

**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 LUBRICACIÓN (MQL) CON ACEITE VEGETAL EN LA VIDA DE LAS HERRAMIENTAS DE CORTE DE METAL DURO EN EL FRESADO DEL ACERO AISI 1018.

---

**AUTOR:**

Byron Marcelo Núñez Arellano

**TUTOR:** Ing. M.Sc. Diego Núñez

**AMBATO – ECUADOR**

2016

## CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

En calidad de tutor del trabajo de investigación, previo a la obtención del título de ingeniero mecánico, con el tema: “ESTUDIO DEL EFECTO DEL SISTEMA DE MÍNIMA CANTIDAD DE LUBRICACIÓN (MQL) CON ACEITE VEGETAL EN LA VIDA DE LAS HERRAMIENTAS DE CORTE DE METAL DURO EN EL FRESADO DEL ACERO AISI 1018.”, elaborado por el Señor Byron Marcelo Núñez Arellano, egresado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

Certifico:

- Que la presente tesis es original de su autor.
- Ha sido revisada en cada uno de sus capítulos.
- Está incluida y puede continuar con el trámite correspondiente.

Ambato, Marzo 2016

.....

Ing. M.Sc. Diego Núñez

## **AUTORÍA DEL TRABAJO**

Declaro que el presente trabajo de investigación bajo el tema: “ESTUDIO DEL EFECTO DEL SISTEMA DE MÍNIMA CANTIDAD DE LUBRICACIÓN (MQL) CON ACEITE VEGETAL EN LA VIDA DE LAS HERRAMIENTAS DE CORTE DE METAL DURO EN EL FRESADO DEL ACERO AISI 1018.”, en su totalidad incluyendo ideas, opiniones y conceptos son de mi completa autoría.

.....

Byron Marcelo Núñez Arellano

CI: 1804300984

## **DERECHOS DE AUTOR**

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga de éste trabajo experimental o parte de él 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 éste trabajo experimental, dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica y se realice respetando mis derechos de autor.

.....

Byron Marcelo Núñez Arellano

CI: 1804300984



## **DEDICATORIA**

Este proyecto está dedicado a mis padres Iván y Norma por haberme brindado los mejores momentos de sus vidas, pero sobre todo por haberme enseñado a ser perseverante en momentos difíciles para llegar a cumplir mis metas. A mis hermanos Aracelly, Wilson por su apoyo para seguir adelante.

## **AGRADECIMIENTO**

Primeramente agradezco a Dios por haberme brindado la oportunidad de crecer y salir adelante. Mediante este proyecto también presento mi sincero agradecimiento a la Universidad Técnica de Ambato en especial a la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, y a los Ingenieros que con su capacidad y experiencia me supieron guiar. A mis amigos que siempre me dieron ánimos para seguir en este proceso, a mi Tutor de Tesis Ing. Mg. Diego Núñez por su valiosa ayuda.

**A TODOS USTEDES GRACIAS.**

## ÍNDICE GENERAL

<b><u>CERTIFICACIÓN DEL TUTOR</u></b>	<b><u>II</u></b>
<b><u>AUTORÍA DEL TRABAJO</u></b>	<b><u>III</u></b>
<b><u>DERECHOS DE AUTOR</u></b>	<b><u>IV</u></b>
<b><u>DEDICATORIA</u></b>	<b><u>V</u></b>
<b><u>AGRADECIMIENTO</u></b>	<b><u>VI</u></b>
<b><u>RESUMEN EJECUTIVO</u></b>	<b><u>XIII</u></b>
<b><u>CAPITULO I</u></b>	<b><u>1</u></b>
<b><u>ANTECEDENTES</u></b>	<b><u>1</u></b>
1.1 TEMA DE TRABAJO EXPERIMENTAL	1
1.2 ANTECEDENTES	1
1.3 JUSTIFICACIÓN	3
1.4 OBJETIVOS	4
1.4.1 OBJETIVO GENERAL	4
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
<b><u>CAPITULO II</u></b>	<b><u>5</u></b>
<b><u>FUNDAMENTACIÓN</u></b>	<b><u>5</u></b>
2.1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	5
2.1.1 FRESADO	5
2.1.2 TIPOS DE OPERACIONES DE FRESADO	6
2.1.3 TEORÍA DE LA FORMACIÓN DE VIRUTA EN EL MAQUINADO DE METALES	6
2.1.4 MODELO DE CORTE ORTOGONAL	7

2.1.5 FORMACIÓN REAL DE LA VIRUTA	9
2.1.7 DESGASTE DE LA HERRAMIENTA	14
2.1.8 VIDA DE LAS HERRAMIENTAS Y LA ECUACIÓN DE TAYLOR	16
2.1.9 ECUACIÓN DE TAYLOR PARA LA VIDA DE LAS HERRAMIENTAS	18
2.1.10 MATERIALES PARA HERRAMIENTAS DE CORTE	18
2.1.11 CALIDADES Y GEOMETRÍAS DE INSERTOS DE METAL DURO PARA EL FRESADO	21
2.1.12 DESCRIPCIÓN DEL ACERO AISI 1018	25
2.1.13 LUBRICACIÓN	26
2.1.14 REGÍMENES DE LUBRICACIÓN	26
2.1.15 FLUIDOS PARA EL TRABAJO DE LOS METALES Y SU SELECCIÓN	27
2.1.15.1 Aceites	28
2.1.15.2 Emulsiones	28
2.1.15.3 Soluciones sintéticas y semisintéticas	29
2.1.15.4 Jabones, grasas y ceras	29
2.1.15.5 Aditivos	29
2.1.16 SELECCIÓN DE FLUIDOS PARA EL TRABAJO DE LOS METALES	30
2.1.17 CONSIDERACIONES BIOLÓGICAS Y AMBIENTALES	31
2.1.18 SISTEMA DE MÍNIMA CANTIDAD DE LUBRICACIÓN MQL	31
2.1.19 Funcionamiento	33
2.1.20 LUBRICACIÓN POR CANTIDADES MÍNIMAS INTERNA Y EXTERNA	34
2.1.21 VENTAJAS DE MQL	36
2.1.22 LUBRICANTES PARA MQL	36
<b>2.2 HIPÓTESIS</b>	<b>37</b>
<b>2.3 SEÑALAMIENTO DE VARIABLES DE LA HIPÓTESIS</b>	<b>37</b>
2.3.1 VARIABLE INDEPENDIENTE	37
2.3.2 VARIABLE DEPENDIENTE	37
<b>CAPITULO III</b>	<b>38</b>
<b>METODOLOGÍA</b>	<b>38</b>
<b>3.1 NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN</b>	<b>38</b>
3.1.1 CORRELACIONAL	38

3.1.2 EXPLORATORIA	38
3.1.3 DESCRIPTIVA	38
3.1.4 INVESTIGACIÓN EXPERIMENTAL BIBLIOGRÁFICA	38
<b>3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA</b>	<b>39</b>
3.2.1 POBLACIÓN	39
3.2.2 MUESTRA	39
3.3.1 VARIABLE INDEPENDIENTE: SISTEMA DE MÍNIMA CANTIDAD DE LUBRICACIÓN (MQL) CON ACEITE VEGETAL.	40
<b>3.4 PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN</b>	<b>42</b>
<b>3.5 PLAN PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS</b>	<b>42</b>
<b><u>CAPÍTULO IV</u></b>	<b><u>58</u></b>
<b><u>ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS</u></b>	<b><u>58</u></b>
4.1 RECOLECCIÓN DE DATOS	58
4.2 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	86
4.3 VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS	93
<b><u>CAPITULO V</u></b>	<b><u>98</u></b>
<b><u>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</u></b>	<b><u>98</u></b>
5.1 CONCLUSIONES	98
5.2 RECOMENDACIONES	98
<b><u>MATERIALES DE REFERENCIA</u></b>	<b><u>100</u></b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>100</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>103</b>

## ÍNDICE DE TABLAS, GRÁFICOS

Figura 2.1 Esquema del proceso de fresado.....	5
Figura 2.2 Fresado periférico y fresado frontal.....	6
Figura 2.3 Corte ortogonal: a) como un proceso tridimensional y b) tal como se reduce a dos dimensiones en una vista lateral.....	7
Figura 2.4 Dimensiones características de la viruta.....	8
Figura.2.5 Formación de viruta representada como una serie de placas deslizándose una respecto a la otra .....	8
Figura.2.6 Visión más realista de la formación de viruta .....	9
Figura.2.7 Cuatro tipos de formación de viruta en el corte de metales.....	10
Figura.2.8 Fuerzas que actúan sobre la viruta en el corte ortogonal.....	12
Figura.2.9 Diagrama de fuerzas en el que se muestran las relaciones geométricas entre F, N, F <sub>s</sub> , F <sub>n</sub> , F <sub>c</sub> , F <sub>t</sub> .....	13
Figura.2.10 Diagrama de una herramienta desgastada que muestra los lugares principales y los tipos de desgaste que ocurren.....	14
Figura.2.11 Desgaste de cráter.....	14
Figura.2.12 Desgaste de flanco.....	15
Figura.2.13 Desgaste de la herramienta en función del tiempo de corte.....	17
Figura.2.14 Efecto de la velocidad de corte sobre el desgaste de flanco (FW) o superficie de incidencia de la herramienta para tres velocidades de corte.....	17
Figura.2.15 Gráfica en escala log-log de la velocidad de corte contra vida de la herramienta.....	18
Figura.2.16 Dureza de diversos materiales para herramientas de corte en función de la temperatura (dureza en caliente). El amplio intervalo en cada grupo de materiales se debe a la variedad de composiciones de las herramientas y a los tratamientos disponibles para cada grupo.....	19
Figura. 2.17 Geometría de los insertos de metal duro.....	22
Figura.2.18 Algunos componentes del inserto.....	22
Figura.2.19 Principal área de aplicación ISO .....	23
Figura.2.20 Calidades para fresado.....	24
Figura.2.21 Tipos de lubricación que ocurre generalmente en operaciones de trabajo de los metales.....	27
Figura.2.22 Diseño de un sistema de lubricación por cantidades mínimas interno de un canal .....	34

Figura.2.23 Diseño de un sistema de lubricación por cantidades mínimas externo.....	35
Figura.2.24 Atomización en gotas microscópicas por medio de una boquilla de tipo coaxial .....	36

### CAPÍTULO III

Figura 3. 1 Diagrama de flujo para el mecanizado por inundación. ....	43
Figura 3. 2 Diagrama de flujo para el mecanizado por mínimas cantidades de lubricación..	44
Figura 3. 3 Portaherramientas para desbaste.....	45
Figura 3. 4 Medidas de la placa de acero AISI 1018 .....	46
Figura 3. 5 Fresado frontal (profundidad de corte y empañe).....	49
Figura 3. 6 Sistema de mínima cantidad de lubricación MQL. ....	51
Figura 3. 7 Unidad de mantenimiento.....	51
Figura 3. 8 Portaherramientas con insertos de metal duro. ....	52
Figura 3. 9 Nivelación de entenalla con reloj palpador. ....	52
Figura 3. 10 Estabilización de placa de acero.....	53
Figura 3. 11 Salida de fluido de corte. ....	53
Figura 3. 12 Cronómetro.....	54
Figura 3. 13 Mecanizado Sistema por inundación.....	54
Figura 3. 14 Mecanizado Sistema MQL. ....	55
Figura 3. 15 Microscopio electrónico de barrido.....	55
Figura 3. 16 Sujeción de insertos.....	56
Figura 3. 17 Desgaste de flanco.....	56

### CAPÍTULO IV

Figura 4. 1 Geometría del desgaste.....	58
Figura 4. 2 Tiempo de maquinado vs Desgaste de flanco.....	86
Figura 4. 3 Tiempo de maquinado a 0.35mm de desgaste sistema de lubricación por inundación.....	87
Figura 4. 4 Tiempo de maquinado vs Desgaste de flanco (sistema MQL). ....	89
Figura 4. 5 Tiempo de maquinado a 0.35mm de desgaste sistema de lubricación MQL. ___	90
Figura 4. 6 Tiempo de vida útil (Inundación vs MQL) $V_c=360\text{m/min}$ . _____	92
Figura 4. 7 Tiempo de vida útil (Inundación vs MQL) $V_c=200\text{m/min}$ . _____	93

## CAPÍTULO II

Tabla 2.1 Propiedades generales para herramientas _____	20
Tabla 2.2 Características generales de operación de los materiales para herramientas de corte. _____	21
Tabla 2.3 Análisis típico %. _____	25
Tabla 2.4 Propiedades mecánicas. _____	25
<b>Tabla 2.5</b> Resultados de Usar MQL _____	32

## CAPÍTULO III

Tabla 3. 1 Diseño de experimentación número de muestras _____	39
Tabla 3. 2 Comparación para insertos de fresado _____	46
Tabla 3. 3 Insertos según el proceso a realizar. _____	47
Tabla 3. 4 Características de los insertos de metal duro. _____	47
Tabla 3. 5 Datos de corte recomendados. _____	48
Tabla 3. 6 Características técnicas del lubricante. _____	50
Tabla 3. 7 Sistema de codificación. _____	57

## CAPÍTULO IV

Tabla 4. 1 Cálculo de C y k de la ecuación de Taylor $y = a + kx - \dot{X}$ . Para el sistema de lubricación por inundación. _____	88
<b>Tabla 4. 2</b> Cálculo de C y k de la ecuación de Taylor $y = a + kx - \dot{X}$ . Para el sistema de lubricación por mínimas cantidades. _____	91
Tabla 4. 3 Desgaste de flanco sistema MQL _____	95
Tabla 4. 4 Desgaste de flanco sistema de lubricación por inundación. _____	96



## **RESUMEN EJECUTIVO**

En el presente trabajo experimental se realizó el proceso para analizar el tiempo de vida útil de una herramienta de corte, en el proceso de fresado frontal (desbaste), en el cual se mecanizo acero AISI 1018 en una fresadora CNC.

En el primer capítulo se realiza una reseña de los estudios con relación sobre nuevas tecnologías de lubricación y eficiencia en el mecanizado de diferentes materiales, y los objetivos planteados del presente proyecto.

A continuación se describe los aspectos teóricos sobre parámetros del mecanizado, formación de la viruta, geometría y calidad de los insertos, características de material que se mecanizo y los diferentes tipos de lubricación para mecanizar.

Conociendo los parámetros que intervienen el mecanizado se procede a realizar el muestreo y la selección del tipo de inserto, lubricante y parámetros de corte para el mecanizado del material en función de sus características.

Posteriormente se realizó la experimentación requerida, para lo cual se determinó las velocidades de corte manteniendo constantes los valores de avance por diente, la profundidad de corte y los parámetros para los sistemas de lubricación por inundación y mínima cantidad de lubricación MQL. Con lo cual se procedió a medir el desgaste de flanco producido en el microscopio electrónico de barrido.

Finalmente en base a los datos obtenidos se pudo analizar la relación entre velocidad de corte y tiempo de mecanizado mediante la aplicación de la ecuación de Taylor con lo cual se obtuvo los resultados decisivos del comportamiento del desgaste para el inserto con los diferentes sistemas de lubricación.

# **CAPITULO I**

## **ANTECEDENTES**

### **1.1 TEMA DE TRABAJO EXPERIMENTAL**

ESTUDIO DEL EFECTO DEL SISTEMA DE MÍNIMA CANTIDAD DE LUBRICACIÓN (MQL) CON ACEITE VEGETAL EN LA VIDA DE LAS HERRAMIENTAS DE CORTE DE METAL DURO EN EL FRESADO DEL ACERO AISI 1018.

### **1.2 ANTECEDENTES**

La importancia de los procesos de maquinado para la obtención de piezas mecánicas en tiempos cortos y a costos de producción razonables ha encaminado estudios en los cuales se analiza diferentes procesos de maquinado, herramientas de corte, fluidos, sistemas de lubricación.

En el estudio realizado sobre la “ECONOMÍA EN EL MAQUINADO PARA LA INDUSTRIA METAL MECÁNICA” se concluye que las herramientas de cerámica poseen menor costo por unidad y menor duración del ciclo que las herramientas de carburo cementado y que las herramientas de acero rápido además recomienda a las empresas metalmecánicas trabajar con una velocidad de corte en un rango comprendido entre la velocidad de corte para mínimo costo y la velocidad de corte para mínimo tiempo de producción y que las velocidades de corte tanto para minimizar el costo como para maximizar la producción, son directamente proporcionales a los parámetros C y n que intervienen en la ecuación de Taylor [1].

Al apreciar los costos que se producen en la utilización de herramientas de corte de diferentes materiales se realizan investigaciones para determinar parámetros de corte, lubricación y materiales a mecanizar en los numerosos procesos de maquinado y así determinar los más apropiados para prolongar la vida de las herramientas.

En los sistemas de lubricación se ha realizado una investigación sobre la influencia del mecanizado en seco y por mínimas cantidades de lubricación, concluyendo que el rendimiento de la herramienta mejoró con el sistema de mínimas cantidades de lubricación [2].

Un grupo de investigadores realizaron el estudio “MODELING THE EFFECTS OF CUTTING PARAMETERS IN MQL-EMPLOYED FINISH HARD-MILLING PROCESS USING D-OPTIMAL METHOD” determinando que los altos valores de rotación de la herramienta son desfavorables para la vida de la herramienta pero favorables para el acabado superficial [3].

Un estudio en colaboración **HRE Hidraulic** y **Tecnalia** con el tema “ESTUDIO COMPARATIVO DE LUBRICANTES PARA EL MECANIZADO DE ACERO INOXIDABLE DÚPLEX“, se pudo evidenciar que el uso de MQL interior reduce los esfuerzos de corte del proceso, en comparación con el uso de MQL exterior, taladrina exterior o en seco; la potencia consumida por la máquina es menor con el sistema MQL que con taladrina, ya que se reducen las fuerzas de corte [4].

Además se está tomando en cuenta en las empresas lo referente a la salud ocupacional y responsabilidad con el medio ambiente, a esto se lo conoce como “GREEN MACHINING” en los cuales se realizaron estudios con tipos de fluidos como “FLUIDOS DE CORTE, CONSECUENCIAS Y PERSPECTIVAS” llegando a la conclusión que el corte de metales amortiguado por una mezcla de aire - aceite proporciona un resultado magnífico teniendo en cuenta las ventajas que ofrece y la disponibilidad de aire en gran parte de los talleres de elaboración de metales, además manifiesta que los fluidos de corte han desempeñado un papel importante en el incremento de la vida útil de la herramienta, la exactitud y calidad de elaboración, pero su influencia en la salud del operario y en el medio ambiente han sido demostradas [5].

### **1.3 JUSTIFICACIÓN**

El estudio se justifica en base al cambio de la matriz productiva en nuestro país el cual tiene la finalidad de que las industrias manufactureras produzcan más, con mejor calidad optimizando recursos y con una conciencia social respetando al medio ambiente.

El sistema de lubricación utilizado en el fresado en las empresas manufactureras es por inundación con taladrina el cual no es un sistema focalizado y no controla el desgaste de las herramientas de corte acortando la vida útil de las mismas lo cual se refleja en el incremento de costos de producción, según estudios realizados con el sistema MQL existe una reducción del desgaste de las herramientas de corte, además de este beneficio que disminuiría los costos de producción es un sistema amigable con el medio ambiente al utilizar aceites vegetales y no los que son derivados de petróleo y al ser focalizado utiliza mínimas cantidades de lubricantes y eso se reflejará en los costos de producción.

Este estudio se lo realizará a través de un sistema de lubricación que emplea aceites vegetales con mínimas cantidades de caudal el cual brinda muchas ventajas ya que son amigables con el ambiente, no provocan enfermedades ocupacionales, sus propiedades lubricantes permiten conservar las herramientas de corte prolongando la vida útil de estas, así se pretende disminuir costos operacionales.

El presente proyecto se desarrollará con la finalidad de beneficiar a las grandes, medianas y pequeñas empresas del sector manufacturero que realizan procesos de transformación con máquinas fresadoras.

La investigación es factible de ejecutarse por que cuenta con un periodo de tiempo suficiente para realizar la investigación y a la vez se dispone de los recursos necesarios tales como: asesoría profesional, fuentes de información, recursos económicos, recursos tecnológicos.

## **1.4 OBJETIVOS**

### **1.4.1 OBJETIVO GENERAL**

- Determinar el efecto del sistema de mínima cantidad de lubricación (MQL) en la vida de las herramientas de corte de metal duro en el fresado del acero AISI 1018.

### **1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Identificar los sistemas de lubricación existentes para las herramientas de corte en el fresado del acero AISI 1018.
- Determinar la vida de las herramientas de corte en el fresado del acero AISI 1018 usando el sistema de lubricación tradicional y el sistema de mínima cantidad de lubricación (MQL)
- Determinar el tiempo de vida útil de las herramientas de corte por medio de la ecuación de Taylor.

## CAPITULO II

### FUNDAMENTACIÓN

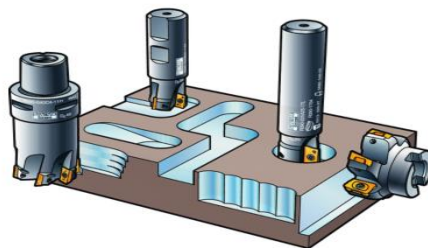
#### 2.1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

##### 2.1.1 Fresado

El fresado es una operación en la cual se utiliza una herramienta rotatoria con múltiples bordes o filos cortantes que se mueven sobre el material de trabajo. El movimiento de avance es perpendicular al eje de rotación de la herramienta [6].

La máquina herramienta que ejecuta esta operación se denomina fresadora. La forma geométrica generada por el fresado es una superficie plana. El fresado es una de las operaciones de maquinado más versátiles debido a la gran variedad de formas y altas velocidades de trabajo [6].

El fresado es una operación de corte interrumpido; esto quiere decir que los dientes de la fresa entran y salen durante cada revolución interrumpiendo la acción de corte y sujeta los dientes a un ciclo de fuerza de impacto y choque térmico en cada rotación. El material de la herramienta debe diseñarse para soportar estas condiciones [6].



**Figura 2.1** Esquema del proceso de fresado

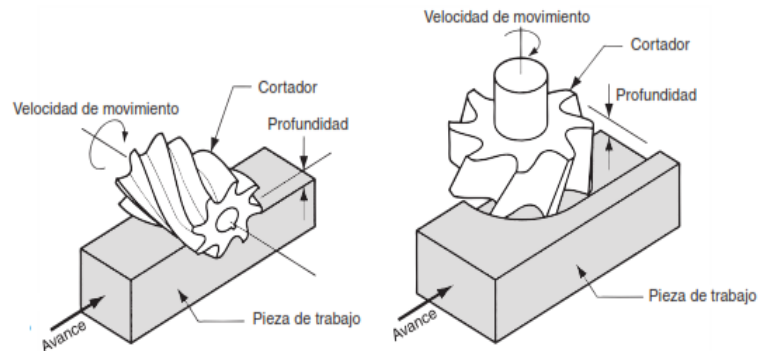
**Fuente:** (SANDVIK, 2012)

Se debe tomar en cuenta para el proceso de desbaste (arranque de material en grandes cantidades) que se necesita una profundidad de corte velocidad de avance mayor. Por otro lado si se desea obtener una alta calidad superficial la velocidad de avance y una profundidad debe ser menor [6].

### 2.1.2 Tipos de operaciones de fresado

Existen dos tipos básicos de operaciones de fresado:

- fresado periférico
- fresado frontal.



**Figura 2.2** Fresado periférico y fresado frontal

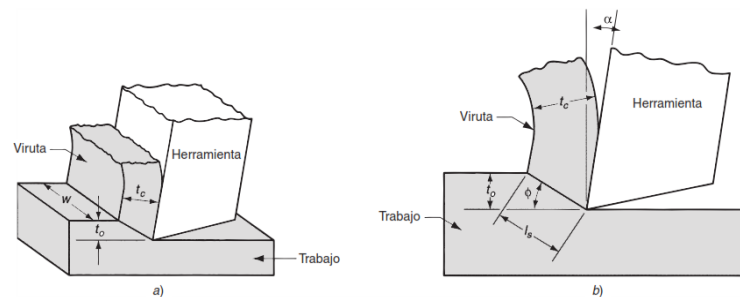
Fuente: (GROOVER, 2007)

### 2.1.3 Teoría de la formación de viruta en el maquinado de metales

La mayoría de las operaciones de maquinado son algo complejas. El modelo de corte ortogonal desprecia muchas de las complejidades geométricas y describe la mecánica de los procesos con buena precisión. Aun cuando un proceso real de maquinado es tridimensional, el modelo ortogonal tiene solamente dos dimensiones que juegan un papel activo en el análisis [6].

### 2.1.4 Modelo de corte ortogonal

El corte ortogonal usa una herramienta en forma de cuña, en la cual el borde cortante es perpendicular a la dirección de la velocidad de corte, al presionar la herramienta contra el material se forma una viruta por deformación cortante a lo largo del plano de corte, éste forma un ángulo  $\alpha$  con la superficie de trabajo. Solamente el borde afilado de corte de la herramienta hace que ocurra la falla del material; como resultado, la viruta se separa del material original. El material se deforma plásticamente a lo largo del plano de corte, donde el grueso de la energía mecánica se consume en el maquinado [6].



**Figura 2.3** Corte ortogonal: a) como un proceso tridimensional y b) tal como se reduce a dos dimensiones en una vista lateral.

**Fuente:** (GROOVER, 2007)

Durante el corte, el borde cortante de la herramienta se coloca a cierta distancia por debajo de la superficie original del trabajo. Ésta corresponde al espesor de la viruta antes de su formación  $t_0$ . Al formarse la viruta a lo largo del plano de corte, incrementa su espesor a  $t_c$ . La relación de  $t_0$  a  $t_c$  se llama relación del grueso de la viruta [6].

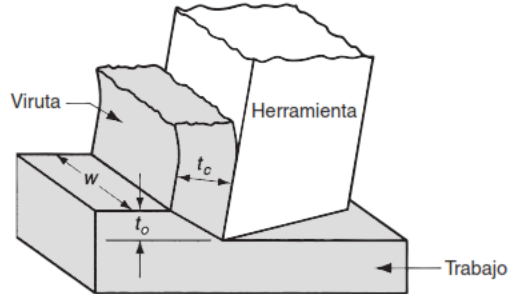
$$r = \frac{t_0}{t_c} \quad (\text{Ec. 1})$$

Dónde:

$r$  : Relación de viruta



Además de  $t_o$ , el corte ortogonal tiene una dimensión de anchura  $w$ , como se muestra en la figura 2.4.



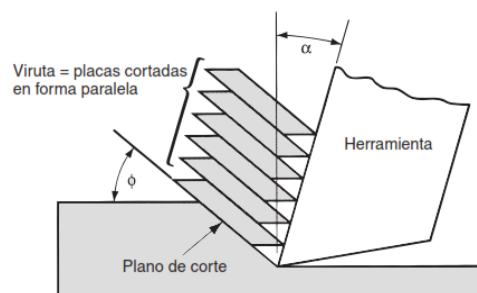
**Figura 2.4** Dimensiones características de la viruta

**Fuente:** (GROOVER, 2007)

El modelo de corte ortogonal permite establecer una relación importante entre el espesor de la viruta, el ángulo de inclinación y el ángulo del plano de corte [6].

$$\tan \phi = \frac{r \cos \alpha}{1 - r \sin \alpha} \quad (\text{Ec. 2})$$

La deformación cortante que ocurre a lo largo del plano de corte puede apreciarse al observar la fig. 5.



**Figura 2.5** Formación de viruta representada como una serie de placas deslizándose una respecto a la otra

**Fuente:** (GROOVER, 2007)

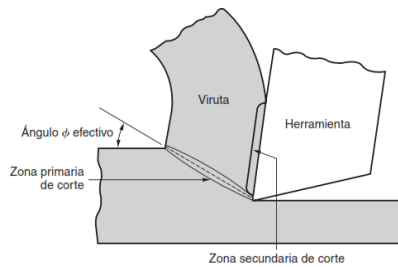
Para corte de metales tenemos:

$$\gamma = \tan(\phi - \alpha) + \cot \phi \quad (\text{Ec. 3})$$

### 2.1.5 Formación real de la viruta

Existen varias diferencias entre el modelo ortogonal y el proceso de maquinado real:

- El proceso de deformación cortante no ocurre a lo largo de un plano sino dentro de una zona. Si el corte tuviera lugar a través de un plano de espesor cero ello implicaría que la acción de corte debería ocurrir instantáneamente al pasar a través de un plano, en lugar de hacerlo en un periodo de tiempo finito.
- Además de la deformación al corte que ocurre en la zona de corte, se presenta otra acción de corte en la viruta después de haber sido formada. Este corte adicional se conoce como corte secundario, para distinguirlo del corte primario. El corte secundario resulta de la fricción entre la viruta y la herramienta al deslizarse a lo largo de la cara inclinada de la herramienta. Su defecto aumenta con el incremento de la fricción entre la herramienta y la viruta [6].



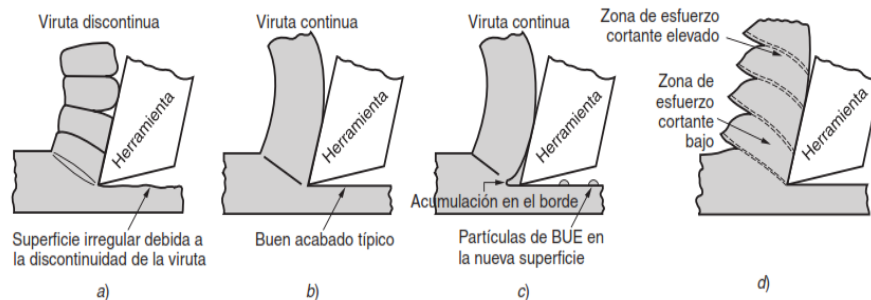
**Figura 2.6** Visión más realista de la formación de viruta

**Fuente:** (GROOVER, 2007)

- La formación de la viruta depende del tipo de material que se maquina y de las condiciones de corte de la operación.

Se pueden distinguir cuatro tipos básicos de viruta:

- **Viruta discontinua** Cuando se maquinan materiales relativamente frágiles (por ejemplo, hierro fundido) a bajas velocidades de corte, la viruta se forma frecuentemente en segmentos separados. Una alta fricción herramienta-viruta y los avances y profundidades grandes de corte promueven la formación de este tipo de viruta [6].
- **Viruta continua.** Cuando se cortan materiales de trabajo dúctiles a velocidades altas con avances y profundidades pequeños. Cuando se forma este tipo de viruta se obtiene un buen acabado de la superficie [6].
- **Viruta continua con acumulación en el borde.** Cuando se maquinan materiales dúctiles a velocidades bajas o medias de corte, la fricción entre la herramienta y la viruta tiende a causar la adhesión de porciones de material de trabajo en la cara inclinada de la herramienta cerca del filo cortante. Gran parte de la acumulación se la lleva la viruta, a veces llevándose porciones de la cara inclinada de la herramienta con ella, lo cual reduce el tiempo de vida útil de la herramienta de corte [6].
- **Viruta dentada.** Estas virutas son semicontinuas en el sentido de que poseen una apariencia de diente de sierra que se produce por una formación cíclica de viruta de alta resistencia alternativa al corte seguida de una baja resistencia al corte. Este tipo de viruta está asociado con ciertos metales difíciles de maquinar, tales como las aleaciones de titanio, superaleaciones a base de níquel y aceros inoxidable austénicos cuando se maquinan a velocidad de corte elevadas [6].



**Figura 2.7** Cuatro tipos de formación de viruta en el corte de metales.

**Fuente:** (GROOVER, 2007)

Las fuerzas que la herramienta aplica contra la viruta se pueden separar en dos componentes perpendiculares: fuerza de fricción y fuerza normal a la fricción.

La fuerza de fricción  $F$  es la que resiste el flujo de la viruta a lo largo de la cara inclinada de la herramienta. La fuerza normal a la fricción  $N$ , es perpendicular a la fuerza de fricción. Estos dos componentes se utilizan para definir el coeficiente de fricción  $\mu$  entre la herramienta y la viruta [6]:

$$\mu = \frac{F}{N} \quad (\text{Ec. 4})$$

La fuerza de fricción y su fuerza normal se pueden sumar vectorialmente para formar una fuerza resultante  $R$ , la cual se orienta en un ángulo  $\beta$ , llamado ángulo de fricción. El ángulo de fricción se relaciona con el coeficiente de fricción de la manera siguiente:

$$\mu = \tan \beta \quad (\text{Ec. 5})$$

Además de las fuerzas de la herramienta que actúan sobre la viruta, el trabajo impone dos componentes de fuerza sobre la viruta: la fuerza cortante y la fuerza normal a la cortante [6].

La fuerza cortante  $F_s$  es la fuerza que causa la deformación de corte que ocurre en el plano de corte, y la fuerza normal es  $F_n$ , es normal a la fuerza cortante [6].

$$\tau = \frac{F_s}{A_s} \quad (\text{Ec. 6})$$

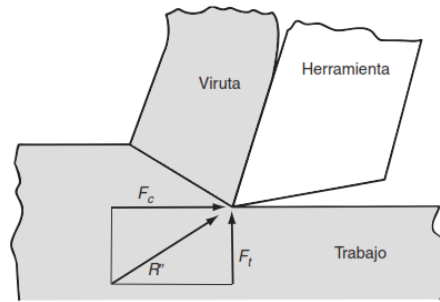
Dónde:

$\tau$  : Esfuerzo cortante

$A_s$ : Área del plano de corte.

$$A_s = \frac{t_o w}{\text{sen } \emptyset} \quad (\text{Ec. 7})$$

El esfuerzo cortante determinado por la ecuación (6), representa el nivel de esfuerzo requerido para realizar las operaciones de maquinado. Por lo tanto, este esfuerzo es igual a la resistencia cortante del material de trabajo ( $\tau = S$ ) bajo las condiciones de corte [6].



