433
A2.2	0.517	0.502	0.472	0.518	0.476	0.517
A2.3	0.525	0.495	0.522	0.532	0.436	0.525
A2.4	0.497	0.475	0.488	0.493	0.551	0.497
A2.5	0.423	0.473	0.462	0.570	0.550	0.423
PROMEDIO TOTAL						0.488
RESULTADOS						
				Tipo de trabajo Fino Clase de rugosidad N6 Proceso Fresado		




Ficha 4.1.3 Reporte de rugosidad superficial bajo condiciones de inundación

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA					
		REPORTE DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL					
DATOS INFORMATIVOS							
Tipo de estudio		Experimental		Item		A	
Fecha de ejecución		2016/03/05					
Lugar de estudio		Universidad Técnica de Ambato Laboratorio FICM					
Realizado por:		Max Guijarro		Revisado por:		Ing. Cristian Pérez	
Parámetros de Fresado y lubricación							
Material:				Acero Inoxidable AISI 304			
Sistema de lubricación:				Inundación			
Fluido lubricante				Tricut 2000 w/s			
Herramienta de corte:				R 390-025A25-11M			
Parámetros de medición del rugosímetro MITUTOYO SJ 210							
Norma		λc			λs		Mediciones
ISO 1997		0.8mm			2.5um		X5
Velocidad del husillo (rpm)	Velocidad de avance mm/min	Profundidad de corte (mm)	Radio de punta (inserto) (mm)		Caudal lt/min		
2835	1701	0.3	0.8		10		
REGISTRO DE MEDICIONES DE (Ra)							
Probeta	Med. 1	Med.2	Med.3	Med.4	Med.5	Promedio (um)	
A3.1	0.608	0.603	0.650	0.715	0.562	0.628	
A3.2	0.513	0.483	0.506	0.537	0.525	0.513	
A3.3	0.448	0.476	0.472	0.423	0.520	0.468	
A3.4	0.696	0.613	0.629	0.658	0.717	0.663	
A3.5	0.625	0.641	0.627	0.591	0.566	0.610	
PROMEDIO TOTAL						0.576	
RESULTADOS							
				Tipo de trabajo Fino			
				Clase de rugosidad N6			
				Proceso Fresado			




Ficha 4.1.4 Reporte de rugosidad superficial bajo condiciones de inundación

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA					
		REPORTE DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL					
DATOS INFORMATIVOS							
Tipo de estudio		Experimental		Item		A	
Fecha de ejecución		2016/03/05					
Lugar de estudio		Universidad Técnica de Ambato Laboratorio FICM					
Realizado por:		Max Guijarro		Revisado por:		Ing. Cristian Pérez	
Parámetros de Fresado y lubricación							
Material:				Acero Inoxidable AISI 304			
Sistema de lubricación:				Inundación			
Fluido lubricante				Tricut 2000 w/s			
Herramienta de corte:				R 390-025A25-11M			
Parámetros de medición del rugosímetro MITUTOYO SJ 210							
Norma		λc			λs	Mediciones	
ISO 1997		0.8mm			2.5um	X5	
Velocidad del husillo (rpm)	Velocidad de avance (mm/min)	Profundidad de corte (mm)	Radio de punta (inserto) (mm)		Caudal lt/min		
2889	1701	0.1	0.8		10		
REGISTRO DE MEDICIONES DE (Ra)							
Probeta	Med 1	Med.2	Med.3	Med.4	Med.5	Promedio(um)	
A4.1	0.604	0.629	0.699	0.674	0.703	0.662	
A4.2	0.669	0.618	0.620	0.617	0.619	0.629	
A4.3	0.632	0.646	0.676	0.581	0.617	0.630	
A4.4	0.551	0.568	0.603	0.549	0.660	0.586	
A4.5	0.761	0.669	0.697	0.611	0.621	0.672	
PROMEDIO TOTAL						0.636	
RESULTADOS							
				Tipo de trabajo Fino			
				Clase de rugosidad N6			
				Proceso Fresado			



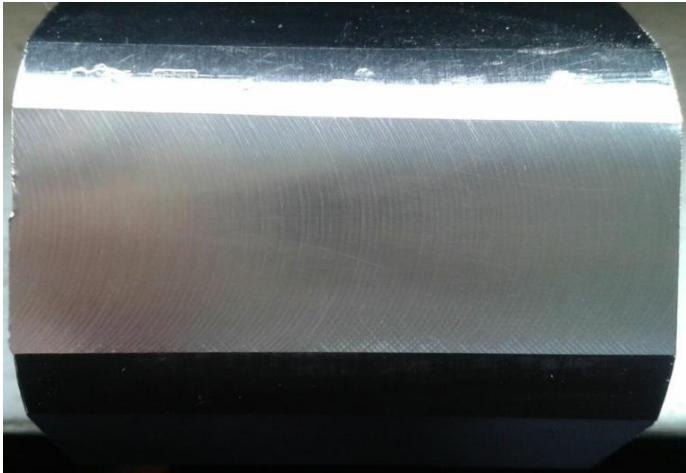
Ficha 4.1.5 Reporte de rugosidad superficial bajo condiciones de inundación

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA					
		REPORTE DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL					
DATOS INFORMATIVOS							
Tipo de estudio		Experimental		Item		A	
Fecha de ejecución		2016/03/05					
Lugar de estudio		Universidad Técnica de Ambato Laboratorio FICM					
Realizado por:		Max Guijarro		Revisado por:		Ing. Cristian Pérez	
Parámetros de Fresado y lubricación							
Material:				Acero Inoxidable AISI 304			
Sistema de lubricación:				Inundación			
Fluido lubricante				Tricut 2000 w/s			
Herramienta de corte:				R 390-025A25-11M			
Parámetros de medición del rugosímetro MITUTOYO SJ 210							
Norma		λc			λs		Mediciones
ISO 1997		0.8mm			2.5um		X5
Velocidad del husillo (rpm)	Velocidad de avance mm/min	Profundidad de corte (mm)	Radio de punta (inserto) (mm)		Caudal lt/min		
2889	1701	0.2	0.8		10		
REGISTRO DE MEDICIONES DE (Ra)							
Probeta	Med 1	Med.2	Med.3	Med.4	Med.5	Promedio(um)	
A5.1	0.603	0.649	0.519	0.545	0.676	0.598	
A5.2	0.658	0.503	0.541	0.547	0.519	0.554	
A5.3	0.679	0.607	0.627	0.506	0.621	0.608	
A5.4	0.574	0.580	0.540	0.649	0.545	0.578	
A5.5	0.706	0.604	0.614	0.527	0.529	0.596	
PROMEDIO TOTAL							0.587
RESULTADOS							
				Tipo de trabajo Fino			
				Clase de rugosidad N6			
				Proceso Fresado			



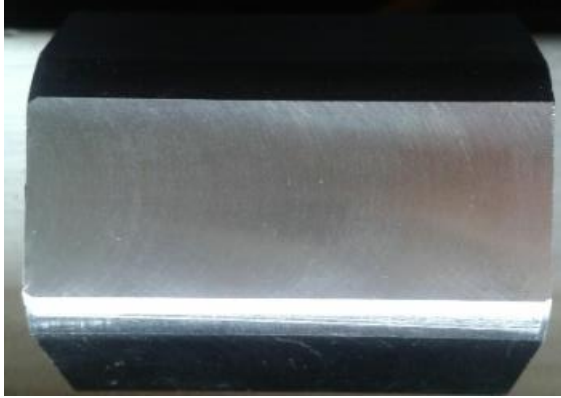
Ficha 4.1.6 Reporte de rugosidad superficial bajo condiciones de inundación

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA					
		REPORTE DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL					
DATOS INFORMATIVOS							
Tipo de estudio		Experimental		Item		A	
Fecha de ejecución		2016/03/05					
Lugar de estudio		Universidad Técnica de Ambato Laboratorio FICM					
Realizado por:		Max Guijarro		Revisado por:		Ing. Cristian Pérez	
Parámetros de Fresado y lubricación							
Material:				Acero Inoxidable AISI 304			
Sistema de lubricación:				Inundación			
Fluido lubricante				Tricut 2000 w/s			
Herramienta de corte:				R 390-025A25-11M			
Parámetros de medición del rugosímetro MITUTOYO SJ 210							
Norma		λc			λs	Mediciones	
ISO 1997		0.8mm			2.5um	X5	
Velocidad del husillo (rpm)	Velocidad de avance (mm/min)	Profundidad de corte (mm)	Radio de punta (inserto) (mm)		Caudal lt/min		
2889	1701	0.3	0.8		10		
REGISTRO DE MEDICIONES DE (Ra)							
Probeta	Med. 1	Med.2	Med.3	Med.4	Med.5	Promedio(um)	
A6.1	0.659	0.630	0.617	0.576	0.638	0.624	
A6.2	0.574	0.473	0.559	0.598	0.628	0.566	
A6.3	0.685	0.639	0.740	0.663	0.645	0.674	
A6.4	0.614	0.602	0.635	0.713	0.585	0.630	
A6.5	0.639	0.665	0.676	0.797	0.756	0.707	
PROMEDIO TOTAL						0.640	
RESULTADOS							
				Tipo de trabajo Fino			
				Clase de rugosidad N6			
				Proceso Fresado			




Ficha 4.1.7 Reporte de rugosidad superficial bajo condiciones de inundación

		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		2016/03/05					
Lugar de estudio		Universidad Técnica de Ambato Laboratorio FICM					
Realizado por:		Max Guijarro		Revisado por:		Ing. Cristian Pérez	
Parámetros de Fresado y lubricación							
Material:				Acero Inoxidable AISI 304			
Sistema de lubricación:				Inundación			
Fluido lubricante				Tricut 2000 w/s			
Herramienta de corte:				R 390-025A25-11M			
Parámetros de medición del rugosímetro MITUTOYO SJ 210							
Norma		λc			λs	Mediciones	
ISO 1997		0.8mm			2.5u m	X5	
Velocidad del husillo (rpm)	Velocidad de avance mm/min	Profundidad de corte (mm)	Radio de punta (inserto) (mm)		Caudal lt/min		
2835	1447	0.1	0.8		10		
REGISTRO DE MEDICIONES DE (Ra)							
Probeta	Med. 1	Med.2	Med.3	Med.4	Med.5	Promedio(um)	
A7.1	0.408	0.440	0.527	0.485	0.558	0.484	
A7.2	0.398	0.408	0.403	0.400	0.436	0.409	
A7.3	0.382	0.343	0.422	0.377	0.388	0.382	
A7.4	0.500	0.442	0.476	0.453	0.534	0.481	
A7.5	0.511	0.438	0.516	0.465	0.504	0.487	
PROMEDIO TOTAL						0.449	
RESULTADOS							
					Tipo de trabajo Fino		
					Clase de rugosidad N6		
Proceso Fresado							



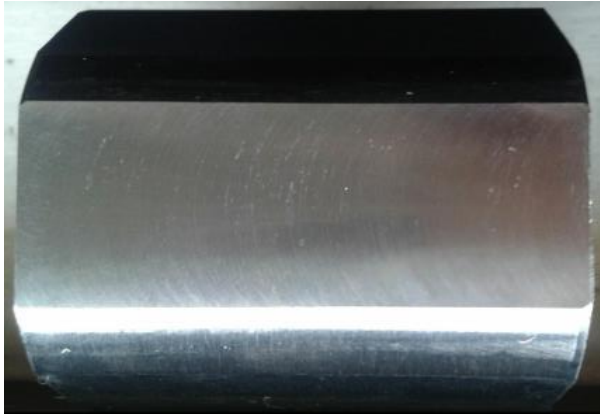
Ficha 4.1.8 Reporte de rugosidad superficial bajo condiciones de inundación

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA					
		REPORTE DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL					
DATOS INFORMATIVOS							
Tipo de estudio		Experimental		Item		A	
Fecha de ejecución		2016/03/05					
Lugar de estudio		Universidad Técnica de Ambato Laboratorio FICM					
Realizado por:		Max Guijarro		Revisado por:		Ing. Cristian Pérez	
Parámetros de Fresado y lubricación							
Material:				Acero Inoxidable AISI 304			
Sistema de lubricación:				Inundación			
Fluido lubricante				Tricut 2000 w/s			
Herramienta de corte:				R 390-025A25-11M			
Parámetros de medición del rugosímetro MITUTOYO SJ 210							
Norma		λc			λs	Mediciones	
ISO 1997		0.8mm			2.5u m	X5	
Velocidad del husillo (rpm)	Velocidad de avance mm/min	Profundidad de corte (mm)	Radio de punta (inserto) (mm)		Caudal lt/min		
2835	1447	0.2	0.8		10		
REGISTRO DE MEDICIONES DE (Ra)							
Probeta	Med. 1	Med.2	Med.3	Med.4	Med.5	Promedio(um)	
A8.1	0.562	0.470	0.538	0.514	0.522	0.521	
A8.2	0.451	0.534	0.577	0.529	0.587	0.536	
A8.3	0.466	0.520	0.584	0.474	0.528	0.514	
A8.4	0.499	0.549	0.412	0.394	0.445	0.460	
A8.5	0.369	0.399	0.382	0.384	0.380	0.383	
PROMEDIO TOTAL						0.483	
RESULTADOS							
				Tipo de trabajo Fino			
				Clase de rugosidad N6			
				Proceso Fresado			



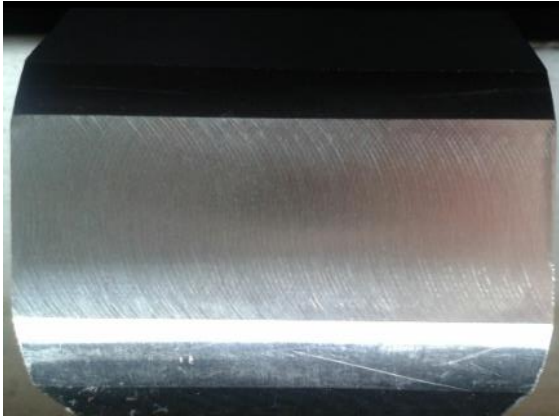
Ficha 4.1.9 Reporte de rugosidad superficial bajo condiciones de inundación

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA					
		REPORTE DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL					
DATOS INFORMATIVOS							
Tipo de estudio		Experimental		Item		A	
Fecha de ejecución		2016/03/05					
Lugar de estudio		Universidad Técnica de Ambato Laboratorio FICM					
Realizado por:		Max Guijarro		Revisado por:		Ing. Cristian Pérez	
Parámetros de Fresado y lubricación							
Material:				Acero Inoxidable AISI 304			
Sistema de lubricación:				Inundación			
Fluido lubricante				Tricut 2000 w/s			
Herramienta de corte:				R 390-025A25-11M			
Parámetros de medición del rugosímetro MITUTOYO SJ 210							
Norma		λc			λs		Mediciones
ISO 1997		0.8mm			2.5um		X5
Velocidad del husillo (rpm)	Velocidad de avance mm/min	Profundidad de corte (mm)	Radio de punta (inserto) (mm)		Caudal lt/min		
2835	1447	0.3	0.8		10		
REGISTRO DE MEDICIONES DE (Ra)							
Probeta	Med. 1	Med.2	Med.3	Med.4	Med.5	Promedio(um)	
A9.1	0.35	0.418	0.403	0.493	0.414	0.416	
A9.2	0.48	0.467	0.641	0.489	0.414	0.498	
A9.3	0.337	0.431	0.543	0.453	0.484	0.450	
A9.4	0.302	0.339	0.455	0.486	0.554	0.427	
A9.5	0.446	0.39	0.513	0.409	0.382	0.428	
PROMEDIO TOTAL						0.444	
RESULTADOS							
				Tipo de trabajo Fino			
				Clase de rugosidad N6			
				Proceso Fresado			




Ficha 4.1.10 Reporte de rugosidad superficial bajo condiciones de inundación

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA					
		REPORTE DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL					
DATOS INFORMATIVOS							
Tipo de estudio		Experimental		Item		A	
Fecha de ejecución		2016/03/05					
Lugar de estudio		Universidad Técnica de Ambato Laboratorio FICM					
Realizado por:		Max Guijarro		Revisado por:		Ing. Cristian Pérez	
Parámetros de Fresado y lubricación							
Material:				Acero Inoxidable AISI 304			
Sistema de lubricación:				Inundación			
Fluido lubricante				Tricut 2000 w/s			
Herramienta de corte:				R 390-025A25-11M			
Parámetros de medición del rugosímetro MITUTOYO SJ 210							
Norma		λc			λs		Mediciones
ISO 1997		0.8mm			2.5um		X5
Velocidad del husillo (rpm)	Velocidad de avance mm/min	Profundidad de corte (mm)	Radio de punta (inserto) (mm)		Caudal lt/min		
2889	1447	0.1	0.8		10		
REGISTRO DE MEDICIONES DE (Ra)							
Probeta	Med. 1	Med.2	Med.3	Med.4	Med.5	Promedio(um)	
A10.1	0.412	0.362	0.501	0.509	0.461	0.449	
A10.2	0.456	0.538	0.564	0.574	0.608	0.548	
A10.3	0.417	0.379	0.508	0.508	0.519	0.466	
A10.4	0.519	0.514	0.540	0.554	0.510	0.527	
A10.5	0.613	0.658	0.584	0.587	0.586	0.606	
PROMEDIO TOTAL							0.519
RESULTADOS							
				Tipo de trabajo Fino			
				Clase de rugosidad N6			
				Proceso Fresado			