**Figura 2.8** Fuerzas que actúan sobre la viruta en el corte ortogonal

**Fuente:** (GROOVER, 2007)

Ninguna de las componentes de las fuerzas  $F$ ,  $N$ ,  $F_s$  y  $F_n$  puede medirse directamente en una operación de maquinado, ya que las direcciones en las que están aplicadas varían en función a las diferentes formas de la herramienta y a las condiciones de corte. Sin embargo, es posible instrumentar en la herramienta de corte un dispositivo medidor de fuerzas llamado dinamómetro, de manera que se puedan medir directamente dos fuerzas componentes adicionales: fuerza de corte y fuerza de empuje [6].

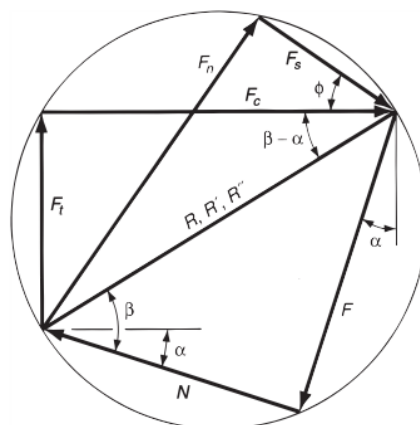
Se puede deducir ecuaciones para relacionar las otras componentes de las fuerzas que no pueden medirse utilizando el diagrama de fuerzas de la fig. 2.9

$$F = F_c \text{sen } \alpha + F_t \text{cos } \alpha \quad (\text{Ec. 8})$$

$$N = F_c \text{Cos } \alpha - F_t \text{Sen } \alpha \quad (\text{Ec. 9})$$

$$F_s = F_c \text{Cos } \emptyset - F_t \text{Sen } \emptyset \quad (\text{Ec. 10})$$

$$F_n = F_c \text{sen } \emptyset + F_t \text{cos } \emptyset \quad (\text{Ec. 11})$$



**Figura 2.9** Diagrama de fuerzas en el que se muestran las relaciones geométricas entre  $F$ ,  $N$ ,  $F_s$ ,  $F_n$ ,  $F_c$ ,  $F_t$ .

**Fuente:** (GROOVER, 2007)

### 2.1.6 Vida de las herramientas

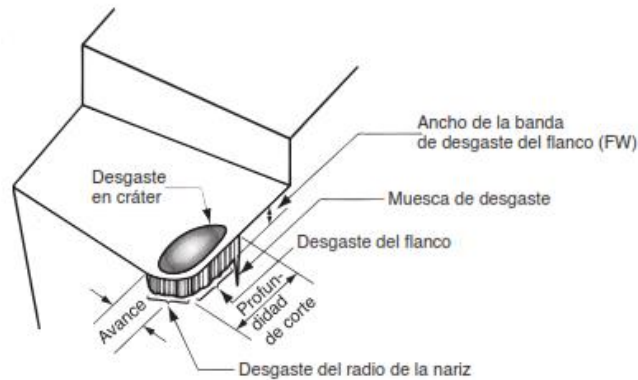
Existen tres formas posibles de falla en una herramienta de corte en maquinado:

- **Falla por fractura.** Esto ocurre cuando la fuerza de corte excede en la punta de la herramienta, causando una falla repentina por fractura [6].
- **Falla por temperatura.** Esta falla ocurre cuando la temperatura de corte es demasiado alta para el material de la herramienta, causando ablandamiento en la punta, deformación plástica y pérdida de filo en el borde [6].
- **Desgaste gradual.** El desgaste gradual del borde cortante ocasiona pérdida de la forma de la herramienta, reducción en la eficiencia del corte, desgaste acelerado conforme la herramienta se deteriora y por último falla final de la herramienta [6].

La falla repentina de la punta de la herramienta durante un corte causa frecuentemente daños a la superficie del trabajo. Este daño requiere volver a trabajar la superficie. El daño se puede evitar verificando si las condiciones de corte favorecen el desgaste gradual de la herramienta y así evitar la fractura o la falla por temperatura, o si la herramienta se cambia antes de que ocurra una falla catastrófica del borde o filo cortante [6].

### 2.1.7 Desgaste de la herramienta

El desgaste gradual ocurre en dos lugares principales de la herramienta de corte: en la parte superior de la superficie de inclinación, al cual se lo denomina desgaste en cráter y en el flanco o superficie de incidencia, llamado desgaste del flanco [6].

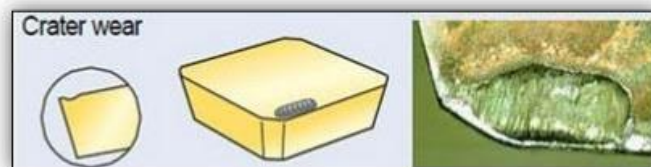


**Figura.2.10** Diagrama de una herramienta desgastada que muestra los lugares principales y los tipos de desgaste que ocurren.

**Fuente:** (GROOVER, 2007)

#### ➤ **Desgaste en cráter**

Es una sección cóncava de la superficie de inclinación de la herramienta, formada por la acción de la viruta que se desliza contra la superficie. El cráter puede medirse ya sea por su profundidad o por su área [6].

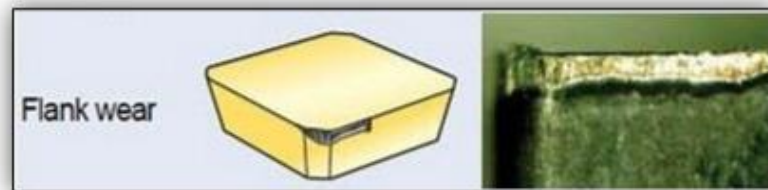


**Figura.2.11** Desgaste de cráter

**Fuente:** (SANDVIK, 2012)

➤ **Desgaste del flanco**

Ocurre en el flanco o superficie de relieve de la herramienta. Es el resultado del rozamiento entre la recién creada superficie de trabajo y la cara del flanco adyacente al borde de corte. El desgaste del flanco se mide por el ancho de la banda de desgaste FW, a la que se denomina banda de desgaste [6].



**Figura.2.12** Desgaste de flanco

**Fuente:** (SANDVIK, 2012)

Se puede identificar varias particularidades del desgaste del flanco. En primer lugar, aparece frecuentemente un desgaste extremo en el flanco sobre el filo de corte en el sitio que corresponde a la superficie original de la pieza de trabajo. A éste se le llama desgaste de muesca, y ocurre porque la superficie original del trabajo es más dura y abrasiva que el material interno. El desgaste del radio de la nariz es la segunda región de desgaste del flanco que puede identificarse y conduce a la terminación del borde de corte [6].

Los mecanismos que generan desgaste a nivel de las interfaces herramienta-viruta y herramienta-trabajo en el maquinado son los siguientes:

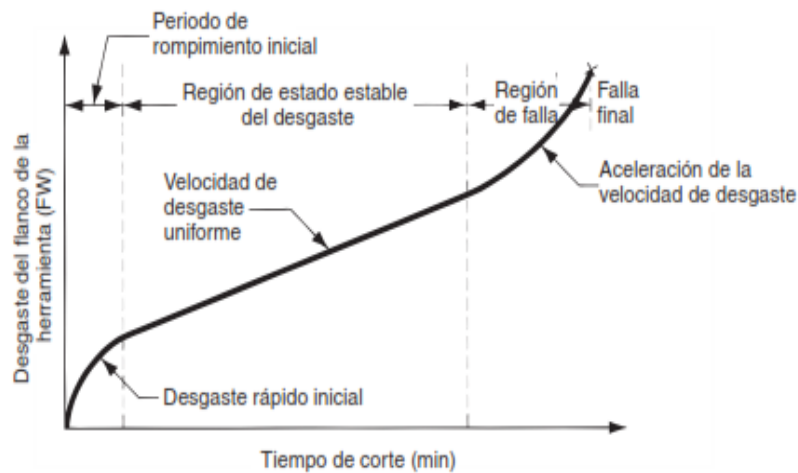
- **Abrasión.** Es una acción de desgaste mecánico debido a que las partículas duras en el material de trabajo rayan y remueven pequeñas porciones de la herramienta. Esta acción abrasiva ocurre tanto en el desgaste del flanco como en el desgaste de cráter, predominando en el desgaste del flanco [6].



- **Adhesión.** Cuando dos metales entran en contacto a alta presión y temperatura. Estas condiciones están presentes entre la viruta y la superficie de inclinación de la herramienta [6].
- **Difusión.** La difusión es un intercambio de átomos a través de un límite de contacto entre dos materiales. En el caso del desgaste de la herramienta, la difusión ocurre en el límite herramienta-viruta y ocasiona que la superficie de la herramienta quede agotada por los átomos que le imparten su dureza. La difusión puede ser el principal mecanismo de desgaste en cráter [6].
- **Reacciones químicas.** Cuando existen altas temperaturas y superficies limpias en la interfaz herramienta-viruta en el maquinado a altas velocidades. La capa oxidante, que es más suave que el material de la herramienta homóloga, es cortada, exponiendo el nuevo material a que soporte el proceso de reacción [6].
- **Deformación plástica.** Otro mecanismo que contribuye al desgaste de la herramienta es la deformación plástica del borde cortante. Las fuerzas de corte que actúan en el borde de corte a altas temperaturas hacen que éste se deforme plásticamente, haciéndolo más vulnerable a la abrasión de la superficie de la herramienta [6].

### 2.1.8 Vida de las herramientas y la ecuación de Taylor

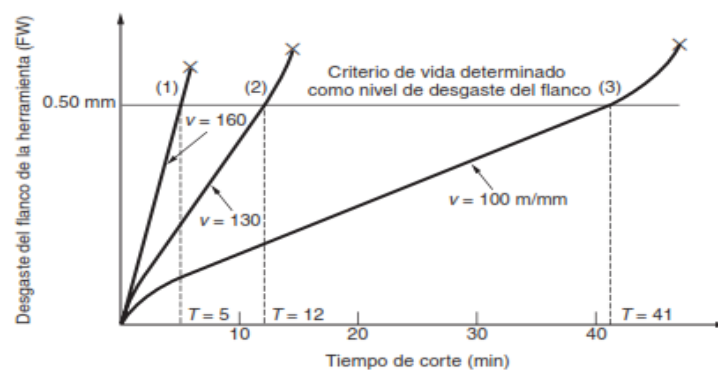
A medida que el corte se realiza se originan mayores niveles de desgaste en la herramienta de corte. Por lo general se pueden identificar tres regiones en la curva típica de crecimiento del desgaste. La primera es el periodo de rompimiento inicial que se presenta en los primeros minutos de corte, en el cual el borde cortante afilado se desgasta ligeramente al ser utilizado. Luego pasa a la región de estado estable del desgaste, que tiene una velocidad más o menos uniforme. Por último, el desgaste alcanza un nivel donde la velocidad del desgaste empieza a acelerar. Esto marca el principio de la región de falla, en la cual las temperaturas de corte son más altas y reduce la eficiencia del proceso de maquinado [6].



**Figura.2.13** Desgaste de la herramienta en función del tiempo de corte.

**Fuente:** (GROOVER, 2007)

La pendiente de la curva de desgaste de la herramienta en la región de estado estable se ve afectada por el material de trabajo y las condiciones de corte. Los materiales más duros ocasionan que se incremente la velocidad de desgaste. Los incrementos en la velocidad, en el avance y en la profundidad de corte tienen efectos similares. En la fig. 2.14 se puede observar que al aumentar las velocidades de corte se incrementa la velocidad de desgaste, alcanzándose el mismo nivel de desgaste en menos tiempo [6].



**Figura.2.14** Efecto de la velocidad de corte sobre el desgaste de flanco (FW) o superficie de incidencia de la herramienta para tres velocidades de corte.

**Fuente:** (GROOVER, 2007)

### 2.1.9 Ecuación de Taylor para la vida de las herramientas

Cuando los valores de vida de las herramientas para las tres curvas de desgaste de la fig. 2.14, se trazan en una gráfica log-log de velocidad de corte contra la vida de las herramientas, la resultante es una línea recta, como se muestra en la fig. 2.15 [6].

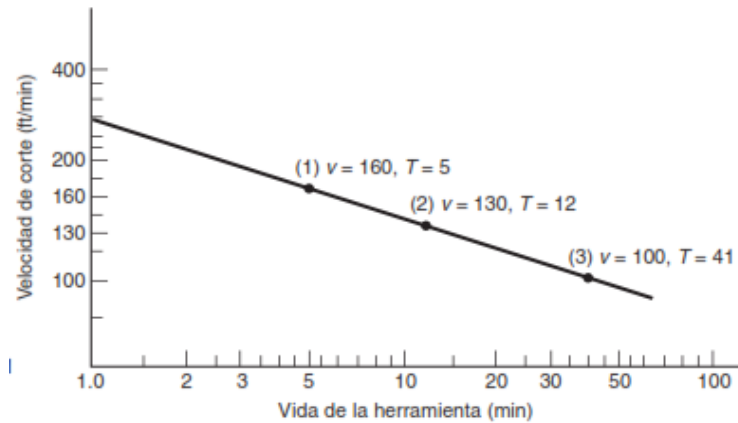


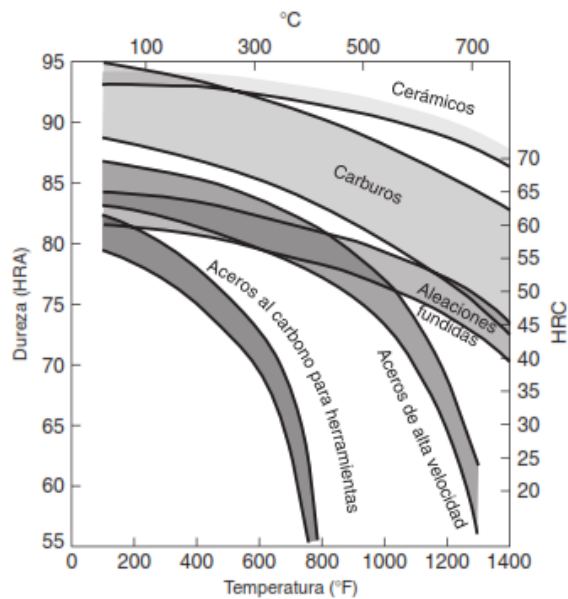
Figura.2.15 Gráfica en escala log-log de la velocidad de corte contra vida de la herramienta.

Fuente: (GROOVER, 2007)

### 2.1.10 Materiales para herramientas de corte

Un factor muy importante en las operaciones de maquinado es la selección del material de la herramienta de corte, debido a que la herramienta se somete a temperaturas elevadas, esfuerzos de contacto elevados, rozamiento a lo largo de la interfaz herramienta-viruta y a lo largo de la superficie maquinada. En consecuencia, el material de la herramienta de corte debe tener las siguientes características:

- **Dureza en caliente:** para que se mantengan la dureza, resistencia y resistencia al desgaste de la herramienta a las temperaturas habituales en las operaciones de maquinado [7].



**Figura2.16** Dureza de diversos materiales para herramientas de corte en función de la temperatura (dureza en caliente). El amplio intervalo en cada grupo de materiales se debe a la variedad de composiciones de las herramientas y a los tratamientos disponibles para cada grupo.

**Fuente:** (KALPAKJIAN, SCHMID, 2008)

- **Tenacidad y resistencia al impacto** (impacto mecánico): para que las fuerzas de impacto sobre la herramienta, que se repiten en operaciones de corte interrumpido (como el fresado, torneado de una flecha estriada en un torno, o debido a la vibración y el traqueteo durante el maquinado), no astillen o fracturen la herramienta [7].
- **Resistencia al impacto térmico:** para resistir los ciclos rápidos de temperatura encontrados en el corte interrumpido [7].
- **Resistencia al desgaste:** para obtener una vida útil de la herramienta antes de reemplazarla [7].
- **Estabilidad química y neutralidad:** con respecto al material a maquinarse, para evitar o minimizar cualquier reacción adversa, adhesión y difusión en la herramienta-viruta que contribuyen al desgaste de la herramienta [7].

**Tabla 2.1** Propiedades generales para herramientas

<b>Propiedades generales de los materiales para herramientas</b>							
Propiedad	Aceros de alta velocidad	Aleaciones de cobalto fundido	Carburos		Cerámicos	Nitruro de boro cúbico	Diamante monocristalino *
			WC	TiC			
Dureza	83-86 HRA	82-84 HRA 46-62 HRC	90-95 HRA 1800-2400 HK	91-93 HRA 1800-3200 HK	91-95 HRA 2000-3000 HK	4000-5000 HK	7000-8000 HK
Resistencia a la compresión, MPa psi × 10 <sup>3</sup>	4100-4500 600-650	1500-2300 220-335	4100-5850 600-850	3100-3850 450-560	2750-4500 400-650	6900 1000	6900 1000
Resistencia a la ruptura transversal, MPa psi × 10 <sup>3</sup>	2400-4800 350-700	1380-2050 200-300	1050-2600 150-375	1380-1900 200-275	345-950 50-135	700 105	1350 200
Resistencia al impacto, J pulg.-lb	1.35-8 12-70	0.34-1.25 3-11	0.34-1.35 3-12	0.79-1.24 7-11	<0.1 <1	<0.5 <5	<0.2 <2
Módulo de elasticidad, GPa psi × 10 <sup>6</sup>	200 30	— —	520-690 75-100	310-450 45-65	310-410 45-60	850 125	820-1050 120-150
Densidad, kg/m <sup>3</sup> lb/pulg. <sup>3</sup>	8600 0.31	8000-8700 0.29-0.31	10,000-15,000 0.36-0.54	5500-5800 0.2-0.22	4000-4500 0.14-0.16	3500 0.13	3500 0.13
Volumen de fase dura, %	7-15	10-20	70-90	—	100	95	95
Temperatura de fusión o de descomposición, °C °F	1300 2370	— —	1400 2550	1400 2550	2000 3600	1300 2400	700 1300
Conductividad térmica, W/m K	30-50	—	42-125	17	29	13	500-2000
Coefficiente de expansión térmica, × 10 <sup>-6</sup> /°C	12	—	4-6.5	7.5-9	6-8.5	4.8	1.5-4.8

**Fuente:** (KALPAKJIAN, SCHMID, 2008)

En la tabla se muestran las características de los materiales para las herramientas en el maquinado. Estos materiales se dividen en categorías según el orden en que se desarrollaron e implantaron en la industria [7].

**Tabla 2.2** Características generales de operación de los materiales para herramientas de corte.

<b>Características generales de operación de los materiales para herramientas de corte</b>			
Materiales para herramientas	Características generales	Modos de desgaste o falla de las herramientas	Limitaciones
Aceros de alta velocidad	Alta tenacidad, resistencia a la fractura, amplio intervalo de cortes de desbaste y acabado, buenos para cortes interrumpidos.	Desgaste del flanco, craterización.	Baja resistencia en caliente, capacidad limitada de endurecimiento y limitada resistencia al desgaste.
Carburos no recubiertos	Alta dureza para un amplio intervalo de temperaturas, tenacidad, resistencia al desgaste, variedad de aplicaciones amplia y versátil.	Desgaste del flanco, craterización.	No se puede usar a bajas velocidades debido al soldado en frío de las virutas y el microastillado.
Carburos recubiertos	Mejor resistencia al desgaste que los carburos no recubiertos, mejores propiedades térmicas y de fricción.	Desgaste del flanco, craterización.	No se puede usar a bajas velocidades debido al soldado en frío de las virutas y el microastillado.
Cerámicos	Alta dureza a temperaturas elevadas, alta resistencia al desgaste abrasivo.	Muescado de línea de profundidad de corte, microastillado, fractura gruesa.	Baja resistencia mecánica y baja resistencia a la fatiga termomecánica.
Nitruro de boro cúbico policristalino (cBN)	Alta resistencia en caliente, tenacidad, resistencia del filo de corte.	Muescado de línea de profundidad de corte, astillado, oxidación, grafitización.	Baja resistencia y baja estabilidad química a temperaturas altas.
Diamante	Alta dureza y tenacidad, resistencia al desgaste abrasivo.	Astillado, oxidación, grafitización.	Baja resistencia y baja estabilidad química a temperaturas altas.

**Fuente:** (KALPAKJIAN, SCHMID, 2008)

### 2.1.11 Calidades y geometrías de insertos de metal duro para el fresado

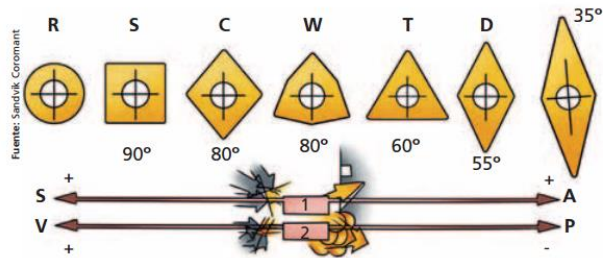
Los insertos o plaquitas intercambiables son herramientas de corte utilizadas en procesos de remoción de material. Estos insertos deben cumplir con varios requerimientos, entre los cuales destacan la tenacidad, la dureza en caliente y la resistencia al desgaste [7].

La geometría de la herramienta de corte depende del proceso que se va a realizar.

#### Forma y radio de nariz

La norma ISO 1832:1991, establece los parámetros que deben cumplir los insertos de metal duro según su geometría. Esta norma también incluye insertos en diferentes formas y tamaños, los cuales deben elegirse según el tipo de trabajo a realizar. Las plaquitas más comunes son:

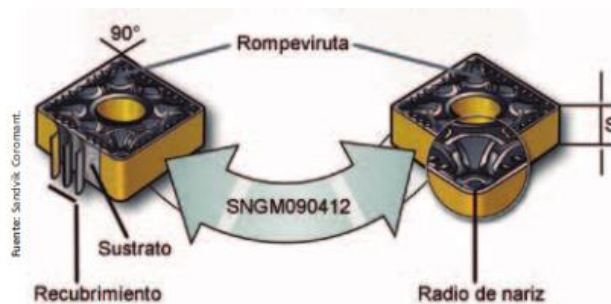
- cuadrada,
- triangular,
- rómbica,
- redonda
- trigonal;



**Figura. 2.17** Geometría de los insertos de metal duro

**Fuente:** (SANDVIK, 2012)

La forma del inserto debe seleccionarse con relación al ángulo entrante necesario y la accesibilidad de la herramienta para hacer una operación en particular [6].



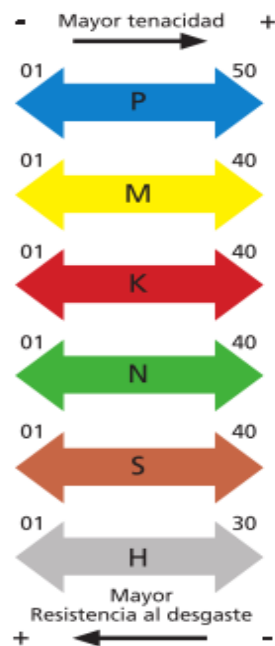
**Figura.2.18** Algunos componentes del inserto

**Fuente:** (SANDVIK, 2012)

De acuerdo a la norma ISO 513:2004, que clasifica los diferentes tipos de metal duro de los insertos en seis grupos, según la aplicación y maquinabilidad del material [6].

Cada grupo se designa con una letra y un color distintivo:

- P – azul
- M – amarillo
- K – rojo
- N – verde
- S – café
- H – gris.



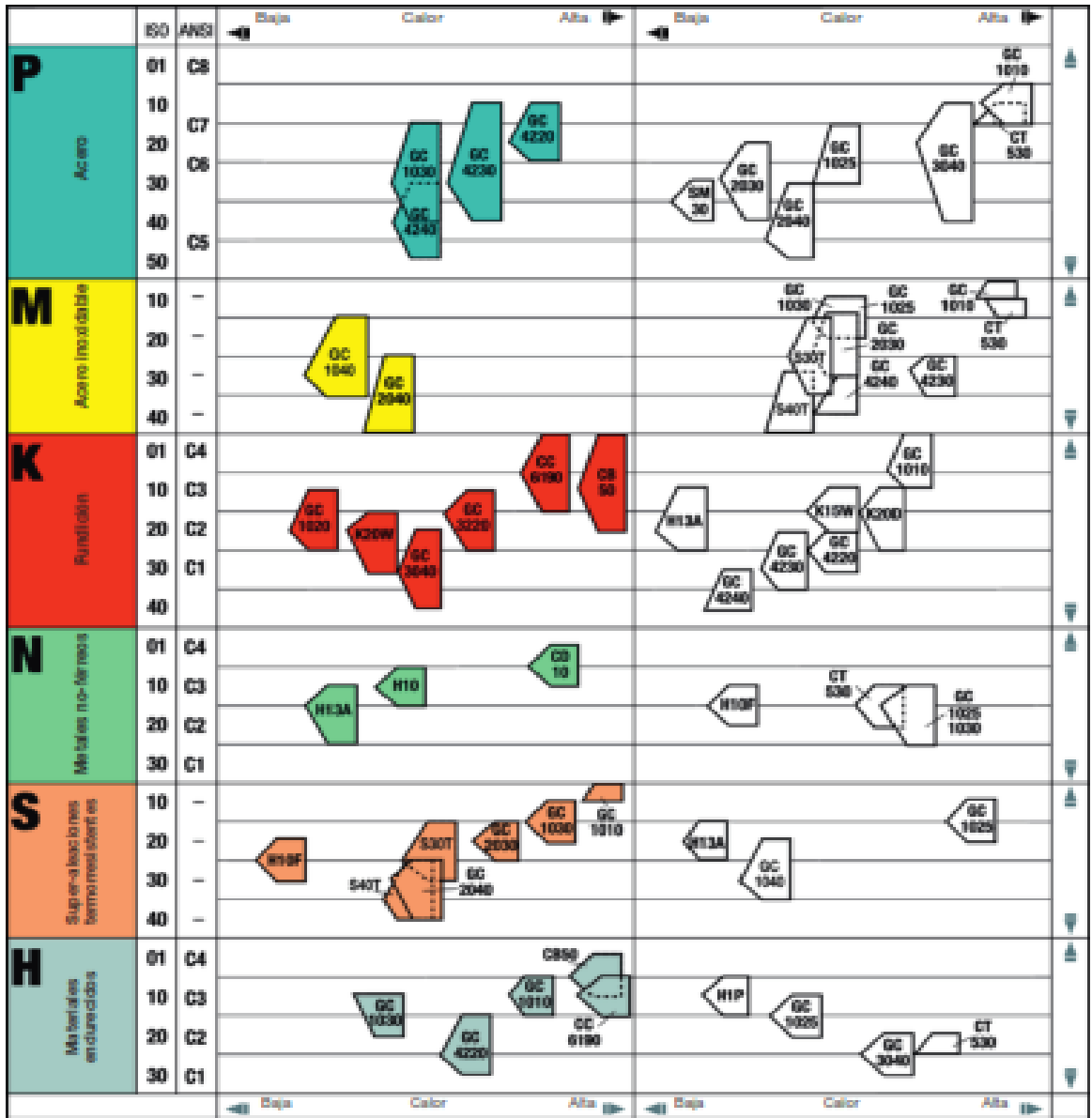
**Figura.2.19** Principal área de aplicación ISO

**Fuente:** (SANDVIK, 2012)

Las geometrías de los insertos con ángulos mayores producen mayor vibración, pero tienen un menor requerimiento de potencia. La calidad de los insertos viene definida por el tipo de recubrimiento que tiene CVD (deposición química en fase de vapor) y PVD (deposición física en fase de vapor), los cuales otorgan propiedades a estas herramientas de corte [6].



Las herramientas con revestimiento CVD son más susceptibles de desbastado del borde que las herramientas con revestimiento PVD [6].



La posición y forma de los símbolos de calidad indican el correspondiente campo de aplicación.

Centro del campo de aplicación.

Campo de aplicación recomendado.

Estable

Inestable

= Calidades básicas  
 = Calidades complementarias

Figura.2.20 Calidades para fresado

Fuente: (SANDVIK, 2012)

### 2.1.12 Descripción del acero AISI 1018

El acero AISI SAE 1018 es muy utilizado en la industria por sus propiedades mecánicas [8].

Para mecanizar este acero, es necesario conocer las propiedades mecánicas con el fin de establecer las condiciones ideales para el proceso de desbaste.

Este acero de bajo - medio carbono tiene buena soldabilidad y ligeramente mejor maquinabilidad que los aceros con menor grado de carbono. Se presenta en condición de calibrado (acabado en frío). Debido a su alta tenacidad y baja resistencia mecánica es adecuado para componentes de maquinaria. Además tiene la factibilidad de cementación con buena profundidad de penetración debido a su alto contenido de manganeso [8] .

**Tabla 2.3** Análisis típico %.

	C	Mn	P	S
SAE 1018	0.15-0.20	0.60-0.90	0.040	0.050

**Fuente:** IVAN BOHMAN

**Tabla 2.4** Propiedades mecánicas.

Esfuerzo de cedencia, kg/mm <sup>2</sup>	min. 31
Resistencia a la tracción, kg/mm <sup>2</sup>	51-71
Elongación A5	20%
Reducción de área, Z	57%
Dureza	163 HB

**Fuente:** IVAN BOHMAN

## **Aplicaciones**

Donde se requiera aplicaciones con cargas mecánicas no muy severas, pero con ciertos grados de tenacidad importantes: tuercas, piezas de máquinas pequeñas, ejes, bujes, pasadores, grapas etc. [8].

### **2.1.13 Lubricación**

El fluido de corte según el tipo de maquinado puede ser un refrigerante, un lubricante o ambos. La efectividad de los fluidos de corte depende de factores como el tipo de operación de maquinado, los materiales de la herramienta y de la pieza de trabajo, la velocidad de corte y el método de aplicación [6].

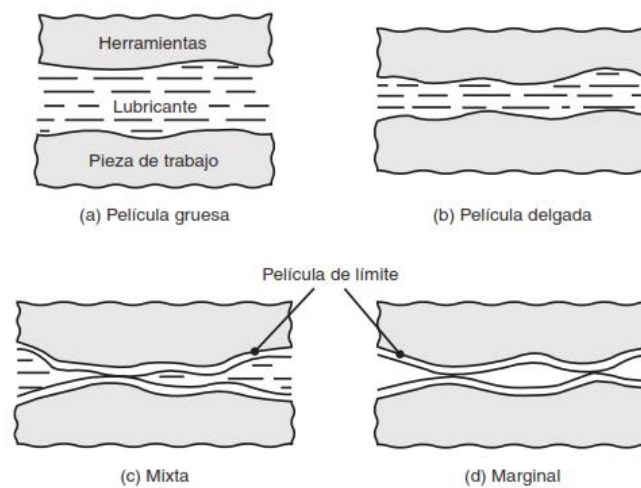
La utilidad de un fluido de corte depende de la severidad de la operación de maquinado que se vaya a realizar, que puede ser el nivel de temperaturas y fuerzas encontradas, la tendencia a la formación de un filo acumulado y la facilidad con que las virutas producidas pueden retirarse de la zona de corte [6].

### **2.1.14 Regímenes de lubricación**

Existen cuatro regímenes de lubricación que se utilizan en las operaciones de manufactura.

- Lubricación de película gruesa, las superficies se separan por completo mediante una película de lubricante; la viscosidad de éste es un factor importante. Dichas películas se pueden desarrollar en algunas regiones de la pieza de trabajo, en operaciones de alta velocidad, y también por lubricantes de alta viscosidad, que se quedan atrapados en las interfaces de la matriz y la pieza [6].
- Lubricación de película delgada, se produce al aumentar la carga entre la matriz y la pieza de trabajo, o al disminuir la velocidad y viscosidad del fluido para trabajo de los metales. Esta condición incrementa la fricción en las interfaces de deslizamiento y produce un leve desgaste [6].

- En la lubricación mixta, una parte significativa de la carga se soporta por el contacto físico (asperezas) de las dos superficies. El resto lo efectúa la película de fluido atrapada en bolsas, como los valles entre las asperezas [6].
- En la lubricación marginal, soportan la carga las superficies en contacto cubiertas con una película de lubricante. Ésta es una capa delgada de lubricante que es atraída físicamente hacia las superficies metálicas, evitando así el contacto directo metal con metal de los dos cuerpos y reduciendo el desgaste. Por lo general, los lubricantes marginales son aceites naturales, grasas, ácidos grasos, ésteres o jabones [6].



**Figura.2.21** Tipos de lubricación que ocurre generalmente en operaciones de trabajo de los metales.

**Fuente:** (GROOVER, 2007)

### 2.1.15 Fluidos para el trabajo de los metales y su selección

Los fluidos de corte se utilizan en las operaciones de maquinado para obtener los siguientes resultados:

- Reducir la fricción y el desgaste para mejorar el acabado superficial de la pieza de trabajo.

- Enfriar la zona de corte reduciendo la temperatura y la distorsión térmica de la pieza de trabajo.
- Reducir las fuerzas y el consumo de energía.
- Retirar las virutas de la zona de corte, evitando que interfieran en el proceso de corte.
- Proteger la superficie maquinada de la corrosión ambiental.

Existen diversos tipos de fluidos para metales que poseen diversas propiedades químicas y características particulares [6].

#### **2.1.15.1 Aceites**

Los aceites mantienen películas de alta resistencia en la superficie de un metal. Aunque son muy efectivos en la reducción de la fricción y el desgaste, tienen baja conductividad térmica y bajo calor específico. En consecuencia, no conducen de manera efectiva el calor generado por la fricción y la deformación plástica [6].

Las fuentes de los aceites pueden ser de naturaleza mineral (petróleo o hidrocarburo), animal o vegetal. Los aceites pueden estar compuestos de aditivos o de otros aceites [6].