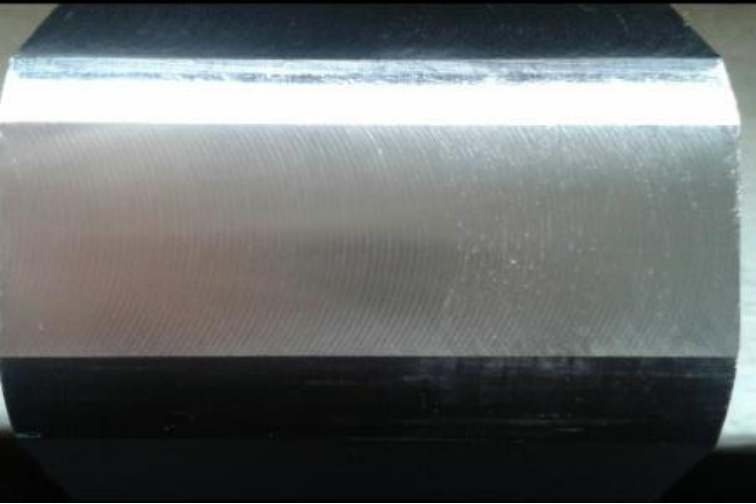
Ficha 4.1.11 Reporte de rugosidad superficial bajo condiciones de inundación

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA					
		REPORTE DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL					
DATOS INFORMATIVOS							
Tipo de estudio		Experimental		Item		A	
Fecha de ejecución		2016/03/05					
Lugar de estudio		Universidad Técnica de Ambato Laboratorio FICM					
Realizado por:		Max Guijarro		Revisado por:		Ing. Cristian Pérez	
Parámetros de Fresado y lubricación							
Material:				Acero Inoxidable AISI 304			
Sistema de lubricación:				Inundación			
Fluido lubricante				Tricut 2000 w/s			
Herramienta de corte:				R 390-025A25-11M			
Parámetros de medición del rugosímetro MITUTOYO SJ 210							
Norma		λc			λs	Mediciones	
ISO 1997		0.8mm			2.5um	X5	
Velocidad del husillo (rpm)	Velocidad de avance mm/min	Profundidad de corte (mm)	Radio de punta (inserto) (mm)		Caudal lt/min		
2889	1447	0.2	0.8		10		
REGISTRO DE MEDICIONES DE (Ra)							
Probeta	Med 1	Med.2	Med.3	Med.4	Med.5	Promedio(um)	
A11.1	0.635	0.580	0.502	0.502	0.530	0.550	
A11.2	0.514	0.539	0.550	0.579	0.527	0.542	
A11.3	0.655	0.646	0.571	0.487	0.407	0.553	
A11.4	0.552	0.663	0.590	0.461	0.535	0.560	
A11.5	0.577	0.640	0.628	0.567	0.584	0.599	
PROMEDIO TOTAL						0.561	
RESULTADOS							
				Tipo de trabajo Fino			
				Clase de rugosidad N6			
				Proceso Fresado			



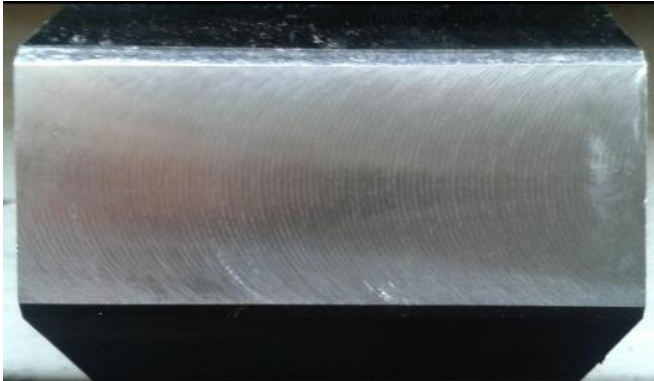
Ficha 4.1.12 Reporte de rugosidad superficial bajo condiciones de inundación

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA					
		REPORTE DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL					
DATOS INFORMATIVOS							
Tipo de estudio		Experimental		Item		A	
Fecha de ejecución		2016/03/05					
Lugar de estudio		Universidad Técnica de Ambato Laboratorio FICM					
Realizado por:		Max Guijarro		Revisado por:		Ing. Cristian Pérez	
Parámetros de Fresado y lubricación							
Material:				Acero Inoxidable AISI 304			
Sistema de lubricación:				Inundación			
Fluido lubricante				Tricut 2000 w/s			
Herramienta de corte:				R 390-025A25-11M			
Parámetros de medición del rugosímetro MITUTOYO SJ 210							
Norma		λc			λs	Mediciones	
ISO 1997		0.8mm			2.5um	X5	
Velocidad del husillo (rpm)	Velocidad de avance mm/min	Profundidad de corte (mm)	Radio de punta (inserto) (mm)		Caudal lt/min		
2889	1447	0.3	0.8		10		
REGISTRO DE MEDICIONES DE (Ra)							
Probeta	Med 1	Med.2	Med.3	Med.4	Med.5	Promedio(um)	
A12.1	0.689	0.693	0.657	0.661	0.512	0.642	
A12.2	0.529	0.518	0.575	0.406	0.445	0.495	
A12.3	0.537	0.673	0.658	0.732	0.644	0.649	
A12.4	0.395	0.345	0.726	0.545	0.548	0.512	
A12.5	0.554	0.447	0.667	0.58	0.691	0.588	
PROMEDIO TOTAL						0.577	
RESULTADOS							
				Tipo de trabajo Fino			
				Clase de rugosidad N6			
				Proceso Fresado			



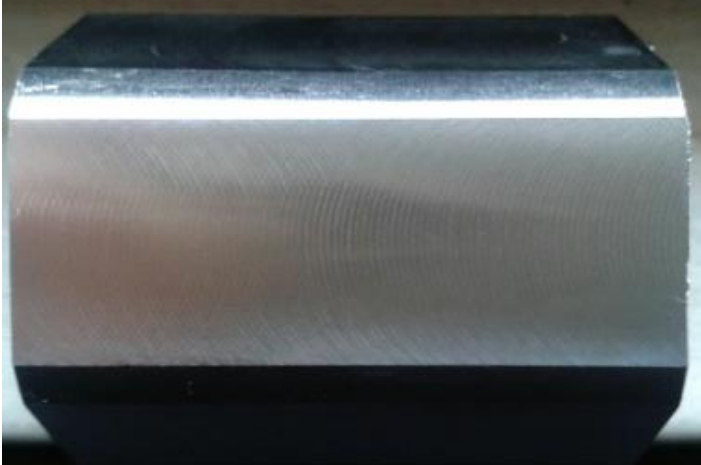
Ficha 4.1.13 Reporte de rugosidad superficial bajo condiciones MQL

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA					
		REPORTE DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL					
DATOS INFORMATIVOS							
Tipo de estudio		Experimental		Item		B	
Fecha de ejecución		2016/03/05					
Lugar de estudio		Universidad Técnica de Ambato Laboratorio FICM					
Realizado por:		Max Guijarro		Revisado por:		Ing. Cristian Pérez	
Parámetros de Fresado y lubricación							
Material:				Acero Inoxidable AISI 304			
Sistema de lubricación:				MQL			
Fluido lubricante				Coolube 2210 EP			
Herramienta de corte:				R 390-025A25-11M			
Parámetros de medición del rugosímetro MITUTOYO SJ 210							
Norma		λc			λs	Mediciones	
ISO 1997		0.8mm			2.5um	X5	
Velocidad del husillo (rpm)	Velocidad de avance mm/min	Profundidad de corte (mm)	Radio de punta (inserto) (mm)		Caudal ml/h		
2835	1701	0.1	0.8		480		
REGISTRO DE MEDICIONES DE (Ra)							
Probeta	Med 1	Med.2	Med.3	Med.4	Med.5	Promedio(um)	
B1.1	0.316	0.367	0.352	0.406	0.314	0.351	
B1.2	0.345	0.481	0.294	0.385	0.362	0.373	
B1.3	0.396	0.42	0.435	0.491	0.424	0.433	
B1.4	0.395	0.472	0.474	0.454	0.414	0.442	
B1.5	0.578	0.533	0.454	0.417	0.43	0.482	
PROMEDIO TOTAL						0.416	
RESULTADOS							
				Tipo de trabajo Fino			
				Clase de rugosidad N6			
				Proceso Fresado			



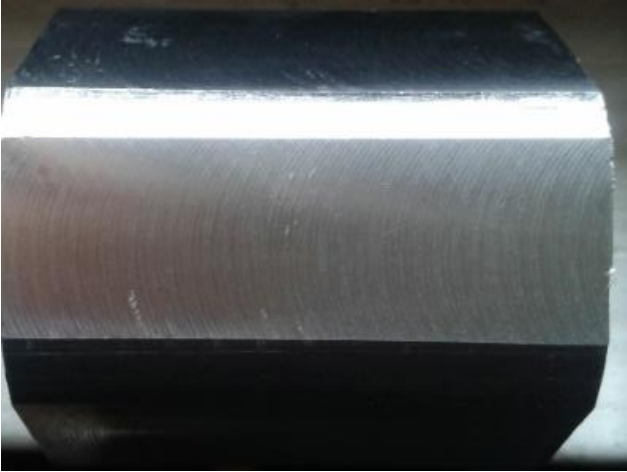
Ficha 4.1.14 Reporte de rugosidad superficial bajo condiciones MQL

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA					
		REPORTE DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL					
DATOS INFORMATIVOS							
Tipo de estudio		Experimental		Item		B	
Fecha de ejecución		2016/03/05					
Lugar de estudio		Universidad Técnica de Ambato Laboratorio FICM					
Realizado por:		Max Guijarro		Revisado por:		Ing. Cristian Pérez	
Parámetros de Fresado y lubricación							
Material:				Acero Inoxidable AISI 304			
Sistema de lubricación:				MQL			
Fluido lubricante				Coolube 2210 EP			
Herramienta de corte:				R 390-025A25-11M			
Parámetros de medición del rugosímetro MITUTOYO SJ 210							
Norma		λc			λs	Mediciones	
ISO 1997		0.8mm			2.5um	X5	
Velocidad del husillo (rpm)	Velocidad de avance (mm/min)	Profundidad de corte (mm)	Radio de punta (inserto) (mm)		Caudal ml/h		
2835	1701	0.1	0.8		480		
REGISTRO DE MEDICIONES DE (Ra)							
Probeta	Med 1	Med.2	Med.3	Med.4	Med.5	Promedio(um)	
B2.1	0.556	0.498	0.392	0.394	0.319	0.432	
B2.2	0.440	0.501	0.416	0.404	0.402	0.433	
B2.3	0.580	0.394	0.454	0.468	0.451	0.469	
B2.4	0.353	0.394	0.507	0.407	0.401	0.412	
B2.5	0.394	0.417	0.474	0.440	0.378	0.421	
PROMEDIO TOTAL						0.433	
RESULTADOS							
				Tipo de trabajo Fino			
				Clase de rugosidad N6			
				Proceso Fresado			



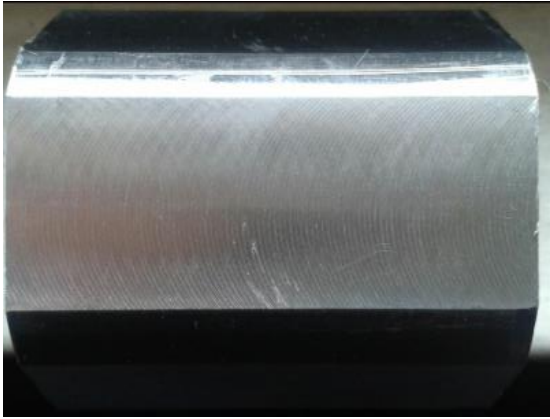
Ficha 4.1.15 Reporte de rugosidad superficial bajo condiciones MQL

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA					
		REPORTE DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL					
DATOS INFORMATIVOS							
Tipo de estudio		Experimental		Item		B	
Fecha de ejecución		2016/03/05					
Lugar de estudio		Universidad Técnica de Ambato Laboratorio FICM					
Realizado por:		Max Guijarro		Revisado por:		Ing. Cristian Pérez	
Parámetros de Fresado y lubricación							
Material:				Acero Inoxidable AISI 304			
Sistema de lubricación:				MQL			
Fluido lubricante				Coolube 2210 EP			
Herramienta de corte:				R 390-025A25-11M			
Parámetros de medición del rugosímetro MITUTOYO SJ 210							
Norma		λc			λs	Mediciones	
ISO 1997		0.8mm			2.5um	X5	
Velocidad del husillo (rpm)	Velocidad de avance mm/min	Profundidad de corte (mm)		Radio de punta (inserto) (mm)		Caudal ml/h	
2835	1701	0.1		0.8		480	
REGISTRO DE MEDICIONES DE (Ra)							
Probeta	Med 1	Med.2	Med.3	Med.4	Med.5	Promedio(um)	
B3.1	0.417	0.457	0.408	0.414	0.462	0.432	
B3.2	0.4	0.423	0.355	0.319	0.412	0.382	
B3.3	0.459	0.386	0.401	0.431	0.414	0.418	
B3.4	0.42	0.425	0.391	0.402	0.465	0.421	
B3.5	0.383	0.408	0.387	0.409	0.422	0.402	
PROMEDIO TOTAL						0.411	
RESULTADOS							
				Tipo de trabajo Fino			
				Clase de rugosidad N6			
				Proceso Fresado			




Ficha 4.1.16 Reporte de rugosidad superficial bajo condiciones 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		Item		B	
Fecha de ejecución		2016/03/05					
Lugar de estudio		Universidad Técnica de Ambato Laboratorio FICM					
Realizado por:		Max Guijarro		Revisado por:		Ing. Cristian Pérez	
Parámetros de Fresado y lubricación							
Material:				Acero Inoxidable AISI 304			
Sistema de lubricación:				MQL			
Fluido lubricante				Coolube 2210 EP			
Herramienta de corte:				R 390-025A25-11M			
Parámetros de medición del rugosímetro MITUTOYO SJ 210							
Norma		λ_c			λ_s	Mediciones	
ISO 1997		0.8mm			2.5um	X5	
Velocidad del husillo (rpm)	Velocidad de avance mm/min	Profundidad de corte (mm)	Radio de punta (inserto) (mm)		Caudal ml/h		
2889	1701	0.1	0.8		480		
REGISTRO DE MEDICIONES DE (Ra)							
Probeta	Med 1	Med.2	Med.3	Med.4	Med.5	Promedio(um)	
B4.1	0.585	0.582	0.542	0.592	0.616	0.583	
B4.2	0.603	0.614	0.666	0.697	0.656	0.647	
B4.3	0.665	0.697	0.718	0.566	0.638	0.657	
B4.4	0.496	0.425	0.558	0.518	0.668	0.533	
B4.5	0.592	0.581	0.594	0.751	0.583	0.620	
PROMEDIO TOTAL						0.608	
RESULTADOS							
				Tipo de trabajo Fino			
				Clase de rugosidad N6			
				Proceso Fresado			




Ficha 4.1.17 Reporte de rugosidad superficial bajo condiciones 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		Item		B	
Fecha de ejecución		2016/03/05					
Lugar de estudio		Universidad Técnica de Ambato Laboratorio FICM					
Realizado por:		Max Guijarro		Revisado por:		Ing. Cristian Pérez	
Parámetros de Fresado y lubricación							
Material:				Acero Inoxidable AISI 304			
Sistema de lubricación:				MQL			
Fluido lubricante				Coolube 2210 EP			
Herramienta de corte:				R 390-025A25-11M			
Parámetros de medición del rugosímetro MITUTOYO SJ 210							
Norma		λc			λs		Mediciones
ISO 1997		0.8mm			2.5um		X5
Velocidad del husillo (rpm)	Velocidad de avance mm/min	Profundidad de corte (mm)	Radio de punta (inserto) (mm)		Caudal ml/h		
2889	1701	0.2	0.8		480		
REGISTRO DE MEDICIONES DE (Ra)							
Probeta	Med 1	Med.2	Med.3	Med.4	Med.5	Promedio(um)	
B5.1	0.553	0.579	0.507	0.54	0.499	0.536	
B5.2	0.56	0.566	0.596	0.579	0.535	0.567	
B5.3	0.422	0.525	0.42	0.43	0.501	0.460	
B5.4	0.544	0.444	0.466	0.459	0.415	0.466	
B5.5	0.432	0.473	0.448	0.516	0.388	0.451	
PROMEDIO TOTAL							0.496
RESULTADOS							
				Tipo de trabajo Fino			
				Clase de rugosidad N6			
				Proceso Fresado			