#### **2.1.15.2 Emulsiones**

Una emulsión es una mezcla de dos líquidos inmiscibles (por lo general agua y aceite en diversas proporciones) junto con aditivos. Los emulsores son sustancias que evitan que se unan las gotas dispersas en una mezcla. Con apariencia lechosa, a las emulsiones se les conoce como aceites solubles en agua, o refrigerantes con base agua, y son de dos tipos: directos e indirectos. En una emulsión directa, se dispersa aceite mineral en agua en la forma de gotas muy pequeñas. En una emulsión indirecta, las gotas de agua se dispersan en el aceite [6].

### **2.1.15.3 Soluciones sintéticas y semisintéticas**

Las soluciones sintéticas son fluidos químicos que contienen productos químicos inorgánicos y otros productos químicos disueltos en agua. Se agregan diversos agentes químicos a una solución en particular para proporcionar diferentes propiedades. Las soluciones semisintéticas son básicamente soluciones sintéticas a las que se les agregan pequeñas cantidades de aceites emulsionables [6].

### **2.1.15.4 Jabones, grasas y ceras**

Los jabones son productos de la reacción de sales de sodio o potasio con ácidos grasos. Los jabones alcalinos son solubles en agua, pero otros jabones metálicos suelen ser insolubles. Los jabones son lubricantes eficaces y pueden formar capas gruesas de película en las interfaces de matriz y pieza de trabajo [6].

Las grasas son lubricantes sólidos o semisólidos y por lo general consisten en jabones, aceite mineral y diversos aditivos. Son altamente viscosos y se adhieren bien a las superficies metálicas [6].

Las ceras pueden ser de origen animal o de plantas (parafina). En comparación con las grasas, son menos “grasosas” y más frágiles. Las ceras tienen un uso limitado en las operaciones de trabajo de los metales, excepto como lubricantes para cobre y como lubricantes para aceros inoxidables y aleaciones de alta temperatura [6].

### **2.1.15.5 Aditivos**

Por lo general, los fluidos se mezclan con diversos aditivos, de la siguiente manera:

- Inhibidores de oxidación.
- Agentes antioxidantes.
- Inhibidores de espuma.
- Agentes humectantes.
- Agentes controladores de olores.

➤ Antisépticos.

El azufre, cloro y fósforo son aditivos importantes para los aceites, conocidos como aditivos de presión extrema, reaccionan químicamente con superficies metálicas y forman películas superficiales adherentes de sulfuros o cloruros metálicos. Estas películas tienen baja resistencia al corte y buenas propiedades antisoldadura y, por lo tanto, pueden reducir de manera efectiva la fricción y el desgaste [6].

### **2.1.16 Selección de fluidos para el trabajo de los metales**

Para la selección de un fluido para trabajo de los metales se debe considerar diversos factores:

1. Proceso de manufactura.
2. Material de la pieza de trabajo.
3. Material del herramental.
4. Parámetros de procesamiento.
5. Compatibilidad del fluido con los materiales del herramental, la matriz y la pieza de trabajo.
6. Preparación de la superficie.
7. Método de aplicación de los fluidos.
8. Remoción del fluido y limpieza de la pieza de trabajo después de su procesamiento.
9. Contaminación del fluido por otros lubricantes.
10. Almacenamiento y mantenimiento de los fluidos.
11. Tratamiento del lubricante de desecho.
12. Consideraciones biológicas y ambientales.
13. Costos comprendidos en todos los aspectos indicados en esta lista.

Cuando se selecciona un aceite como lubricante, es necesario investigar sus características de viscosidad, temperatura y presión. La viscosidad baja puede tener un efecto muy perjudicial, ya que provocaría alta fricción y desgaste. Por lo general los fluidos con base de agua se utilizan en un porcentaje de 80% a 90% de todas las aplicaciones de maquinado [6].

Los fluidos para el trabajo de los metales:

- No deben dejar ningún residuo que pueda interferir en las operaciones de la maquinaria.
- No deben manchar ni corroer la pieza de trabajo.

### **2.1.17 Consideraciones biológicas y ambientales**

Las consideraciones biológicas y ambientales son factores importantes en la selección de fluidos para el trabajo de los metales.

La disposición inapropiada de los fluidos para el trabajo de los metales también puede provocar efectos adversos en el ambiente. Para evitar o restringir el crecimiento de microorganismos como bacterias, levaduras, mohos, algas y virus, se agregan químicos (biocidas) a los fluidos para trabajo de los metales [6].

En Estados Unidos, instituciones como la Occupational Safety and Health Administration (OSHA), el National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) y la Environmental Protection Agency (EPA) promueven leyes y normas relacionadas con la manufactura, el transporte, el uso y la disposición de los fluidos para trabajo de los metales [6].

### **2.1.18 Sistema de mínima cantidad de lubricación MQL**

El sistema MQL utiliza una cantidad muy pequeña de fluido para reducir la fricción entre la herramienta de corte y la pieza de trabajo. La cantidad de fluido dependerá en gran medida de los materiales, los procesos y las herramientas. Algunos materiales tienen lubricidad más natural que otros. Como regla general se utiliza de 5 a 80 ml / hora en las herramientas de menos de 40 mm de diámetro [9].

La especificación DIN alemana dispone hasta 50ml/hora de lubricante, y en casos excepcionales hasta 150ml/hora. Otros estudios han puesto la tapa a 500 ml / hora. No



importa el rango utilizado, ya que es mucho menos que el 30.000-60.000 ml / hora usados con refrigerantes en el sistema de inundación [9].

Se realizaron cincuenta y ocho estudios donde participaron varias empresas y diferentes materiales. La participación de las grandes empresas como Bosch y Daimler-Chrysler permitió extraer ideas del estudio para el beneficio a pequeñas y medianas empresas las cuales no podían darse el lujo de hacer la investigación por su cuenta [9].

**Tabla 2.5** Resultados de Usar MQL

Business	Product	Material	Process	Results
Automotive Supplier	Throttle Housings	GD-ALSi-12Cu4	Milling, Drilling, Reaming	Reduction of component costs by 8%
Commercial Printing Press Manufacturer	Drilled And Tapped Strips	Ck45	Milling, Drilling, Threading, Reaming	Shortened the process time from 10.49 min to 7.32 min
Automotive Manufacturer	Gears, Car Gearboxes	Case-Hardened Steel (20MoCr4)	Shaping	Environmental protection Reduction of component costs by approx. 5%
Tool And Die Shop	Tools	Tool Steels	Milling, Turning	80% reduction of maintenance and cleaning work, better surface quality, shorter processing times
Pneumatic Cylinders Manufacturer	Connector	A1 Die Cast GD-ZnAl4Cu1	Tapping, Grooving	Cleaner machine environment, metalworking fluid cost savings, less maintenance and cleaning work, higher cutting values
Aviation	Aircraft Components	Al Forged Alloy	Milling	Environmental protection, cleaner machine environment, low costs for machines
Power Plant Manufacturers	Turbine Blades	X22CrMoV 12.1, CrNi Steels	Milling	Tool life tripled

**Fuente:** (WALKER, 2013)

### 2.1.19 Funcionamiento

El MQL adquiere la forma del contenedor que lo almacena y al ser al mismo tiempo un sistema dinámico debe ser contenido dentro de los conductos de transporte prácticamente hasta el punto donde va a ser utilizado [10].

En la lubricación por cantidades mínimas, una corriente de aire que contiene gotas de aceite inferiores a 1  $\mu\text{m}$ , lubrica la zona de contacto entre pieza y herramienta, estas gotas apenas tienen inercia y velocidad de caída. Esto hace posible que todas las partículas de lubricante se pueden aplicar sobre el filo de corte [10].

En cuanto a la refrigeración, el aerosol producido por el sistema MQL elimina el calor generado, tanto por convección, como por evaporación de parte del aceite contenido en dicho aerosol. Además de refrigerar, se reduce el rozamiento en la superficie de incidencia y en la de desprendimiento, gracias al reducido tamaño de las gotas de aceite que pueden actuar entre herramienta y pieza, y entre viruta y herramienta [10].

Los sistemas MQL (Minimum Quantity of Lubrication), humedecen rigurosamente la zona de corte (herramienta-pieza-viruta) con muy poca cantidad de lubricante. Principalmente existen tres tipos de sistemas MQL en función del tipo de fluido de corte utilizado:

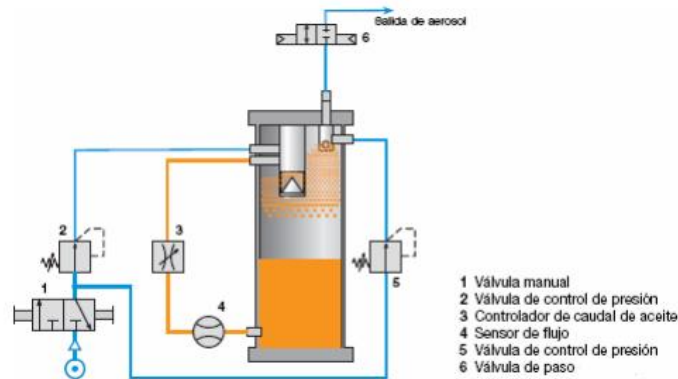
- Sistemas de pulverizado a baja presión, en los que el fluido de corte se introduce en una corriente de aire a baja presión, y se transmite a la zona de contacto entre herramienta y pieza en forma de mezcla. El caudal del fluido de corte varía entre 10 y 1000 ml/h [10].
- Sistemas de inyección sin aire, que utilizan bombas dosificadoras, las cuales mediante pulsos, suministran una cantidad determinada de fluido de corte. La cantidad suministrada varía entre 0,01 y 1 ml/ciclo, siendo la dosificación precisa [10].
- Sistemas de pulverizado a alta presión. El aire comprimido presuriza el depósito del lubricante, como consecuencia de lo cual se transporta aire y lubricante, bien por tubos separados hasta una boquilla donde se produce la mezcla, o bien a través

de un único conducto. La cantidad suministrada de lubricante es extremadamente baja, estando comprendida entre 5 y 100 ml/h. Pueden emplearse emulsiones acuosas, pero se recomienda utilizar aceites de elevada viscosidad [10].

### 2.1.20 Lubricación por cantidades mínimas interna y externa

La lubricación por cantidades mínimas puede ser interna, en la cual el lubricante fluye a través de orificios a modo de canales incorporados en la propia herramienta, o externa, utilizando boquillas que se instalan en la máquina orientadas hacia la herramienta [10].

En la lubricación interna hay que distinguir dos sistemas; de un canal y de dos canales. En los sistemas de un canal, el aerosol se produce en el depósito del equipo MQL, a partir de lubricante y aire comprimido, para ser transportado por un único conducto hasta la herramienta a través del husillo y el portaherramientas. En cambio, en los sistemas de dos canales el aceite y el aire se transportan de forma independiente hasta la herramienta, donde se produce la mezcla dando lugar al aerosol. Los sistemas de un canal son más eficaces, debido a que trabajan con mayores presiones [10].



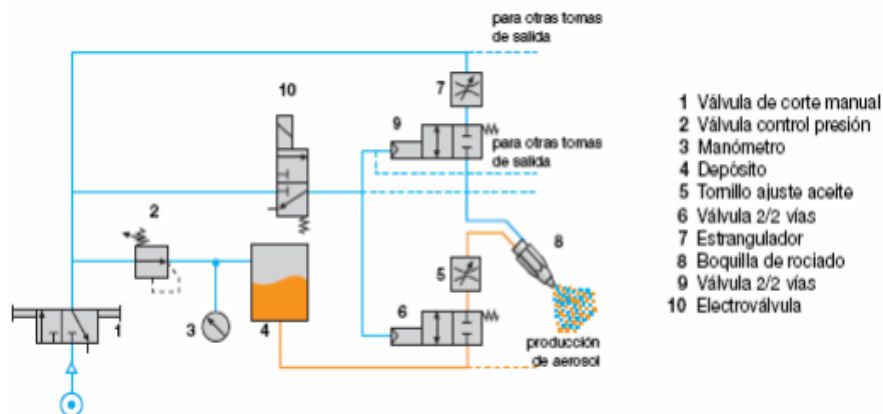
**Figura.2.22** Diseño de un sistema de lubricación por cantidades mínimas interno de un canal

**Fuente:** (GALAN, 2010)

En la lubricación externa el sistema MQL consiste en un depósito de lubricante, una o varias unidades de regulación de mezcla y conductos con boquillas de rociado. El aire

comprimido con el que se alimenta el sistema presuriza el depósito de lubricante, como consecuencia de lo cual el lubricante es transportado a través de un sistema de conductos hasta las boquillas de rociado. La regulación de las cantidades requeridas de lubricante y aire, así como el ajuste de la presión interna del depósito de lubricante se realizan por medio de válvulas de control, situadas normalmente en dicho depósito. El lubricante y el aire son transportados de forma separada a través de tubos coaxiales hasta la boquilla de rociado, lugar donde se produce la mezcla y la atomización del lubricante [10].

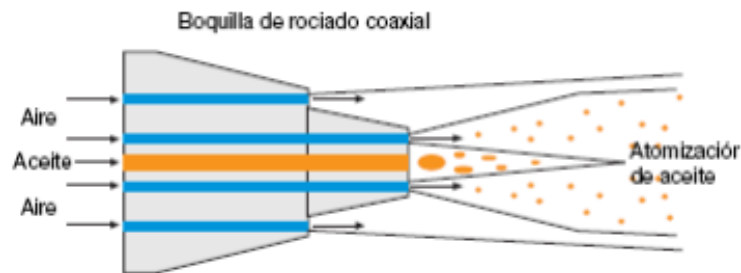
La principal ventaja de los sistemas de lubricación externos es que puede ajustarse con facilidad a máquinas-herramientas convencionales, logrando utilizarse en gran cantidad de operaciones, como el torneado, taladrado, fresado, escariado, brochado o roscado [10].



**Figura.2.23** Diseño de un sistema de lubricación por cantidades mínimas externo

**Fuente:** (GALAN, 2010)

En los sistemas de lubricación externos el aerosol se genera en la salida de la boquilla por efecto Venturi. El aire arrastra y acelera el lubricante, obteniéndose partículas extraordinariamente finas de aceite. El flujo concéntrico de aceite y aire que resulta de este diseño provoca que el aerosol sea conducido con gran exactitud hasta el punto deseado [10].



**Figura.2.24** Atomización en gotas microscópicas por medio de una boquilla de tipo coaxial

**Fuente:** (GALAN, 2010)

### 2.1.21 Ventajas de MQL

- Reducción en el tiempo.
- Pieza a mecanizar permanece seca.
- No es necesario desengrasar la pieza de trabajo.
- Las virutas permanecen secas.
- Evita refrigerante que cubre la máquina herramienta
- Reducción en la gestión de refrigerantes
- Eliminación de los residuos de choque térmico en vida de la herramienta.
- Reducción de costos.
- Evita problemas dermatológicos causados por el aceite soluble a los operadores.
- Protección del medio ambiente.

### 2.1.22 Lubricantes para MQL

Los lubricantes utilizados en los sistemas MQL tienen unas características físicas y químicas especialmente desarrolladas para conseguir un óptimo funcionamiento en este tipo de tecnologías.

Los lubricantes diseñados para funcionar con MQL son biodegradables, ya que están formulados en base a un aceite vegetal, mientras que los fluidos de corte convencionales se encuentran formulados en base a un aceite mineral. Además estos

lubricantes deben tener una elevada viscosidad, así como elevada resistencia a la oxidación, ya que al adherirse a las superficies de la pieza y la herramienta deben soportar elevadas temperaturas [10].

## **2.2 HIPÓTESIS**

La utilización del sistema de mínima cantidad de lubricante MQL en el fresado del acero AISI 1018 permitirá aumentar la vida útil de las herramientas de corte de metal duro.

## **2.3 SEÑALAMIENTO DE VARIABLES DE LA HIPÓTESIS**

### **2.3.1 Variable independiente**

SISTEMA DE MÍNIMA CANTIDAD DE LUBRICACIÓN (MQL) CON ACEITE VEGETAL.

### **2.3.2 Variable dependiente**

VIDA DE LAS HERRAMIENTAS DE CORTE DE METAL DURO.

## **CAPITULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1 NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN**

##### **3.1.1 Correlacional**

Se lo realizo ya que las dos variables están relacionadas debido a que el sistema de lubricación incide directamente en la vida útil de las herramientas de corte en el proceso de fresado al ser las variables el sistema de lubricación y el desgaste de flanco producido en función del tiempo de maquinado.

##### **3.1.2 Exploratoria**

El nivel seleccionado para la investigación es de tipo exploratorio, ya que permite reconocer variables de interés investigativo, en el comportamiento de los diferentes sistemas de lubricación utilizados en el proceso de fresado del acero AISI 1018.

##### **3.1.3 Descriptiva**

La presente investigación será descriptiva ya que se irá detallando paso a paso el desarrollo del proyecto, profundizado en el conocimiento sobre el efecto del sistema de lubricación en la vida de la herramienta.

##### **3.1.4 Investigación experimental bibliográfica**

En la parte experimental se pudo manipular las tecnologías de lubricación actual y observar los efectos que esta produce sobre la vida de las herramientas de corte en el proceso de fresado.

En la parte bibliográfica se priorizara la búsqueda en libros, papers, folletos y manuales que contengan conceptos de proceso de fresado como son lubricación por inundación y sistema de mínima cantidad de lubricación.

### 3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA

#### 3.2.1 Población

La presente investigación tendrá como población un tipo de inserto de metal duro para el proceso de fresado en acero AISI 1018, el mismo que estará sometido a diferentes parámetros de mecanizado en el cual se tomara muy en cuenta los sistemas de lubricación.

#### 3.2.2 Muestra

Se obtendrá 5 muestras para la obtención de vida de la herramienta en función de la velocidad de corte y avance como indica la norma ISO 8688-1 1989.

**Tabla 3. 1** Diseño de experimentación número de muestras

Velocidad de corte	Profundidad	Avance	Sistema de lubricación	lubricante	Tiempo	Desgaste de flanco
Máxima	Calculada	Recomendado	Inundación	Aceite soluble	Intervalos de 5 min.	Normado por ISO 8688-1 1989
Mínima			MQL	Aceite vegetal		
Total # de muestras	2*1*2*2*5*t= 40t donde t será el tiempo alcanzado del desgaste de flanco en intervalos de 5 minutos.					

**Fuente AUTOR**



### 3.3 Operacionalización de variables

#### 3.3.1 VARIABLE INDEPENDIENTE: SISTEMA DE MÍNIMA CANTIDAD DE LUBRICACIÓN (MQL) CON ACEITE VEGETAL.

CONCEPTO	DIMENSIONES	INDICADORES	ÍTEMS	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
<p><b>Sistema de mínima cantidad de lubricación (MQL)</b></p> <p>El sistema MQL utiliza una cantidad muy pequeña de fluido para reducir la fricción entre la herramienta de corte y la pieza de trabajo.</p>	<p>Fluido</p> <p>Caudal</p>	<p>¿Qué tipo de fluido se utilizará?</p> <p>¿Cuál será el caudal?</p>	<p>Aceite vegetal</p> <p>480ml/h</p>	<p>Observación directa.</p> <p>Ficha técnica.</p> <p>Catálogos.</p> <p>Instrumento de laboratorio.</p> <p>Sistema MQL CNC</p> <p>Catálogo.</p> <p>Observación directa.</p> <p>Registros específicos</p> <p>Sistema MQL CNC</p>

	Presión	¿Qué presión se utilizará?	2 bar	Registros específicos  Observación directa  Manómetro.
--	---------	----------------------------	-------	--

### 3.3.2 Variable dependiente: Vida de las herramientas de corte de metal duro.

CONCEPTO	DIMENSIONES	INDICADORES	ÍTEMS	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
<p><b>Vida de las herramientas</b></p> <p>A medida que el corte se realiza se originan mayores niveles de desgaste en la herramienta de corte produciendo el fin de su vida útil.</p>	<p>Determinación del desgaste de la herramienta.</p>	<p>¿Mediante que método se puede determinar el desgaste en las herramientas?</p>	<p>Norma AISI 8688-1 1989</p>	<p>Microscopio de barrido. MEB.  Ficha de registro.</p>
	<p>Predicción de la vida útil.</p>	<p>¿Cómo predecir la vida útil?</p>	<p>Ecuación simplificada de Taylor</p>	<p>Observación bibliográfica.</p>

### **3.4 PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN**

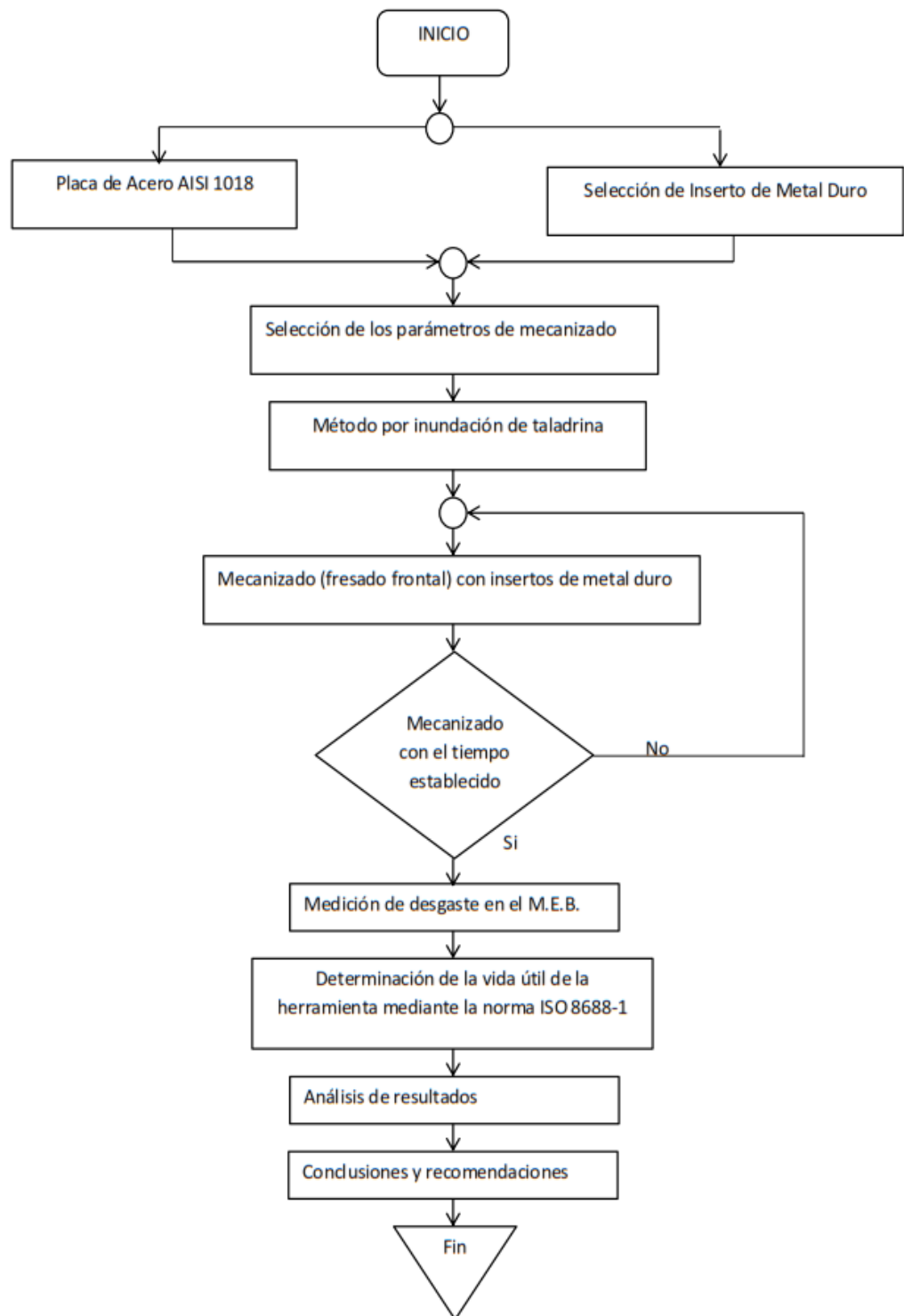
La información de tiempo de maquinado y desgaste de flanco, fueron recolectados mediante los ensayos en los insertos de metal duro en el fresado frontal de acero AISI 1018.

1. Mecanizado en intervalos de 5 minutos.
2. Medición del desgaste de flanco en el microscopio electrónico de barrido.
3. Elaboración de la ficha de investigación.
4. Comprobación del desgaste de acuerdo a la norma ISO 8688-1 1989.

### **3.5 PLAN PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS**

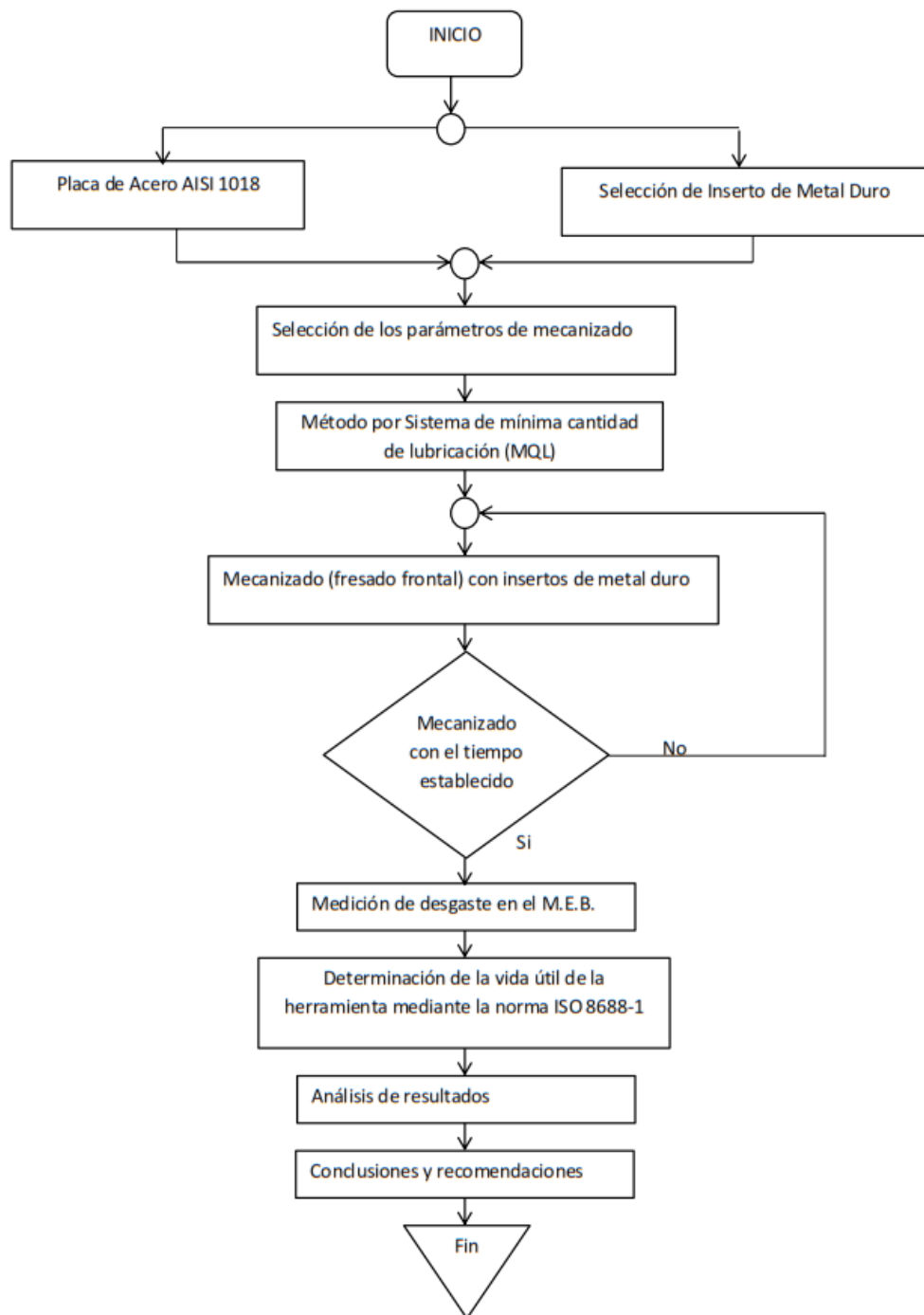
A continuación se muestran los diagramas de flujo para el sistema de lubricación por inundación y el sistema por mínimas cantidades de lubricante.

En los cuales se tomó en cuenta las selección de los parámetros de mecanizado, sistemas de lubricación, tiempo de maquinado y la respectiva medición del desgaste de flanco de acuerdo a la normativa correspondiente.



**Figura 3. 1** Diagrama de flujo para el mecanizado por inundación.

**Fuente** AUTOR



**Figura 3. 2** Diagrama de flujo para el mecanizado por mínimas cantidades de lubricación.

**Fuente** AUTOR

### Proceso de toma de datos para la medición del desgaste de flanco

El proceso que se realizará en este estudio será fresado frontal (desbaste) en un centro de mecanizado CNC para lo cual se utilizará la siguiente herramienta y parámetros detallados a continuación.

Se utilizará un portaherramientas adecuado para el proceso de fresado frontal con las siguientes características proporcionadas por el proveedor de  $D= 63\text{mm}$  para 5 insertos.

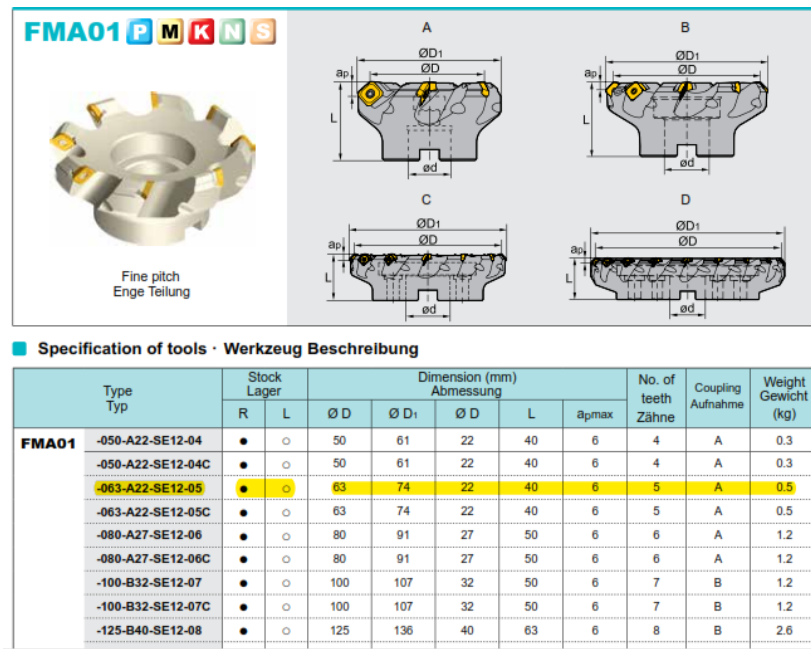
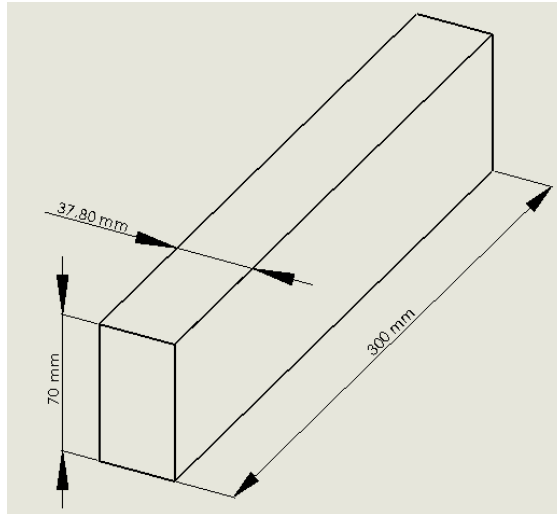


Figura 3. 3 Portaherramientas para desbaste.

Fuente: (ZCCCT, 2016)

La placa ha mecanizar es de acero AISI 1018 la cual es una barra rectangular con un ancho 0.6 veces el diámetro de la fresa (37.8mm para  $D = 63\text{mm}$ ) y una longitud mínima 3 veces el diámetro (189mm para  $D = 63\text{mm}$ ) como se detalla en la norma ISO 8688-1 1989.



**Figura 3. 4** Medidas de la placa de acero AISI 1018

**Fuente:** AUTOR

El tipo de inserto seleccionado es YBG 202 SEET12T3-DR bajo el siguiente criterio:

Placa de trabajo acero AISI 1018.

Proceso de fresado frontal (desbaste).

Serie P ya que trabajara acero al carbono.

**Tabla 3. 2** Comparación para insertos de fresado

Workpiece material Workpiece material	ISO	Coatet carbide Beschichtetes Hartmetal		Cermet Cermet	Uncoatet carbide unbeschichtetes Hartmetal	PCBN & PCD PCBN & PKD
		CVD	PVD			
Steel Stahl	P01					
	P10		YBG202	YNG151		
	P20	YBC301 YBC302 YBM251 YBM253	YBG252	YNG151C		
	P30	YBM351 YBC401			YC30S	
	P40		YBG302			

**Fuente:** (ZCCCT, 2016)

Se utilizará un inserto DR por ser desbaste el proceso a realizar.

**Tabla 3. 3** Insertos según el proceso a realizar.

**Chipbreaker Selection for FMA01 · Spanbrecher Auswahl für FMA01**

Application Anwendung	Finishing Schlichten	Semi-Finishing Mittlere Bearbeitung	Roughing Schruppen
<b>P</b>	-DF	-DM	-DR

Fuente: (ZCCCT, 2016)

La configuración de la placa y medidas de acuerdo al proveedor son las siguientes:

**Tabla 3. 4** Características de los insertos de metal duro.

■ Applicable inserts · Wendeschneidplatten

■ Gute Bearbeitungsbedingungen  
■ Normal Machining Condition  
■ Normalen Bearbeitungsbedingungen  
■ Unfavorable Machining Condition  
■ Ungünstige Bearbeitungsbedingungen

Workpiece Material Werkstoff	P	M	K	N	S
Steel Stahl	●	●	●	●	●
Stainless Steel Rostfreier Stahl	●	●	●	●	●
Cast Iron Gussstern	●	●	●	●	●
Non-ferrous material Nf Metalle	●	●	●	●	●
Heat-resistant steel Wärmefester Stahl	●	●	●	●	●

Insert shape Plattenform	Type Typ	Dimension (mm) Abmessung						CVD Coating CVD Beschicht.					PVD Coating PVD Beschicht.					Carbide Carbid	Cermet Carbidmetall						
		L	ØI.C	S	ød	bs	R	YBC301	YBC302	YBC401	YBM251	YBM253	YBM351	YBD152	YBD252	YBG102	YBG205			YBG302	YBG152	YBG252	YNG151	YNG151C	YCM05
	SEET12T3-DF	13.4	13.4	3.97	4.1	2.55		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	SEET12T3-CF	13.4	13.4	3.97	4.1	2.55																			
	SEET12T3-EF	13.4	13.4	3.97	4.1	2.55																			
	SEET12T3-DM	13.4	13.4	3.97	4.1	2.55		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	SEET12T3-CM	13.4	13.4	3.97	4.1	2.55																			
	SEET12T3-EM	13.4	13.4	3.97	4.1	2.55																			
	SEET12T3-DR	13.4	13.4	3.97	4.1	2.55		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	SEET12T3-CR	13.4	13.4	3.97	4.1	2.55																			
	SEET12T3-LH	13.4	13.4	3.97	4.1	2.55																			

Fuente: (ZCCCT, 2016)

Los parámetros de trabajo como velocidad de corte y avance por diente son los recomendados por el fabricante.



**Tabla 3. 5** Datos de corte recomendados.

Workpiece material Werkstückstoff	Hardness HB Härte	Grade Sorte	Cutting data Schnittdaten			
			V (m/min)	f (mm/z)		
				-DF	-DM	-DR
<b>P</b> Low-carbon steel Soft steel Niedrig legierter Kohlenstoffstahl Baustahl  High-carbon steel Alloy steel Hoch Leg. Kohlenstoffstahl  Alloy tool steel Leg. Werkzeugstahl	≤180	YBM251 YBC301	270(220-350)	0.15(0.1-0.2)	0.2 (0.1-0.3)	0.3(0.2-0.4)
		YBG202 YBG205	270(200-360)	0.15(0.1-0.2)	0.2 (0.1-0.3)	0.3(0.2-0.4)
		YBG302	230(180-350)	0.15(0.1-0.2)	0.2 (0.1-0.3)	0.3(0.2-0.4)
		YBM351 YBC401	220(170-300)	0.15(0.1-0.2)	0.2 (0.1-0.3)	0.3(0.2-0.4)
	180-280	YBM251 YBC301	240 (200-320)	0.15(0.1-0.2)	0.2 (0.1-0.3)	0.3(0.2-0.4)
		YBG202 YBG205	240 (180-350)	0.15(0.1-0.2)	0.2 (0.1-0.3)	0.3(0.2-0.4)
		YBG302	220 (150-330)	0.15(0.1-0.2)	0.2 (0.1-0.3)	0.3(0.2-0.4)
		YBM351 YBC401	200 (150-280)	0.15(0.1-0.2)	0.2 (0.1-0.3)	0.3(0.2-0.4)
	280-350	YBM251 YBC301 YBD252	220 (180-300)	0.15(0.1-0.2)	0.2 (0.1-0.3)	0.3(0.2-0.4)
		YBG202 YBG205	220 (170-340)	0.15(0.1-0.2)	0.2 (0.1-0.3)	0.3(0.2-0.4)
		YBG302	190 (130-300)	0.15(0.1-0.2)	0.2 (0.1-0.3)	0.3(0.2-0.4)
		YBM351 YBC401	180 (150-250)	0.15(0.1-0.2)	0.2 (0.1-0.3)	0.3(0.2-0.4)

**Fuente:** (ZCCCT, 2016)

Con las velocidades de corte y avance por diente proporcionadas por el fabricante se procede a realizar el cálculo de los siguientes parámetros para realizar el mecanizado.

$$fz = 0.15$$

$$VCmin = 200 \text{ m/min}$$

$$VCmax = 360 \text{ m/min}$$

La velocidad del husillo se la calcula mediante la siguiente fórmula

$$n = \frac{VC * 1000}{\pi * D1} \quad (\text{Ec.12})$$

$$n(\text{min}) = \frac{200 * 1000}{\pi * 63} = 1010.51 \text{ rpm}$$

$$n(\text{max}) = \frac{360 * 1000}{\pi * 63} = 1818.91 \text{ rpm}$$

La velocidad de avance se la calcula mediante la siguiente formula

$$Vf = fz * n * Zc \quad (\text{Ec.13})$$

$$Vf (\text{min}) = 0.15 * 1010.51 * 5 = 757.88 \text{ mm/min}$$

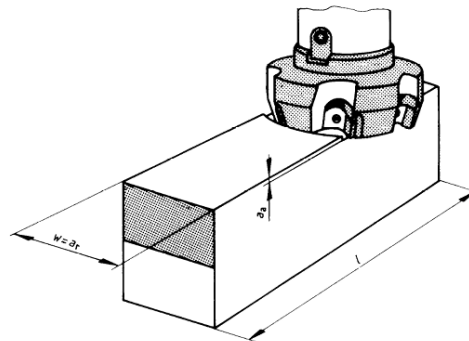
$$Vf (\text{max}) = 0.15 * 1818.91 * 5 = 1364.18 \text{ mm/min}$$

La profundidad a desbastar se la calcula a través de la formula recomendada en la norma ISO 8688-1:

$$ap = 8fz \quad (\text{Ec.14})$$

$$ap = 8 * 0.15$$

$$ap = 1.2 \text{ mm}$$



**Figura 3. 5** Fresado frontal (profundidad de corte y empañe).

**Fuente:** (ISO 8688-1, 1989)

Según la norma ISO 8688-1 1989 en la utilización de fluido de corte por inundación se lo realizará en la parte activa de la herramienta y cuyo caudal no debe ser menor a 3 lt/min o 0.1 lt/min por cada  $\text{cm}^3/\text{min}$  de material removido, se debe tomar el mayor.

$$Q = \frac{ap*ae*vf}{1000} \quad (\text{Ec. 15})$$

$$Q = \frac{1.2 * 37.8 * 757.88}{1000}$$

$$Q = 34.37 \text{ cm}^3/\text{min}$$

Se tomó un caudal mínimo de taladrina de 3.4 lt/min.

$$Q = \frac{1.2 * 37.8 * 1364.18}{1000}$$

$$Q = 61.87 \text{ cm}^3/\text{min}$$

Se tomó un caudal mínimo de taladrina de 6.2 lt/min.

El lubricante utilizado fue TRICUT 2000 W/S ver propiedades en el anexo C el cual es un aceite soluble con aplicaciones multipropósito ideal para el mecanizado de metales, tanto ferrosos como no ferrosos.

**Tabla 3. 6** Características técnicas del lubricante.

<b>Características Técnica</b>	
PRODUCTOS	TRICUT 2000 W/S
Color del concentrado	Verde
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

**Fuente:** (BOHMAN, 2015)

Instalación y calibración del sistema de mínima cantidad de lubricación MQL.



**Figura 3. 6** Sistema de mínima cantidad de lubricación MQL.

**Fuente:** DROPSA

Para el caudal en el sistema de mínima cantidad de lubricación MQL se tomó el máximo permitido por el equipo que es de 480ml/h y una presión de salida de 2bar.



**Figura 3. 7** Unidad de mantenimiento

**Fuente:** AUTOR

Con los parámetros obtenidos se procedió a mecanizar en intervalos de 5 minutos.

Se deberá verificar que los insertos estén correctamente ajustados en el portaherramientas.



**Figura 3. 8** Portaherramientas con insertos de metal duro.

**Fuente:** AUTOR

En el centro de mecanizado se debe comprobar que la entenalla este a nivel lo cual lo realizaremos con ayuda de un reloj palpador.



**Figura 3. 9** Nivelación de entenalla con reloj palpador.

**Fuente:** AUTOR

Al tener una placa de longitud mayor a las mordazas de la entenalla utilizaremos unas paralelas en los extremos de la placa para evitar el movimiento de la misma.



**Figura 3. 10** Estabilización de placa de acero.

**Fuente:** AUTOR

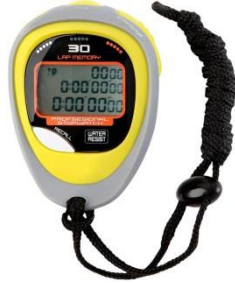
Se ubicará la manguera de salida de fluido de corte en dirección del portaherramientas para la lubricación y refrigeración correspondiente.



**Figura 3. 11** Salida de fluido de corte.

**Fuente:** AUTOR

Se realizará el desbaste con los parámetros anteriormente seleccionados, el tiempo será controlado por medio de un cronómetro.



**Figura 3. 12** Cronómetro.

**Fuente:** AUTOR



**Figura 3. 13** Mecanizado Sistema por inundación.

**Fuente:** AUTOR



**Figura 3. 14** Mecanizado Sistema MQL.

**Fuente:** AUTOR

Al cumplir con el tiempo de mecanizado se realizará la medición del desgaste en el microscopio electrónico de barrido MEB.



**Figura 3. 15** Microscopio electrónico de barrido.

**Fuente:** AUTOR

Sujetar los insertos para la medición del desgaste de flanco producido en los tiempos de mecanizado respectivos.

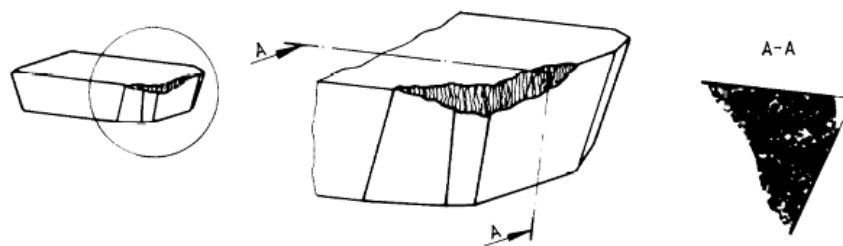




**Figura 3. 16** Sujeción de insertos.

**Fuente:** AUTOR

Este proceso de mecanizado se lo realizará hasta obtener la medida de desgaste de flanco especificado en la norma ISO 8688-1 1989.



**Figura 3. 17** Desgaste de flanco.

**Fuente:** (ISO 8688-1, 1989)

El desgaste de flanco es comúnmente utilizado para determinar la vida útil de la herramienta, la vida útil de la herramienta se la considerara hasta 0.35mm al ser un desgaste uniforme y criterio de vida de la herramienta normal.

**Tabla 3. 7** Sistema de codificación.

Code	Description of tool deterioration				
Basic form Distribution Subdivision					
	Tool deterioration phenomena	Criteria, mm			Illustration
		S	N	L	
VB	Flank wear				
1	Uniform	0,2	0,35	0,5	
2	Non-uniform	0,9	1,2	1,5	
3	Localized	0,8	1	1,2	

**Fuente:** (ISO 8688-1, 1989)

Una vez que se recolectaron los datos se revisó la información para detectar errores y organizarla de manera que pueda facilitar su tabulación.

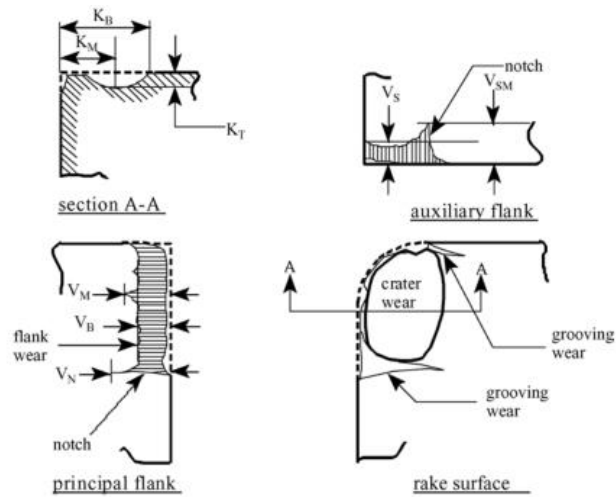
## CAPÍTULO IV

### ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

#### 4.1 RECOLECCIÓN DE DATOS

El desgaste de flanco producido se midió en el microscopio electrónico de barrido para los parámetros anteriormente seleccionados con los dos sistemas de lubricación.




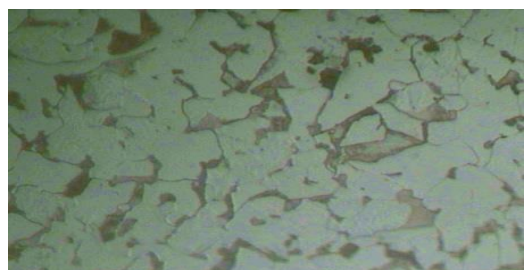
La medición del desgaste de flanco se la realizó según la siguiente configuración.





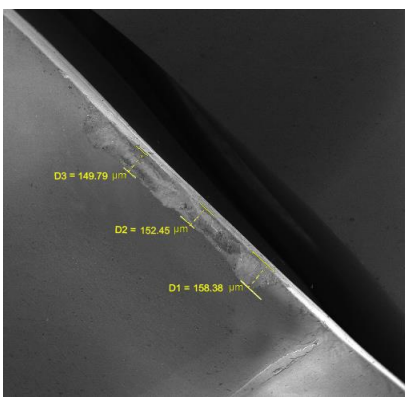
**Figura 4. 1** Geometría del desgaste.

**Fuente** (ASM International, 1989)

Análisis metalográfico y de dureza de la placa de acero AISI 1018.

		<b>UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA</b> <b>CARRERA DE INGENIERIA MECANICA</b>															
<b>METALOGRAFIA Y DUREZA</b>																	
<b>Tipo de estudio</b>	<b>De laboratorio</b>	<b>Ensayo N:01</b>	<b>Probeta N :01</b>														
<b>Identificación del componente de estudio</b>		<b>Material:</b>	<b>AISI 1018</b>														
<b>Solicitado por:</b>	<b>UTA – FICM</b>	<b>Fecha:</b>	<b>27/04/2016</b>														
<b>Centro de estudio y análisis</b>		<b>Laboratorio de materiales –FICM</b>															
<b>Realizado por:</b>	<b>Byron Nuñez</b>	<b>Supervisado por:</b>	<b>Ing. Diego Nuñez</b>														
<b>METALOGRAFIA</b>																	
																	
<b>100x NITAL 4 5segundos</b>			<b>400x NITAL 4 5segundos</b>														
<b>DUREZA</b>																	
<table border="1"> <tr><td><b>HRC</b></td></tr> <tr><td>17</td></tr> <tr><td>20.5</td></tr> <tr><td>19.5</td></tr> <tr><td>19.25</td></tr> <tr><td>20.5</td></tr> <tr><td>18</td></tr> <tr><td>16.5</td></tr> <tr><td>17.5</td></tr> <tr><td>17.25</td></tr> <tr><td>18</td></tr> <tr><td><b>18.4</b></td></tr> </table>						<b>HRC</b>	17	20.5	19.5	19.25	20.5	18	16.5	17.5	17.25	18	<b>18.4</b>
<b>HRC</b>																	
17																	
20.5																	
19.5																	
19.25																	
20.5																	
18																	
16.5																	
17.5																	
17.25																	
18																	
<b>18.4</b>																	
<b>Elaborado por: Byron Nuñez</b>		<b>Fecha:</b>	<b>Verificado por : Ing Mg. Wilson Vaca</b>	<b>Fecha:</b>													
<b>(Nombre/Firma):</b>		<b>28/04/2016</b>	<b>(Nombre/Firma):</b>	<b>6/5/2016</b>													
<b>Revisado por: Ing Mg. Diego Nuñez</b>		<b>Fecha:</b>	<b>Verificado por: Ing Mg. Segundo Espin</b>	<b>Fecha:</b>													
<b>(Nombre/Firma):</b>		<b>29/04/2016</b>	<b>(Nombre/Firma):</b>	<b>6/5/2016</b>													

Comportamiento del desgaste de flanco por inundación con velocidad de corte 360m/min con un desgaste máximo VB = 0.35mm

 <p style="text-align: center;"><b>UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO</b>  <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA</b>  <b>CARRERA DE INGENIERIA MECANICA</b>  <b>FRESADO FRONTAL DE ACERO AISI 1018</b>  <b>CON INSERTOS DE METAL DURO</b></p>  <p style="text-align: center;"><b>MEDICION DESGASTE DE FLANCO</b></p>			
Tipo de estudio	De laboratorio	Ensayo N:01	Magnificacion 200x
Identificación del componente de estudio		Probeta N :01	5 minutos de maquinado
Solicitado por:	UTA – FICM	Fecha:	16/02/2016
Centro de estudio y análisis		Laboratorio de materiales –FICM	
Realizado por:	Byron Nuñez	Supervisado por:	Ing. Diego Nuñez
PARAMETROS DE HERRAMIENTA Y MATERIAL			
Portaherramientas:	FMA01-063-A22-SE12-05	Material:	AISI 1018
Tipo:	FRESADO FRONTAL	Dimensiones	
Inserto:	SEET12T3-DR	h	L
Grado:	YBG202	37,8mm	300mm
Serie:	P	e	Dureza
		70mm	163 HB
		Pieza de trabajo Nª	1
PARAMETROS DEL ENSAYO			
Profundidad de corte axial ap:	1,2 mm	velocidad de corte Vc	360 m/min
Profundidad de corte radial ar:	37,8mm	Tiempo de mecanizado	5 min
avance fz:	0,15	fluido de corte	TRICUT 2000 W/S 10:1
Revoluciones del husillo n:	1818,91 rpm	Sistema	Inundacion
velocidad de avance Vf:	1364,18 mm/min	Caudal	6,5 lt/min
Ubicación del cortador de relación con la línea central:		En la línea central	Norma: ISO 8688-1
Resultados: DESGASTE DE FLANCO DEL INSERTO DE METAL DURO			
		VM	149,79 $\mu\text{m}$
		VB	152,45 $\mu\text{m}$
		VS	158,38 $\mu\text{m}$
		SUMA	460,62 $\mu\text{m}$
		PROMEDIO	153,54 $\mu\text{m}$
Elaborado por: Byron Nuñez (Nombre/Firma):	Fecha: 11/3/2016	Verificado por: Ing. Mg. Wilson Vaca (Nombre/Firma):	Fecha: 26/04/2016
Revisado por: Ing. Mg. Diego Nuñez (Nombre/Firma):	Fecha: 15/03/2016	Verificado por: Ing. Mg. Segundo Espin (Nombre/Firma):	Fecha: 26/04/2016



UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO  
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA  
 CARRERA DE INGENIERIA MECANICA  
 FRESADO FRONTAL DE ACERO AISI 1018  
 CON INSERTOS DE METAL DURO



MEDICION DESGASTE DE FLANCO

Tipo de estudio	De laboratorio	Ensayo N:01	Magnificacion 200x
Identificación del componente de estudio		Probeta N :02	10 minutos de maquinado
Solicitado por:	UTA – FICM	Fecha:	2/18/2016
Centro de estudio y análisis		Laboratorio de materiales –FICM	
Realizado por:	Byron Nuñez	Supervisado por:	Ing. Diego Nuñez
<b>PARAMETROS DE HERRAMIENTA Y MATERIAL</b>			
Portaherramientas:	FMA01-063-A22-SE12-05	Material:	AISI 1018
Tipo:	FRESADO FRONTAL	Dimensiones	
Inserto:	SEET12T3-DR	h	L
Grado:	YBG202	e	Dureza
Serie:	P	37,8mm	300mm
		Pieza de trabajo Nª	13
		62,8mm	163 HB
<b>PARAMETROS DEL ENSAYO</b>			
Profundidad de corte axial ap:	1,2 mm	velocidad de corte Vc	360 m/min
Profundidad de corte radial ar:	37,8mm	Tiempo de mecanizado	10 min
avance fz:	0.15	fluido de corte	TRICUT 2000W/S 10:1
Revoluciones del husillo n:	1818,91 rpm	Sistema	Inundacion
velocidad de avance Vf:	1364,18 mm/min	Caudal	6,5 lt/min
Ubicación del cortador de relación con la línea central: En la línea central			Norma: ISO 8688-1
<b>Resultados: DESGASTE DE FLANCO DEL INSERTO DE METAL DURO</b>			
		VM	198.79 μm
		VB	202.36 μm
		VS	206.94 μm
		SUMA	608.09 μm
		PROMEDIO	202.70 μm
Elaborado por: Byron Nuñez (Nombre/Firma):	Fecha: 11/3/2016	Verificado por: Ing. Mg. Wilson Vaca (Nombre/Firma):	Fecha: 26/04/2016
Revisado por: Ing. Mg. Diego Nuñez (Nombre/Firma):	Fecha: 15/03/2016	Verificado por: Ing. Mg. Segundo Espin (Nombre/Firma):	Fecha: 26/04/2016



UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO  
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA  
 CARRERA DE INGENIERIA MECANICA  
 FRESADO FRONTAL DE ACERO AISI 1018  
 CON INSERTOS DE METAL DURO



MEDICION DESGASTE DE FLANCO

Tipo de estudio	De laboratorio	Ensayo N:01	Magnificacion 200x
Identificación del componente de estudio	Probeta N :03		15 minutos de maquinado
Solicitado por:	UTA – FICM	Fecha:	2/23/2016
Centro de estudio y análisis	Laboratorio de materiales –FICM		
Realizado por:	Byron Nuñez	Supervisado por:	Ing. Diego Nuñez
<b>PARAMETROS DE HERRAMIENTA Y MATERIAL</b>			
Portaherramientas:	FMA01-063-A22-SE12-05	Material:	AISI 1018
Tipo:	FRESADO FRONTAL	Dimensiones	
Inserto:	SEET12T3-DR	h	L
Grado:	YBG202	37,8mm	300mm
Serie:	P	e	Dureza
		Pieza de trabajo Nª	13
<b>PARAMETROS DEL ENSAYO</b>			
Profundidad de corte axial ap:	1,2 mm	velocidad de corte Vc	360 m/min
Profundidad de corte radial ar:	37,8mm	Tiempo de mecanizado	15 min
avance fz:	0.15	fluido de corte	TRICUT 2000W/S 10:1
Revoluciones del husillo n:	1818,91 rpm	Sistema	Inundacion
velocidad de avance Vf:	1364,18 mm/min	Caudal	6,5 lt/min
Ubicación del cortador de relación con la línea central:	En la línea central		Norma: ISO 8688-1
<b>Resultados: DESGASTE DE FLANCO DEL INSERTO DE METAL DURO</b>			
		VM	284.87 μm
		VB	275.91 μm
		VS	280.86 μm
		SUMA	841.64 μm
		PROMEDIO	280.55 μm
		Elaborado por: Byron Nuñez (Nombre/Firma):	
Revisado por: Ing. Mg. Diego Nuñez (Nombre/Firma):		Fecha: 15/03/2016	Verificado por: Ing. Mg. Segundo Espin (Nombre/Firma): Fecha: 26/04/2016



**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA**  
**CARRERA DE INGENIERIA MECANICA**  
**FRESADO FRONTAL DE ACERO AISI 1018**  
**CON INSERTOS DE METAL DURO**



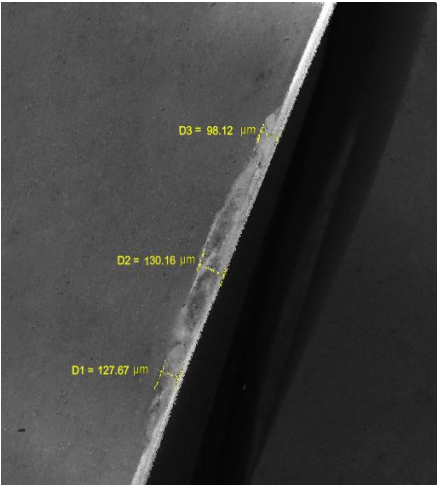


**MEDICION DESGASTE DE FLANCO**

Tipo de estudio	De laboratorio	Ensayo N:01	Magnificacion 200x
Identificación del componente de estudio	Probeta N :04		20 minutos de maquinado
Solicitado por:	UTA – FICM	Fecha:	2/24/2016
Centro de estudio y análisis		Laboratorio de materiales –FICM	
Realizado por:	Byron Nuñez	Supervisado por:	Ing. Diego Nuñez
<b>PARAMETROS DE HERRAMIENTA Y MATERIAL</b>			
Porta herramientas:	FMA01-063-A22-SE12-05	Material:	AISI 1018
Tipo:	FRESADO FRONTAL	Dimensiones	
Inserto:	SEET12T3-DR	h	L
Grado:	YBG202	37,8mm	300mm
Serie:	P	e	Dureza
		26,8mm	163 HB
		Pieza de trabajo N <sup>a</sup>	1
<b>PARAMETROS DEL ENSAYO</b>			
Profundidad de corte axial ap:	1,2 mm	velocidad de corte Vc	360 m/min
Profundidad de corte radial ar:	37,8mm	Tiempo de mecanizado	20 min
avance fz:	0.15	fluido de corte	TRICUT 2000 W/S 10:1
Revoluciones del husillo n:	1818,91 rpm	Sistema	Inundacion
velocidad de avance Vf:	1364,18 mm/min	Caudal	6,5 lt/min
Ubicación del cortador de relación con la línea central: En la línea central			Norma: ISO 8688-1
<b>Resultados: DESGASTE DE FLANCO DEL INSERTO DE METAL DURO</b>			
		VM	476.22 μm
		VB	444.74 μm
		VS	488.28 μm
		SUMA	1409.24 μm
		PROMEDIO	469.75 μm
		Elaborado por: Byron Nuñez	
(Nombre/Firma):		11/3/2016	(Nombre/Firma):
Revisado por: Ing. Mg. Diego Nuñez		Fecha:	Verificado por: Ing. Mg. Segundo Espin
(Nombre/Firma):		15/03/2016	(Nombre/Firma):
			Fecha:
			26/04/2016



Comportamiento del desgaste de flanco por inundación con velocidad de corte 200m/min con un desgaste máximo VB = 0.35mm

 <p style="text-align: center;"><b>UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO</b>  <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA</b>  <b>CARRERA DE INGENIERIA MECANICA</b>  <b>FRESADO FRONTAL DE ACERO AISI 1018</b>  <b>CON INSERTOS DE METAL DURO</b></p>  <p style="text-align: center;"><b>MEDICION DESGASTE DE FLANCO</b></p>			
Tipo de estudio	De laboratorio	Ensayo N:01	Magnificacion 200x
Identificación del componente de estudio		Probeta N :01	5 minutos de maquinado
Solicitado por:	UTA – FICM	Fecha:	2/16/2016
Centro de estudio y análisis		Laboratorio de materiales –FICM	
Realizado por:	Byron Nuñez	Supervisado por:	Ing. Diego Nuñez
PARAMETROS DE HERRAMIENTA Y MATERIAL			
Portaherramientas:	FMA01-063-A22-SEI2-05	Material:	AISI 1018
Tipo:	FRESADO FRONTAL	Dimensiones	
Inserto:	SEET12T3-DR	h	L
Grado:	YBG202	37,8mm	300mm
Serie:	P	e	Dureza
		70mm	163 HB
		Pieza de trabajo Nª	1
PARAMETROS DEL ENSAYO			
Profundidad de corte axial ap:	1,2 mm	velocidad de corte Vc	200 m/min
Profundidad de corte radial ar:	37,8mm	Tiempo de mecanizado	5 min
avance fz:	0.15	fluido de corte	TRICUT 2000 W/S 10:1
Revoluciones del husillo n:	1,10,51 rpm	Sistema	Inundacion
velocidad de avance Vf:	757,88 mm/min	Caudal	3,5 lt/min
Ubicación del cortador de relación con la línea central: En la línea central			Norma: ISO 8688-1
Resultados: DESGASTE DE FLANCO DEL INSERTO DE METAL DURO			
		VM	96.12 μm
		VB	130.16 μm
		VS	127.67 μm
		SUMA	353.95 μm
		PROMEDIO	117.98 μm
Elaborado por: Byron Nuñez (Nombre/Firma):	Fecha: 11/3/2016	Verificado por: Ing. Mg. Wilson Vaca (Nombre/Firma):	Fecha: 26/04/2016
Revisado por: Ing. Mg. Diego Nuñez (Nombre/Firma):	Fecha: 15/03/2016	Verificado por: Ing. Mg. Segundo Espin (Nombre/Firma):	Fecha: 26/04/2016



**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA**  
**CARRERA DE INGENIERIA MECANICA**  
**FRESADO FRONTAL DE ACERO AISI 1018**  
**CON INSERTOS DE METAL DURO**



**MEDICION DESGASTE DE FLANCO**

Tipo de estudio	De laboratorio	Ensayo N:01	Magnificacion 200x
Identificación del componente de estudio		Probeta N :02	10 minutos de maquinado
Solicitado por:	UTA – FICM	Fecha:	2/18/2016
Centro de estudio y análisis		Laboratorio de materiales –FICM	
Realizado por:	Byron Nuñez	Supervisado por:	Ing. Diego Nuñez
<b>PARAMETROS DE HERRAMIENTA Y MATERIAL</b>			
Portaherramientas:	FMA01-063-A22-SE12-05	Material:	AISI 1018
Tipo:	FRESADO FRONTAL	Dimensiones	
Inserto:	SEET12T3-DR	h	L
Grado:	YBG202	37,8mm	300mm
Serie:	P	e	Dureza
		66 mm	163 HB
		Pieza de trabajo N <sup>a</sup>	2
<b>PARAMETROS DEL ENSAYO</b>			
Profundidad de corte axial ap:	1,2 mm	velocidad de corte Vc	200 m/min
Profundidad de corte radial ar:	37,8mm	Tiempo de mecanizado	10 min
avance fz:	0.15	fluido de corte	TRICUT 2000 W/S 10:1
Revoluciones del husillo n:	1,10,51 rpm	Sistema	Inundacion
velocidad de avance Vf:	757,88 mm/min	Caudal	3,5 lt/min
Ubicación del cortador de relación con la línea central:	En la línea central		Norma: ISO 8688-1
<b>Resultados: DESGASTE DE FLANCO DEL INSERTO DE METAL DURO</b>			
		VM	139.13 µm
		VB	141.67 µm
		VS	126.99 µm
		SUMA	407.79 µm
		PROMEDIO	135.93 µm
Elaborado por: Byron Nuñez (Nombre/Firma):	Fecha: 11/3/2016	Verificado por: Ing. Mg. Wilson Vaca (Nombre/Firma):	Fecha: 26/04/2016
Revisado por: Ing. Mg. Diego Nuñez	Fecha:	Verificado por: Ing. Mg. Segundo Espin	Fecha:



**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA  
CARRERA DE INGENIERIA MECANICA  
FRESADO FRONTAL DE ACERO AISI 1018  
CON INSERTOS DE METAL DURO**



**MEDICION DESGASTE DE FLANCO**

Tipo de estudio	De laboratorio	Ensayo N:01	Magnificacion 200x
Identificación del componente de estudio	Probeta N :03		15 minutos de maquinado
Solicitado por:	UTA – FICM	Fecha:	2/23/2016
Centro de estudio y análisis	Laboratorio de materiales –FICM		
Realizado por:	Byron Nuñez	Supervisado por:	Ing. Diego Nuñez
<b>PARAMETROS DE HERRAMIENTA Y MATERIAL</b>			
Portaherramientas:	FMA01-063-A22-SE12-05	Material:	AISI 1018
Tipo:	FRESADO FRONTAL	Dimensiones	
Inserto:	SEET12T3-DR	h	L
Grado:	YBG202	37,8mm	300mm
Serie:	P	e	Dureza
		58 mm	163 HB
		Pieza de trabajo N <sup>a</sup>	2
<b>PARAMETROS DEL ENSAYO</b>			
Profundidad de corte axial ap:	1,2 mm	velocidad de corte Vc	200 m/min
Profundidad de corte radial ar:	37,8mm	Tiempo de mecanizado	15 min
avance fz:	0.15	fluido de corte	TRICUT 2000 W/S 10:1
Revoluciones del husillo n:	1,10,51 rpm	Sistema	Inundacion
velocidad de avance Vf:	757,88 mm/min	Caudal	3,5 lt/min
Ubicación del cortador de relación con la línea central:	En la línea central		Norma: ISO 8688-1
<b>Resultados: DESGASTE DE FLANCO DEL INSERTO DE METAL DURO</b>			
	VM	178.35	µm
	VB	180.02	µm
	VS	169.65	µm
	SUMA	528.02	µm
	PROMEDIO	176.01	µm
Elaborado por: Byron Nuñez (Nombre/Firma):	Fecha: 11/3/2016	Verificado por: Ing. Mg. Wilson Vaca (Nombre/Firma):	Fecha: 26/04/2016
Revisado por: Ing. Mg. Diego Nuñez (Nombre/Firma):	Fecha: 15/03/2016	Verificado por: Ing. Mg. Segundo Espin (Nombre/Firma):	Fecha: 26/04/2016



**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA**  
**CARRERA DE INGENIERIA MECANICA**  
**FRESADO FRONTAL DE ACERO AISI 1018**  
**CON INSERTOS DE METAL DURO**