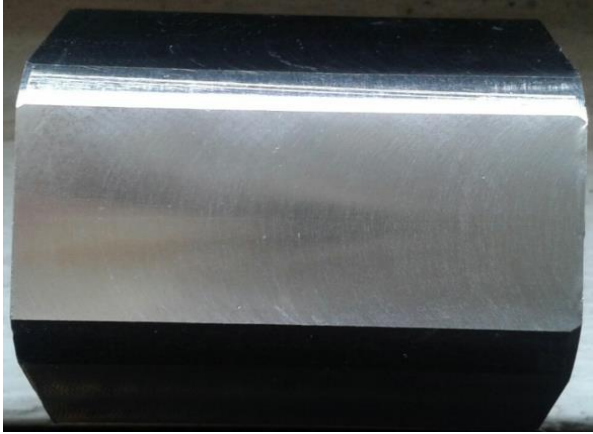
Ficha 4.1.18 Reporte de rugosidad superficial bajo condiciones MQL

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA					
		REPORTE DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL					
DATOS INFORMATIVOS							
Tipo de estudio		Experimental		Item		B	
Fecha de ejecución		2016/03/05					
Lugar de estudio		Universidad Técnica de Ambato Laboratorio FICM					
Realizado por:		Max Guijarro		Revisado por:		Ing. Cristian Pérez	
Parámetros de Fresado y lubricación							
Material:				Acero Inoxidable AISI 304			
Sistema de lubricación:				MQL			
Fluido lubricante				Coolube 2210 EP			
Herramienta de corte:				R 390-025A25-11M			
Parámetros de medición del rugosímetro MITUTOYO SJ 210							
Norma		λc			λs	Mediciones	
ISO 1997		0.8mm			2.5um	X5	
Velocidad del husillo (rpm)	Velocidad de avance (mm/min)	Profundidad de corte (mm)	Radio de punta (inserto) (mm)		Caudal ml/h		
2889	1701	0.3	0.8		480		
REGISTRO DE MEDICIONES DE (Ra)							
Probeta	Med 1	Med.2	Med.3	Med.4	Med.5	Promedio(um)	
B6.1	0.572	0.649	0.595	0.515	0.642	0.595	
B6.2	0.613	0.661	0.595	0.482	0.659	0.602	
B6.3	0.512	0.557	0.771	0.4	0.473	0.543	
B6.4	0.593	0.597	0.568	0.513	0.509	0.556	
B6.5	0.504	0.541	0.487	0.444	0.563	0.508	
PROMEDIO TOTAL							0.561
RESULTADOS							
				Tipo de trabajo Fino			
				Clase de rugosidad N6			
				Proceso Fresado			




Ficha 4.1.19 Reporte de rugosidad superficial bajo condiciones 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		Item		B	
Fecha de ejecución		2016/03/05					
Lugar de estudio		Universidad Técnica de Ambato Laboratorio FICM					
Realizado por:		Max Guijarro		Revisado por:		Ing. Cristian Pérez	
Parámetros de Fresado y lubricación							
Material:				Acero Inoxidable AISI 304			
Sistema de lubricación:				MQL			
Fluido lubricante				Coolube 2210 EP			
Herramienta de corte:				R 390-025A25-11M			
Parámetros de medición del rugosímetro MITUTOYO SJ 210							
Norma		λc			λs	Mediciones	
ISO 1997		0.8mm			2.5um	X5	
Velocidad del husillo (rpm)	Velocidad de avance (mm/min)	Profundidad de corte (mm)	Radio de punta (inserto) (mm)		Caudal ml/h		
2835	1447	0.1	0.8		480		
REGISTRO DE MEDICIONES DE (Ra)							
Probeta	Med 1	Med.2	Med.3	Med.4	Med.5	Promedio(um)	
B7.1	0.433	0.489	0.434	0.432	0.417	0.441	
B7.2	0.385	0.403	0.439	0.508	0.498	0.447	
B7.3	0.376	0.407	0.399	0.396	0.378	0.391	
B7.4	0.382	0.42	0.398	0.394	0.356	0.390	
B7.5	0.371	0.428	0.38	0.43	0.482	0.418	
PROMEDIO TOTAL							0.417
RESULTADOS							
				Tipo de trabajo Fino			
				Clase de rugosidad N6			
				Proceso Fresado			




Ficha 4.1.20 Reporte de rugosidad superficial bajo condiciones 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		Item		B	
Fecha de ejecución		2016/03/05					
Lugar de estudio		Universidad Técnica de Ambato Laboratorio FICM					
Realizado por:		Max Guijarro		Revisado por:		Ing. Cristian Pérez	
Parámetros de Fresado y lubricación							
Material:				Acero Inoxidable AISI 304			
Sistema de lubricación:				MQL			
Fluido lubricante				Coolube 2210 EP			
Herramienta de corte:				R 390-025A25-11M			
Parámetros de medición del rugosímetro MITUTOYO SJ 210							
Norma		λc			λs	Mediciones	
ISO 1997		0.8mm			2.5um	X5	
Velocidad del husillo (rpm)	Velocidad de avance mm/min	Profundidad de corte (mm)	Radio de punta (inserto) (mm)		Caudal ml/h		
2835	1447	0.2	0.8		480		
REGISTRO DE MEDICIONES DE (Ra)							
Probeta	Med 1	Med.2	Med.3	Med.4	Med.5	Promedio(um)	
B8.1	0.516	0.38	0.429	0.417	0.405	0.429	
B8.2	0.456	0.532	0.555	0.509	0.612	0.533	
B8.3	0.372	0.471	0.496	0.484	0.492	0.463	
B8.4	0.323	0.479	0.473	0.418	0.407	0.420	
B8.5	0.323	0.389	0.411	0.389	0.339	0.370	
PROMEDIO TOTAL						0.443	
RESULTADOS							
				Tipo de trabajo Fino Clase de rugosidad N6 Proceso Fresado			



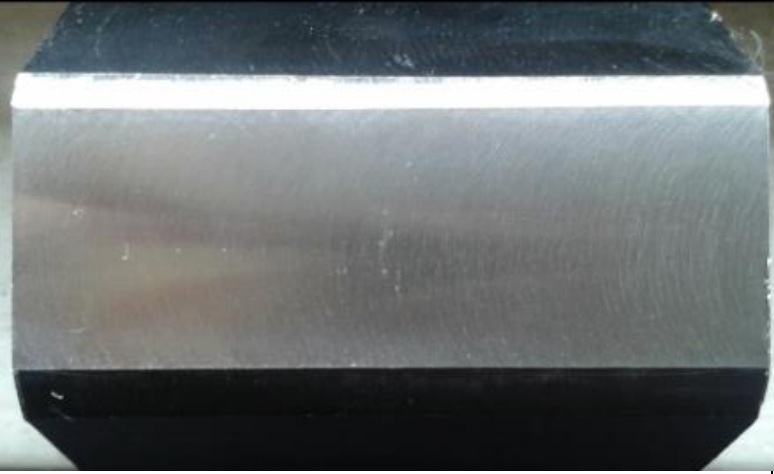
Ficha 4.1.21 Reporte de rugosidad superficial bajo condiciones MQL

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA					
		REPORTE DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL					
DATOS INFORMATIVOS							
Tipo de estudio		Experimental		Item		B	
Fecha de ejecución		2016/03/05					
Lugar de estudio		Universidad Técnica de Ambato Laboratorio FICM					
Realizado por:		Max Guijarro		Revisado por:		Ing. Cristian Pérez	
Parámetros de Fresado y lubricación							
Material:				Acero Inoxidable AISI 304			
Sistema de lubricación:				MQL			
Fluido lubricante				Coolube 2210 EP			
Herramienta de corte:				R 390-025A25-11M			
Parámetros de medición del rugosímetro MITUTOYO SJ 210							
Norma		λc			λs	Mediciones	
ISO 1997		0.8mm			2.5um	X5	
Velocidad del husillo (rpm)	Velocidad de avance (mm/min)	Profundidad de corte (mm)	Radio de punta (inserto) (mm)		Caudal ml/h		
2835	1447	0.3	0.8		480		
REGISTRO DE MEDICIONES DE (Ra)							
Probeta	Med. 1	Med.2	Med.3	Med.4	Med.5	Promedio(um)	
B9.1	0.324	0.511	0.354	0.315	0.405	0.382	
B9.2	0.360	0.459	0.355	0.329	0.370	0.375	
B9.3	0.397	0.423	0.352	0.336	0.360	0.374	
B9.4	0.415	0.462	0.396	0.384	0.374	0.406	
B9.5	0.378	0.516	0.401	0.388	0.332	0.403	
PROMEDIO TOTAL						0.388	
RESULTADOS							
				Tipo de trabajo Fino			
				Clase de rugosidad N5			
				Proceso Fresado			



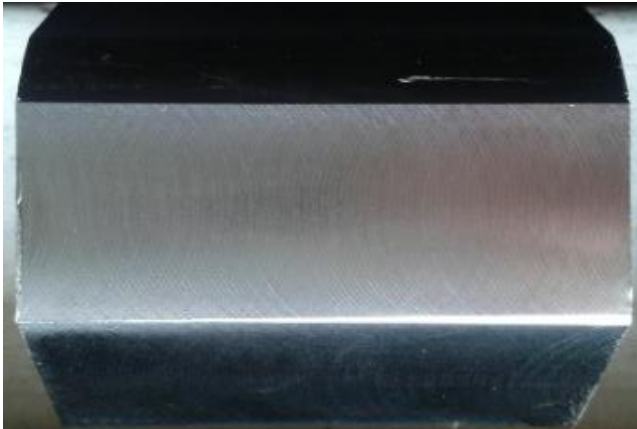
Ficha 4.1.22 Reporte de rugosidad superficial bajo condiciones MQL

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA					
		REPORTE DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL					
DATOS INFORMATIVOS							
Tipo de estudio		Experimental		Item		B	
Fecha de ejecución		2016/03/05					
Lugar de estudio		Universidad Técnica de Ambato Laboratorio FICM					
Realizado por:		Max Guijarro		Revisado por:		Ing. Cristian Pérez	
Parámetros de Fresado y lubricación							
Material:				Acero Inoxidable AISI 304			
Sistema de lubricación:				MQL			
Fluido lubricante				Coolube 2210 EP			
Herramienta de corte:				R 390-025A25-11M			
Parámetros de medición del rugosímetro MITUTOYO SJ 210							
Norma		λc			λs	Mediciones	
ISO 1997		0.8mm			2.5um	X5	
Velocidad del husillo (rpm)	Velocidad de avance (mm/min)	Profundidad de corte (mm)	Radio de punta (inserto) (mm)		Caudal ml/h		
2889	1447	0.1	0.8		480		
REGISTRO DE MEDICIONES DE (Ra)							
Probeta	Med 1	Med.2	Med.3	Med.4	Med.5	Promedio(um)	
B10.1	0.458	0.48	0.374	0.404	0.378	0.419	
B10.2	0.422	0.441	0.404	0.424	0.402	0.419	
B10.3	0.43	0.448	0.385	0.381	0.371	0.403	
B10.4	0.502	0.51	0.425	0.489	0.426	0.470	
B10.5	0.426	0.51	0.468	0.393	0.407	0.441	
PROMEDIO TOTAL						0.430	
RESULTADOS							
				Tipo de trabajo Fino			
				Clase de rugosidad N6			
				Proceso Fresado			



Ficha 4.1.23 Reporte de rugosidad superficial bajo condiciones 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		Item		B	
Fecha de ejecución		2016/03/05					
Lugar de estudio		Universidad Técnica de Ambato Laboratorio FICM					
Realizado por:		Max Guijarro		Revisado por:		Ing. Cristian Pérez	
Parámetros de Fresado y lubricación							
Material:				Acero Inoxidable AISI 304			
Sistema de lubricación:				MQL			
Fluido lubricante				Coolube 2210 EP			
Herramienta de corte:				R 390-025A25-11M			
Parámetros de medición del rugosímetro MITUTOYO SJ 210							
Norma		λc			λs	Mediciones	
ISO 1997		0.8mm			2.5um	X5	
Velocidad del husillo (rpm)	Velocidad de avance (mm/min)	Profundidad de corte (mm)	Radio de punta (inserto) (mm)		Caudal ml/h		
2889	1447	0.2	0.8		480		
REGISTRO DE MEDICIONES DE (Ra)							
Probeta	Med 1	Med.2	Med.3	Med.4	Med.5	Promedio(um)	
B11.1	0.506	0.629	0.633	0.739	0.789	0.659	
B11.2	0.399	0.399	0.695	0.459	0.434	0.477	
B11.3	0.67	0.658	0.699	0.723	0.723	0.695	
B11.4	0.427	0.439	0.442	0.42	0.442	0.434	
B11.5	0.491	0.562	0.499	0.48	0.629	0.532	
PROMEDIO TOTAL						0.559	
RESULTADOS							
				Tipo de trabajo Fino			
				Clase de rugosidad N6			
				Proceso Fresado			



Ficha 4.1.24 Reporte de rugosidad superficial bajo condiciones 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		Item		B	
Fecha de ejecución		2016/03/05					
Lugar de estudio		Universidad Técnica de Ambato Laboratorio FICM					
Realizado por:		Max Guijarro		Revisado por:		Ing. Cristian Pérez	
Parámetros de Fresado y lubricación							
Material:				Acero Inoxidable AISI 304			
Sistema de lubricación:				MQL			
Fluido lubricante				Coolube 2210 EP			
Herramienta de corte:				R 390-025A25-11M			
Parámetros de medición del rugosímetro MITUTOYO SJ 210							
Norma		λ_c			λ_s	Mediciones	
ISO 1997		0.8mm			2.5um	X5	
Velocidad del husillo (rpm)	Velocidad de avance mm/min	Profundidad de corte (mm)	Radio de punta (inserto) (mm)		Caudal ml/h		
2889	1447	0.3	0.8		480		
REGISTRO DE MEDICIONES DE (Ra)							
Probeta	Med 1	Med.2	Med.3	Med.4	Med.5	Promedio(um)	
B12.1	0.646	0.593	0.645	0.616	0.592	0.618	
B12.2	0.619	0.584	0.692	0.699	0.551	0.629	
B12.3	0.571	0.587	0.529	0.589	0.458	0.547	
B12.4	0.488	0.509	0.438	0.405	0.419	0.452	
B12.5	0.437	0.491	0.381	0.377	0.443	0.426	
PROMEDIO TOTAL						0.534	
RESULTADOS							
					Tipo de trabajo Fino Clase de rugosidad N6 Proceso Fresado		

4.1.25 Ficha general de resultados de rugosidad superficial promedio (Ra) para el experimento de acabado superficial bajo condiciones de inundación

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
		REPORTE DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL				
DATOS INFORMATIVOS						
Tipo de estudio	Experimental		Item	A		
Fecha de ejecución	2016/03/05					
Lugar de estudio	Universidad Técnica de Ambato Laboratorio FICM					
Realizado por:	Max Guijarro		Revisado por:	Ing. Cristian Pérez		
Parámetros de Fresado y lubricación						
Material:			Acero Inoxidable AISI 304			
Sistema de lubricación:			Inundación			
Fluido lubricante			Tricut 2000 w/s			
Herramienta de corte:			R 390-025A25-11M			
Parámetros de medición del rugosímetro MITUTOYO SJ 210						
Norma		λc		λs	Mediciones	
ISO 1997		0.8mm		2.5um	X5	
Probeta	Velocidad del husillo (rpm)	Velocidad de avance mm/min	Profundidad de corte (mm)	Caudal l/min	Rugosidad superficial Ra (um)	
A1	2835	1701	0.1	10	0.589	
A2	2835	1701	0.2	10	0.488	
A3	2835	1701	0.3	10	0.576	
A4	2889	1701	0.1	10	0.636	
A5	2889	1701	0.2	10	0.587	
A6	2889	1701	0.3	10	0.640	
A7	2835	1447	0.1	10	0.449	
A8	2835	1447	0.2	10	0.483	
A9	2835	1447	0.3	10	0.444	
A10	2889	1447	0.1	10	0.519	
A11	2889	1447	0.2	10	0.561	
A12	2889	1447	0.3	10	0.577	

4.1.26 Ficha general de resultados de rugosidad superficial promedio (Ra) para el experimento de acabado superficial bajo condiciones de inundación

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
REPORTE DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL						
DATOS INFORMATIVOS						
Tipo de estudio	Experimental		Item	B		
Fecha de ejecución	2016/03/05					
Lugar de estudio	Universidad Técnica de Ambato Laboratorio FICM					
Realizado por:	Max Guijarro		Revisado por:	Ing. Cristian Pérez		
Parámetros de Fresado y lubricación						
Material:			Acero Inoxidable AISI 304			
Sistema de lubricación:			MQL			
Fluido lubricante			Coolube 2210 EP			
Herramienta de corte:			R 390-025A25-11M			
Parámetros de medición del rugosímetro MITUTOYO SJ 210						
Norma		λ_c			λ_s	Mediciones
ISO 1997		0.8mm			2.5um	X5
Probeta	Velocidad del husillo (rpm)	Velocidad de avance (mm/min)	Profundidad de corte (mm)	Caudal (ml/h)	Presión BAR	Rugosidad superficial Ra (um)
B1	2835	1701	0.1	480	2	0.416
B2	2835	1701	0.2	480	2	0.433
B3	2835	1701	0.3	480	2	0.411
B4	2889	1701	0.1	480	2	0.608
B5	2889	1701	0.2	480	2	0.496
B6	2889	1701	0.3	480	2	0.561
B7	2835	1447	0.1	480	2	0.417
B8	2835	1447	0.2	480	2	0.443
B9	2835	1447	0.3	480	2	0.388
B10	2889	1447	0.1	480	2	0.430
B11	2889	1447	0.2	480	2	0.559
B12	2889	1447	0.3	480	2	0.534