**MEDICION DESGASTE DE FLANCO**

Tipo de estudio	De laboratorio	Ensayo N:01	Magnificacion 200x
Identificación del componente de estudio	Probeta N :04		20 minutos de maquinado
Solicitado por:	UTA – FICM	Fecha:	2/24/2016
Centro de estudio y análisis	Laboratorio de materiales –FICM		
Realizado por:	Byron Nuñez	Supervisado por:	Ing. Diego Nuñez
<b>PARAMETROS DE HERRAMIENTA Y MATERIAL</b>			
Portaherramientas:	FMA01-063-A22-SE12-05	Material:	AISI 1018
Tipo:	FRESADO FRONTAL	Dimensiones	
Inserto:	SEET12T3-DR	h	L
Grado:	YBG202	e	Dureza
Serie:	P	37,8mm	300mm
		42 mm	163 HB
		Pieza de trabajo N <sup>a</sup>	2
<b>PARAMETROS DEL ENSAYO</b>			
Profundidad de corte axial ap:	1,2 mm	velocidad de corte Vc	200 m/min
Profundidad de corte radial ar:	37,8mm	Tiempo de mecanizado	20 min
avance fz:	0.15	fluido de corte	TRICUT 2000 W/S 10:1
Revoluciones del husillo n:	1,10,51 rpm	Sistema	Inundacion
velocidad de avance Vf:	757,88 mm/min	Caudal	3,5 lt/min
Ubicación del cortador de relación con la línea central:	En la línea central		Norma: ISO 8688-1
<b>Resultados: DESGASTE DE FLANCO DEL INSERTO DE METAL DURO</b>			
	VM	216.28	µm
	VB	220.91	µm
	VS	212.79	µm
	SUMA	649.98	µm
	PROMEDIO	216.66	µm
Elaborado por: Byron Nuñez (Nombre/Firma):	Fecha: 11/3/2016	Verificado por: Ing. Mg. Wilson Vaca (Nombre/Firma):	Fecha: 26/04/2016
Revisado por: Ing. Mg. Diego Nuñez (Nombre/Firma):	Fecha: 15/03/2016	Verificado por: Ing. Mg. Segundo Espin (Nombre/Firma):	Fecha: 26/04/2016



**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA  
CARRERA DE INGENIERIA MECANICA  
FRESADO FRONTAL DE ACERO AISI 1018  
CON INSERTOS DE METAL DURO**



**MEDICION DESGASTE DE FLANCO**

Tipo de estudio	De laboratorio	Ensayo N:01	Magnificacion 200x								
Identificación del componente de estudio	Probeta N :05		25 minutos de maquinado								
Solicitado por:	UTA – FICM	Fecha:	2/25/2016								
Centro de estudio y análisis	Laboratorio de materiales –FICM										
Realizado por:	Byron Nuñez	Supervisado por:	Ing. Diego Nuñez								
<b>PARAMETROS DE HERRAMIENTA Y MATERIAL</b>											
Portaherramientas:	FMA01-063-A22-SE12-05	Material:	AISI 1018								
Tipo:	FRESADO FRONTAL	Dimensiones									
Inserto:	SEET12T3-DR	h	L								
Grado:	YBG202	37,8mm	300mm								
Serie:	P	e	Dureza								
		70 mm	163 HB								
		Pieza de trabajo N <sup>a</sup>	3								
<b>PARAMETROS DEL ENSAYO</b>											
Profundidad de corte axial ap:	1,2 mm	velocidad de corte Vc	200 m/min								
Profundidad de corte radial ar:	37,8mm	Tiempo de mecanizado	25 min								
avance fz:	0.15	fluido de corte	TRICUT 2000 W/S 10:1								
Revoluciones del husillo n:	1,10,51 rpm	Sistema	Inundacion								
velocidad de avance Vf:	757,88 mm/min	Caudal	3,5 lt/min								
Ubicación del cortador de relación con la línea central:	En la línea central		Norma: ISO 8688-1								
<b>Resultados: DESGASTE DE FLANCO DEL INSERTO DE METAL DURO</b>											
		VM	237.16 μm								
		VB	241.83 μm								
		VS	231.31 μm								
		SUMA	710.3 μm								
		PROMEDIO	236.77 μm								
		<table border="1"> <tr> <td>VM</td> <td>237.16 μm</td> </tr> <tr> <td>VB</td> <td>241.83 μm</td> </tr> <tr> <td>VS</td> <td>231.31 μm</td> </tr> <tr> <td>SUMA</td> <td>710.3 μm</td> </tr> <tr> <td>PROMEDIO</td> <td>236.77 μm</td> </tr> </table>		VM	237.16 μm	VB	241.83 μm	VS	231.31 μm	SUMA	710.3 μm
VM	237.16 μm										
VB	241.83 μm										
VS	231.31 μm										
SUMA	710.3 μm										
PROMEDIO	236.77 μm										
Elaborado por: Byron Nuñez (Nombre/Firma):	Fecha: 11/3/2016	Verificado por: Ing. Mg. Wilson Vaca (Nombre/Firma):	Fecha: 26/04/2016								
Revisado por: Ing. Mg. Diego Nuñez (Nombre/Firma):	Fecha: 15/03/2016	Verificado por: Ing. Mg. Segundo Espin (Nombre/Firma):	Fecha: 26/04/2016								



UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO  
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA  
 CARRERA DE INGENIERIA MECANICA  
 FRESADO FRONTAL DE ACERO AISI 1018  
 CON INSERTOS DE METAL DURO



**MEDICION DESGASTE DE FLANCO**

Tipo de estudio	De laboratorio	Ensayo N:01	Magnificacion 200x
Identificación del componente de estudio	Probeta N :06		30 minutos de maquinado
Solicitado por:	UTA – FICM	Fecha:	26/02/2016
Centro de estudio y análisis	Laboratorio de materiales –FICM		
Realizado por:	Byron Nuñez	Supervisado por:	Ing. Diego Nuñez

**PARAMETROS DE HERRAMIENTA Y MATERIAL**

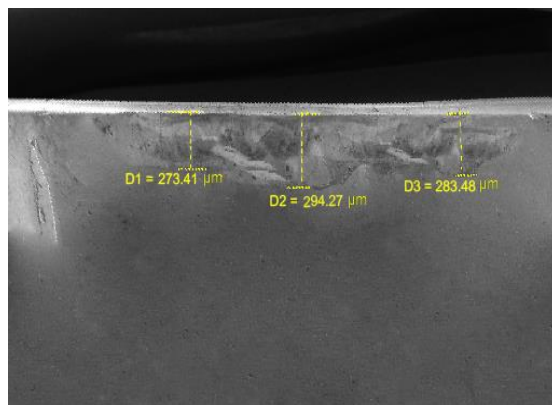
Portaherramientas:	FMA01-063-A22-SE12-05	Material:	AISI 1018	
Tipo:	FRESADO FRONTAL	Dimensiones		
Inserto:	SEET12T3-DR	h	L	e
Grado:	YBG202	37,8mm	300mm	50 mm
Serie:	P	Pieza de trabajo N <sup>a</sup>	3	
Dureza:				163 HB

**PARAMETROS DEL ENSAYO**

Profundidad de corte axial ap:	1,2 mm	velocidad de corte Vc	200 m/min
Profundidad de corte radial ar:	37,8mm	Tiempo de mecanizado	30 min
avance fz:	0,15	fluido de corte	TRICUT 2000 W/S 10:1
Revoluciones del husillo n:	1,10,51 rpm	Sistema	Inundacion
velocidad de avance Vf:	757,88 mm/min	Caudal	3,5 lt/min

Ubicación del cortador de relación con la línea central: En la línea central Norma: ISO 8688-1

**Resultados: DESGASTE DE FLANCO DEL INSERTO DE METAL DURO**



VM	273,41	μm
VB	294,27	μm
VS	283,48	μm
SUMA	851,16	μm
PROMEDIO	283,72	μm

Elaborado por: Byron Nuñez (Nombre/Firma):	Fecha: 11/3/2016	Verificado por: Ing. Mg. Wilson Vaca (Nombre/Firma):	Fecha: 26/04/2016
Revisado por: Ing. Mg. Diego Nuñez (Nombre/Firma):	Fecha: 15/03/2016	Verificado por: Ing. Mg. Segundo Espin (Nombre/Firma):	Fecha: 26/04/2016







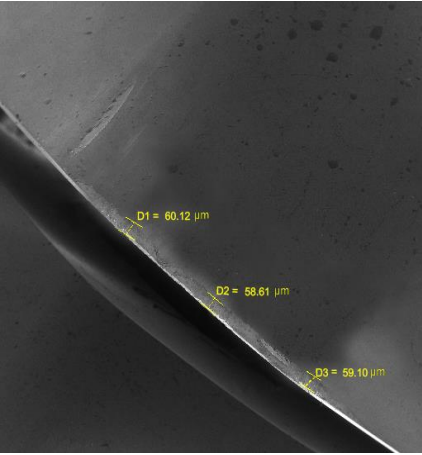
UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO  
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA  
 CARRERA DE INGENIERIA MECANICA  
 FRESADO FRONTAL DE ACERO AISI 1018  
 CON INSERTOS DE METAL DURO



MEDICION DESGASTE DE FLANCO

Tipo de estudio	De laboratorio	Ensayo N:01	Magnificacion 200x
Identificación del componente de estudio	Probeta N :07		35 minutos de maquinado
Solicitado por:	UTA – FICM	Fecha:	3/3/2016
Centro de estudio y análisis	Laboratorio de materiales –FICM		
Realizado por:	Byron Nuñez	Supervisado por:	Ing. Diego Nuñez
<b>PARAMETROS DE HERRAMIENTA Y MATERIAL</b>			
Portaherramientas:	FMA01-063-A22-SE12-05	Material:	AISI 1018
Tipo:	FRESADO FRONTAL	Dimensiones	
Inserto:	SEET12T3-DR	h	L
Grado:	YBG202	37,8mm	300mm
Serie:	P	e	Dureza
		70 mm	163 HB
		Pieza de trabajo N <sup>a</sup>	4
<b>PARAMETROS DEL ENSAYO</b>			
Profundidad de corte axial ap:	1,2 mm	velocidad de corte Vc	200 m/min
Profundidad de corte radial ar:	37,8mm	Tiempo de mecanizado	35 min
avance fz:	0.15	fluido de corte	TRICUT 2000 W/S 10:1
Revoluciones del husillo n:	1,10,51 rpm	Sistema	Inundacion
velocidad de avance Vf:	757,88 mm/min	Caudal	3,5 lt/min
Ubicación del cortador de relación con la línea central:	En la línea central		Norma: ISO 8688-1
<b>Resultados: DESGASTE DE FLANCO DEL INSERTO DE METAL DURO</b>			
		VM	361.31 μm
		VB	380.96 μm
		VS	377.67 μm
		SUMA	1119.94 μm
		PROMEDIO	373.31 μm
		Elaborado por: Byron Nuñez	
(Nombre/Firma):		11/3/2016	(Nombre/Firma):
Revisado por: Ing. Mg. Diego Nuñez		Fecha:	Verificado por: Ing. Mg. Segundo Espin
(Nombre/Firma):		15/03/2016	(Nombre/Firma):

Comportamiento del desgaste de flanco por mínima cantidad de lubricación con velocidad de corte 200m/min con un desgaste máximo VB = 0.35mm

 <p style="text-align: center;"><b>UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO</b>  <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA</b>  <b>CARRERA DE INGENIERIA MECANICA</b>  <b>FRESADO FRONTAL DE ACERO AISI 1018</b>  <b>CON INSERTOS DE METAL DURO</b></p>  <p style="text-align: center;"><b>MEDICION DESGASTE DE FLANCO</b></p>			
Tipo de estudio	De laboratorio	Ensayo N:01	Magnificacion 200x
Identificación del componente de estudio		Probeta N :01	5 minutos de maquinado
Solicitado por:	UTA – FICM	Fecha:	2/16/2016
Centro de estudio y análisis		Laboratorio de materiales –FICM	
Realizado por:	Byron Nuñez	Supervisado por:	Ing. Diego Nuñez
PARAMETROS DE HERRAMIENTA Y MATERIAL			
Portaherramientas:	FMA01-063-A22-SE12-05	Material:	AISI 1018
Tipo:	FRESADO FRONTAL	Dimensiones	
Inserto:	SEET12T3-DR	h	L
Grado:	YBG202	e	Dureza
Serie:	P	37,8mm	300mm
		Pieza de trabajo N <sup>a</sup>	4
		42mm	163 HB
PARAMETROS DEL ENSAYO			
Profundidad de corte axial ap:	1,2 mm	velocidad de corte Vc	200 m/min
Profundidad de corte radial ar:	37,8mm	Tiempo de mecanizado	5 min
avance fz:	0.15	fluido de corte	COOLUBE 2210EP
Revoluciones del husillo n:	1,10,51 rpm	Sistema	MQL
velocidad de avance Vf:	757,88 mm/min	Caudal	480ml/h
Ubicación del cortador de relación con la línea central: En la línea central			Norma: ISO 8688-1
Resultados: DESGASTE DE FLANCO DEL INSERTO DE METAL DURO			
		VM	60.12 μm
		VB	58.61 μm
		VS	59.1 μm
		SUMA	177.83 μm
		PROMEDIO	59.28 μm
Elaborado por: Byron Nuñez (Nombre/Firma):	Fecha: 11/3/2016	Verificado por: Ing. Mg. Wilson Vaca (Nombre/Firma):	Fecha: 26/04/2016
Revisado por: Ing. Mg. Diego Nuñez (Nombre/Firma):	Fecha: 15/03/2016	Verificado por: Ing. Mg. Segundo Espin (Nombre/Firma):	Fecha: 26/04/2016





**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA**  
**CARRERA DE INGENIERIA MECANICA**  
**FRESADO FRONTAL DE ACERO AISI 1018**  
**CON INSERTOS DE METAL DURO**



**MEDICION DESGASTE DE FLANCO**

Tipo de estudio	De laboratorio	Ensayo N:01	Magnificacion 200x
Identificación del componente de estudio	Probeta N :02		10 minutos de maquinado
Solicitado por:	UTA – FICM	Fecha:	2/18/2016
Centro de estudio y análisis	Laboratorio de materiales –FICM		
Realizado por:	Byron Nuñez	Supervisado por:	Ing. Diego Nuñez

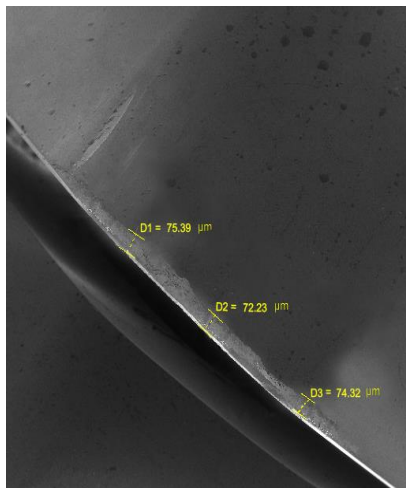
**PARAMETROS DE HERRAMIENTA Y MATERIAL**

Portaherramientas:	FMA01-063-A22-SE12-05	Material:	AISI 1018		
Tipo:	FRESADO FRONTAL	Dimensiones			
Inserto:	SEET12T3-DR	h	L	e	Dureza
Grado:	YBG202	37,8mm	300mm	38mm	163 HB
Serie:	P	Pieza de trabajo N <sup>a</sup>	4		

**PARAMETROS DEL ENSAYO**

Profundidad de corte axial ap:	1,2 mm	velocidad de corte Vc	200 m/min	
Profundidad de corte radial ar:	37,8mm	Tiempo de mecanizado	10 min	
avance fz:	0.15	fluido de corte	COOLUBE 2210EP	
Revoluciones del husillo n:	1,10,51 rpm	Sistema	MQL	
velocidad de avance Vf:	757,88 mm/min	Caudal	480ml/h	
Ubicación del cortador de relación con la línea central:	En la línea central		Norma: ISO 8688-1	

**Resultados: DESGASTE DE FLANCO DEL INSERTO DE METAL DURO**



VM	75.39	µm
VB	72.23	µm
VS	74.32	µm
SUMA	221.94	µm
PROMEDIO	73.98	µm

Elaborado por: Byron Nuñez (Nombre/Firma):	Fecha: 11/3/2016	Verificado por: Ing. Mg. Wilson Vaca (Nombre/Firma):	Fecha: 26/04/2016
Revisado por: Ing. Mg. Diego Nuñez (Nombre/Firma):	Fecha: 15/03/2016	Verificado por: Ing. Mg. Segundo Espin (Nombre/Firma):	Fecha: 26/04/2016



UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO  
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA  
 CARRERA DE INGENIERIA MECANICA  
 FRESADO FRONTAL DE ACERO AISI 1018  
 CON INSERTOS DE METAL DURO



MEDICION DESGASTE DE FLANCO

Tipo de estudio	De laboratorio	Ensayo N:01	Magnificacion 200x
Identificación del componente de estudio	Probeta N :03		15 minutos de maquinado
Solicitado por:	UTA – FICM	Fecha:	2/23/2016
Centro de estudio y análisis	Laboratorio de materiales –FICM		
Realizado por:	Byron Nuñez	Supervisado por:	Ing. Diego Nuñez

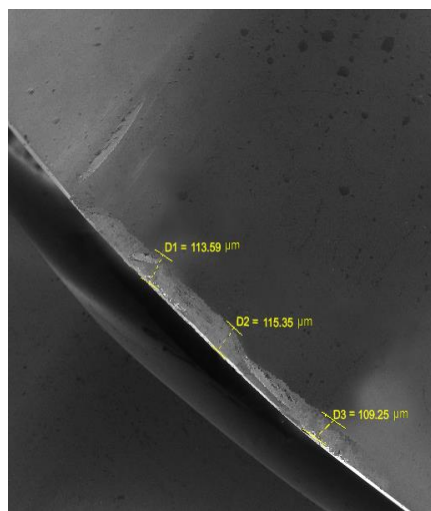
PARAMETROS DE HERRAMIENTA Y MATERIAL

Portaherramientas:	FMA01-063-A22-SE12-05	Material:	AISI 1018		
Tipo:	FRESADO FRONTAL	Dimensiones			
Inserto:	SEET12T3-DR	h	L	e	Dureza
Grado:	YBG202	37,8mm	300mm	30mm	163 HB
Serie:	P	Pieza de trabajo N <sup>a</sup>	4		

PARAMETROS DEL ENSAYO

Profundidad de corte axial ap:	1,2 mm	velocidad de corte Vc	200 m/min
Profundidad de corte radial ar:	37,8mm	Tiempo de mecanizado	15 min
avance fz:	0.15	fluido de corte	COOLUBE 2210EP
Revoluciones del husillo n:	1,10,51 rpm	Sistema	MQL
velocidad de avance Vf:	757,88 mm/min	Caudal	480ml/h
Ubicación del cortador de relación con la línea central:	En la línea central		Norma: ISO 8688-1

Resultados: DESGASTE DE FLANCO DEL INSERTO DE METAL DURO



VM	113.59	µm
VB	115.35	µm
VS	109.25	µm
SUMA	338.19	µm
PROMEDIO	112.73	µm

Elaborado por: Byron Nuñez (Nombre/Firma):	Fecha: 11/3/2016	Verificado por: Ing. Mg. Wilson Vaca (Nombre/Firma):	Fecha: 26/04/2016
Revisado por: Ing. Mg. Diego Nuñez (Nombre/Firma):	Fecha: 15/03/2016	Verificado por: Ing. Mg. Segundo Espin (Nombre/Firma):	Fecha: 26/04/2016



**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA  
CARRERA DE INGENIERIA MECANICA  
FRESADO FRONTAL DE ACERO AISI 1018  
CON INSERTOS DE METAL DURO**



**MEDICION DESGASTE DE FLANCO**

Tipo de estudio	De laboratorio	Ensayo N:01	Magnificacion 200x
Identificación del componente de estudio		Probeta N :04	20 minutos de maquinado
Solicitado por:	UTA – FICM	Fecha:	2/24/2016
Centro de estudio y análisis	Laboratorio de materiales –FICM		
Realizado por:	Byron Nuñez	Supervisado por:	Ing. Diego Nuñez

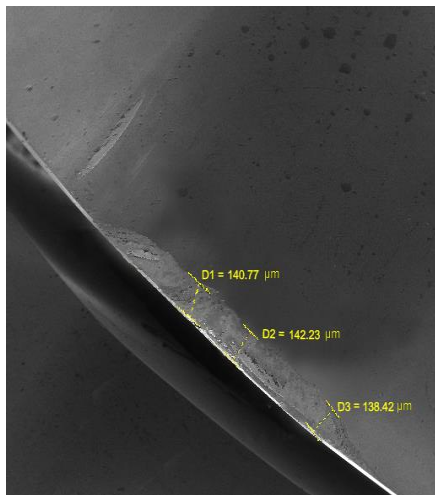
**PARAMETROS DE HERRAMIENTA Y MATERIAL**

Portaherramientas:	FMA01-063-A22-SE12-05	Material:	AISI 1018		
Tipo:	FRESADO FRONTAL	Dimensiones			
Inserto:	SEET12T3-DR	h	L	e	Dureza
Grado:	YBG202	37,8mm	300mm	70mm	163 HB
Serie:	P	Pieza de trabajo N <sup>a</sup>	5		

**PARAMETROS DEL ENSAYO**

Profundidad de corte axial ap:	1,2 mm	velocidad de corte Vc	200 m/min	
Profundidad de corte radial ar:	37,8mm	Tiempo de mecanizado	20 min	
avance fz:	0.15	fluido de corte	COOLUBE 2210EP	
Revoluciones del husillo n:	1,10,51 rpm	Sistema	MQL	
velocidad de avance Vf:	757,88 mm/min	Caudal	480ml/h	
Ubicación del cortador de relación con la línea central:	En la línea central	Norma:	ISO 8688-1	

**Resultados: DESGASTE DE FLANCO DEL INSERTO DE METAL DURO**



VM	140.77	μm
VB	142.23	μm
VS	138.42	μm
SUMA	421.42	μm
PROMEDIO	140.47	μm

Elaborado por: Byron Nuñez (Nombre/Firma):	Fecha: 11/3/2016	Verificado por: Ing. Mg. Wilson Vaca (Nombre/Firma):	Fecha: 26/04/2016
Revisado por: Ing. Mg. Diego Nuñez (Nombre/Firma):	Fecha: 15/03/2016	Verificado por: Ing. Mg. Segundo Espin (Nombre/Firma):	Fecha: 26/04/2016



UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO  
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA  
 CARRERA DE INGENIERIA MECANICA  
 FRESADO FRONTAL DE ACERO AISI 1018  
 CON INSERTOS DE METAL DURO



MEDICION DESGASTE DE FLANCO

Tipo de estudio	De laboratorio	Ensayo N:01	Magnificacion 200x
Identificación del componente de estudio		Probeta N :05	25 minutos de maquinado
Solicitado por:	UTA – FICM	Fecha:	2/25/2016
Centro de estudio y análisis	Laboratorio de materiales –FICM		
Realizado por:	Byron Nuñez	Supervisado por:	Ing. Diego Nuñez

PARAMETROS DE HERRAMIENTA Y MATERIAL

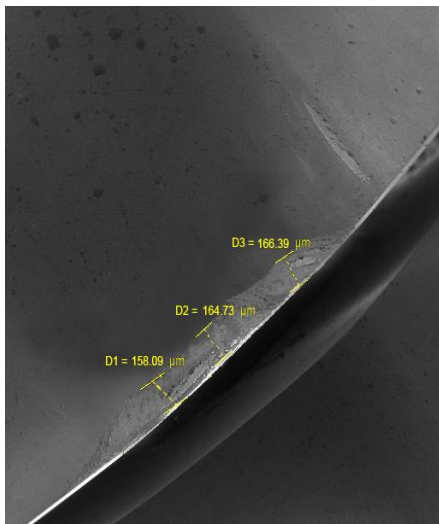
Portaherramientas:	FMA01-063-A22-SE12-05	Material:	AISI 1018		
Tipo:	FRESADO FRONTAL	Dimensiones			
Inserto:	SEET12T3-DR	h	L	e	Dureza
Grado:	YBG202	37,8mm	300mm	54mm	163 HB
Serie:	P	Pieza de trabajo N <sup>a</sup>	5		

PARAMETROS DEL ENSAYO

Profundidad de corte axial ap:	1,2 mm	velocidad de corte Vc	200 m/min	
Profundidad de corte radial ar:	37,8mm	Tiempo de mecanizado	25 min	
avance fz:	0.15	fluido de corte	COOLUBE 2210EP	
Revoluciones del husillo n:	1,10,51 rpm	Sistema	MQL	
velocidad de avance Vf:	757,88 mm/min	Caudal	480ml/h	

Ubicación del cortador de relación con la línea central: En la línea central Norma: ISO 8688-1

Resultados: DESGASTE DE FLANCO DEL INSERTO DE METAL DURO



VM	158.09	μm
VB	164.73	μm
VS	166.39	μm
SUMA	489.21	μm
PROMEDIO	163.07	μm

Elaborado por: Byron Nuñez (Nombre/Firma):	Fecha: 11/3/2016	Verificado por: Ing. Mg. Wilson Vaca (Nombre/Firma):	Fecha: 26/04/2016
Revisado por: Ing. Mg. Diego Nuñez (Nombre/Firma):	Fecha: 15/03/2016	Verificado por: Ing. Mg. Segundo Espin (Nombre/Firma):	Fecha: 26/04/2016



**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA**  
**CARRERA DE INGENIERIA MECANICA**  
**FRESADO FRONTAL DE ACERO AISI 1018**  
**CON INSERTOS DE METAL DURO**



**MEDICION DESGASTE DE FLANCO**

Tipo de estudio	De laboratorio	Ensayo N:01	Magnificacion 200x
Identificación del componente de estudio		Probeta N :06	30 minutos de maquinado
Solicitado por:	UTA – FICM	Fecha:	2/26/2016
Centro de estudio y análisis	Laboratorio de materiales –FICM		
Realizado por:	Byron Nuñez	Supervisado por:	Ing. Diego Nuñez

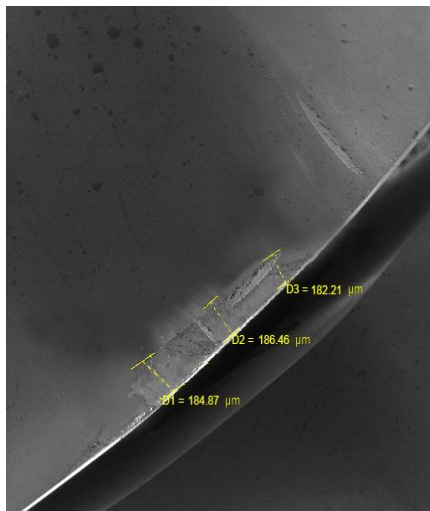
**PARAMETROS DE HERRAMIENTA Y MATERIAL**

Portaherramientas:	FMA01-063-A22-SE12-05	Material:	AISI 1018		
Tipo:	FRESADO FRONTAL	Dimensiones			
Inserto:	SEET12T3-DR	h	L	e	Dureza
Grado:	YBG202	37,8mm	300mm	70mm	163 HB
Serie:	P	Pieza de trabajo N <sup>a</sup>	6		

**PARAMETROS DEL ENSAYO**

Profundidad de corte axial ap:	1,2 mm	velocidad de corte Vc	200 m/min
Profundidad de corte radial ar:	37,8mm	Tiempo de mecanizado	30 min
avance fz:	0.15	fluido de corte	COOLUBE 2210EP
Revoluciones del husillo n:	1,10,51 rpm	Sistema	MQL
velocidad de avance Vf:	757,88 mm/min	Caudal	480ml/h
Ubicación del cortador de relación con la línea central:	En la línea central	Norma:	ISO 8688-1

**Resultados: DESGASTE DE FLANCO DEL INSERTO DE METAL DURO**



VM	184.87	µm
VB	185.46	µm
VS	182.21	µm
SUMA	552.54	µm
PROMEDIO	184.18	µm

Elaborado por: Byron Nuñez (Nombre/Firma):	Fecha: 11/3/2016	Verificado por: Ing. Mg. Wilson Vaca (Nombre/Firma):	Fecha: 26/04/2016
Revisado por: Ing. Mg. Diego Nuñez (Nombre/Firma):	Fecha: 15/03/2016	Verificado por: Ing. Mg. Segundo Espin (Nombre/Firma):	Fecha: 26/04/2016



**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA  
CARRERA DE INGENIERIA MECANICA  
FRESADO FRONTAL DE ACERO AISI 1018  
CON INSERTOS DE METAL DURO**



**MEDICION DESGASTE DE FLANCO**

Tipo de estudio	De laboratorio	Ensayo N:01	Magnificacion 200x
Identificación del componente de estudio		Probeta N :07	35 minutos de maquinado
Solicitado por:	UTA – FICM	Fecha:	3/3/2016
Centro de estudio y análisis	Laboratorio de materiales –FICM		
Realizado por:	Byron Nuñez	Supervisado por:	Ing. Diego Nuñez

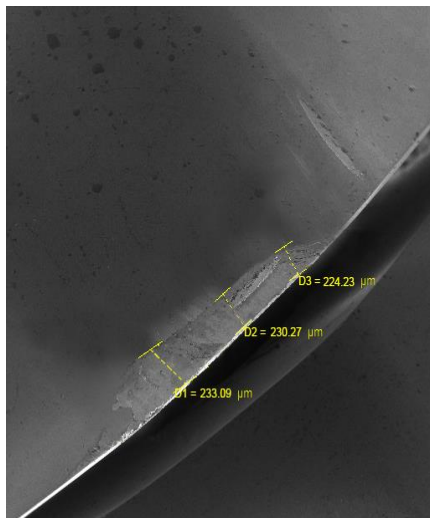
**PARAMETROS DE HERRAMIENTA Y MATERIAL**

Portaherramientas:	FMA01-063-A22-SE12-05	Material:	AISI 1018		
Tipo:	FRESADO FRONTAL	Dimensiones			
Inserto:	SEET12T3-DR	h	L	e	Dureza
Grado:	YBG202	37,8mm	300mm	70mm	163 HB
Serie:	P	Pieza de trabajo N <sup>a</sup>	7		

**PARAMETROS DEL ENSAYO**

Profundidad de corte axial ap:	1,2 mm	velocidad de corte Vc	200 m/min	
Profundidad de corte radial ar:	37,8mm	Tiempo de mecanizado	35 min	
avance fz:	0.15	fluido de corte	COOLUBE 2210EP	
Revoluciones del husillo n:	1,10,51 rpm	Sistema	MQL	
velocidad de avance Vf:	757,88 mm/min	Caudal	480ml/h	
Ubicación del cortador de relación con la línea central:	En la línea central		Norma: ISO 8688-1	

**Resultados: DESGASTE DE FLANCO DEL INSERTO DE METAL DURO**



VM	224.23	μm
VB	230.27	μm
VS	233.09	μm
SUMA	687.59	μm
PROMEDIO	229.20	μm

Elaborado por: Byron Nuñez (Nombre/Firma):	Fecha: 11/3/2016	Verificado por: Ing. Mg. Wilson Vaca (Nombre/Firma):	Fecha: 26/04/2016
Revisado por: Ing. Mg. Diego Nuñez (Nombre/Firma):	Fecha: 15/03/2016	Verificado por: Ing. Mg. Segundo Espin (Nombre/Firma):	Fecha: 26/04/2016





**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA**  
**CARRERA DE INGENIERIA MECANICA**  
**FRESADO FRONTAL DE ACERO AISI 1018**  
**CON INSERTOS DE METAL DURO**



**MEDICION DESGASTE DE FLANCO**

Tipo de estudio	De laboratorio	Ensayo N:01	Magnificacion 200x
Identificación del componente de estudio	Probeta N :08		40 minutos de maquinado
Solicitado por:	UTA – FICM	Fecha:	3/9/2016
Centro de estudio y análisis	Laboratorio de materiales –FICM		
Realizado por:	Byron Nuñez	Supervisado por:	Ing. Diego Nuñez

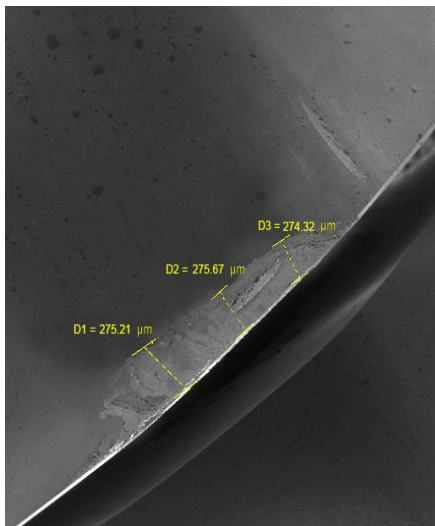
**PARAMETROS DE HERRAMIENTA Y MATERIAL**

Portaherramientas:	FMA01-063-A22-SE12-05	Material:	AISI 1018		
Tipo:	FRESADO FRONTAL	Dimensiones			
Inserto:	SEET12T3-DR	h	L	e	Dureza
Grado:	YBG202	37,8mm	300mm	70mm	163 HB
Serie:	P	Pieza de trabajo N <sup>a</sup>	8		

**PARAMETROS DEL ENSAYO**

Profundidad de corte axial ap:	1,2 mm	velocidad de corte Vc	200 m/min
Profundidad de corte radial ar:	37,8mm	Tiempo de mecanizado	40 min
avance fz:	0.15	fluido de corte	COOLUBE 2210EP
Revoluciones del husillo n:	1,10,51 rpm	Sistema	MQL
velocidad de avance Vf:	757,88 mm/min	Caudal	480ml/h
Ubicación del cortador de relación con la línea central:	En la línea central	Norma:	ISO 8688-1

**Resultados: DESGASTE DE FLANCO DEL INSERTO DE METAL DURO**



VM	275.21	µm
VB	275.67	µm
VS	274.32	µm
SUMA	825.2	µm
PROMEDIO	275.07	µm

Elaborado por: Byron Nuñez (Nombre/Firma):	Fecha: 11/3/2016	Verificado por: Ing. Mg. Wilson Vaca (Nombre/Firma):	Fecha: 26/04/2016
Revisado por: Ing. Mg. Diego Nuñez (Nombre/Firma):	Fecha: 15/03/2016	Verificado por: Ing. Mg. Segundo Espin (Nombre/Firma):	Fecha: 26/04/2016



**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA  
CARRERA DE INGENIERIA MECANICA  
FRESADO FRONTAL DE ACERO AISI 1018  
CON INSERTOS DE METAL DURO**



**MEDICION DESGASTE DE FLANCO**

Tipo de estudio	De laboratorio	Ensayo N:01	Magnificacion 200x
Identificación del componente de estudio	Probeta N :09		45 minutos de maquinado
Solicitado por:	UTA – FICM	Fecha:	3/9/2016
Centro de estudio y análisis	Laboratorio de materiales –FICM		
Realizado por:	Byron Nuñez	Supervisado por:	Ing. Diego Nuñez

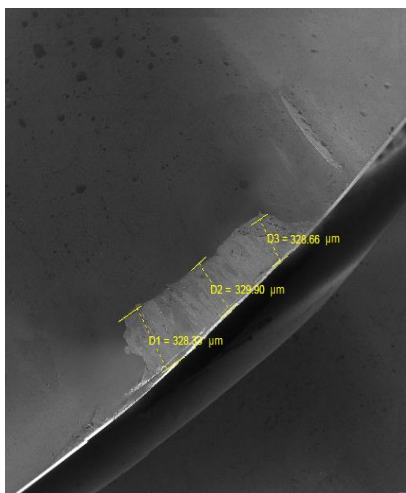
**PARAMETROS DE HERRAMIENTA Y MATERIAL**

Portaherramientas:	FMA01-063-A22-SE12-05	Material:	AISI 1018		
Tipo:	FRESADO FRONTAL	Dimensiones			
Inserto:	SEET12T3-DR	h	L	e	Dureza
Grado:	YBG202	37,8mm	300mm	70mm	163 HB
Serie:	P	Pieza de trabajo N <sup>a</sup>	9		

**PARAMETROS DEL ENSAYO**

Profundidad de corte axial ap:	1,2 mm	velocidad de corte Vc	200 m/min	
Profundidad de corte radial ar:	37,8mm	Tiempo de mecanizado	45 min	
avance fz:	0.15	fluido de corte	COOLUBE 2210EP	
Revoluciones del husillo n:	1,10,51 rpm	Sistema	MQL	
velocidad de avance Vf:	757,88 mm/min	Caudal	480ml/h	
Ubicación del cortador de relación con la línea central:	En la línea central	Norma:	ISO 8688-1	

**Resultados: DESGASTE DE FLANCO DEL INSERTO DE METAL DURO**



VM	328.33	μm
VB	329.9	μm
VS	338.66	μm
SUMA	996.89	μm
PROMEDIO	332.30	μm

Elaborado por: Byron Nuñez (Nombre/Firma):	Fecha: 11/3/2016	Verificado por: Ing. Mg. Wilson Vaca (Nombre/Firma):	Fecha: 26/04/2016
Revisado por: Ing. Mg. Diego Nuñez (Nombre/Firma):	Fecha: 15/03/2016	Verificado por: Ing. Mg. Segundo Espin (Nombre/Firma):	Fecha: 26/04/2016







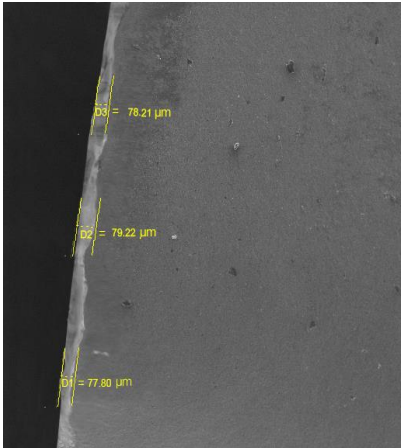
**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA**  
**CARRERA DE INGENIERIA MECANICA**  
**FRESADO FRONTAL DE ACERO AISI 1018**  
**CON INSERTOS DE METAL DURO**



**MEDICION DESGASTE DE FLANCO**

Tipo de estudio	De laboratorio	Ensayo N:01	Magnificacion 200x
Identificación del componente de estudio	Probeta N :10		50 minutos de maquinado
Solicitado por:	UTA – FICM	Fecha:	3/10/2016
Centro de estudio y análisis	Laboratorio de materiales –FICM		
Realizado por:	Byron Nuñez	Supervisado por:	Ing. Diego Nuñez
<b>PARAMETROS DE HERRAMIENTA Y MATERIAL</b>			
Portaherramientas:	FMA01-063-A22-SE12-05	Material:	AISI 1018
Tipo:	FRESADO FRONTAL	Dimensiones	
Inserto:	SEET12T3-DR	h	L
Grado:	YBG202	e	Dureza
Serie:	P	37,8mm	300mm
		70mm	163 HB
		Pieza de trabajo N <sup>a</sup>	10
<b>PARAMETROS DEL ENSAYO</b>			
Profundidad de corte axial ap:	1,2 mm	velocidad de corte Vc	200 m/min
Profundidad de corte radial ar:	37,8mm	Tiempo de mecanizado	50 min
avance fz:	0.15	fluido de corte	COOLUBE 2210EP
Revoluciones del husillo n:	1,10,51 rpm	Sistema	MQL
velocidad de avance Vf:	757,88 mm/min	Caudal	480ml/h
Ubicación del cortador de relación con la línea central:	En la línea central	Norma:	ISO 8688-1
<b>Resultados: DESGASTE DE FLANCO DEL INSERTO DE METAL DURO</b>			
	VM	387.23	µm
	VB	378.73	µm
	VS	382.09	µm
	SUMA	1148.05	µm
	PROMEDIO	382.68	µm
Elaborado por: Byron Nuñez (Nombre/Firma):	Fecha: 11/3/2016	Verificado por: Ing. Mg. Wilson Vaca (Nombre/Firma):	Fecha: 26/04/2016
Revisado por: Ing. Mg. Diego Nuñez (Nombre/Firma):	Fecha: 15/03/2016	Verificado por: Ing. Mg. Segundo Espin (Nombre/Firma):	Fecha: 26/04/2016

Comportamiento del desgaste de flanco por mínima cantidad de lubricación con velocidad de corte 360m/min con un desgaste máximo VB = 0.35mm

 <p style="text-align: center;"><b>UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO</b>  <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA</b>  <b>CARRERA DE INGENIERIA MECANICA</b>  <b>FRESADO FRONTAL DE ACERO AISI 1018</b>  <b>CON INSERTOS DE METAL DURO</b></p>  <p style="text-align: center;"><b>MEDICION DESGASTE DE FLANCO</b></p>																		
Tipo de estudio	De laboratorio	Ensayo N:01	Magnificacion 200x															
Identificación del componente de estudio		Probeta N :1	5 minutos de maquinado															
Solicitado por:	UTA – FICM	Fecha:	16/02/2016															
Centro de estudio y análisis		Laboratorio de materiales –FICM																
Realizado por:	Byron Nuñez	Supervisado por:	Ing. Diego Nuñez															
PARAMETROS DE HERRAMIENTA Y MATERIAL																		
Portaherramientas:	FMA01-063-A22-SE12-05	Material:	AISI 1018															
Tipo:	FRESADO FRONTAL	Dimensiones																
Inserto:	SEET12T3-DR	h	L															
Grado:	YBG202	e	Dureza															
Serie:	P	37,8mm	300mm															
		Pieza de trabajo N <sup>a</sup>	11															
PARAMETROS DEL ENSAYO																		
Profundidad de corte axial ap:	1,2 mm	velocidad de corte Vc	360 m/min															
Profundidad de corte radial ar:	37,8mm	Tiempo de mecanizado	5 min															
avance fz:	0,15	fluido de corte	COOLUBE 2210EP															
Revoluciones del husillo n:	1818,91 rpm	Sistema	MQL															
velocidad de avance Vf:	1364,18 mm/min	Caudal	480ml/h															
Ubicación del cortador de relación con la línea central: En la línea central			Norma: ISO 8688-1															
Resultados: DESGASTE DE FLANCO DEL INSERTO DE METAL DURO																		
		<table border="1"> <tbody> <tr> <td>VM</td> <td>78,21</td> <td>μm</td> </tr> <tr> <td>VB</td> <td>79,22</td> <td>μm</td> </tr> <tr> <td>VS</td> <td>77,8</td> <td>μm</td> </tr> <tr> <td>SUMA</td> <td>235,23</td> <td>μm</td> </tr> <tr> <td>PROMEDIO</td> <td>78,41</td> <td>μm</td> </tr> </tbody> </table>		VM	78,21	μm	VB	79,22	μm	VS	77,8	μm	SUMA	235,23	μm	PROMEDIO	78,41	μm
VM	78,21	μm																
VB	79,22	μm																
VS	77,8	μm																
SUMA	235,23	μm																
PROMEDIO	78,41	μm																
Elaborado por: Byron Nuñez (Nombre/Firma):	Fecha: 11/3/2016	Verificado por: Ing. Mg. Wilson Vaca (Nombre/Firma):	Fecha: 26/04/2016															
Revisado por: Ing. Mg. Diego Nuñez (Nombre/Firma):	Fecha: 15/03/2016	Verificado por: Ing. Mg. Segundo Espin (Nombre/Firma):	Fecha: 26/04/2016															



**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA  
CARRERA DE INGENIERIA MECANICA  
FRESADO FRONTAL DE ACERO AISI 1018  
CON INSERTOS DE METAL DURO**



**MEDICION DESGASTE DE FLANCO**

Tipo de estudio	De laboratorio	Ensayo N:01	Magnificacion 200x
Identificación del componente de estudio		Probeta N :2	10 minutos de maquinado
Solicitado por:	UTA – FICM	Fecha:	2/18/2016
Centro de estudio y análisis	Laboratorio de materiales –FICM		
Realizado por:	Byron Nuñez	Supervisado por:	Ing. Diego Nuñez

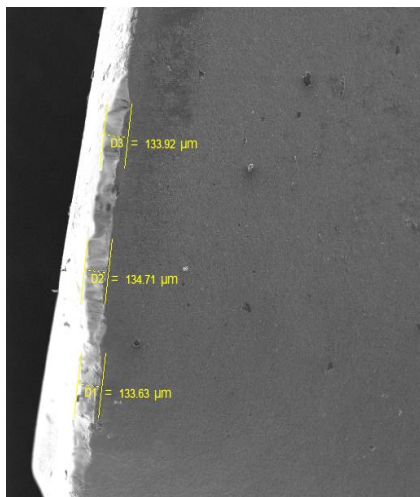
**PARAMETROS DE HERRAMIENTA Y MATERIAL**

Portaherramientas:	FMA01-063-A22-SE12-05	Material:	AISI 1018		
Tipo:	FRESADO FRONTAL	Dimensiones			
Inserto:	SEET12T3-DR	h	L	e	Dureza
Grado:	YBG202	37,8mm	300mm	62,8mm	163 HB
Serie:	P	Pieza de trabajo N <sup>a</sup>	11		

**PARAMETROS DEL ENSAYO**

Profundidad de corte axial ap:	1,2 mm	velocidad de corte Vc	360 m/min	
Profundidad de corte radial ar:	37,8mm	Tiempo de mecanizado	10 min	
avance fz:	0.15	fluido de corte	COOLUBE 2210EP	
Revoluciones del husillo n:	1818,91 rpm	Sistema	MQL	
velocidad de avance Vf:	1364,18 mm/min	Caudal	480ml/h	
Ubicación del cortador de relación con la línea central:	En la línea central	Norma:	ISO 8688-1	

**Resultados: DESGASTE DE FLANCO DEL INSERTO DE METAL DURO**



VM	133.92	µm
VB	134.71	µm
VS	133.63	µm
SUMA	402.26	µm
PROMEDIO	134.09	µm

Elaborado por: Byron Nuñez (Nombre/Firma):	Fecha: 11/3/2016	Verificado por: Ing. Mg. Wilson Vaca (Nombre/Firma):	Fecha: 26/04/2016
Revisado por: Ing. Mg. Diego Nuñez (Nombre/Firma):	Fecha: 15/03/2016	Verificado por: Ing. Mg. Segundo Espin (Nombre/Firma):	Fecha: 26/04/2016



UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA  
CARRERA DE INGENIERIA MECANICA  
FRESADO FRONTAL DE ACERO AISI 1018  
CON INSERTOS DE METAL DURO



MEDICION DESGASTE DE FLANCO

Tipo de estudio	De laboratorio	Ensayo N:01	Magnificacion 200x
Identificación del componente de estudio		Probeta N :03	15 minutos de maquinado
Solicitado por:	UTA – FICM	Fecha:	2/23/2016
Centro de estudio y análisis	Laboratorio de materiales –FICM		
Realizado por:	Byron Nuñez	Supervisado por:	Ing. Diego Nuñez

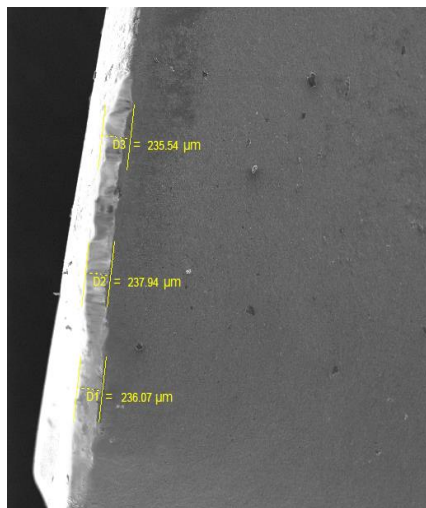
PARAMETROS DE HERRAMIENTA Y MATERIAL

Portaherramientas:	FMA01-063-A22-SE12-05	Material:	AISI 1018		
Tipo:	FRESADO FRONTAL	Dimensiones			
Inserto:	SEET12T3-DR	h	L	e	Dureza
Grado:	YBG202	37,8mm	300mm	48,4mm	163 HB
Serie:	P	Pieza de trabajo N <sup>a</sup>	11		

PARAMETROS DEL ENSAYO

Profundidad de corte axial ap:	1,2 mm	velocidad de corte Vc	360 m/min	
Profundidad de corte radial ar:	37,8mm	Tiempo de mecanizado	15 min	
avance fz:	0.15	fluido de corte	COOLUBE 2210EP	
Revoluciones del husillo n:	1818,91 rpm	Sistema	MQL	
velocidad de avance Vf:	1364,18 mm/min	Caudal	480ml/h	
Ubicación del cortador de relación con la línea central:	En la línea central	Norma:	ISO 8688-1	

Resultados: DESGASTE DE FLANCO DEL INSERTO DE METAL DURO



VM	235.54	μm
VB	237.94	μm
VS	236.07	μm
SUMA	709.55	μm
PROMEDIO	236.52	μm

Elaborado por: Byron Nuñez (Nombre/Firma):	Fecha: 11/3/2016	Verificado por: Ing. Mg. Wilson Vaca (Nombre/Firma):	Fecha: 26/04/2016
Revisado por: Ing. Mg. Diego Nuñez (Nombre/Firma):	Fecha: 15/03/2016	Verificado por: Ing. Mg. Segundo Espin (Nombre/Firma):	Fecha: 26/04/2016



**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA  
CARRERA DE INGENIERIA MECANICA  
FRESADO FRONTAL DE ACERO AISI 1018  
CON INSERTOS DE METAL DURO**



**MEDICION DESGASTE DE FLANCO**

Tipo de estudio	De laboratorio	Ensayo N:01	Magnificacion 200x
Identificación del componente de estudio		Probeta N :04	20 minutos de maquinado
Solicitado por:	UTA – FICM	Fecha:	2/24/2016
Centro de estudio y análisis	Laboratorio de materiales –FICM		
Realizado por:	Byron Nuñez	Supervisado por:	Ing. Diego Nuñez

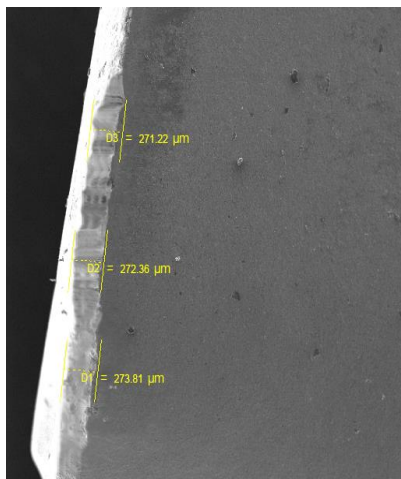
**PARAMETROS DE HERRAMIENTA Y MATERIAL**

Portaherramientas:	FMA01-063-A22-SE12-05	Material:	AISI 1018		
Tipo:	FRESADO FRONTAL	Dimensiones			
Inserto:	SEET12T3-DR	h	L	e	Dureza
Grado:	YBG202	37,8mm	300mm	70mm	163 HB
Serie:	P	Pieza de trabajo N <sup>a</sup>	12		

**PARAMETROS DEL ENSAYO**

Profundidad de corte axial ap:	1,2 mm	velocidad de corte Vc	360 m/min	
Profundidad de corte radial ar:	37,8mm	Tiempo de mecanizado	20 min	
avance fz:	0.15	fluido de corte	COOLUBE 2210EP	
Revoluciones del husillo n:	1818,91 rpm	Sistema	MQL	
velocidad de avance Vf:	1364,18 mm/min	Caudal	480ml/h	
Ubicación del cortador de relación con la línea central:	En la línea central	Norma:	ISO 8688-1	

**Resultados: DESGASTE DE FLANCO DEL INSERTO DE METAL DURO**



VM	271.22	µm
VB	272.36	µm
VS	273.81	µm
SUMA	817.39	µm
PROMEDIO	272.46	µm

Elaborado por: Byron Nuñez (Nombre/Firma):	Fecha: 11/3/2016	Verificado por: Ing. Mg. Wilson Vaca (Nombre/Firma):	Fecha: 26/04/2016
Revisado por: Ing. Mg. Diego Nuñez (Nombre/Firma):	Fecha: 15/03/2016	Verificado por: Ing. Mg. Segundo Espin (Nombre/Firma):	Fecha: 26/04/2016





**UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA**  
**CARRERA DE INGENIERIA MECANICA**  
**FRESADO FRONTAL DE ACERO AISI 1018**  
**CON INSERTOS DE METAL DURO**



**MEDICION DESGASTE DE FLANCO**

Tipo de estudio	De laboratorio	Ensayo N:01	Magnificacion 200x
Identificación del componente de estudio	Probeta N :05		25 minutos de maquinado
Solicitado por:	UTA – FICM	Fecha:	2/25/2016
Centro de estudio y análisis	Laboratorio de materiales –FICM		
Realizado por:	Byron Nuñez	Supervisado por:	Ing. Diego Nuñez

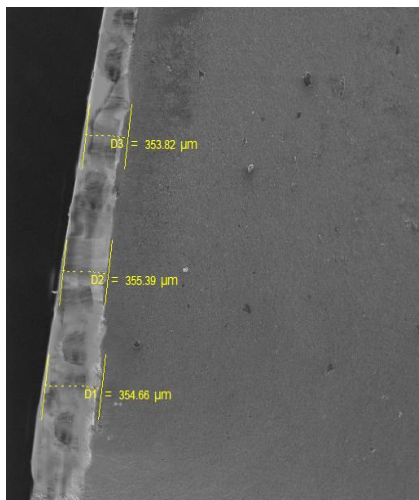
**PARAMETROS DE HERRAMIENTA Y MATERIAL**

Portaherramientas:	FMA01-063-A22-SE12-05	Material:	AISI 1018		
Tipo:	FRESADO FRONTAL	Dimensiones			
Inserto:	SEET12T3-DR	h	L	e	Dureza
Grado:	YBG202	37,8mm	300mm	70mm	163 HB
Serie:	P	Pieza de trabajo N <sup>a</sup>	13		

**PARAMETROS DEL ENSAYO**

Profundidad de corte axial ap:	1,2 mm	velocidad de corte Vc	360 m/min
Profundidad de corte radial ar:	37,8mm	Tiempo de mecanizado	25 min
avance fz:	0.15	fluido de corte	COOLUBE 2210EP
Revoluciones del husillo n:	1818,91 rpm	Sistema	MQL
velocidad de avance Vf:	1364,18 mm/min	Caudal	480ml/h
Ubicación del cortador de relación con la línea central:	En la línea central	Norma:	ISO 8688-1

**Resultados: DESGASTE DE FLANCO DEL INSERTO DE METAL DURO**

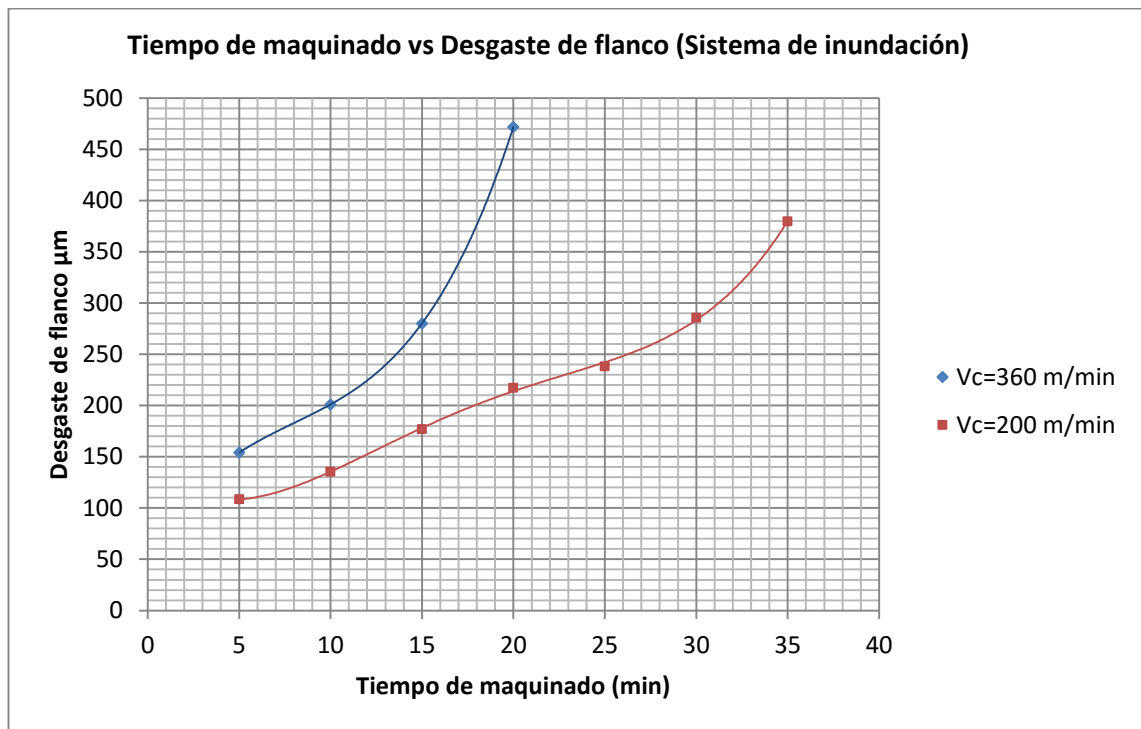


VM	353.82	μm
VB	355.39	μm
VS	354.66	μm
SUMA	1063.87	μm
PROMEDIO	354.62	μm

Elaborado por: Byron Nuñez (Nombre/Firma):	Fecha: 11/3/2016	Verificado por: Ing. Mg. Wilson Vaca (Nombre/Firma):	Fecha: 26/04/2016
Revisado por: Ing. Mg. Diego Nuñez (Nombre/Firma):	Fecha: 15/03/2016	Verificado por: Ing. Mg. Segundo Espin (Nombre/Firma):	Fecha: 26/04/2016

## 4.2 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Con los datos obtenidos se procederá a graficar y observar el desgaste de flanco que se produce bajo los diferentes parámetros anteriormente especificados.



**Figura 4. 2** Tiempo de maquinado vs Desgaste de flanco.

**Fuente:** AUTOR

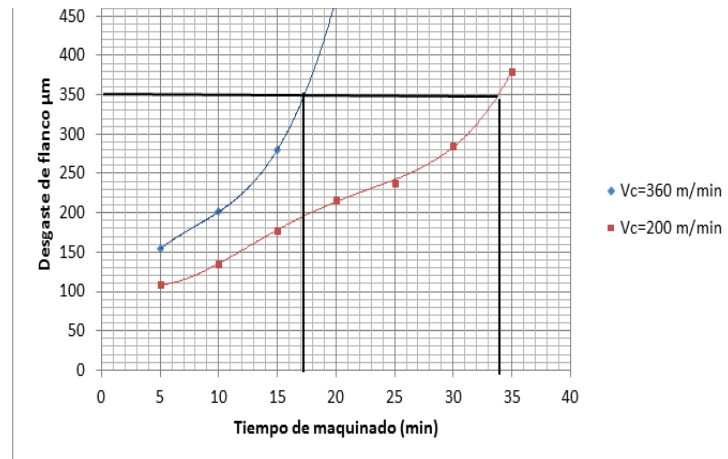
Como se puede observar en el gráfico la velocidad de corte influye en el desgaste de flanco, ya que un pequeño cambio en ella disminuye significativamente la vida de las herramientas de corte

La velocidad de corte de 200m/min muestra un desgaste más uniforme en relación al tiempo de mecanizado.

Se nota en los primeros 10 minutos de mecanizado un desgaste muy próximo al estar en la zona de desgaste rápido inicial.

Por medio de los resultados obtenidos experimentalmente se procede a determinar los valores para la determinación de la vida de la herramienta a través de la ecuación simplificada de Taylor.

Un método matemático que consiste en realizar una regresión lineal  $y = a + k(x - \dot{X})$  para obtener los valores requeridos.



**Figura 4. 3** Tiempo de maquinado a 0.35mm de desgaste sistema de lubricación por inundación.

**Fuente:** AUTOR

Se utilizó el criterio de desgaste de 0.35 mm señalado en la norma ISO 8688-1 1989 al considerar un criterio normal y teniendo un desgaste uniforme como se muestra en la tabla 2 de la norma.

Para determinar el valor de la constante C se hace uso de la siguiente ecuación

$$y = a + k(x - \dot{X}). [10]$$



**Tabla 4.1** Cálculo de C y k de la ecuación de Taylor  $y = a + k(x - \bar{X})$ . Para el sistema de lubricación por inundación.

# de prueba	Vc (m/min)	t (min)	X=log Vc	Y= log t	XY	X <sup>2</sup>	Y <sup>2</sup>
1	360	17	2,556	1,230	3,145	6,535	1,514
2	200	34	2,301	1,531	3,524	5,295	2,345
<b>n=2</b>		<b>Σ</b>	<b>4,857</b>	<b>2,762</b>	<b>6,669</b>	<b>11,829</b>	<b>3,859</b>

<b>(ΣX)<sup>2</sup></b>	23,594
<b>ΣX ΣY</b>	13,416
<b>(ΣX)<sup>2</sup>/n</b>	11,797
<b>ΣX</b> <b>ΣY/n</b>	6,708
<b><math>\bar{X} = \Sigma X</math></b> <b>/n</b>	2,429
<b><math>\bar{Y} = \Sigma Y/n</math></b>	1,381
<b>k</b>	<b>-1,179</b>
<b>(-1/k)</b>	0,848
<b>Log C</b>	3,600

<b>C</b> <b>(m/min)</b>	<b>3978,500</b>
----------------------------	-----------------

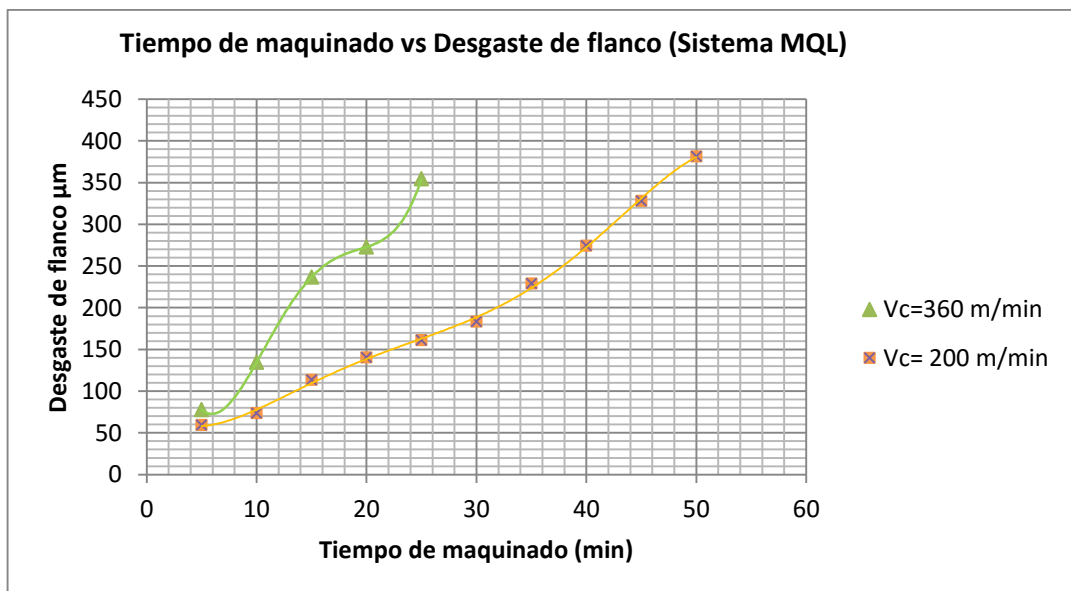
El valor **C** es la constante que abarca a todos los valores que permanecieron fijos en el estudio.

Se aplicará la ecuación simplificada de Taylor al ser la ideal en este trabajo ya que los únicos parámetros que se consideraron variables son velocidad de corte y sistema de lubricación.

$$VT^{1/k} = C$$

$$VT^{0.848} = 3978.5$$

Con la ecuación obtenida se puede predecir el tiempo de vida de una herramienta bajo los parámetros constantes en este ensayo.



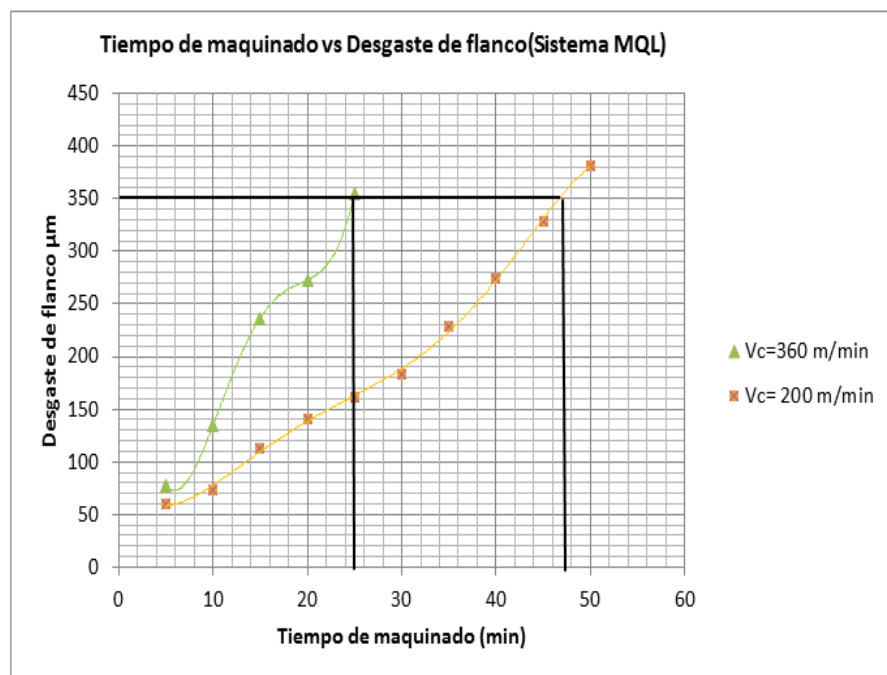
**Figura 4. 4** Tiempo de maquinado vs Desgaste de flanco (sistema MQL).

**Fuente:** AUTOR

Al igual que en el anterior sistema se puede observar la diferencia en la conservación de la herramienta por la variación de la velocidad de corte.

Se observa un comportamiento uniforme en el desgaste de la herramienta en el cual se puede apreciar las zonas del desgaste de una mejor manera.

Se procederá al cálculo de la constante **C** para obtener la ecuación para predecir la vida de la herramienta de corte con este sistema de lubricación.



**Figura 4. 5** Tiempo de maquinado a 0.35mm de desgaste sistema de lubricación MQL.

**Fuente:** AUTOR

Se utilizará el criterio de desgaste de 0.35 mm señalado en la norma ISO 8688-1 1989.

**Tabla 4. 2** Cálculo de C y k de la ecuación de Taylor  $y = a + k(x - \bar{X})$ . Para el sistema de lubricación por mínimas cantidades.