4.2 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Tabla 4. 2: Valores de rugosidad superficial promedio obtenidos del proceso de acabado por fresado bajo las condiciones de lubricación por inundación y mínima cantidad de lubricante (MQL)

PROBETA	Rugosidad superficial bajo condiciones de inundación por taladrina (um)	Rugosidad Superficial bajo condiciones de MQL (um)	% de mejora
1	0.589	0.416	29.37
2	0.488	0.433	11.27
3	0.576	0.411	21.65
4	0.636	0.608	4.40
5	0.587	0.496	15.50
6	0.640	0.561	12.34
7	0.449	0.417	7.13
8	0.483	0.443	8.28
9	0.444	0.388	12.61
10	0.519	0.430	17.15
11	0.561	0.559	0.36
12	0.577	0.534	7.45

(Fuente: Autor)

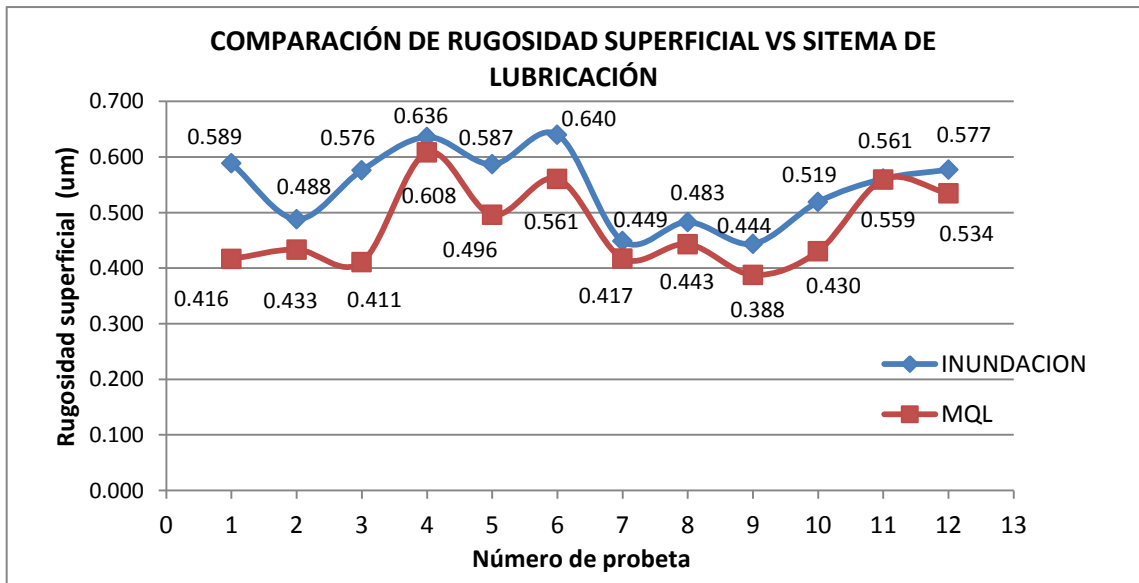


Fig. 4. 1: Comportamiento general de la rugosidad superficial bajo diferentes condiciones de lubricación.

(Fuente: Autor)

En la figura 4.1 se puede observar que el comportamiento del acabado superficial en el fresado del acero inoxidable AISI 304 varía de acuerdo a los parámetros de corte, pero siempre este es mejor bajo las condiciones de mínima cantidad de lubricante con aceite vegetal existiendo una mejora de la rugosidad superficial del acero utilizado en este estudio.

Tabla 4. 3: Parámetros de corte utilizados para el proceso de acabado por fresado

SISTEMA DE LUBRICACIÓN POR INUNDACIÓN			
Velocidad de Avance(mm/min)	Profundidad de corte (mm)	Ra(um) a velocidad de giro del husillo (Min) 2835 (rpm)	Ra(um) a velocidad de giro del husillo Max. 2889 (rpm)
1701	0.1	0.589	0.636
	0.2	0.488	0.587
	0.3	0.576	0.640
SISTEMA DE LUBRICACIÓN POR MÍNIMAS CANTIDADES			
1701	0.1	0.416	0.608
	0.2	0.433	0.496
	0.3	0.411	0.561

(Fuente: Autor)

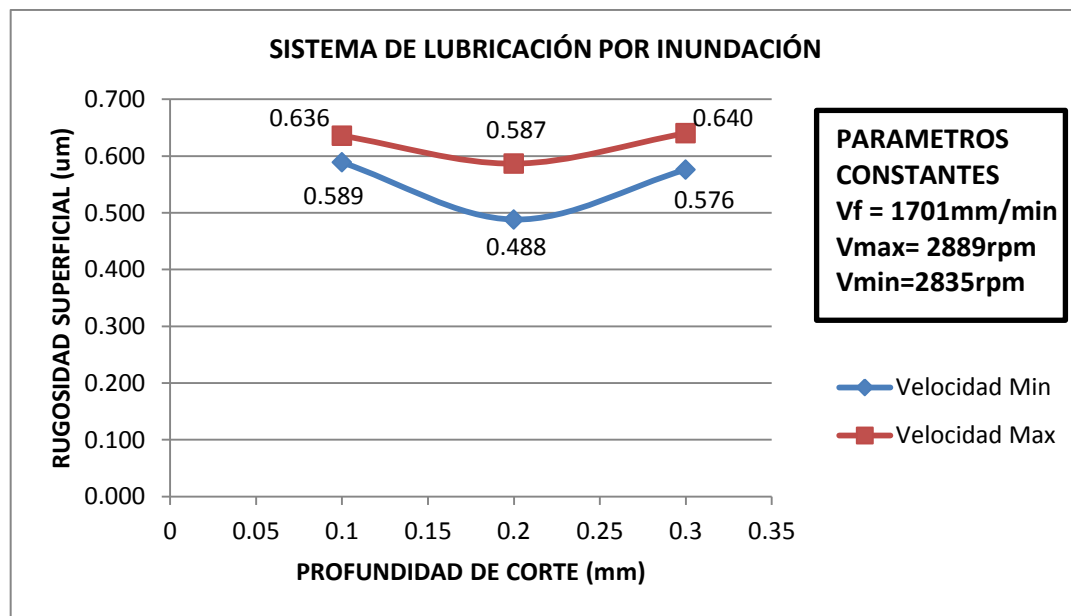


Fig. 4. 2: Comportamiento del acabado superficial bajo las condiciones de corte de la tabla 4.2 en condiciones de lubricación por inundación

(Fuente: Autor)

Según el comportamiento de la rugosidad superficial podemos ver en la figura 4.2 que las mejores características se obtienen al mecanizar con una menor velocidad debido a que en una velocidad mayor existe mucha fricción por ende la temperatura en el corte es mayor esto causa que las rebabas del material mecanizado se incrusten en el filo de corte por lo cual deja una rugosidad superficial más áspera.

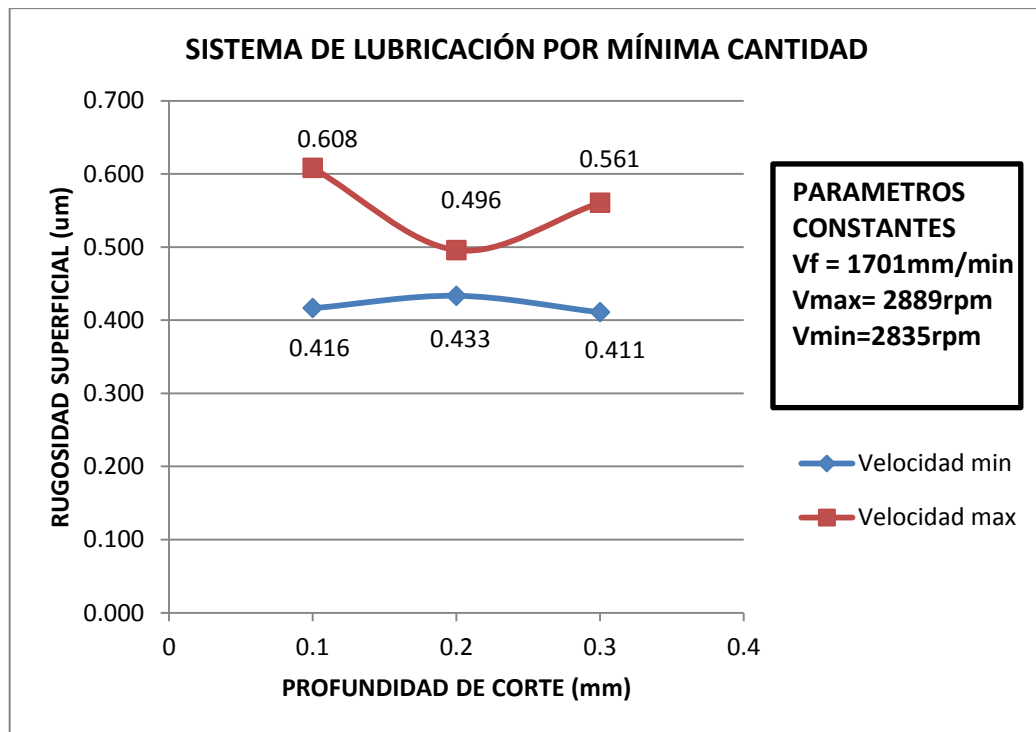


Fig. 4. 3: Comportamiento del acabado superficial bajo las condiciones de corte de la tabla 4.2 en condiciones de Mínima cantidad de lubricante
(Fuente: Autor)

Al igual que en el sistema de lubricación por inundación en la figura 4.3 las mejores características superficiales se obtiene cuando la velocidad de giro del husillo es menor salvo que con la utilización del sistema de lubricación por cantidades mínimas la rugosidad superficial es menor con respecto al sistema de lubricación por inundación

Tabla 4. 4: Parámetros de corte utilizado para el proceso de acabado por fresado

SISTEMA DE LUBRICACIÓN POR INUNDACIÓN			
Velocidad de Avance(mm/min)	Profundidad de corte (mm)	Ra(um) a velocidad de giro del husillo (Min) 2835 (rpm)	Ra(um) a velocidad de giro del husillo (Max) 2889 (rpm)
1447	0.1	0.449	0.519
	0.2	0.483	0.561
	0.3	0.444	0.577
SISTEMA DE LUBRICACIÓN POR MÍNIMAS CANTIDADES			
1447	0.1	0.417	0.430
	0.2	0.443	0.559
	0.3	0.388	0.534

(Fuente: Autor)

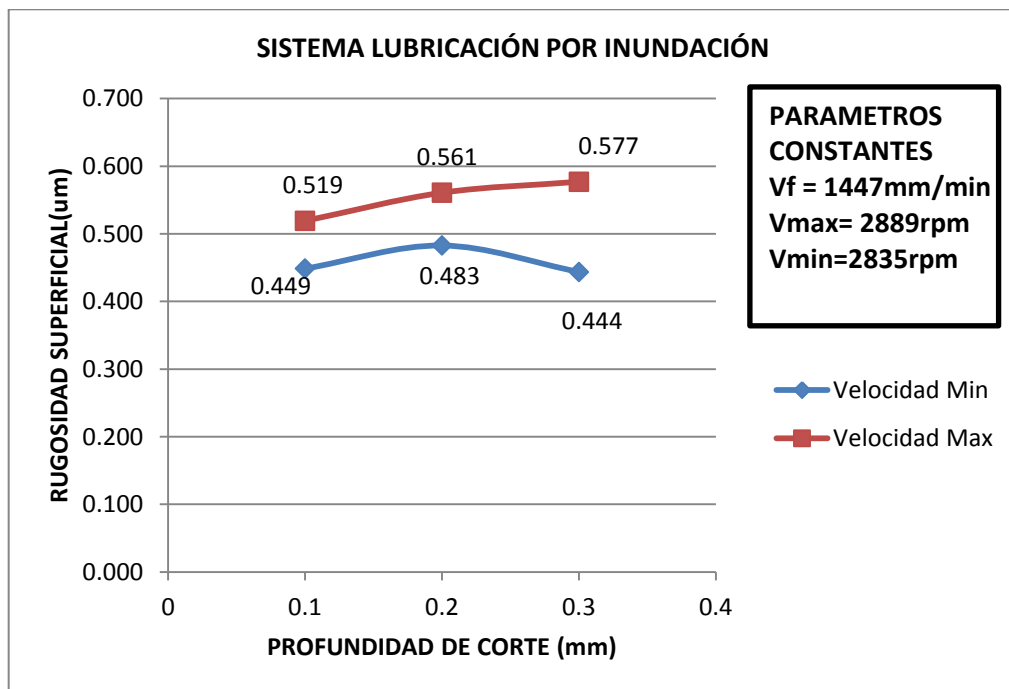


Fig. 4. 4: Comportamiento del acabado superficial bajo las condiciones de corte de la tabla 4.3, en condiciones de lubricación por inundación

(Fuente: Autor)

El comportamiento de rugosidad superficial en la figura 4.4 nos demuestra que al utilizar una menor velocidad de avance se puede obtener mejores características superficiales en comparación con lo observado en la fig.4.2.

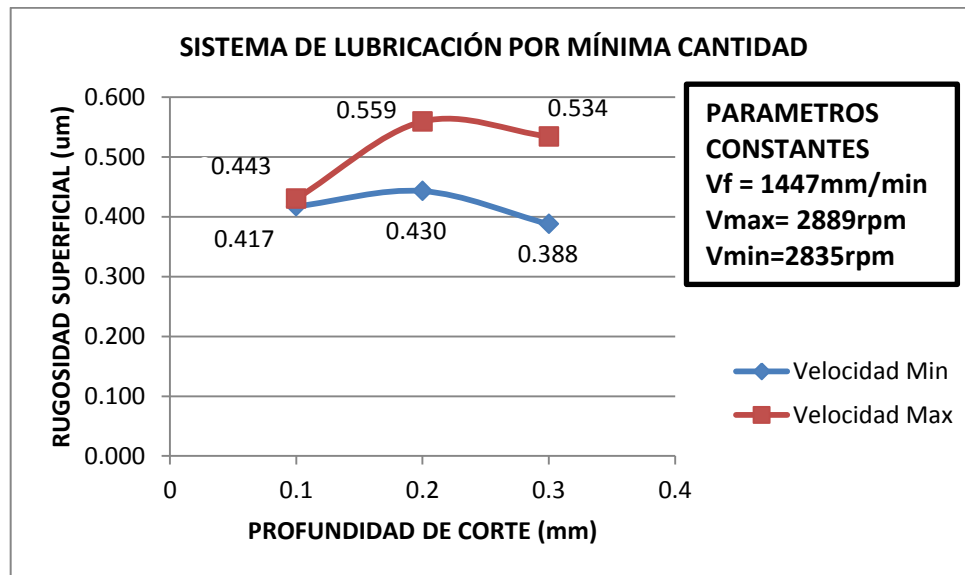


Fig. 4. 5: Comportamiento del acabado superficial bajo las condiciones de corte de la tabla 4.3, en condiciones de Mínima cantidad de lubricante

En esta figura 4.5 podemos encontrar las mejores características superficiales del estudio por lo tanto esto nos dice que si queremos mejorar el acabado superficial del fresado del acero inoxidable AISI 304 es mejor trabajar bajo las condiciones del sistemas de mínima cantidad de lubricante con una velocidad de avance de 1447mm/min tanto a una velocidad de giro del husillo máxima y mínima

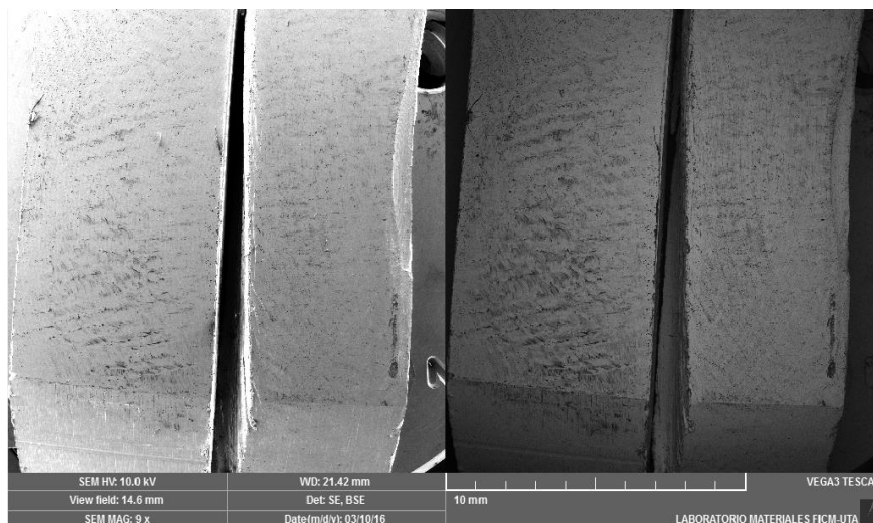


Fig. 4. 6: Evaluación del acabado superficial en el microscopio de barrido (Fuente: Autor)