# de prueba	Vc (m/min)	t (min)	X=log Vc	Y= log t	XY	X <sup>2</sup>	Y <sup>2</sup>
1	360	25	2,556	1,398	3,574	6,535	1,954
2	200	48	2,301	1,681	3,869	5,295	2,827
		$\Sigma$	<b>4,857</b>	<b>3,079</b>	<b>7,442</b>	<b>11,829</b>	<b>4,781</b>

$(\Sigma X)^2$	23,594
$\Sigma X \Sigma Y$	14,957
$(\Sigma X)^2/n$	11,797
$\Sigma X \Sigma Y/n$	7,478
$\bar{X}=\Sigma X /n$	2,429
$\bar{Y}=\Sigma Y/n$	1,540
<b>K</b>	-1,110
<b>(-1/k)</b>	<b>0,901</b>
<b>Log C</b>	3,816

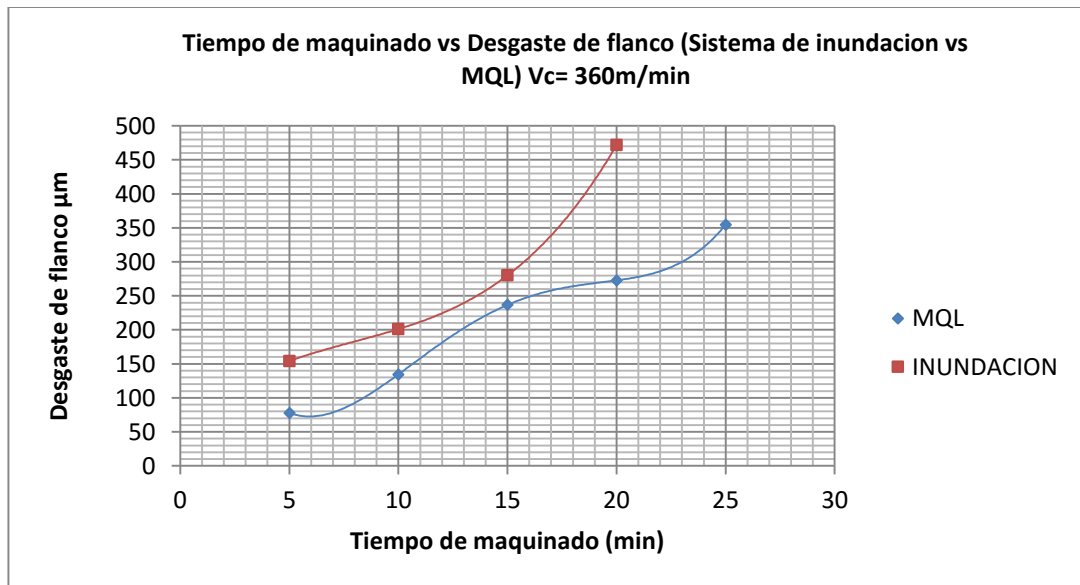
<b>C (m/min)</b>	<b>6545,393</b>
------------------	-----------------

$$VT^{1/k} = C$$

$$VT^{0.901} = 6545.39$$

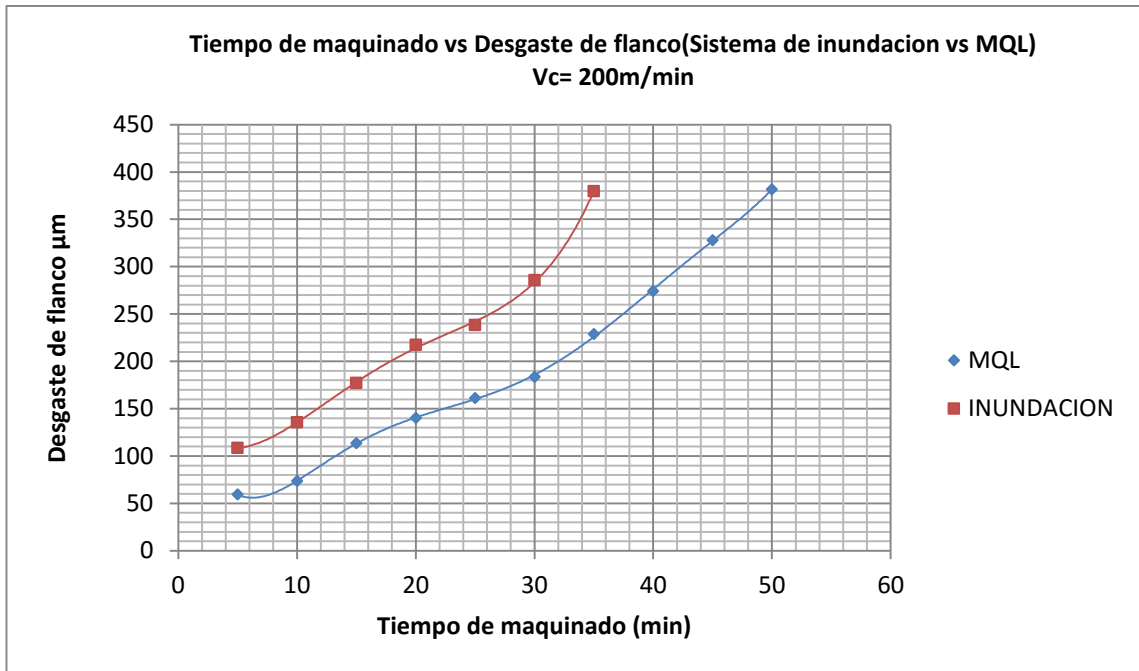
Con la ecuación obtenida se puede predecir el tiempo de vida de una herramienta bajo los parámetros constantes en este ensayo.

A continuación se muestran unas gráficas las cuales contienen la comparación de los sistemas de lubricación empleados en este estudio.



**Figura 4. 6** Tiempo de vida útil (Inundación vs MQL) Vc =360m/min.

**Fuente:** AUTOR



**Figura 4. 7** Tiempo de vida útil (Inundación vs MQL) Vc =200m/min.

**Fuente:** AUTOR

Se puede apreciar que la vida útil de la herramienta se prolongó con el sistema MQL.

El desgaste inicial de la herramienta con el sistema MQL es bajo y se mantiene su desgaste casi uniforme con respecto al tiempo de mecanizado.

### 4.3 Verificación de la hipótesis

Se realizará la verificación de la hipótesis por distribución t de student de acuerdo a la norma ISO 8688-1 1989.

$$t = \frac{\bar{X} - \bar{Y}}{\sqrt{\frac{(nA-1)S_1^2 + (nB-1)S_2^2}{nA+nB-2} \left( \frac{1}{nA} + \frac{1}{nB} \right)}} \quad (\text{Ec 16})$$

Dónde:

Ho: La utilización del sistema de mínima cantidad de lubricante MQL en el fresado del acero AISI 1018 permitirá aumentar la vida útil de las herramientas de corte de metal duro.

X = desgaste de flanco en el sistema de inundación

Y = desgaste de flanco en el sistema MQL

$$\bar{X} = \text{valor media aritmética} \quad \bar{X} = \frac{1}{n_A} \sum_{i=1}^{n_A} X_i \quad (\text{Ec 17})$$

$$\bar{Y} = \text{valor media aritmética} \quad \bar{Y} = \frac{1}{n_B} \sum_{i=1}^{n_B} Y_i \quad (\text{Ec 18})$$

n = número de muestras de X

m = número de muestras de Y

$$S_1 = \text{desviación estándar de X.} \quad S_1 = \sqrt{\frac{1}{n_A-1} \sum_{i=1}^{n_A} (X_i - \bar{X})^2} \quad (\text{Ec 19})$$

$$S_2 = \text{desviación estándar de Y.} \quad S_2 = \sqrt{\frac{1}{n_B-1} \sum_{i=1}^{n_B} (Y_i - \bar{Y})^2} \quad (\text{Ec 20})$$

$$\text{Intervalo de confianza} \quad \pm t \frac{s}{\sqrt{n-1}}$$

$$\dot{X}_{max} = \bar{X} + tX_{95} \frac{S_1}{\sqrt{n_A-1}} \quad (\text{Ec 21})$$

$$\dot{X}_{min} = \bar{X} - tX_{95} \frac{S_1}{\sqrt{n_A-1}} \quad (\text{Ec 22})$$

$$\bar{Y}_{max} = \bar{Y} + tY_{95} \frac{S_2}{\sqrt{n_B-1}} \quad (\text{Ec 23})$$

$$\bar{Y}_{min} = \bar{Y} + tY_{95} \frac{S_2}{\sqrt{nB-1}} \quad (\text{Ec 24})$$

Se procede a realizar la comprobación de la hipótesis con los datos de desgaste de flanco con velocidad de corte de 360m/min entre los dos sistemas de lubricación.

**Tabla 4. 3** Desgaste de flanco sistema MQL.

<b>Vc = 360 m/min (MQL)</b>	
<b>Tiempo de maquinado</b>	<b>Desgaste de flanco</b>
<b>min</b>	<b>µm</b>
5	77,85
10	134,57
15	236,71
20	272,77
25	354,57



**Tabla 4. 4** Desgaste de flanco sistema de lubricación por inundación.

<b>Vc = 360 m/min (INUNDACION)</b>	
<b>Tiempo de maquinado</b>	<b>Desgaste de flanco</b>
<b>Min</b>	<b>μm</b>
5	154,04
10	201,1
15	280,14
20	471,7

$$\bar{X} = \frac{154.04 + 201.1 + 280.14 + 471.7}{4} = 276.75$$

$$\bar{Y} = \frac{77.85 + 134.57 + 236.71 + 272.77 + 354.57}{5} = 215.29$$

$$S_1 = \sqrt{\frac{(154.04 - 276.75)^2 + (201.1 - 276.75)^2 + (280.14 - 276.75)^2 + (471.7 - 276.75)^2}{4 - 1}}$$

$$S_2 = \sqrt{\frac{(77.85 - 215.29)^2 + (134.57 - 215.29)^2 + (236.71 - 215.29)^2 + (272.77 - 215.29)^2 + (354.57 - 215.29)^2}{5 - 1}}$$

$$S_1 = 116.42$$

$$S_2 = 110.19$$

$$tX_{95} = 3.183$$

$$tY_{95} = 2.776$$

$$\dot{X}_{max} = 276.75 + 3.183 \frac{116.42}{\sqrt{4-1}} = 490.7$$

$$\dot{X}_{min} = 276.75 - 3.183 \frac{116.42}{\sqrt{4-1}} = 62.8$$

$$\bar{Y}_{max} = 215.29 + 2.776 \frac{110.19}{\sqrt{5-1}} = 368.23$$

$$\bar{Y}_{min} = 215.29 - 2.776 \frac{110.19}{\sqrt{5-1}} = 62.35$$

$$t = \frac{276.75 - 215.29}{\sqrt{\frac{(4-1)116.42^2 + (5-1)110.19^2}{4+5-2} \left(\frac{1}{4} + \frac{1}{5}\right)}}$$

$$t = 0.81$$

➤  $(nA+nB-2)=(4+5-2)=7$

El valor crítico en la tabla 6 de la norma ISO 8688-1 1989  $t_\alpha$  al 99% de nivel de confianza es 3.499.

Si  $|t_{obtenido}| \geq |t_{critico}|$  se rechaza  $H_0$

Si  $|t_{obtenido}| \leq |t_{critico}|$  se acepta  $H_0$

$|0.81| \leq |3.499| =$  SE ACEPTA LA HIPOTESIS.

## **CAPITULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1 CONCLUSIONES**

- Los objetivos planteados se cumplieron, se calculó la ecuación de Taylor simplificada para ambos sistemas de lubricación y predecir la vida útil de las herramientas de corte de metal duro.
- El tiempo de vida útil de la herramienta de corte se refiere cuando trabaja en condiciones idóneas para la tarea dispuesta, esto se debe tener en cuenta en el proceso de acabado superficial ya que si está en condiciones ideales se puede evitar las imperfecciones en la pieza mecanizada.
- El sistema de mínima cantidad de lubricación prolongo la vida de la herramienta para la velocidad de corte de 360 m/min un 32% y para la velocidad de corte de 200m/min un 29.17%.
- Según los datos obtenidos se comprobó que la velocidad de corte influye en el proceso de desgaste acelerado.
- El aceite vegetal nos brinda una mejor lubricación así permite una prolongación en la vida útil de las herramientas de corte.
- Con el sistema de lubricación por mínimas cantidades al aumentar la vida útil de las herramientas se reduce los costos de producción.
- Al utilizar aceite vegetal el sistema de mínima cantidad de lubricación MQL se emplea un método amigable con el medio ambiente al evitar el uso de aceites derivados del petróleo.

#### **5.2 RECOMENDACIONES**

- Seleccionar adecuadamente las herramientas de corte según los parámetros tales como dureza de material, tipo de material.
- Continuar con estudios de nuevos sistemas de lubricación y sus diferentes fluidos de corte.

- Verificar la presión de entrada del sistema MQL este en el rango recomendado por el proveedor.
- Limpiar las herramientas de corte para el análisis en el MEB para tener una mejor apreciación del desgaste.

## MATERIALES DE REFERENCIA

### BIBLIOGRAFÍA

- [1] John J. Coronado, "Economía en el Maquinado para la Industria Metalmeccánica," *Journal of management and Economics for Iberoamerica*, vol. 21, no. 94, Oct. 2004.
- [2] Y. Liao and H. Lin, "Mechanism of minimum quantity lubrication in high-speed milling of hardened steel," *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, no. 47, p. 7, ENERO 2007.
- [3] Asif Iqbal, He Ning, Iqbal Khan, Li Liang, and Naeem Ullah Dar, "Modeling the effects of cutting parameters in MQL-employed finish hard-milling process using D-optimal method," *journal of materials processing technology*, vol. I, no. 12, p. 12, 2008.
- [4] INDUSTRIA HRE. (2015) Estudio Comparativo de Lubricantes para el Mecanizado de Acero Inoxidable Dúplex. [Online]. [http://industria.hre.es/aplicaciones/mql\\_dacinox/mql-estudio-tecnalia](http://industria.hre.es/aplicaciones/mql_dacinox/mql-estudio-tecnalia)
- [5] Luis Wilfredo, Hernández González and Ana M. Quesada, "FLUIDOS DE CORTE, CONSECUENCIAS Y PERSPECTIVAS," *CIENCIAS HOLGUÍN*, vol. VIII, p. 11, 07-09 2002.
- [6] Mikell P. Groover, *Fundamentos de Manufactura Moderna*, Tercera ed., Pablo E. Roig Vazquez and Lorena Campa Rojas, Eds. Mexico D.F., Mexico: MCGRAW-HILL/INTERAMERICANA, 2007.

- [7] Serope Kalpakjian and Steven R. Schmid, *Manufactura, Ingeniería y Tecnología*, Quinta ed., Luis Miguel Cruz Castillo and Claudia Celia Martínez Amigon, Eds. Edo. de Mexico, Mexico: Pearson Educacion, 2008.
- [8] IVAN BOHMAN. (s.f.) CATALOGOS DE ACERO. [Online].  
  
<http://www.elacero.com.ec/pdf/aceros.pdf>
- [9] TIM WALKER, *The MQL Handbook*, Primera ed., 2013.
- [10] César Galán Martínez, "Optimización del Proceso de Tallado por Generación Mediante Sistema MQL (Lubricación por Cantidades Mínimas)," UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID, MADRID, PROYECTO FIN DE CARRERA 2010.
- [11] ASM INTERNATIONAL HANDBOOK, *Machining*, NOVENA ed., 1989.
- [12] ISO, Tool life testing in milling-1, 1989.
- [13] ZCCCT. (2016) ZCC CUTTINGS TOOLS EUROPE GmbH. [Online].  
[http://www.zccct-europe.com/documents/Produkte/Katalog\\_gesamt/Fraesen.pdf](http://www.zccct-europe.com/documents/Produkte/Katalog_gesamt/Fraesen.pdf)
- [14] Tribology Tech- Lube. (2015) Ivan Bohman. [Online].  
  
<http://www.ivanbohman.com.ec/wp-content/uploads/2015/12/lubricantes.pdf>
- [15] SANDVIK. (2012) Herramientas Rotativas Fresado. [Online].

[http://www.sandvik.coromant.com/sitecollectiondocuments/downloads/global/catalogues/es-es/rotating/ROT\\_D.pdf](http://www.sandvik.coromant.com/sitecollectiondocuments/downloads/global/catalogues/es-es/rotating/ROT_D.pdf)

**ANEXOS**

# **ANEXO A**



# INTERNATIONAL STANDARD

# ISO 8688-1

First edition  
1989-05-01

---

---

## **Tool life testing in milling — Part 1 : Face milling**

*Essai de durée de vie des outils de fraisage —  
Partie 1 : Surfaçage*



Reference number  
ISO 8688-1 : 1989 (E)

## Foreword

ISO (the International Organization for Standardization) is a worldwide federation of national standards bodies (ISO member bodies). The work of preparing International Standards is normally carried out through ISO technical committees. Each member body interested in a subject for which a technical committee has been established has the right to be represented on that committee. International organizations, governmental and non-governmental, in liaison with ISO, also take part in the work. ISO collaborates closely with the International Electrotechnical Commission (IEC) on all matters of electrotechnical standardization.

Draft International Standards adopted by the technical committees are circulated to the member bodies for approval before their acceptance as International Standards by the ISO Council. They are approved in accordance with ISO procedures requiring at least 75 % approval by the member bodies voting.

International Standard ISO 8688-1 was prepared by Technical Committee ISO/TC 29, *Small tools*.

Users should note that all International Standards undergo revision from time to time and that any reference made herein to any other International Standard implies its latest edition, unless otherwise stated.

© ISO 1989

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from the publisher.

International Organization for Standardization  
Case postale 56 • CH-1211 Genève 20 • Switzerland

Printed in Switzerland

## Contents

	Page
<b>0</b> Introduction .....	1
<b>1</b> Scope and field of application .....	1
<b>2</b> References .....	2
<b>3</b> Workpiece .....	2
<b>3.1</b> Work material .....	2
<b>3.2</b> Dimensions .....	3
<b>4</b> Tool : Cutter .....	3
<b>4.1</b> Dimensions and tolerances .....	3
<b>4.2</b> Tool geometry .....	3
<b>4.3</b> Cutting edge and insert surface .....	3
<b>4.4</b> Tool material .....	5
<b>4.5</b> Mounting of the tool .....	5
<b>5</b> Cutting fluid .....	5
<b>6</b> Cutting conditions .....	5
<b>6.1</b> Recommended cutting conditions .....	5
<b>6.2</b> Other cutting conditions .....	6
<b>6.3</b> Location of the cutter .....	6
<b>6.4</b> Cutting speed .....	6
<b>7</b> Tool deterioration and tool-life criteria .....	6
<b>7.1</b> Introduction .....	6
<b>7.2</b> Definitions .....	6
<b>7.3</b> Tool deterioration phenomena .....	7
<b>7.4</b> Tool deterioration phenomena used as tool-life criteria .....	12
<b>7.5</b> Assessment of tool deterioration .....	12

# ISO 8688-1 : 1989 (E)

<b>8</b>	<b>Equipment</b> .....	<b>15</b>
<b>8.1</b>	<b>Machine tool</b> .....	<b>15</b>
<b>8.2</b>	<b>Other equipment</b> .....	<b>16</b>
<b>9</b>	<b>Procedure</b> .....	<b>16</b>
<b>9.1</b>	<b>Purpose</b> .....	<b>16</b>
<b>9.2</b>	<b>Planning</b> .....	<b>16</b>
<b>9.3</b>	<b>Preparation of material, tools and equipment</b> .....	<b>17</b>
<b>9.4</b>	<b>Test techniques</b> .....	<b>17</b>
<b>9.5</b>	<b>Measurements and recording of tool deterioration</b> .....	<b>18</b>
<b>10</b>	<b>Evaluation of results</b> .....	<b>18</b>
<b>10.1</b>	<b>General considerations</b> .....	<b>18</b>
<b>10.2</b>	<b>Treatment of test values</b> .....	<b>18</b>
<b>10.3</b>	<b>Number of test runs</b> .....	<b>18</b>
<b>10.4</b>	<b>Diagrams</b> .....	<b>20</b>
<b>10.5</b>	<b>Statistical interpretation</b> .....	<b>20</b>
 <b>Annexes</b>		
<b>A</b>	<b>Reference work materials</b> .....	<b>22</b>
<b>B</b>	<b>Tool setting</b> .....	<b>23</b>
<b>C</b>	<b>Example data sheet</b> .....	<b>24</b>
<b>D</b>	<b>Statistical calculations</b> .....	<b>25</b>
 <b>Bibliography</b> .....		
		<b>27</b>

# Tool life testing in milling —

## Part 1 : Face milling

### 0 Introduction

Procedures and conditions for tool-life testing with single-point turning tools are the subject of ISO 3685. Successful application of ISO 3685 resulted in requests for similar documents relating to other commonly used cutting methods.

This part of ISO 8688 has been developed on the initiative of the International Institution for Production Engineering Research (CIRP) and applies to face milling operations with carbide tools, as illustrated in figure 1, which represent a major manufacturing activity.

The recommendations contained in this part of ISO 8688 are applicable in both laboratories and factories. They are intended to unify procedures in order to increase the reliability and comparability of test results when making comparison of cutting tools, work materials, cutting parameters or cutting fluids. In order to achieve as far as possible these aims, recommended reference materials and conditions are included and should be used as far as is practical.

In addition, the recommendations can be used to assist in establishing recommendable cutting data, or to determine limiting factors and machining characteristics such as cutting forces, machined surface characteristics, chip form, etc. For these purposes in particular, certain parameters, which have been given recommended values, may have to be used as variables.

The test conditions recommended in this part of ISO 8688 have been designed for face milling tests using steel and cast iron workpieces of normal microstructure. However, with suitable modifications, this part of ISO 8688 can be applied to face milling tests on, for example, other work materials or with cutting tools developed for specific applications.

The specified accuracy given in these recommendations should be considered as a minimum requirement. Any deviation from

the recommendations should be reported in detail in the test report.

NOTE — This part of ISO 8688 does not constitute acceptance tests and should not be used as such.

### 1 Scope and field of application

This part of ISO 8688 specifies recommended procedures for tool-life testing with cemented carbide tools used for face milling of steel and cast iron workpieces. It can be applied to laboratory as well as to production practice.

The cutting conditions in face milling may be considered under two categories as follows :

- a) conditions as a result of which tool deterioration is due predominantly to wear;
- b) conditions under which tool deterioration is due mainly to other phenomena such as edge fracture or plastic deformation.

This part of ISO 8688 considers only those recommendations concerned with testing which results predominantly in tool wear.

Testing for the second group of conditions given above is currently under study.

This part of ISO 8688 establishes specifications for the following factors of tool-life testing with face milling tools in accordance with figure 1: workpiece, tool, cutting fluid, cutting conditions, equipment, assessment of tool deterioration and tool life, test procedures, recording, evaluation and presentation of results.

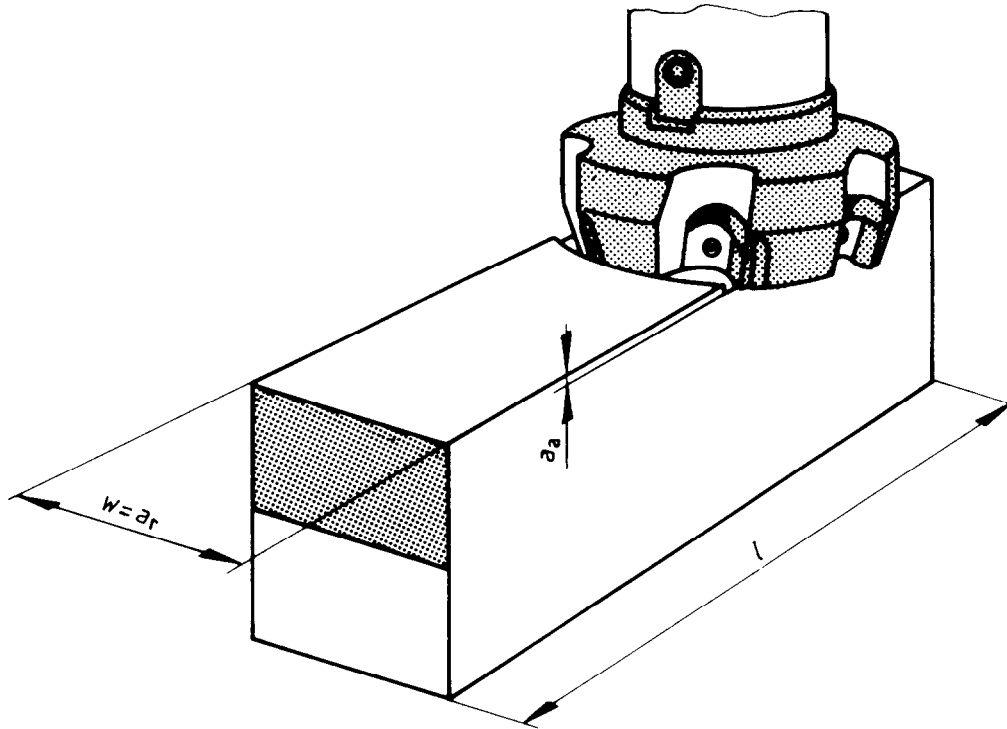


Figure 1 — Face milling — Milling operation

## 2 References

ISO/R 185, *Classification of grey cast iron.*

ISO 468, *Surface roughness — Parameters, their values and general rules for specifying requirements.*

ISO 513, *Application of carbides for machining by chip removal — Designation of the main groups of chip removal and groups of application.*

ISO/R 683-3, *Heat-treated steels, alloy steels and free-cutting steels — Part 3 : Wrought quenched and tempered unalloyed steels with controlled sulphur content.*

ISO 1701, *Test conditions for milling machines with table of variable height, with horizontal or vertical spindle — Testing of the accuracy.*

ISO 2854, *Statistical interpretation of data — Techniques of estimation and tests relating to means and variances.*

ISO 3002-1, *Basic quantities in cutting and grinding — Part 1 : Geometry of the active part of cutting tools — General terms, reference systems, tool and working angles, chip breakers.*

ISO 3365, *Indexable hardmetal (carbide) inserts with wiper edges, without fixing hole — Dimensions.*

ISO 3685, *Tool-life testing with single-point turning tools.*

ISO 6462, *Face milling cutters with indexable inserts — Dimensions.*

## 3 Workpiece

### 3.1 Work material

In principle, testing bodies are free to select the work materials according to their own interest. However, in order to increase the comparability of results between testing bodies, the use of one of the reference materials, steel C45 according to ISO/R 683-3 or cast iron grade 25 according to ISO/R 185, is recommended. More detailed specifications of these materials are given in annex A.

Within the specification, materials may vary with a resulting affect on machinability. To minimize such problems, the provision of a work material in compliance with stricter specifications shall be discussed with the supplier.

Information concerning the work material such as grade, chemical composition, physical properties, microstructure, complete details of the processing route of the work material (e.g. hot rolled, forged, cast or cold drawn) and any heat treatment should be reported in the test report (see 9.3.1 and annex A).

The hardness of the prepared workpiece shall be determined on one end of each test piece over the testing zone on the cross-section (see 9.3.1). For the recommended workpiece sections, the hardness indentations shall be placed along the centre-line of the zone parallel to the longest edge. The minimum number of test points shall be five; one on the centre, one near each edge and one on either side of the centre point between the centre and the edge points (see figure 2).

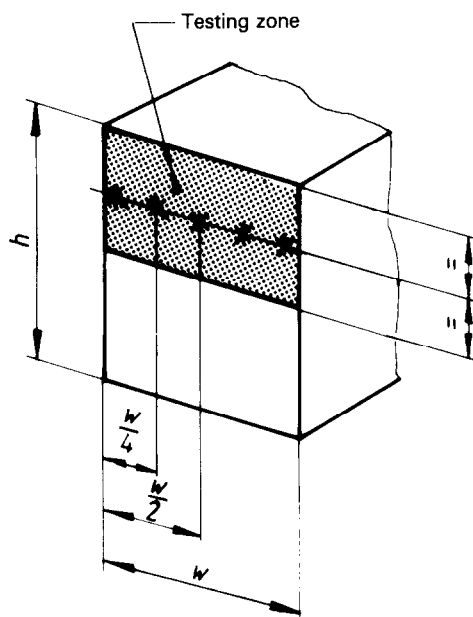


Figure 2 — Hardness testing

For workpieces which are cut from larger billets or for which hardness variation might be expected to be significant, additional hardness measurements should be taken to ascertain that the hardness values fall within the prescribed limits. The location of such measurement points and the method of measuring should be reported in the test report.

The deviation in hardness within one batch of material should be as small as possible. A realistic value for the reference materials given in annex A and similar materials is  $\pm 5\%$  of the arithmetic mean value.

In order to be able to compare results over reasonably long periods of time, it is recommended that testing bodies procure sufficiently large quantities of reference work materials to cover their needs.

### 3.2 Dimensions

**3.2.1** The recommended workpiece for face milling (see 9.3.1) shall be a bar or billet of rectangular cross-section with a width of 0,6 times the cutter diameter (75 mm for  $D = 125$  mm), see 6.3, and a minimum length of 3 times the cutter diameter (375 mm for  $D = 125$  mm).

The maximum and minimum heights of a workpiece may be determined according to the number of tests to be made and the need for uniform material properties. These dimensions should be restricted to ensure adequate stability during machining. The actual dimensions shall be reported.

**3.2.2** For cast material, the dimensions of the parallelepiped shall be chosen to obtain the required metallographic structure.

## 4 Tool : Cutter

In principle, testing bodies are free to select the cutter according to their own interests. However, in order to increase the comparability of results between testing bodies, the use of a face milling cutter 125 mm in diameter and with 6 equispaced inserts is recommended. Any deviation from the recommended cutter should be reported.

### 4.1 Dimensions and tolerances

The dimensions of the recommended cutter shall be in accordance with ISO 6462. The main dimensions of the recommended cutter body are given in figure 3.

Although testing bodies are free to select inserts according to their own interests, it is recommended that indexable carbide inserts mounted in the recommended body are SPAN1203 EDR according to ISO 3365. The dimensions of the recommended inserts are given in figure 4. The deviation between individual inserts used in the same testing sequence should be kept to a minimum (see also 4.2).

The tolerances of the recommended tool complete with recommended inserts are given in figure 3 (see also 4.5 concerning the cutting edge runout).

### 4.2 Tool geometry

It is recommended that all cutting tests in which the tool geometry is not the test variable be conducted using the cutting tool geometry shown in figures 3 and 4.

The cutting tool angular geometry designations are in accordance with ISO 3002-1.

The deviation between the geometry of individual inserts used in the same testing sequence should be kept to a minimum.

The provision of tools with closer geometrical tolerances should be discussed with the supplier.

### 4.3 Cutting edge and insert surface

The form and method of preparing the cutting edges of the insert may significantly affect the results. It is therefore important that the geometric features are accurately measured and recorded together with the configuration and direction of grinding marks.

Where cutting edge preparation is not a test variable, the face of the insert to be used in testing should have a land of  $0,2 \pm 0,05$  mm width, which gives a negative normal rake of  $20^\circ \pm 2^\circ$  (measured on the insert). The wiper edge of the insert, which in use will be parallel to the machined surface, should be as sharp as possible and there should not be a land on the tool face associated with this wiper edge (see 9.3.2).

Dimensions in millimetres

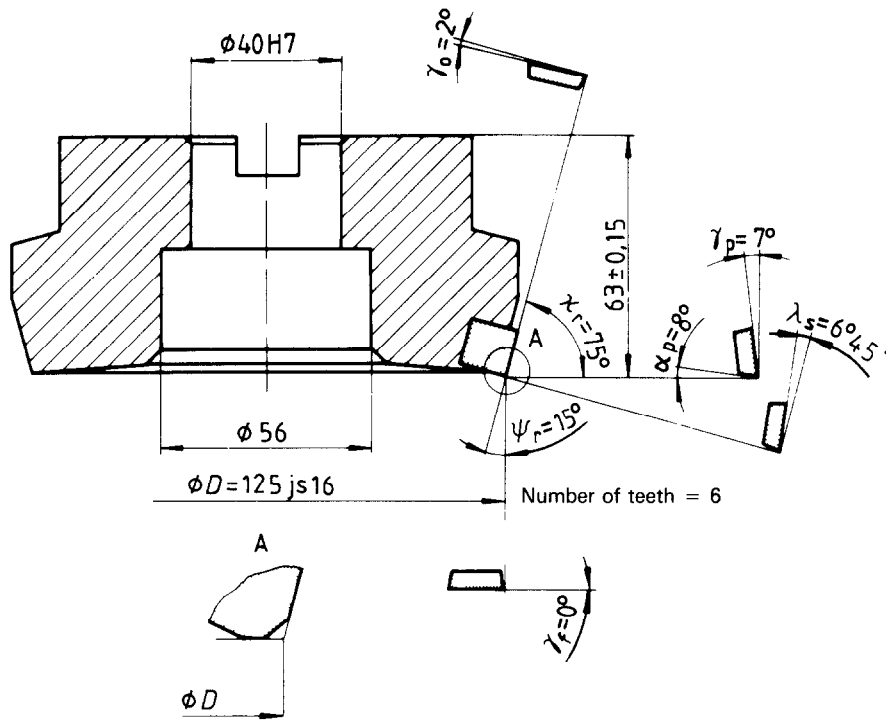


Figure 3 – Face milling cutter with hardmetal indexable inserts  
(see ISO 6462, style B,  $\phi D = 125$  mm)

Dimensions in millimetres

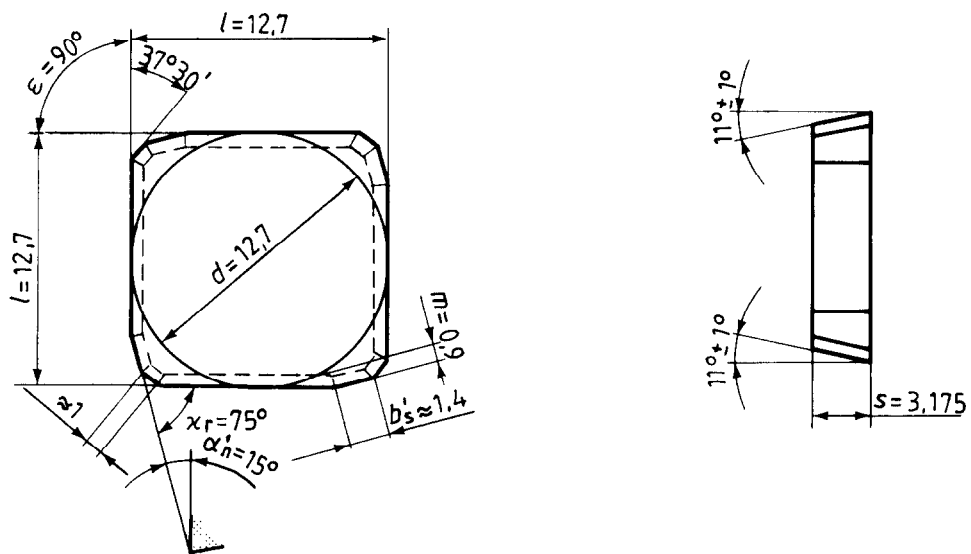


Figure 4 – Square indexable hardmetal inserts  
(see ISO 3365, designation SPAN1203 EDR)



The land, if any, on the tool face associated with the major cutting edge may be parallel to the cutting edge or tapered, i.e. with a width increasing with the distance from the tool corner. If the land is tapered, the maximum width within the active part of the major cutting edge should not exceed 0,2 mm and the amount of taper should be reported. The grinding direction used for producing the land should be reported.