Se dispone en la Figura 4.6; Al lado izquierdo la probeta A7.3 ($R_a = 0.382$) y al lado derecho la probeta B1.1 ($R_a = 0.351$) seleccionadas por tener el mejor acabado superficial del mecanizado bajo las condiciones de inundación y MQL respectivamente, aquí se muestra claramente que la probeta bajo las condiciones de MQL tiene un acabado más liso y con menos imperfecciones con tan solo una variación del $0.031 \mu\text{m}$

4.3 VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS

Para la verificación de la hipótesis se ha establecido el método “T Student con Distribucion de diferencia entre dos medias, Para lo cual se establece la siguiente hipotesis:

“Es mejor el efecto del acabado superficial del fresado del acero inoxidable AISI 304 utilizando como sistema de lubricación el sistema de mínima cantidad de lubricante (MQL) con aceite vegetal que el sistema de inundación por taladrina”

Las variables que intervienen en la hipótesis son:

Variable independiente

Sistema de mínima cantidad de lubricante (MQL) con aceite vegetal

Variable dependiente

Mejora el acabado superficial en el fresado del acero inoxidable AISI 304

Simbología

H₀ = Hipótesis Nula

H_a= Hipótesis alternativa o de investigación

α = Margen de Error

X= Denota la rugosidad superficial media del sistema de inundacion

Y= Denota la rugosidad superficial media del sistema de minima cantidad de lubricante

n1= Población 1

n2= Población 2

Modelo Lógico

Hipótesis Nula Ho

Ho: No Es mejor el efecto del acabado superficial del fresado del acero inoxidable AISI 304 utilizando como sistema de lubricación el sistema de mínima cantidad de lubricante (MQL) con aceite vegetal que el sistema de inundación por taladrina

Hipótesis alterna Ha

Ha: Es mejor el efecto del acabado superficial del fresado del acero inoxidable AISI 304 utilizando como sistema de lubricación el sistema de mínima cantidad de lubricante (MQL) con aceite vegetal que el sistema de inundación por taladrina

Modelo Matemático

Ho= $U_x = U_y$; **Ha**= $U_x \neq U_y$

Determinación del Nivel de Significancia

Para este tipo de experimento se trabajara 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

$v = n_1 + n_2 - 2$

$$v = 12 + 12 - 2$$

$$v = 22$$

Resolución:

Distribucion t tabulado

Tabla t-Student



Grados de libertad	0.25	0.1	0.05	0.025	0.01	0.005
1	1.0000	3.0777	6.3137	12.7062	31.8210	63.6559
2	0.8165	1.8856	2.9200	4.3027	6.9645	9.9250
3	0.7649	1.6377	2.3534	3.1824	4.5407	5.8408
4	0.7407	1.5332	2.1318	2.7765	3.7469	4.6041
5	0.7267	1.4759	2.0150	2.5706	3.3649	4.0321
6	0.7176	1.4398	1.9432	2.4669	3.1427	3.7074
7	0.7111	1.4149	1.8946	2.3646	2.9979	3.4995
8	0.7064	1.3968	1.8595	2.3060	2.8965	3.3554
9	0.7027	1.3830	1.8331	2.2622	2.8214	3.2498
10	0.6998	1.3722	1.8125	2.2381	2.7638	3.1693
11	0.6974	1.3634	1.7959	2.2110	2.7181	3.1058
12	0.6955	1.3562	1.7823	2.1888	2.6810	3.0545
13	0.6938	1.3502	1.7709	2.1604	2.6503	3.0123
14	0.6924	1.3450	1.7613	2.1448	2.6245	2.9768
15	0.6912	1.3406	1.7531	2.1315	2.6025	2.9467
16	0.6901	1.3368	1.7459	2.1199	2.5835	2.9208
17	0.6892	1.3334	1.7396	2.1098	2.5669	2.8982
18	0.6884	1.3304	1.7341	2.1009	2.5524	2.8784
19	0.6876	1.3277	1.7291	2.0930	2.5395	2.8609
20	0.6870	1.3253	1.7247	2.0860	2.5280	2.8453
21	0.6864	1.3232	1.7207	2.0796	2.5176	2.8314
22	0.6859	1.3212	1.7171	2.0739	2.5083	2.8188
23	0.6853	1.3195	1.7139	2.0687	2.4999	2.8073

Fig. 4. 7: Distribución t [37]

T tabulado = 2.0739

Cálculo de la distribución t

Tabla 4. 5: Media de las rugosidades obtenidas en este estudio

PROBETA	Rugosidad superficial en (um)utilizando el método de inundación con taladrina (X)	Rugosidad superficial en (um)utilizando el método de inundación MQL (Y)
1	0.589	0.416
2	0.488	0.433
3	0.576	0.411
4	0.636	0.608
5	0.587	0.496
6	0.640	0.561
7	0.449	0.417
8	0.483	0.443
9	0.444	0.388
10	0.519	0.430
11	0.561	0.559
12	0.577	0.534
Media	0.546	0.475

(Fuente: Autor)

$$S^2 = \frac{\Sigma(X_i - X)^2 + \Sigma(Y_i - Y)^2}{n_1 + n_2 - 2} \quad \text{Ecuación 4.1 [30]}$$

$$S^2 = \frac{0.0504 + 0.0594}{12 + 12 - 2}$$

$$S^2 = 0.00499$$

Se sustituye los valores correspondientes en la siguiente fórmula para obtener la distribución t

$$t = \frac{X - Y}{\sqrt{\frac{S^2}{n_1} + \frac{S^2}{n_2}}} \text{ Ecuación 4.2 [30]}$$

$$t = \frac{0.546 - 0.475}{\sqrt{\frac{0.00499}{12} + \frac{0.00499}{12}}}$$

$$t = \frac{0.071}{0.0288}$$

$$t = 2.465$$

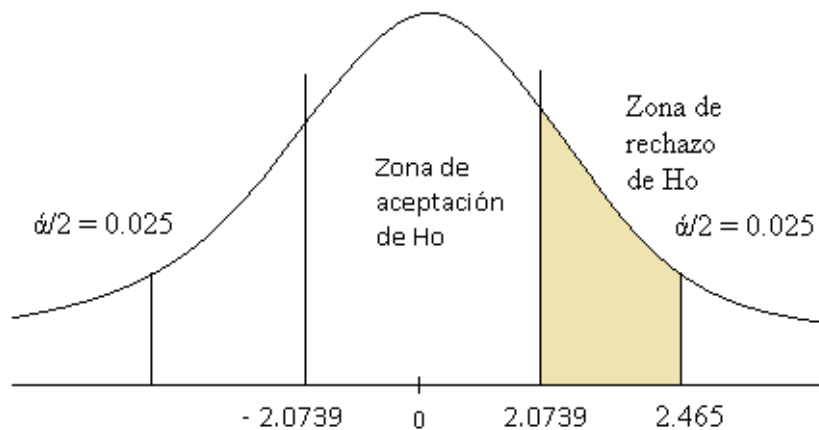


Fig. 4. 8: Campana de la distribución t
(Fuente: Autor)

Por ser el t calculado mayor que el t tabulado según la gráfica se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna que dice:

“Es mejor el efecto del acabado superficial del fresado del acero inoxidable AISI 304 utilizando como sistema de lubricación el sistema de mínima cantidad de lubricante (MQL) con aceite vegetal que el sistema de inundación por taladrina”

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- Se identificó que para el proceso de fresado se tienen 2 formas de lubricar la interfaz de la herramienta y la pieza de trabajo, que son: la lubricación por inundación y la lubricación por mínima cantidad de lubricante: en este estudio se utilizó los dos métodos bajo diferentes condiciones de corte obteniendo como resultado un mejor comportamiento de acabado superficial bajo las condiciones de mínima cantidad de lubricante como se muestra en la figura 4.1.
- Los parámetros principales que intervienen en el sistema de mínima cantidad de lubricante son: la presión y el caudal a las que se suministra el lubricante; en base a estudios anteriores en otros materiales; recomendaron el suministro de lubricante al mayor caudal, para obtener los mejores resultados, razón por la cual en este estudio se seleccionó el caudal de suministro de 480ml/h el máximo recomendado por el fabricante del equipo Miquel pro i en base a la viscosidad cinemática del fluido de 10cst, obteniendo como resultados una caracterización superficial menor con respecto al sistema de lubricación por inundación
- Se identificaron 3 parámetros esenciales que intervienen en el acabado superficial del proceso de fresado los cuales son: la velocidad de giro del husillo, la velocidad de avance, y la profundidad de corte; estos parámetros se tomó de las recomendaciones del programa en línea Coroguide de la marca Sandvik Coromant para la operación de acabado en base al material, porta inserto y a los insertos que se utilizan en este estudio, obteniéndose como resultados que al reducir tanto la velocidad de giro del husillo, la velocidad de avance se obtiene menores características superficiales y con una profundidad intermedia de 0.2 y en algunos casos con 0.3mm

- Con el equipo: Rugosímetro Mitutoyo SJ 210 se realizó las mediciones respectivas en cada una de las probetas obteniendo resultados favorables con el uso de MQL en el comportamiento del acabado superficial para el mecanizado por fresado del acero inoxidable AISI 304; dentro del estudio en comparación con la mayoría de parámetros de corte se puede ver una superioridad del este sistema frente a la utilización de la lubricación por inundación con un valor de 29.37% y en un menor valor de 0.36% como indica la tabla 4.1
- Se identifica en la recolección de datos en las fichas del capítulo 5 que el grado de rugosidad superficial según calificación está en un rango N6 y N5 (acabado superficial fino y que habitualmente corresponden a un rectificado), tanto en condiciones de lubricación por inundación de taladrina o aceite soluble y mínima cantidad de lubricante (MQL) con aceite vegetal, resultando el mejor grado superficial para el sistema de mínima cantidad de lubricante en las probetas B9.

5.2 RECOMENDACIONES

Al finalizar este estudio de caracterización superficial se recomienda:

- Las características superficiales hoy en países industrializados es un factor muy importante que se evalúa para que una pieza mecanizada sea calificada como de buena calidad, es por eso que aquí en nuestro país también debemos preocuparnos más de este factor importante que brinda muchos beneficios mecánicos y poder crear elementos mecánicos que puedan competir con altos estándares
- Si se desea llegar a obtener valores más bajos en rugosidad superficial en el proceso de fresado del acero inoxidable AISI 304 mecanizar a una velocidad de giro del husillo de 2835rpm, velocidad de avance de 1747mm/min a una profundidad de 0.3 mm y en condiciones mínima cantidad de lubricante

- Al utilizar el sistema de mínima cantidad de lubricante el operador debe utilizar mascarilla ya que este sistema atomiza el aceite en partículas muy pequeñas lo que facilita el ser inhalado
- Construir un portaprobetas de acuerdo al tamaño de la probeta con el fin de poner la superficie al nivel y ajustada para facilitar la medición con el rugosímetro y evitar vibraciones que no de valores erróneos.
- Para realizar mediciones con el instrumento de medición de rugosidad superficial en las superficies mecanizadas primero hay que cerciorarse que estas se encuentren libres de grasa o aceite

MATERIALES DE REFERENCIA

Bibliografía

- [1] Kedare S. B., Borse D.R., and Shahane P. T., «Effect of Minimum Quantity Lubrication (MQL) on Surface Roughness of Mild Steel of 15HRC on Universal Milling,» pp. 150-153, 2014.
- [2] Bikash Chandra Behera, Chetan, Sudarsan Ghosh, P Venkateswara Rao, «Effects on forces and surface roughness during machining inconel 718 alloy using minimum quantity lubrication,» pp. 116-1-116-5, 12 2014.
- [3] U. Alper, D. Furkan y E. Altan, «ResearchGate,» 2015. [En línea]. Available: https://www.researchgate.net/publication/282557216_Applying_Minimum_Quantity_Lubrication_MQL_Method_on_Milling_of_Martensitic_Stainless_Steel_by_Using_Nano_Mos2_Reinforced_Vegetable_Cutting_Fluid. [Último acceso: 30 10 2015].
- [4] SUPERINTENDENCIA DE COMPAÑÍAS DEL ECUADOR, «Superintendencia de Compañías del Ecuador,» [En línea]. Available: http://www.supercias.gov.ec:8080/sector_sociedades/faces/parametros_consulta_cias_x_provincia_y_actividad.jsp. [Último acceso: 2015 05 28].
- [5] Mikell P. Groover, Fundamentos de manufactura moderna, Alvaro Obregon: McGraw hill, 2007.
- [6] A. Leyensetter,G., Tecnología de los oficios metalurgicos, Barcelona: Reverté S.A., 1984.
- [7] C.M.V.Rivero, «Didacta,» 15 12 2009. [En línea]. Available: http://www.didacta21.com/documentos/revista/Diciembre09_Vera_Rivero_Cristin

- a_Mercedes.pdf. [Último acceso: 14 08 2015].
- [8] A. L. Rodrigues, *Desenho Técnico Mecânico*, São Paulo: Elsevier - Campus, 2015.
- [9] Sandvik, «Sandvik,» [En línea]. Available: http://www.sandvik.coromant.com/es-es/knowledge/materials/cutting_tool_materials/coated_cemented_carbide/pages/default.aspx. [Último acceso: 11 08 2015].
- [10] J. P. Davim, «Green manufacturing Processes and Systems,» Portugal, Aveiro: Springer, 2012, pp. 37-38.
- [11] Rodrigues, Castro y D. Real, *Procesos Industriales para materiales Metalicos*, Madrid: Vision Net, 2006.
- [12] D. V. D. Nilesh C Ghuge, «iosrgen,» 2012. [En línea]. Available: <http://www.iosrjen.org/Papers/NSER'2012/M0285560.pdf>. [Último acceso: 21 03 2015].
- [13] Kalpakjian y Schmid, *Manufactura Ingenieria y tecnologia*, Mexico: Pearson Educación, 2002.
- [14] I. GIL, «BRETIS,» 2011. [En línea]. Available: <http://www.brettis.com/Tutorial/Fluidos%20para%20procesos%20M.Q.L..pdf>. [Último acceso: 18 03 2015].
- [15] IHOBE, «IHOBE,» 2014. [En línea]. Available: <http://www.ihobe.eus/Paginas/Ficha.aspx?IdMenu=ee1f3f07-c9ec-4775-9365-dd6101411f35&Idioma=es-ES>. [Último acceso: 21 03 2015].
- [16] Gat, «Gat,» [En línea]. Available: http://www.gat-mbh.de/sp/info/pdf/BrochureIMQL_sp.pdf . [Último acceso: 12 12 2015].
- [17] M. J. Calzado, «Fabricación sostenible. Lubricación por cantidades mínimas (MQL),» 10 07 2012. [En línea]. Available: [https://www.interempresas.net/MetalMecanica/Articulos/98474-Fabricacion-sostenible-Lubricacion-por-cantidades-minimas-\(MQL\).html](https://www.interempresas.net/MetalMecanica/Articulos/98474-Fabricacion-sostenible-Lubricacion-por-cantidades-minimas-(MQL).html).
- [18] Davis & Associates, *Stainless steels*, United States: ASM. International, 1994.
- [19] Carles Riva Romeva, *Selección de materiales en el diseño de máquinas*, Barcelona: Universidad Politecnica de Catalunya,SL, 2008.
- [20] Ivan bohman , «Ivan bohman,» [En línea]. Available: http://www.ivanbohman.com.ec/wp-content/uploads/2015/12/aceros_inoxidables.pdf. [Último acceso: 03 02 2016].
- [21] American Society of Mechanic Engineers, ASME B46.1- Surface Texture (surface roughness waviness and lay), New York: American Society of Mechanic Engineers, 2009.
- [22] 1302, UNE-EN ISO, *Indicacion de la calidad superficial en la documentacion tecnica de productos*, Madrid: Asociacion Española de Normalizacion y Certificación , 2002.
- [23] A. Rosales y A. Pedro, «CARACTERIZACIÓN DE LA RUGOSIDAD SUPERFICIAL EN PROCESOS DE FRESADO FRONTAL PARA ALEACIONES DE ALUMINIO 7075-T6,» San Luis Potosi, Somim, 2011, p.

569.

- [24] C. Bulmaro, «DESARROLLO DE UN MODELO SEMI-EMPÍRICO PARA LA SELECCIÓN DE PARÁMETROS DE CORTE EN EL FRESADO A TRAVÉS DE CRITERIOS DE RESTRICCIÓN DE INTEGRIDAD SUPERFICIAL,» Mexico, 2007.
- [25] N. Pedro, Analisis experimental en la calidad superficial en procesos de eliminacion de material, Madrid: Universidad de Castilla-La mancha, 1998.
- [26] Sandvik, «Sandvik coromant,» [En línea]. Available: http://www.sandvik.coromant.com/es-es/knowledge/milling/formulas_and_definitions/the_milling_process. [Último acceso: 25 08 2015].
- [27] Wisley Sales, Marcelo Becker, Clovis S. Barcellos and Ja´nes Landre Jr, John Bonney and Emmanuel O. Ezugwu, «Tribological behaviour when face milling AISI 4140 steel with minimum quantity fluid application,» pp. 84-90, 2009.
- [28] Larburu Nicolas , Máquinas Prontuario, Madrid: Paraninfo,S.A., 2005.
- [29] Mitutoyo, Surface roughness measuring tester SJ-210 Manual de usuario, Japón: Mitutoyo Company, 2012.
- [30] Dr. Alvares, José, «Estadística para toma de decisiones,» Riobamba, Chimborazo: Universidad Nacional de Chimborazo, 2011, p. 112.
- [31] S. Coromant, «Sandvik,» [En línea]. Available: <http://www.sandvik.coromant.com/en-us/products/Pages/productdetails.aspx?c=ra390-025m25-11m>. [Último acceso: 6 11 2015].
- [32] Sandvik Coromant, «Sandvik Coromant,» [En línea]. Available: <http://www.sandvik.coromant.com/en-us/products/Pages/productdetails.aspx?c=r390-11+t3+08m-mm+2030>. [Último acceso: 6 11 2015].
- [33] Dropsa, «Dropsa,» 2015. [En línea]. [Último acceso: 22 06 2015].
- [34] I. bohman. [En línea]. Available: <http://www.ivanbohman.com.ec/product-detail/lubricantes/>. [Último acceso: 14 11 2015].
- [35] UNIST, «UNIST,» [En línea]. Available: <http://unist.com/uploads/MSDS/Coolube%202210EP.pdf>. [Último acceso: 15 11 2015].
- [36] Sandvik Coromant, «Coroguide,» [En línea]. Available: <http://toolguide.sandvik.coromant.com/TouchTime?ProductArea=CLAK%2bvS8LRMdMejTpez5Yg%3d%3d&Language=Av4rfVNWS90G4CvcFS5hIA%3d%3d&UnitSystem=eWpJOfQyZGdifwL7TJuRCQ%3d%3d&MaterialID=5745646&CustomerID=dfdISf9ika9IW3U1eDog%2bA%3d%3d&UserID=dfdISf9ika9IW3U1eD>. [Último acceso: 18 11 2015].
- [37] D. pinto, «procesamiento del lenguaje natural,» 2010. [En línea]. Available: dpinto.cs.buap.mx/pln/Autumn2010/tstudenttable.pdf. [Último acceso: 12 03 2016].

ANEXOS

ANEXO 1.-Código g para la operación de acabado en cada una de las probetas

G21
G0 G17 G40 G49 G80 G90
G0 G90 G54 X0. Y-45.S2835 M3
G43 H1 Z25.
Z10.
G1 Z-0.1 F360
Y45. F1701
G0 Z25.
M5
G91 G28 Z0.
G28 X0. Y0.
M30
%

ANEXO 2.-Ficha técnica del Centro de mecanizado CNC KIA KV40A



SPECIFICATIONS:

CONTROL: FANUC OM-B

TRAVELS: X = 22.4"

Y = 16"

Z = 18"

TABLE TO SPINDLE NOSE: 5.9" – 24"

COLUMN TO SPINDLE CENTER: 26.7"

SPINDLE TAPER: #40

SPINDLE SPEEDS: 150 – 6000 RPM

SPINDLE DRIVE MOTOR: AC 5.5/3.7Kw (7.5/5HP)

FEED: 1 – 5000 mm/min. (196"/min)

RAPID TRAVERSE: X, Y AXIS = 590"/min Z AXIS = 472"/min TABLE SIZE: 16" x 35.4"

MAX TABLE LOAD: 660 LBS.

ATC: 20 POSITIONS

TOOL CALL SELECTION: RANDOM



MAX TOOL DIA x LENGTH = 3.15" x 10"

MAX TOOL WEIGHT = 17.6 LBS.

FLOOR SPACE: 88.7" x 81.5" x 103"H

NET MACHINE WEIGHT = 8,890 LBS.

ANEXO 3.-Ficha Técnica de la herramienta de corte Sandvik Coromant

Información del producto	Precio y disponibilidad																								
<p>Código de pedido ISO R390-025A25-11M ANSI R390-025A25-11M Id. del producto 5745472 Código de barras 11065961</p> <p>Descripción del producto CoroMill® 390, fresa de escuadrar</p> <p>Piezas de repuesto Piezas de repuesto</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p>Descargar:</p> <p> Dibujo CAD (.dxf)</p> <p> Modelo 3D (.stp)</p> </div>	<p>Inicie sesión para más información sobre disponibilidad.</p>																								
<table border="0"> <tbody> <tr> <td>insert seat size code, SSCM_END</td> <td>11</td> </tr> <tr> <td>insert seat size code, SSCN_END</td> <td>11</td> </tr> <tr> <td>dirección de la máquina en acoplamiento adaptador, ADINTMS</td> <td>Cylindrical shank without clamping features - metric: 25.0</td> </tr> <tr> <td>código de tamaño de conexión, CZC</td> <td>25</td> </tr> <tr> <td>cutting item count, CICTEND</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>cutting item count, CICTTOT</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>diámetro de conexión, DCON</td> <td>25mm</td> </tr> <tr> <td>contacto frontal de diámetro de corte, DCF</td> <td>23.4mm</td> </tr> <tr> <td>diámetro máximo de corte, DCX</td> <td>25mm</td> </tr> <tr> <td>voladizo máximo, OHX</td> <td>64mm</td> </tr> <tr> <td>profundidad de corte máxima, APMX</td> <td>10mm</td> </tr> <tr> <td>profundidad máxima de avance axial, AZ</td> <td>1mm</td> </tr> </tbody> </table>		insert seat size code, SSCM_END	11	insert seat size code, SSCN_END	11	dirección de la máquina en acoplamiento adaptador, ADINTMS	Cylindrical shank without clamping features - metric: 25.0	código de tamaño de conexión, CZC	25	cutting item count, CICTEND	3	cutting item count, CICTTOT	3	diámetro de conexión, DCON	25mm	contacto frontal de diámetro de corte, DCF	23.4mm	diámetro máximo de corte, DCX	25mm	voladizo máximo, OHX	64mm	profundidad de corte máxima, APMX	10mm	profundidad máxima de avance axial, AZ	1mm
insert seat size code, SSCM_END	11																								
insert seat size code, SSCN_END	11																								
dirección de la máquina en acoplamiento adaptador, ADINTMS	Cylindrical shank without clamping features - metric: 25.0																								
código de tamaño de conexión, CZC	25																								
cutting item count, CICTEND	3																								
cutting item count, CICTTOT	3																								
diámetro de conexión, DCON	25mm																								
contacto frontal de diámetro de corte, DCF	23.4mm																								
diámetro máximo de corte, DCX	25mm																								
voladizo máximo, OHX	64mm																								
profundidad de corte máxima, APMX	10mm																								
profundidad máxima de avance axial, AZ	1mm																								

longitud funcional, LF	120 mm
longitud utilizable, LU	32 mm
peso del elemento, WT	0.54 kg
código de modelo de entrada de refrigerante, CNSC	1: axial concentric entry
master insert identification, MIIDM_END	R390-11..
master insert identification, MIIDN_END	R390-11..
velocidad de giro máxima, RPMX	36500 r/min
ángulo del filo de herramienta, KAPR	90 deg
código de modelo de herramienta, TSYC	R390..Axx
número de filos efectivo frontal, ZEFF	3
mano, HAND	R
torque, TQEND	1.2 Nm
relación de empañe de trabajo máximo, AERMX	1
código del material del cuerpo, BMC	Steel
presión de refrigerante, CP	10 bar
diferencial de paso de corte, CPDF	0
tipo de operación, CTPT	pre-machining and finishing
propiedad de amortiguación, DPC	FALSE
tipo de elemento, ITEMYPE	Tool Item
longitud total, OAL	120 mm
ID de paquete de emisión, RELEASEPACK	98.3
identificador de fila, RID	S
ángulo máximo de progresión en rampa, RMPX	5 deg
ramping angle maximum, RMPXFFW	5 deg
número ajustable de plaquitas, ZADJ	0
número de filos efectivo periférico, ZEFP	3

ANEXO 4.- Ficha Técnica de los insertos de la marca Sandvik Coromant

R390-11 T3 08M-MM 2030 CoroMill® 390, plaquita para fresado



Plaquita



Herramienta (240)

Información del producto

Código de pedido

ISO R390-11 T3 08M-MM 2030
ANSI R390-11 T3 08M-MM 2030
Id. del producto 5745646
Código de barras 11158722

Descripción del producto

CoroMill® 390, plaquita para fresado

Precio y disponibilidad

Inicie sesión para más información sobre disponibilidad.

insert seat size code, SSCM	11
insert seat size code, SSCN	11
tipo de operación, CTPT	Medium
Radio de punta, RE	0.8mm
longitud del filo, L	11.45mm
longitud filo Wiper, BS	1.2mm
grosor de plaquita, S	3.59mm
Anchura de plaquita, W1	6.8mm
profundidad de corte máxima, APMX	10mm
mano, HAND	R
tamaño y forma de plaquita, CUTINT_SIZESHape	COR: CoroMill 390 -11T3
acoplamiento de sujeción de plaquita, CUTINT_CLAMPSURF	40°-60° countersunk hole and non-flat surface

+ Mostrar datos de productos adicionales

P fz: 0.13 mm(0.08-0.2) vc: 230 m/min(225-235)

M fz: 0.13 mm(0.08-0.2) vc: 270 m/min(260-275)

[Click here to customize cutting data](#)

ANEXO 5.- Ficha técnica del lubricante para el sistema de inundación

**TRICUT
2000 WS**

**ACEITE
SOLUBLE
SINTETICO**

**PARA CORTE O
MAQUINADO**

**ALTO
RENDIMIENTO**

**TRICUT 2000
WS/ 5 GL.**

**TRICUT 2000
WS/GL.**

**TRICUT 2000
WS/LT.**

**Tribology
Tech-Lube**

TRICUT 2000 WS es un fluido sintético soluble en agua que incorpora los últimos desarrollos de la tecnología moderna.

Este aceite soluble tiene aplicaciones multipropósitos y ha sido formulado como fluido para mecanizados de metales, tanto ferrosos como no ferrosos.

TRICUT 2000 WS está estabilizado para resistir el ataque de las bacterias que ocasionan la rancidez y mal olor del lubricante de corte y de esta manera asegurar una larga vida al aceite.

ESPECIFICACIONES TECNICAS

Color del concentrado	Café claro
Color ya diluido	blanco lechoso
pH	7.5
Viscosidad	
SUS @ 100 °F	315
Relación de dilución para metales ferrosos	10:1
Relación de dilución para metales no ferrosos	20:01

Este aceite es para trabajos pesados de:

- Roscar
- Tornear
- Brochado
- Cortar
- Fresado
- Rectificado
- Filetear

CARACTERISTICAS ESPECIALES DE TRICUT WS

- Vida extra larga de la herramienta y dados.
- Evita la descoloración de las superficies de las piezas trabajadas.
- Mejora los acabados del metal trabajado.
- Proporciona una protección superior contra el óxido y corrosión.
- Asegura la no-soldabilidad entre las herramientas y la pieza trabajada.
- Intervalos de cambio de aceite más largos.
- No es tóxico.
- No produce dermatitis.



Máquina de cortar acero sierra cinta



Máquina de cortar acero de vaiven



Cepilladora de cabezotes



Rectificadora de cigueñales

Distribuido por:



IVAN BOHMAN C.A.

Sirviendo al País desde 1935

ANEXO 6.- Ficha técnica del lubricante MQL Coolube 2210 EP



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.



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

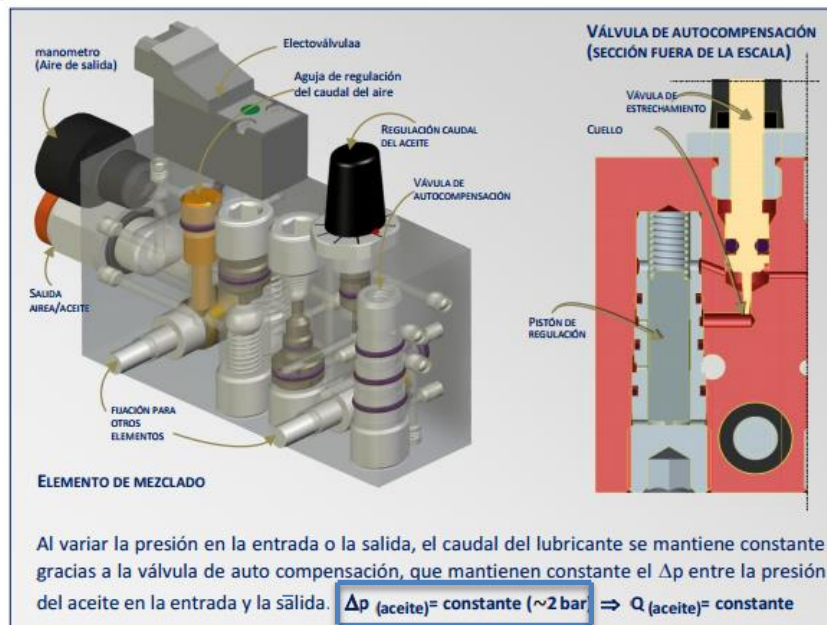
ANEXO 7.- Ficha técnica del sistema de mínima cantidad de lubricante

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	~50Nl/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 x 8,16)/V P = pressione di funzionamento in [bar] V = viscosità [Engler] alla temp. di funzionamento
Olio lubrificante	10cSt ÷ 100cSt	
Grado di protezione elemento "ε"	standard	IP 00
	su richiesta (speciale)	IP 65
Grado di protezione serbatoio	IP 65	
Taratura pressostato	6bar	
Carico massimo pressostato	Contacto 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 CEE DI CONFORMITÀ/DECLARATION OF COMPLIANCE WITH STANDARDS/
DECLARATION DE CONFORMITE/ KONFORMITÄTSEKLRÄRUNG 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/ dass 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 baja tensión/ Directiva de baixa tensão

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



Vimodrone (MI), June 2014

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

Technical Director:
Walter Divisi

C2159DM

ANEXO 8.- Facturas de equipos y herramientas

CONTRIBUYENTE ESPECIAL NRO. DE RESOLUCIÓN 183

OBLIGADO A LLEVAR CONTABILIDAD

Elina Genoveva Castro Pazmiño "PROMETAL"® PROVEEDORES INDUSTRIALES Matriz: Ayllón 10-19 y Primera Imprenta Telfs: 2829045 - 2825805 Ambato - Ecuador	FACTURA N° 001-001 0354113 RUC.1801395508001 Aut. SRI No. 1118012136
---	---

Cliente: GUIJARRO PORTERO MAX ALEJANDRO Fecha: 07.01.2016
 Ruc/Ci.: 1804592895 Vendedor: TI
 Direc. LA VICENTINA Forma-pago: Contado
 Teléf. 0984393811 Vence:

cnt.	un código	descripción	precio	desc.	total
1.90	kl 202138	304 38mm 1.1/2	5.422	0.00	10.302

SUB - TOTAL	DESCUENTO	VALOR NETO	IVA %	TOTAL
10.30	0.00	10.30	1.24	11.54

Ref : 395

Revisado

Firma Cliente

Vendedor

El titular de este crédito autoriza a "PROMETAL" a publicar, de considerarse necesario la información referente a este crédito en cualquier Buró de Crédito autorizado por la Superintendencia de Bancos

INDUSTRIAS DE PAPEL PAPELOM Cia. Ltda. - Ambato RUC: 189140625001 • Aut. # 1960 Telefex: 2825373 / 2421647
 FECHA AUTORIZACION 08-DICIEMBRE-2015 • VALIDO HASTA 08-DICIEMBRE-2016 Numerado del 353131 al 355130 **ADQUIRENTE** (Original: Blanca) - **EMISOR** (Copia: Celeste)

REINSER

Recursos Innovaciones y Servicios, S.L.U.

Lubricación Centralizada
Logística de Engrase
Plásticos Técnicos

OFICINAS-TALLER-ALMACEN
Travesía Valboniel, 4 F (Poligono Sur)
33450 PIEDRAS BLANCAS (ASTURIAS) - España
Tel (34) 985.50.84.08 - 985.54.90.30
Fax (34) 985.53.09.79
e-mail: reinser@reinser.es

DOMICILIO SOCIAL
C/ Quirinal, 9-4ºD
33401 AVILES (ASTURIAS) - España

MAX GUIJARRO PORTERO
MAX GUIJARRO PORTERO
C/ MAGALLANES Y PIZARRO

180102 AMBATO
TUNGURAHUA/ECUADOR

ALBARAN DE ENTREGA

Nº albarán: A/3.457

Fecha: 05/10/2015

Ped.ciente: MAX GUIJARRO

CIF/NIF/VAT	Código Cliente	Código Proveedor	Hoja
1804592895	50.489		1 de 1

Insc. Reg. Merc. Asturias Tomo 3378 Libro 0. Folio 191, Hoja AS-32784. Inscripción 1ª - C.I.F. (ES) B74146481

Referencia	Concepto	Cantidad	Precio	Dto	Total
3135551	MIQUEL PROi - 1 MODULE - 3Lt	1,00	654,00 €	30,00	457,80 €
5717232	TUBO A-A 3 X 1.5	6,00	0,26 €	30,00	1,09 €
5717301	TUBO A-A 6X4.5	6,00	1,44 €	30,00	6,05 €
3133455	SPRAY NOZZLE	1,00	61,80 €	30,00	43,26 €
VARIOS	KIT LLENADO REI13205	1,00	21,24 €		21,24 €

Bruto	Descuento 0%	Base Imponible	Tipo Iva	Importe Iva	Total Albarán
529,44 €	0,00 €	529,44			529,44 €

Total Uds.

A los efectos previstos en la Ley Orgánica 15/1999, de 13 de diciembre de, sobre Protección de Datos de Carácter Personal, se le informa que sus datos personales se incorporarán a un fichero propiedad de la entidad Recursos Innovaciones y Servicios, S.L.U. con la finalidad de poder prestarle los servicios solicitados (mantenimiento relación contractual), así como de mantenerle informado por cualquier medio (incluido el correo electrónico o sistema electrónico equivalente) de todas aquellas actividades, productos y servicios de nuestra entidad que estimamos pueden ser de su interés.
Sus datos podrán ser cedidos para las indicadas finalidades que puedan ser realizadas entre la entidad y otras sociedades relacionadas con la prestación de los servicios solicitados o auxiliares de éstos en los términos previstos en indicada Ley.
Usted tiene derecho al acceso, rectificación, cancelación y oposición en los términos previstos en la Ley, que podrá ejercitar por escrito dirigido a: Recursos Innovaciones y Servicios, S.L.U., responsable de fichero, con la dirección C/ Quirinal, 9-4ºD 33401 AVILES (ASTURIAS) - España.
En el caso de producirse alguna modificación de sus datos, rogamos nos lo comunique debidamente por escrito con la finalidad de mantener sus datos actualizados.

Cancele sus facturas en Cheque, depósito a las ctas. ctes: Produbanco :
02006056934 - Pacífico: 11135-7 - Pichincha : 31306954-04
DOCUMENTO SIN VALIDEZ TRIBUTARIA PRE-FACTURA

CLIENTE: GUIJARRO PORTERO MAX ALEJANDRO RUC / C.I.: 1804592895
DIRECCIÓN: LA VICENTINA: MAGALLANEZ Y PIZARRO
CIUDAD ...: AMBATO PROVINCIA ...: TUNGURAHUA TELÉFONO : 032849547 FAX:

Factura: 004-016-000000696 FECHA : 08/12/2015 15:37:29
CONDICIÓN VTA: CONTADO FECHA VENCIMIENTO: 08/12/2015
CÓDIGO CLIENTE : 00070022698 ORDEN DE VENTA : 00482428 047
CÓDIGO VENDEDOR : 14025 NOMBRE VENDEDOR : RIVADENEIRA FIGUEROA JAVIER
CÓDIGO FACTURADO: 11003 NOMBRE FACTURADOR ...: SUAREZ AGUIRRE LUCIA NC
GUIA DE REMISION : 004-016-000000704 TRANSPORTE: RETIRA
OBSERVACIÓN: LOCAL
MULTIVENCIMIENTOS

PODRA TENER ACCESO A SU FACTURA ELECTRONICA INGRESANDO CON SU NUMERO DE IDENTIFICACIÓN A [HTTP://EFACTURACION.IVANBOHMAN.COM.EC](http://eFACTURACION.IVANBOHMAN.COM.EC)

34	43	R390-025A25-11M	UTIL DE FRESAR	UN	1.00	222.0000	222.00
34	43	R390-11T308M-MM2030	PLAQUITA	UN	10.00	12.8400	128.40

CANCELADO
IVAN BOHMAN CA
08 DIC 2015
SUC. QTO. SUR

350.40 0.00 350.40 42.05 0.00 USD 392.45

[Handwritten signature]
Dora
Suarez

ESTUDIO DEL EFECTO DEL SISTEMA DE MÍNIMA CANTIDAD DE LUBRICANTE (MQL) CON ACEITE VEGETAL EN EL ACABADO SUPERFICIAL DEL FRESADO DEL ACERO INOXIDABLE AISI 304

Guijarro Portero Max Alejandro

Facultad de ingeniería Civil y Mecánica, Universidad técnica de Ambato
Av. Los Chasquis y Río Payamino - Ciudadela Universitaria, Tel. 032841144-
032841062, Ambato Ecuador

max_ale24@yahoo.es

ABSTRACT

The present study has as its main objective: to study the effect of minimum amount of lubricant on the surface finish milling of stainless steel AISI 304, for which 120 specimens were machined under the conditions of lubrication flood and minimum quantity of lubrication (MQL), which was used as coolants soluble oil and vegetable oil respectively

The machine on which it was carried out the experiment was on a CNC machining center brand KIA, in which the system of minimum Quantity of lubrication brand pro i Miquel adapted DropsA

The finishing process for milling stainless steel AISI 304 made with inserts and carbide inserts carrying the brand Sandvik Coromant which cutting parameters are selected according to their recommendations for this process

Finally the surface roughness (Ra) obtained in the specimens machined with profilometer Mitutoyo SJ210 under the ISO 1997 standard with which it was determined that the best surface characteristics are obtained when the finishing process is performed under lubrication conditions was measured by minimum quantity of lubrication oil of vegetal origin.

RESUMEN

El presente estudio tiene como objetivo principal: estudiar el efecto de mínima cantidad de lubricante en el acabado superficial por fresado del acero inoxidable AISI 304, para lo cual se mecanizaron 120 probetas bajo las condiciones de lubricación de inundación y de mínima cantidad de lubricante (MQL), en los que se usó como fluidos refrigerantes aceite soluble y aceite de origen vegetal respectivamente

La máquina en la que se llevó a cabo el experimento fue en un centro de mecanizado CNC de marca KIA, en el cual se adaptó el sistema de mínima cantidad de lubricante de la marca Miquel pro i de Dropsa

El proceso de acabado por fresado del acero inoxidable AISI 304 realizó con un porta insertos e insertos de metal duro la marca Sandvik coromant de la cual se seleccionó los parámetros de corte según sus recomendaciones para este proceso

Finalmente se midió la rugosidad superficial (Ra) obtenida en las probetas mecanizadas con un rugosímetro Mitutoyo SJ210 bajo la norma ISO 1997 con el cual se pudo determinar, que las mejores

características superficiales se obtienen cuando el proceso de acabado se realiza bajo las condiciones de lubricación por

mínima cantidad de lubricante con aceite de origen vegetal.

Keywords: stainless steel, surface finish

Minimum quantity of lubrication.

1 INTRODUCCION

El acabado de la superficie es un término más subjetivo que denota la suavidad y calidad general de una superficie. En el habla popular es frecuente utilizar el acabado superficial o de la superficie como sinónimo de su rugosidad. [5]

La función utilizada para representar las desviaciones punto por punto entre el perfil medido y la referencia de la línea media, para instrumentos digitales es el perfil $Z(x)$ es aproximada por un conjunto de valores digitalizados (Z_i) grabado con el intervalo de muestreo (Δ). Rugosidad media, R_a es la media aritmética de los valores absolutos de las desviaciones de altitud perfil registradas dentro de la longitud de evaluación y medidas a partir de la línea media. R_a es igual a la suma de las áreas sombreadas del perfil dividida por la longitud de evaluación L , que generalmente incluye varias longitudes de muestreo o puntos de corte, analíticamente, R_a está dado por:

$$R_a = \frac{1}{L} \int_0^L |Z(x)| dx \quad \text{Ecuacion 1 [21]}$$

Esta propiedad nos permite evaluar y clasificar el grado de calidad que se obtiene de un elemento que ha pasado por un proceso de producción, se sabe

también que existen muchos factores dentro del proceso de mecanizado que no se pueden controlar estos son: la vibración, la geometría de la herramienta de corte, la dureza del material que se mecaniza, y otros parámetros que se pueden controlar como es la velocidad de giro del husillo, velocidad de avance, profundidad de corte y la lubricación que es en donde esta investigación se ha llevado a cabo, por tal razón se evalúa el efecto que causa en el acabado superficial el sistema de lubricación por cantidades mínimas frente al sistema de lubricación por inundación

Sistema de mínima cantidad de lubricante MQL

En este podemos encontrar dos sistemas de mínima cantidad de lubricante que son el sistema interno y el externo, nosotros nos enfocaremos en el sistema MQL externo ya que es el sistema que estamos evaluando con el comportamiento del acabado superficial del fresado del acero inoxidable AISI 304.

Este sistema funciona de la siguiente manera.

El aerosol necesario en el punto del proceso se genera a la salida de la boquilla que el lubricante y el aire de atomización se alimentan a través de

líneas coaxiales hasta la boquilla de rociado que opera como efecto venturi. Un tubo interior suministra una mínima cantidad de lubricante, mientras que otro tubo exterior rodea a este chorro con aire y lo expulsa hacia la herramienta. El flujo concéntrico de aceite y aire que resulta de este diseño evita que el chorro de rociado se expanda y se contamine el entorno con el aerosol sobrante. La lubricación externa se utiliza principalmente en operaciones de corte de material por sierra, fresado de ranuras y operaciones de torneado. La orientación de la tobera de suministro debe ajustarse manualmente dependiendo de la longitud y el diámetro de la herramienta. Cuando las herramientas involucradas en la operación no tienen canales de refrigeración interna el suministro externo es la única solución. [17]

2 Procedimiento experimental

Se procederá a la investigación bibliográfica de libros, artículos técnicos, manuales, referentes al tema, éstas nos proporcionara la información necesaria para la selección de los parámetros de corte, para la operación de acabado por fresado del acero inoxidable AISI 304, para la lubricación por medio del sistema MQL con aceite vegetal y la lubricación por inundación de taladrina o aceite soluble, en base a estos parámetros seleccionados se procederá a mecanizar cada una de las probetas en el centro de mecanizado CNC KIA KV40A con las herramientas seleccionadas de la marca Sandvik Coromant, posteriormente con el rugosímetro Mitutoyo SJ210 se tomara 5 mediciones a lo largo de cada probeta con el fin de obtener un promedio de rugosidad superficial, estos constarán

en las fichas para la recolección de esta información. Finalmente se realizara gráficas de los resultados obtenidos en función de velocidad de giro del husillo, velocidad de avance, profundidad de corte y sistema de lubricación, con el fin de comparar y concluir el efecto en el acabado superficial del fresado del acero inoxidable AISI 304.

Cabe mencionar que ante de ejecutar el mecanizado por fresado previamente se mecanizo un eje para darle la forma como indica en la figura

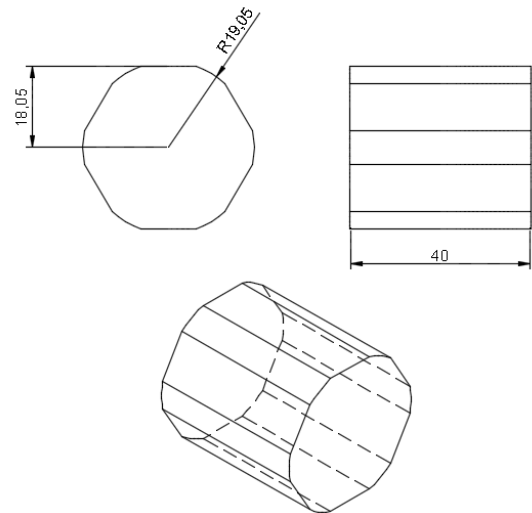


Fig. 1 forma de la probeta para el experimento
(Fuente: Autor)

2.1 Material de trabajo y herramienta de corte

Para este estudio experimental se utilizó las siguientes herramientas y materiales

Tabla 2.1 : Número de parámetros variables para la realización del experimento

Maquinas herramientas	
Centro de mecanizado KIA KV40A	
Herramientas de corte	
Porta insertos	R390-025M25-11M
Inserto de metal duro	R390-11T3 08M-MM
Materiales e insumos	
Eje de acero inoxidable AISI 304 de 1/1/2pulgadas de diámetro por 40mm	
Aceite soluble tricut 2000w/s	
Aceite de origen vegetal coolube 2210 EP	

(Fuente: Autor)

2.2 parámetros variables para el experimento

Tabla 2.2 : Número de parámetros variables para la realización del experimento

Lubricación	Velocidad de giro del husillo (η)	Velocidad de avance (Vfz)	Profundidad de corte (ap)	Número de probetas
Inundación	2	2	3	5
MQL	2	2	3	5

(Fuente: Autor)

2.3 parámetros utilizados en el experimento para el sistema de lubricación por inundación

Tabla 2.3: Parámetros de corte recomendados para acabado superficial por fresado de la marca Sandvik

Velocidad de giro del husillo (rpm)	Velocidad de avance mm/min	Profundidad de corte (mm)	Radio de punta (mm)	Caudal l/min
2835	1701	0.1	0.8	10
2835	1701	0.2	0.8	10
2835	1701	0.3	0.8	10
2889	1701	0.1	0.8	10
2889	1701	0.2	0.8	10
2889	1701	0.3	0.8	10
2835	1447	0.1	0.8	10
2835	1447	0.2	0.8	10
2835	1447	0.3	0.8	10
2889	1447	0.1	0.8	10
2889	1447	0.2	0.8	10
2889	1447	0.3	0.8	10

(Fuente: Autor)

2.4 parámetros utilizados en el experimento para el sistema de lubricación por cantidades mínimas

Tabla 2.4: Parámetros de corte recomendados para acabado superficial por fresado de la marca Sandvik

Velocidad de giro del husillo (rpm)	Velocidad de avance (mm/min)	Profundidad de corte (mm)	Radio de punta (mm)	Caudal ml/h
2835	1701	0.1	0.8	480
2835	1701	0.2	0.8	480
2835	1701	0.3	0.8	480
2889	1701	0.1	0.8	480
2889	1701	0.2	0.8	480
2889	1701	0.3	0.8	480
2835	1447	0.1	0.8	480
2835	1447	0.2	0.8	480
2835	1447	0.3	0.8	480
2889	1447	0.1	0.8	480
2889	1447	0.2	0.8	480
2889	1447	0.3	0.8	480

(Fuente: Autor)

2.5 Medición de la rugosidad superficial



Fig. 2: Calibración del rugosímetro con el patrón de rugosidad
(Fuente: Autor)

Probeta	Velocidad del usillo (rpm)	Velocidad de avance mm/min	Profundidad de corte (mm)	Ra (um)
A1	2835	1701	0.1	0.589
A2	2835	1701	0.2	0.488
A3	2835	1701	0.3	0.576
A4	2889	1701	0.1	0.636
A5	2889	1701	0.2	0.587
A6	2889	1701	0.3	0.640
A7	2835	1447	0.1	0.449
A8	2835	1447	0.2	0.483
A9	2835	1447	0.3	0.444
A10	2889	1447	0.1	0.519
A11	2889	1447	0.2	0.561
A12	2889	1447	0.3	0.577

(Fuente: Autor)

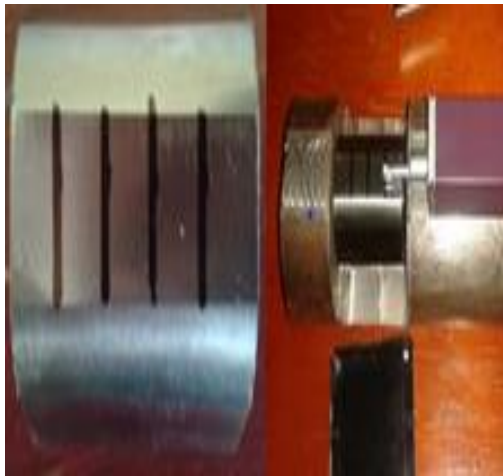


Fig. 3: Áreas de medición de Ra en la probeta mecanizada
(Fuente: Autor)

4.1.26 ficha general de resultados para el experimento de acabado superficial bajo MQL

Probeta	Velocidad de giro del husillo (rpm)	Velocidad de avance mm/min	Profundidad de corte (mm)	Ra (um)
B1	2835	1701	0.1	0.416
B2	2835	1701	0.2	0.433
B3	2835	1701	0.3	0.411
B4	2889	1701	0.1	0.608
B5	2889	1701	0.2	0.496
B6	2889	1701	0.3	0.561
B7	2835	1447	0.1	0.417
B8	2835	1447	0.2	0.443
B9	2835	1447	0.3	0.388
B10	2889	1447	0.1	0.430
B11	2889	1447	0.2	0.559
B12	2889	1447	0.3	0.534

(Fuente: Autor)

3. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1.25 ficha general de resultados para el experimento de acabado superficial bajo condiciones de inundación

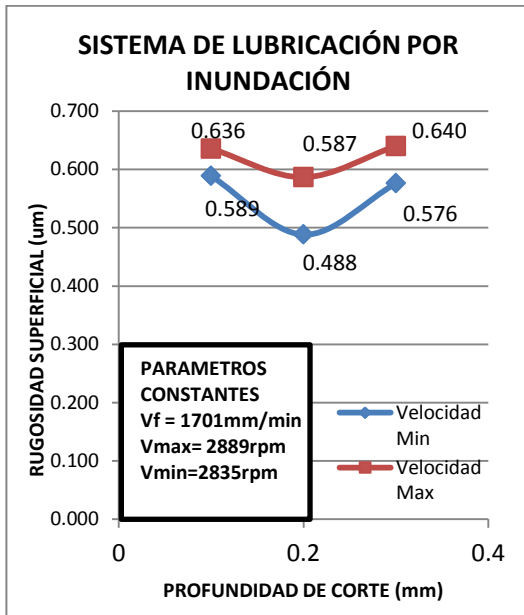


Fig. 4. Comportamiento del acabado superficial bajo las condiciones de corte de la tabla en condiciones de lubricación por inundación bajo condiciones de corte de velocidad de giro del husillo de: 2889 y 2835 rpm, velocidad de avance 1701mm/min y profundidad de corte de 0.1;0.2;0.3mm
(Fuente: Autor)

Según el comportamiento de la rugosidad superficial podemos ver en la figura 4 que las mejores características se obtienen al mecanizar con una menor velocidad debido a que en una velocidad mayor existe mucha fricción por ende la temperatura en el corte es mayor esto causa que las rebabas del material mecanizado se incrusten en el filo de corte por lo cual deja una rugosidad superficial más áspera.

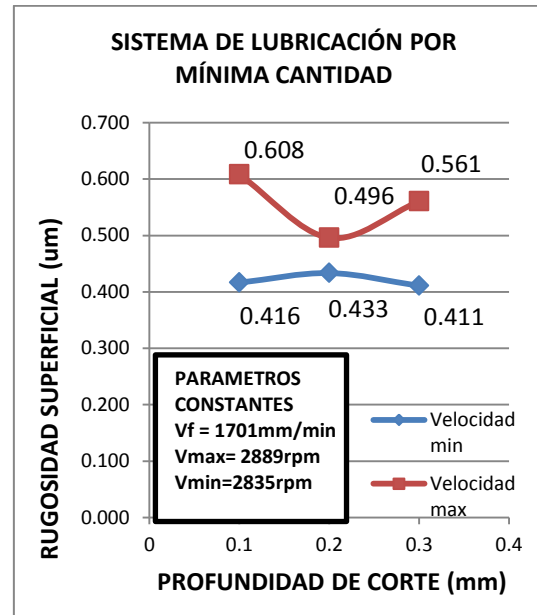


Fig. 5. Comportamiento del acabado superficial bajo las condiciones de corte de la tabla en condiciones de Mínima cantidad de lubricante bajo condiciones de corte de velocidad de giro del husillo de: 2889 y 2835 rpm, velocidad de avance 1701mm/min y profundidad de corte de 0.1;0.2;0.3mm
(Fuente: Autor)

Al igual que en el sistema de lubricación por inundación en la figura 5 las mejores características superficiales se obtiene cuando la velocidad de giro del husillo es menor salvo que con la utilización del sistema de lubricación por cantidades mínimas la rugosidad superficial es menor con respecto al sistema de lubricación por inundación

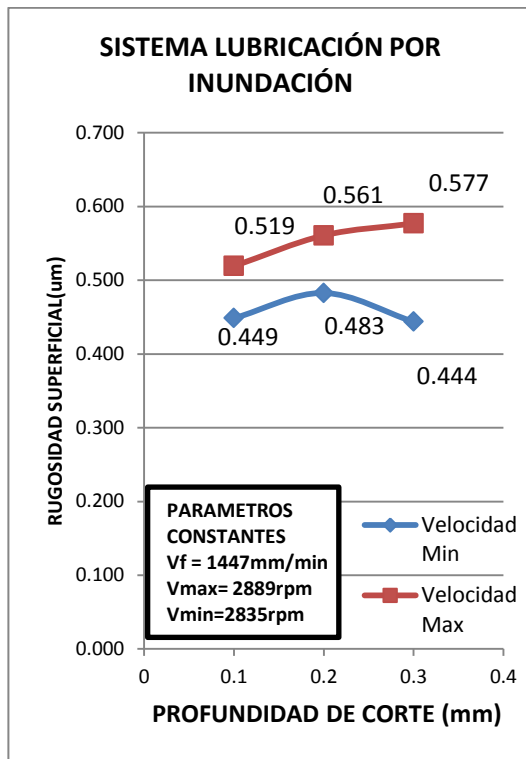


Fig. 6: Comportamiento del acabado superficial bajo las condiciones de corte de la tabla en condiciones de lubricación por inundación bajo condiciones de corte de velocidad de giro del husillo de: 2889 y 2835 rpm, velocidad de avance 1447mm/min y profundidad de corte de 0.1;0.2;0.3mm
(Fuente: Autor)

El comportamiento de rugosidad superficial en la figura 6 nos demuestra que al utilizar una menor velocidad de avance se puede obtener mejores características superficiales en comparación con lo observado en la fig.4.

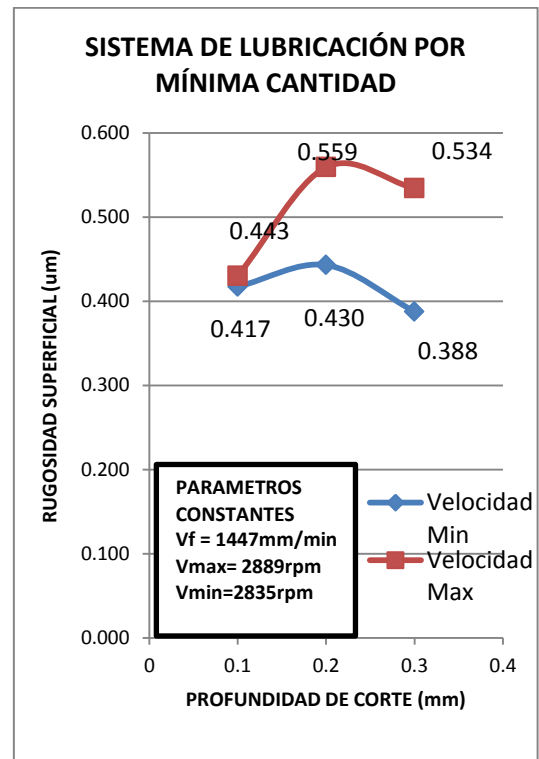


Fig.7: Comportamiento del acabado superficial bajo las condiciones de corte de la tabla en condiciones de Mínima cantidad de lubricante bajo condiciones de corte de velocidad de giro del husillo de: 2889 y 2835 rpm, velocidad de avance 1447mm/min y profundidad de corte de 0.1;0.2;0.3mm
(Fuente: Autor)

En esta figura 7 podemos encontrar las mejores características superficiales del estudio por lo tanto esto nos dice que si queremos mejorar el acabado superficial del fresado del acero inoxidable AISI 304 es mejor trabajar bajo las condiciones del sistemas de mínima cantidad de lubricante con una velocidad de avance de 1447mm/min tanto a una velocidad de giro del husillo máxima y mínima.

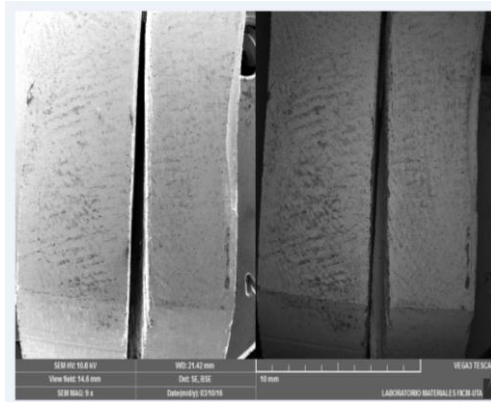


Fig. 8: Evaluación del acabado superficial en el microscopio de barrido
(Fuente: Autor)

Se dispone en la Figura 8 al lado izquierdo la probeta A7.3 ($R_a = 0.382$) y al lado derecho la probeta B1.1 ($R_a = 0.351$) seleccionadas por tener el mejor acabado superficial del mecanizado bajo las condiciones de inundación y MQL respectivamente, aquí se muestra claramente que la probeta bajo las condiciones de MQL tiene un acabado más liso y con menos imperfecciones con tan solo una variación del $0.031 \mu\text{m}$

4. CONCLUSIONES

- Se identificó que para el proceso de fresado se tienen 2 formas de lubricar la interfaz de la herramienta y la pieza de trabajo, que son: la lubricación por inundación y la lubricación por mínima cantidad de lubricante: en este estudio se utilizó los dos métodos bajo diferentes condiciones de corte obteniendo como resultado un mejor comportamiento de acabado superficial bajo las condiciones de mínima cantidad de lubricante
- Los parámetros principales que intervienen el sistema de mínima cantidad de lubricante son: la presión y el caudal a las que se suministra el lubricante; en base a estudios anteriores en otros materiales; recomendaron el uso de lubricante a la presión y caudal máximo, para obtener los mejores resultados, razón por la cual en este estudio se seleccionó el caudal de suministro de 480 ml/h el máximo recomendado por el fabricante del equipo Miquel pro i en base a la viscosidad cinemática del fluido de 10 cst , obteniendo como resultados una caracterización superficial menor con respecto al sistema de lubricación por inundación
- Se identificaron 3 parámetros esenciales que intervienen en el acabado superficial del proceso de fresado los cuales son: La velocidad de giro del usillo, la velocidad de avance, y la profundidad de corte; estos parámetros se tomó de las recomendaciones del programa en línea Coroguide de la marca Sandvik Coromant para la operación de acabado en base al material, porta inserto y a los insertos que se utilizan en este estudio, obteniéndose como resultados que al reducir tanto la velocidad de giro del husillo, la velocidad de avance se obtiene menores características superficiales y con una profundidad intermedia de 0.2 y en algunos casos con 0.3 mm

- Finalmente con el equipo: Rugosímetro Mitutoyo SJ 210 se realizó las mediciones respectivas en cada una de las probetas obteniendo resultados favorables con el uso de MQL en el comportamiento del acabado superficial para el mecanizado por fresado del acero inoxidable AISI 304; dentro del estudio en comparación con la mayoría de parámetros de corte se puede ver una superioridad del este sistema frente a la utilización de la lubricación por inundación con un % mayor de 29.37 y en un % menor de 0.36
- Se identifica en la recolección de datos en las fichas del capítulo 5 que el grado de rugosidad superficial según calificación está en un rango N6 y N5 (acabado superficial fino y que habitualmente corresponden a un rectificado), tanto en condiciones de lubricación por inundación de taladrina o aceite soluble y mínima cantidad de lubricante (MQL) con aceite vegetal, resultando el mejor grado superficial para el sistema de mínima cantidad de lubricante en las probetas B9.

REFERENCIAS

- [1] Kedare S. B., Borse D.R., and Shahane P. T., «Effect of Minimum Quantity Lubrication (MQL) on Surface Roughness of Mild Steel of 15HRC on Universal Milling,» pp. 150-153, 2014.
- [2] Bikash Chandra Behera, Chetan, Sudarsan Ghosh, P Venkateswara Rao, «Effects on forces and surface roughness during machining inconel 718 alloy using minimum quantity lubrication,» pp. 116-1-116-5, 12 2014.
- [3] U. Alper, D. Furkan y E. Altan, «ResearchGate,» 2015. [En línea]. Available: https://www.researchgate.net/publication/282557216_Applying_Minimum_Quantity_Lubrication_MQL_Method_on_Milling_of_Martensitic_Stainless_Steel_by_Using_Nano_Mos2_Reinforced_Vegetable_Cutting_Fluid. [Último acceso: 30 10 2015].
- [4] SUPERINTENDENCIA DE COMPAÑÍAS DEL ECUADOR, «Superintendencia de Compañías del Ecuador,» [En línea]. Available: http://www.supercias.gov.ec:8080/sector_sociedades/faces/parametros_consultas_x_provincia_y_actividad.jsp. [Último acceso: 2015 05 28].
- [5] Mikell P. Groover, Fundamentos de manufactura moderna, Alvaro Obregon:

McGraw hill, 2007.

- [6] A. Leyensetter,G., Tecnología de los oficios metalurgicos, Barcelona: Reverté S.A., 1984.
- [7] C.M.V.Rivero, «Didacta,» 15 12 2009. [En línea]. Available: http://www.didacta21.com/documentos/revista/Diciembre09_Vera_Rivero_Cristina_Mercedes.pdf. [Último acceso: 14 08 2015].
- [8] A. L. Rodrigues, Desenho Técnico Mecânico, São Paulo: Elsevier - Campus, 2015.
- [9] Sandvik, «Sandvik,» [En línea]. Available: http://www.sandvik.coromant.com/es-es/knowledge/materials/cutting_tool_materials/coated_cemented_carbide/pages/default.aspx. [Último acceso: 11 08 2015].
- [10] J. P. Davim, «Green manufacturing Processes and Systems,» Portugal, Aveiro: Springer, 2012, pp. 37-38.
- [11] Rodrigues, Castro y D. Real, Procesos Industriales para materiales Metalicos, Madrid: Vision Net, 2006.
- [12] D. V. D. Nilesh C Ghuge, «iosrgen,» 2012. [En línea]. Available: <http://www.iosrjen.org/Papers/NSER/2012/M0285560.pdf>. [Último acceso: 21 03 2015].
- [13] Kalpakjian y Schmid, Manufactura Ingenieria y tecnologia, Mexico: Pearson Educación, 2002.
- [14] I. GIL, «BRETIS,» 2011. [En línea]. Available: <http://www.brettis.com/Tutorial/Fluidos%20para%20procesos%20M.Q.L..pdf>. [Último acceso: 18 03 2015].
- [15] IHOBE, «IHOBE,» 2014. [En línea]. Available: <http://www.ihobe.eus/Paginas/Ficha.aspx?IdMenu=ee1f3f07-c9ec-4775-9365-dd6101411f35&Idioma=es-ES>. [Último acceso: 21 03 2015].
- [16] Gat, «Gat,» [En línea]. Available: http://www.gat-mbh.de/sp/info/pdf/BrochureIMQL_sp.pdf . [Último acceso: 12 12 2015].
- [17] M. J. Calzado, «Fabricación sostenible. Lubricación por cantidades mínimas (MQL),» 10 07 2012. [En línea]. Available: [https://www.interempresas.net/MetalMecanica/Articulos/98474-Fabricacion-sostenible-Lubricacion-por-cantidades-minimas-\(MQL\).html](https://www.interempresas.net/MetalMecanica/Articulos/98474-Fabricacion-sostenible-Lubricacion-por-cantidades-minimas-(MQL).html).
- [18] Davis & Associates, Stainless steels, United States: ASM. International, 1994.
- [19] Carles Riva Romeva, Selección de materiales en el diseño de máquinas, Barcelona: Universidad Politecnica de Catalunya,SL, 2008.
- [20] Ivan bohman , «Ivan bohman,» [En línea]. Available: http://www.ivanbohman.com.ec/wp-content/uploads/2015/12/aceros_inoxidables.pdf. [Último acceso: 03 02 2016].
- [21] American Society of Mechanic Engineers, ASME B46.1- Surface Texture (surface roughness waviness and lay), New York: American Society of Mechanic Engineers, 2009.

- [22] 1302, UNE-EN ISO, Indicación de la calidad superficial en la documentación técnica de productos, Madrid: Asociación Española de Normalización y Certificación, 2002.
- [23] A. Rosales y A. Pedro, «CARACTERIZACIÓN DE LA RUGOSIDAD SUPERFICIAL EN PROCESOS DE FRESADO FRONTAL PARA ALEACIONES DE ALUMINIO 7075-T6,» San Luis Potosí, Somim, 2011, p. 569.
- [24] C. Bulmaro, «DESARROLLO DE UN MODELO SEMI-EMPÍRICO PARA LA SELECCIÓN DE PARÁMETROS DE CORTE EN EL FRESADO A TRAVÉS DE CRITERIOS DE RESTRICCIÓN DE INTEGRIDAD SUPERFICIAL,» México, 2007.
- [25] N. Pedro, Análisis experimental en la calidad superficial en procesos de eliminación de material, Madrid: Universidad de Castilla-La Mancha, 1998.
- [26] Sandvik, «Sandvik coromant,» [En línea]. Available: http://www.sandvik.coromant.com/es-es/knowledge/milling/formulas_and_definitions/the_milling_process. [Último acceso: 25 08 2015].
- [27] Wisley Sales, Marcelo Becker, Clovis S. Barcellos and Ja'nes Landre Jr, John Bonney and Emmanuel O. Ezugwu, «Tribological behaviour when face milling AISI 4140 steel with minimum quantity fluid application,» pp. 84-90, 2009.
- [28] Larburu Nicolas, Máquinas Prontuario, Madrid: Paraninfo, S.A., 2005.
- [29] Mitutoyo, Surface roughness measuring tester SJ-210 Manual de usuario, Japón: Mitutoyo Company, 2012.
- [30] Dr. Alvares, José, «Estadística para toma de decisiones,» Riobamba, Chimborazo: Universidad Nacional de Chimborazo, 2011, p. 112.
- [31] S. Coromant, «Sandvik,» [En línea]. Available: <http://www.sandvik.coromant.com/en-us/products/Pages/productdetails.aspx?c=ra390-025m25-11m>. [Último acceso: 6 11 2015].
- [32] Sandvik Coromant, «Sandvik Coromant,» [En línea]. Available: <http://www.sandvik.coromant.com/en-us/products/Pages/productdetails.aspx?c=r390-11+t3+08m-mm+2030>. [Último acceso: 6 11 2015].
- [33] Dropsa, «Dropsa,» 2015. [En línea]. [Último acceso: 22 06 2015].
- [34] I. bohman. [En línea]. Available: <http://www.ivanbohman.com.ec/product-detail/lubricantes/>. [Último acceso: 14 11 2015].
- [35] UNIST, «UNIST,» [En línea]. Available: <http://unist.com/uploads/MSDS/Coolube%202210EP.pdf>. [Último acceso: 15 11 2015].