The surface roughness  $R_a$  of the insert surfaces should not exceed 0,25  $\mu\text{m}$  (measured in accordance with ISO 468).

The deviation in flatness of the supporting surface of an insert should not exceed 0,004 mm.

#### 4.4 Tool material

In all cutting tests, in which the tool material is not itself the test variable, the investigation shall be conducted with an appropriate reference tool material to be defined by the testing body.

In principle, testing bodies are free to select the tool materials according to their own interests. However, in order to increase the comparability of results between testing bodies, the use of one of the following reference tool materials is recommended : uncoated hardmetal grade for group of application P25 for milling steel and K10 for milling cast iron in accordance with ISO 513. In addition, the use of hardmetal from a reference stock is recommended in order to cover the need for comparison of results over a sufficiently long period of time. It is recommended that a sufficient stock of tool material be kept.

The provision of a reference tool material of stricter specifications for machining tests should be discussed with the supplier in order to guarantee as much uniformity of the cutting edges as is practical.

Since hardmetal grades for the same ISO group of application vary between producers and to a lesser extent between batches, the performance of newly bought inserts should be calibrated against that of inserts for which the characteristics are known.

If the tool material is the test variable, the material classification and as many characteristics as possible shall be reported.

The presence of any coating or surface treatment shall be reported in detail.

#### 4.5 Mounting of the tool

The cutter used for face milling tests shall be mounted directly in the machine spindle. The cutter and spindle mounting surfaces shall be cleaned and free from all burrs. The cutter shall be securely fastened to the spindle and the runout of the cutter shall be carefully checked at the cutting edges.

The maximum values of runout shall be as follows :

- radial runout : 100  $\mu\text{m}$
- axial runout : 50  $\mu\text{m}$

Between consecutive cutting edges the values of radial runout should not exceed 50  $\mu\text{m}$ . The actual runout for each cutting edge considered should be measured and recorded.

The values of runout specified above can be achieved using standard inserts and cutters mounted on conventional machines. However, since runout of cutting edges may influence the wear of individual edges, especially for testing conditions using the two lower values of recommended feed per tooth (see table 1), efforts should be made to reduce the actual values of runout as much as possible by selective mounting of the inserts in the body.

### 5 Cutting fluid

Normally, tests should be carried out without the application of a cutting fluid. However, if circumstances require the use of a cutting fluid, the fluid used should be clearly specified. This specification should include, for example, the trade-mark or composition of the active elements, the actual concentration, the hardness of the water (when used as a diluent), or the pH value of the solution or emulsion.

In these cases, the flow of cutting fluid should "flood" the active part of the tool. The flow-rate should not be less than 3 l/min or 0,1 l/min for each cubic centimetre per minute of metal removal rate, whichever is the larger. The orifice diameter, the flow-rate and the reservoir temperature should be reported.

### 6 Cutting conditions

#### 6.1 Recommended cutting conditions

The cutting conditions for all tests in which the feed per tooth  $f_z$ , the axial depth of cut  $a_a$  or the radial depth of cut  $a_r$  are not the prime test variables, shall be selected from table 1.

Table 1 — Recommended cutting conditions

Cutting condition		I	II	III	IV
Axial depth of cut $a_a$	mm	2,5	2,5	2,5	4
Radial depth of cut <sup>1)</sup> $a_r$	mm	0,6 $D$ <sup>2)</sup>			
Feed $f_z$	mm/tooth	0,125	0,2	0,315	0,5

1) In this particular case, the depth is equal to the width of the workpiece.

2)  $D$  = diameter of the milling cutter.

The tolerance on the axial depth of cut and the radial depth of cut shall be  $\pm 5\%$ .

## 6.2 Other cutting conditions

In those cases where the indicated feed values are not practical, other values as close as possible to those indicated may be used. In such cases the axial depth of cut should be

$$\text{either } a_a = 2,5 \text{ mm}$$

$$\text{or } a_a = 8f_z$$

whichever is the larger.

In cases where the feed, the depth of cut or the width of workpiece are the test variables, all data shall be clearly specified. It should be noted, however, that the cutting conditions shall be chosen to be compatible with the cutting tool, the machine tool, the clamping device, etc. in order to obtain reliable test data.

It should be noted that feeds of less than 0,1 mm per tooth or greater than 0,8 mm per tooth and depths of cut smaller than 2 mm or greater than 8 mm may result in modes of tool deterioration other than those recommended as criteria in this part of ISO 8688 and should therefore not be used.

## 6.3 Location of the cutter

For face milling tests, the cutter axis should preferably travel along the centre-line of the workpiece. In order to avoid the danger of edge fracture as the insert exits from the workpiece, it is permitted to alter the cutter position in relation to the centre-line of the workpiece in the direction away from the exit edge of the workpiece. If it is desired to locate the axis of the cutter to give a predominantly down-mill condition or a predominantly up-mill condition, the location of the cutter axis with respect to the workpiece centre-line should be recorded. However, it should be recognized that certain conditions of predominantly up-milling may result in adverse insert exit from the workpiece with significant cutting edge fracture and associated short tool life (see clause 1, second condition). The actual location of the cutter relative to the workpiece should be reported (see annex C).

## 6.4 Cutting speed

The cutting speed is the peripheral speed of the cutting tool determined at the nominal diameter (see figure 3). The average cutting speed should be measured with the tool under load at cutting conditions representative of the test conditions to take account of any losses resulting from the cutting action.

It is suggested that the desired cutting speed be established from a preliminary test (see 9.2). An appropriate cutting speed can be found in machining data handbooks. For the reference workpiece materials and the reference cutting tool this speed will be approximately 180 m/min.

A relatively small change in cutting speed will significantly affect tool life, e.g. a change of  $\pm 10\%$  may result in an approximate doubling or halving of tool life.

## 7 Tool deterioration and tool-life criteria

### 7.1 Introduction

In practical workshop situations the time at which a tool ceases to produce workpieces of the desired size or surface quality usually determines the end of useful tool life. The period up to the instant when the tool is incapable of further cutting may also be considered as the useful tool life. However, the reasons for which tools may be considered to have reached the end of their useful tool life will be different in each case depending on the cutting conditions, etc.

To increase reliability and comparability of test results it is essential that tool life be defined as the total cutting time of the tool to reach a specified value of tool-life criterion.

In order to produce test values which are reliable and comparable with test values produced from a variety of sources, it is necessary to identify and classify tool deterioration phenomena in accordance with 7.3 and to recommend those, together with their limiting values, which should be used to determine the end of useful tool life in accordance with 7.4.

Depending on where the deterioration occurs at the cutting edges, different values can be accepted.

This part of ISO 8688 recommends that tool deterioration in the form of wear be used for determining tool life. Since other modes of tool deterioration may determine the end of useful tool life, the definitions given in 7.2 take into account cracks, chipping and deformation.

Each type of deterioration will progress or occur in a variety of ways depending on the cutting conditions. To aid both test reporting and the interpretation of test reports, a coded classification system is recommended to give a detailed description of the form of deterioration (see 7.3).

Many types of tool deterioration phenomena are listed in this clause and in table 2. Some of them may occur only occasionally under the testing conditions recommended in this part of ISO 8688.

### 7.2 Definitions

For the purposes of this part of ISO 8688, the following definitions apply.

**7.2.1 tool deterioration :** All changes in a cutting part of a tool caused by the cutting process.

Three major classes of tool deterioration are distinguished, i.e. tool wear, brittle fracture and plastic deformation.

**7.2.1.1 tool wear** : Change in shape of the cutting part of a tool from its original shape, resulting from the progressive loss of tool material during cutting.

**7.2.1.2 brittle fracture** : Occurrence of cracks in the cutting part of a tool followed by the loss of small fragments of tool material, resulting from crack initiation during cutting.

**7.2.1.3 plastic deformation** : Distortion of the cutting part of a tool from its original shape without initial loss of the tool material during cutting (see 7.3.7).

**7.2.2 tool deterioration measure** : Quantity used to express the magnitude of a certain aspect of tool deterioration by a numerical value.

*Examples :*

- The width of a uniform flank wear land VB 1 (see 7.3.2.1).
- The number of comb cracks CR 1 (see 7.3.5.1 and 7.5.4).

**7.2.3 tool-life criterion** : Predetermined value of a specified tool deterioration measure or the occurrence of a specified phenomenon.

*Examples :*

- The width of a uniform flank wear land VB 1 = 0,35 mm (see 7.4.1).
- Cracking becomes visible.

**7.2.4 tool life  $T_c$**  : Total cutting time of the tool required to reach a specified tool-life criterion.

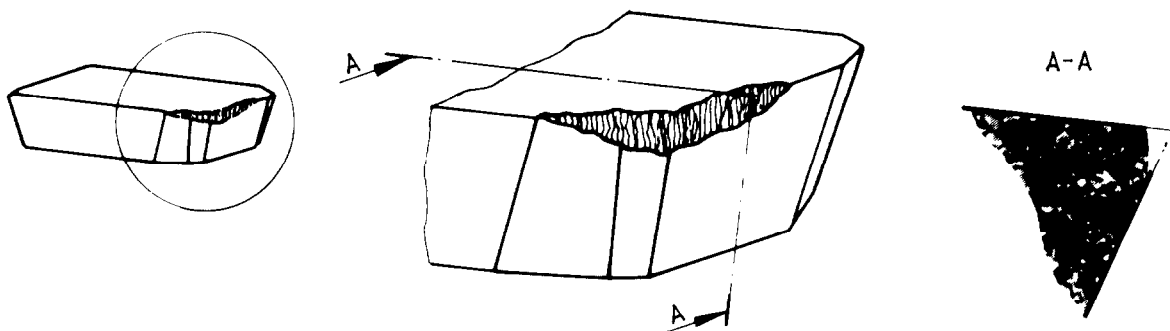
### 7.3 Tool deterioration phenomena

#### 7.3.1 Coding system for tool deterioration and tool wear

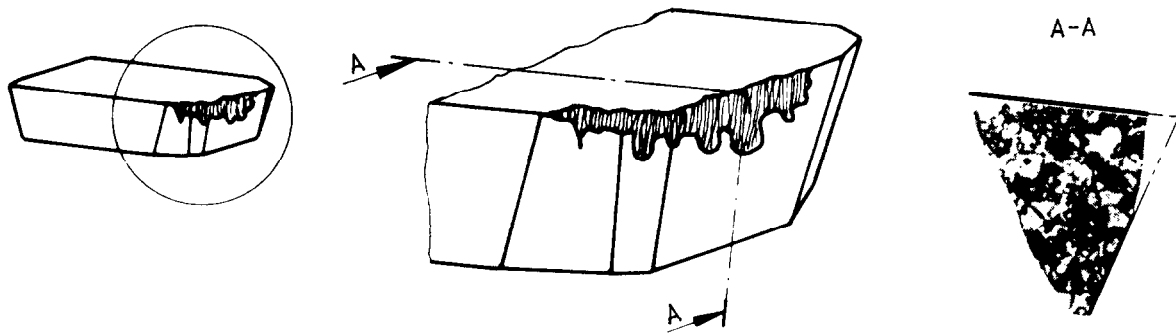
In practice, different types of deterioration will occur together during machining. It is desirable, therefore, to be able to give information concerning deterioration in a meaningful manner. Table 2 gives recommendations for and illustrations of a coding system to describe deterioration phenomena observed at each stage of measurement during testing, thus reducing the risk of misinterpretation of lengthy written descriptions and minimizing the number of illustrations required in a test report.

**7.3.2 flank wear (VB)** : Loss of tool material from the tool flanks during cutting which results in the progressive development of a flank wear land.

**7.3.2.1 uniform flank wear (VB 1)** : Wear land which is normally of constant width and extends over those portions of the tool flanks adjoining the entire length of the active cutting edge.



**7.3.2.2 non-uniform flank wear (VB 2) :** Wear land which has an irregular width and for which the profile generated by the intersection of the wear land and the original flank varies at each position of measurement.

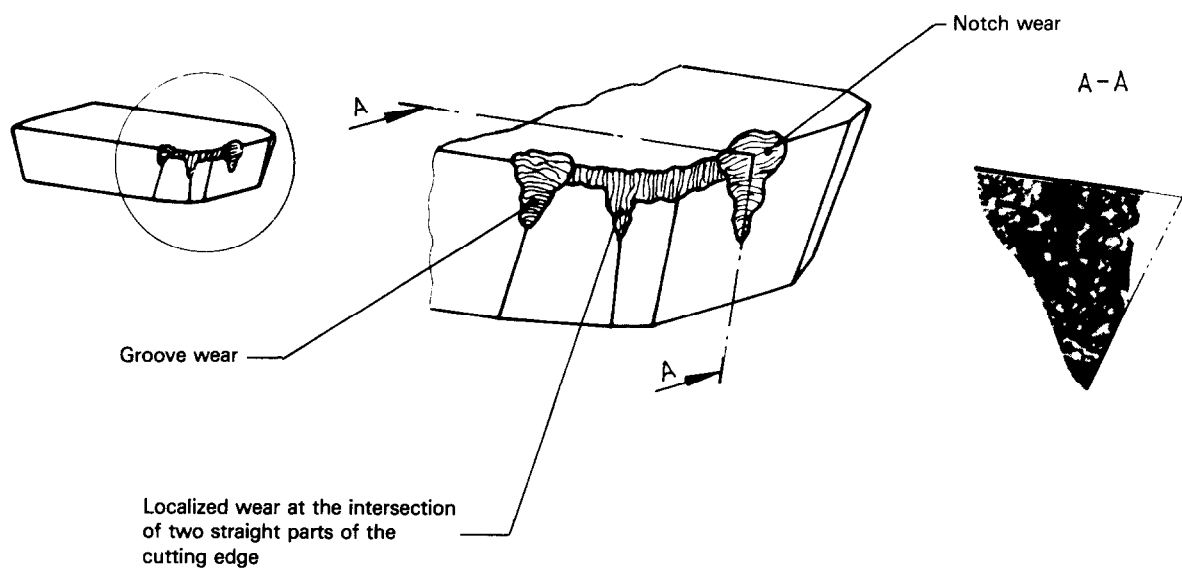


**7.3.2.3 localized flank wear (VB 3) :** Exaggerated form of flank wear which develops at localized points on the flanks (see figure 5, points  $P_1$  to  $P_2$  and  $P_f$  or zone  $A_1$ ).

One special form of this type of flank wear is **notch wear** which develops on that part of the major flank adjacent to the work surface during cutting.

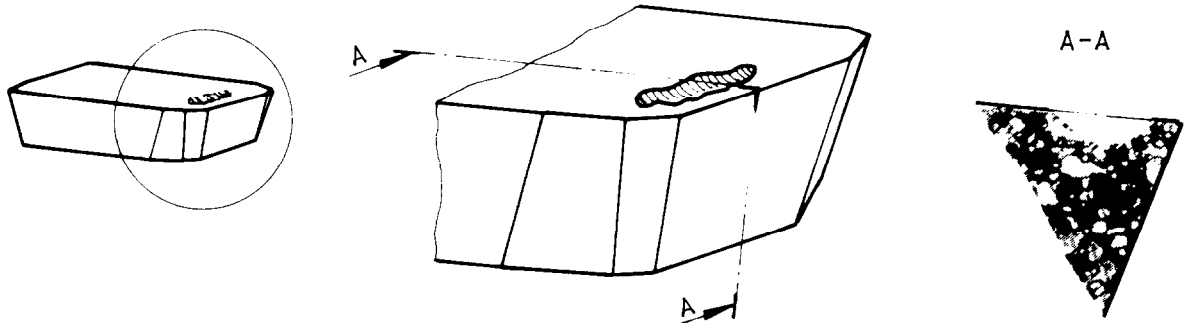
Another special form of this type of flank wear is **groove wear** which develops on that part of the minor flank adjacent to the machined surface during cutting.

A third special form of localized flank wear occurs sometimes at the point of intersection of two straight parts of the cutting edge.

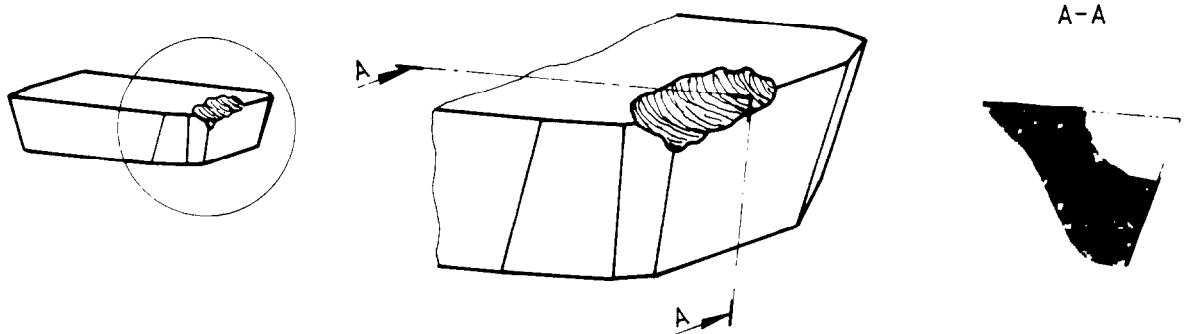


**7.3.3 face wear (KT) :** Gradual loss of tool material from the tool face during cutting.

**7.3.3.1 crater wear (KT 1) :** Progressive development of a crater oriented approximately parallel to the major cutting edge and with a maximum depth some distance away from the major cutting edge. Under certain circumstances the crater may break off from the tool face to intersect the tool major flanks.

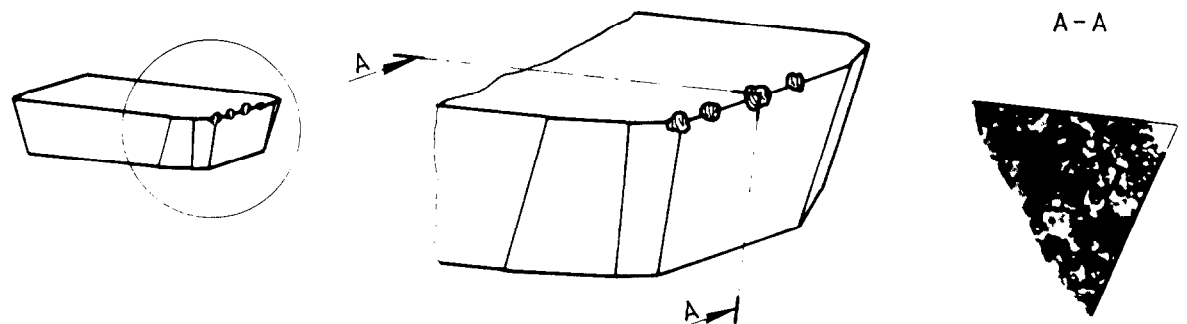


**7.3.3.2 stair-formed face wear (KT 2) :** Form of a face wear in which the maximum depth of the wear scar, measured perpendicular to the tool face, occurs at the intersection of the wear scar with the tool major flank.

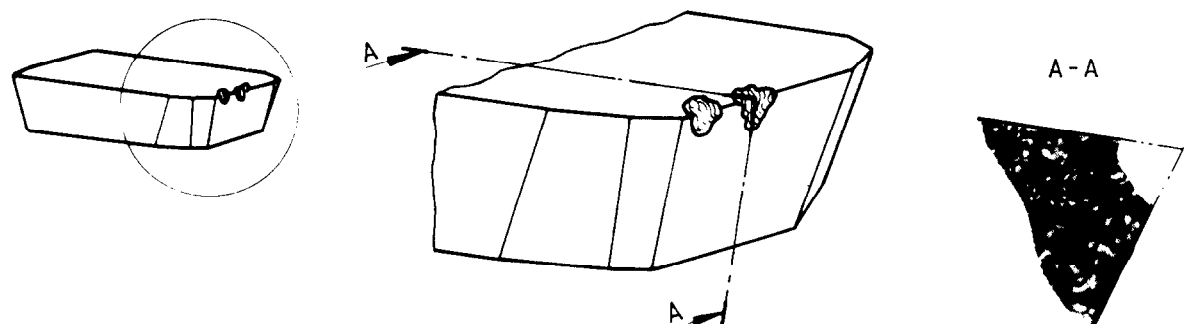


**7.3.4 Chipping (CH)**

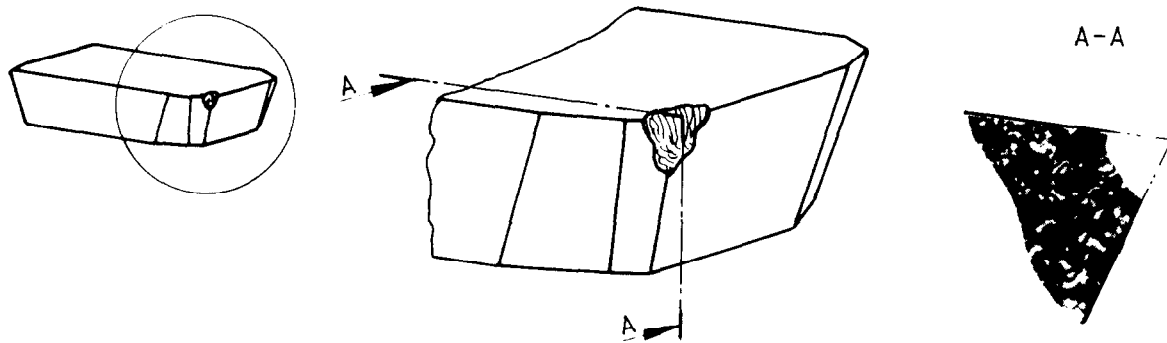
**7.3.4.1 uniform chipping (CH 1) :** Loss of tool fragments of approximately equal size along the cutting edges, which significantly influences the uniformity of the width of the flank wear land.



**7.3.4.2 non-uniform chipping (CH 2) :** Chipping which occurs mostly in connection with cracks at a small number of positions along the active cutting edges but with no consistency from one cutting edge to another.



**7.3.4.3 localized chipping (CH 3) :** Chipping which occurs consistently at certain positions along the active cutting edge (or in zone  $A_0$  in figure 5).

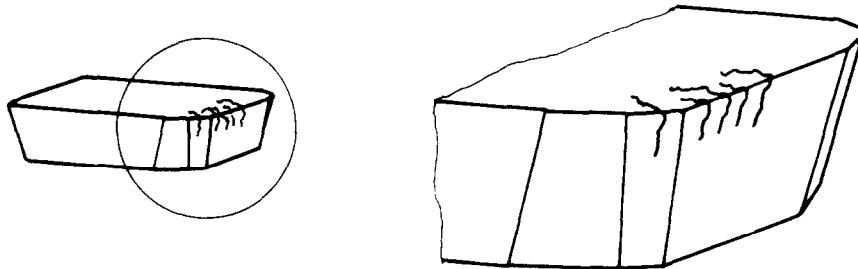


**7.3.4.4 chipping of the non-active part of the major cutting edge (CH 4) :** Chipping, which occurs outside the active part of the cutting edge, due to chip hammering.

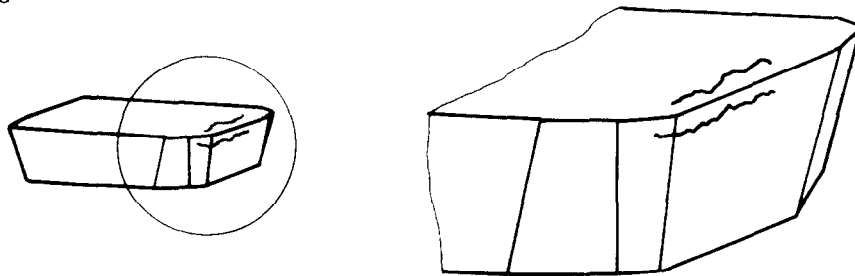
**7.3.4.5 brittle edge failure :** Disappearance of the major part of the active cutting edge which makes it impossible to continue cutting.

**7.3.5 cracks (CR) :** Fracture of the cutting tool material which does not immediately cause loss of tool material.

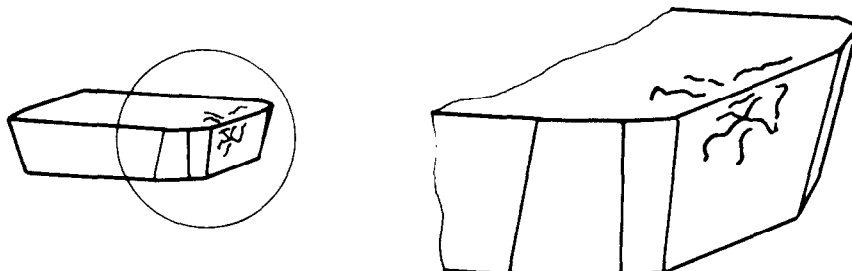
**7.3.5.1 comb cracks (CR 1) :** Cracks which appear on both the tool face and the tool flank and are oriented approximately perpendicular to the major cutting edge.



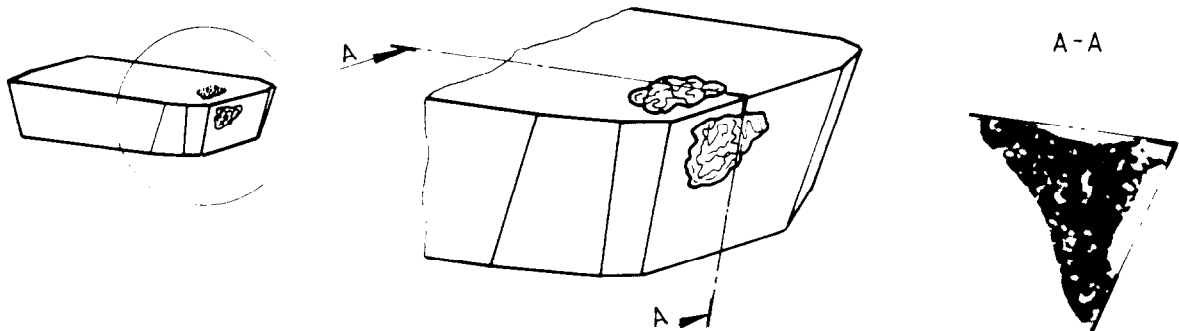
**7.3.5.2 parallel cracks (CR 2) :** Cracks which appear on the tool face or the tool flank and which are oriented approximately parallel to the major cutting edge.



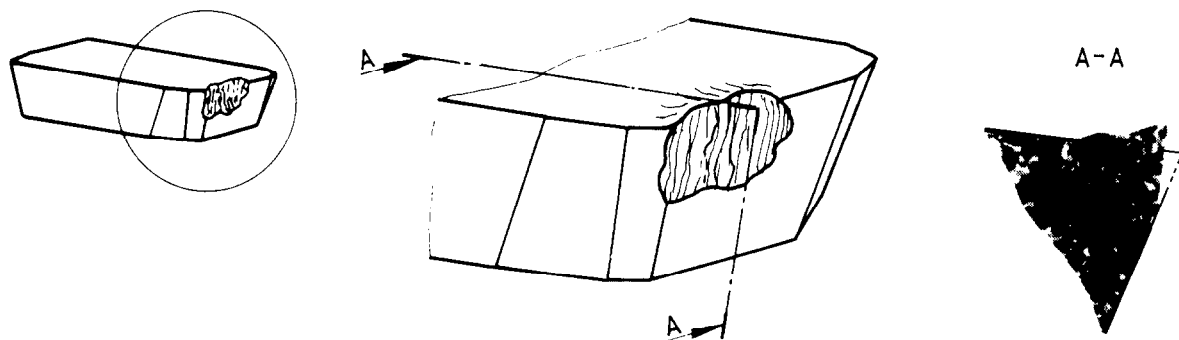
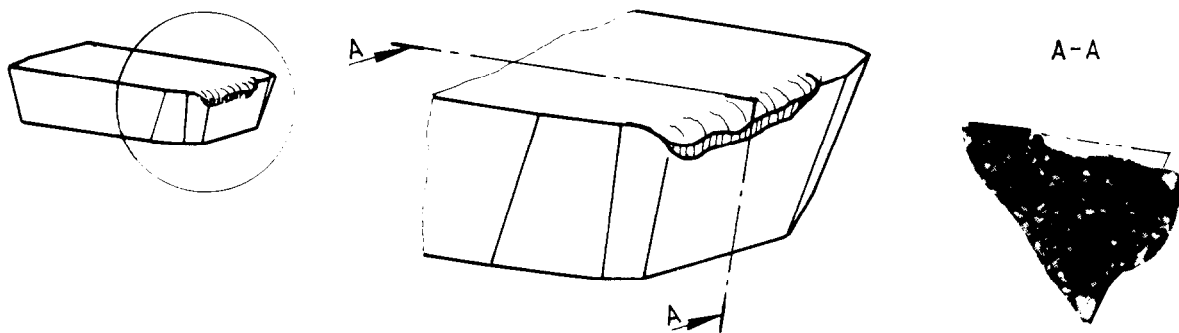
**7.3.5.3 irregular cracks (CR 3) :** Cracks which sometimes appear on the tool face and on the tool flank and which are irregularly oriented.



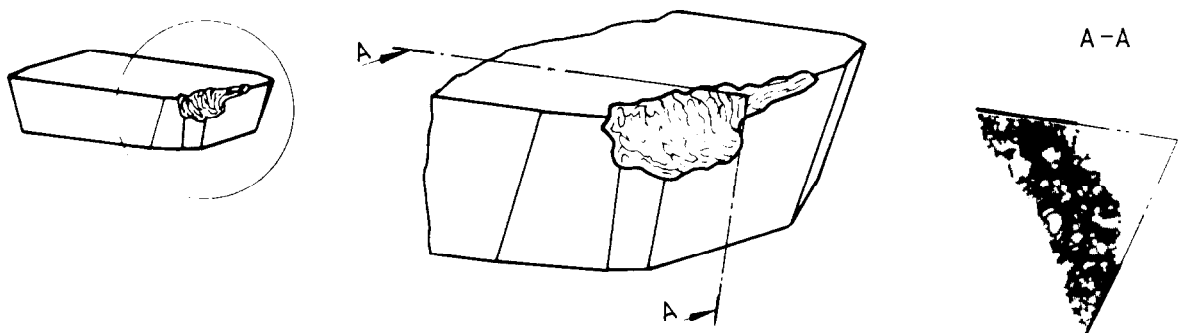
**7.3.6 flaking (FL)** : Loss of tool fragments in the form of flakes from the tool surfaces. This phenomenon is most frequently observed when coated tool inserts are used but may also be observed with other tool materials.



**7.3.7 plastic deformation (PD)** : Distortion of the cutting part of a tool from its original shape without initial loss of tool material.



**7.3.8 catastrophic failure (CF)** : Rapid deterioration to complete failure of the cutting part.



## 7.4 Tool deterioration phenomena used as tool-life criteria

In order to be able to determine tool life and to compare the influence of different test parameters it is necessary to select one defined type of deterioration of the cutting part as a criterion (see table 2).

The tool-life criterion can be a predetermined numerical value of any type of tool deterioration which can be measured. Where more than one form of deterioration becomes measurable, each should be recorded and when any one of the deterioration phenomena limits has been attained, the end of tool life has been reached.

The type of deterioration that is believed to contribute most to the end of useful tool life in a specific series of tests shall be used as a guide to the selection of one of the tool-life criteria specified. The type and value of the criterion used shall be reported.

### 7.4.1 Recommended tool-life criteria

Tool-life criteria which can be defined as a predetermined numerical value of specific types of tool wear are recommended.

A certain width of the flank wear land (VB) is the most commonly used criterion.

A certain depth of the crater on the tool face (KT 1) or the height of the stair step (KT 2) is sometimes used as a criterion.

The numerical value of tool deterioration used to determine tool life governs the quantity of testing material required and costs of testing. If the limiting value is too high, the cost of establishing results may exceed the worth of these results. If the limiting value is too low, the established result may be unreliable since it may be determined during the initial stages of deterioration development under the test conditions. To satisfy the testing requirements for the majority of users of conventional steels and cast irons a set of three limiting values for each deterioration criterion is specified (see table 2).

The numerical values for the various tool deterioration measurements indicated under the heading "Tool-life criteria" are to be used as follows :

- Normal (N) : The values under this heading apply to the cutting conditions indicated in clause 6 on work materials similar to the reference work materials specified in annex A and with tool characteristics similar to those indicated in clause 4. The values selected are a reasonable compromise between reliability, costs of testing and normal deterioration intensity. Normally one of the numerical values will be reached before total destruction of the cutting parts occurs.
- Large (L) : The values under this heading give more information about the capability of a tool under certain conditions of testing. The use of these values is especially recommended in cases where the full potentials of the cutting parts and the cause of final destruction are to be assessed and where costs of higher material consumption are not prohibitive.

- Small (S) : The values under this heading give less information about the capability of a tool under the conditions of testing. The use of these minimum values is allowed only in cases where the costs of material consumption are very high as may be the case with very wear-resistant cutting tools or very expensive work materials. The adoption of values smaller than the smallest values specified in this part of ISO 8688 is not recommended.

### 7.4.2 Other tool-life criteria

In cases where none of the recommended criteria applies, it may be possible to obtain meaningful data by using one of the following criteria.

- Chipping (CH, in the moderate form A or B, see table 2) is a criterion which may be used.
- Cracking (CR) is a common phenomenon and may sometimes be used as a criterion.
- Chipping (CH) in the heaviest form (see table 2), flaking (FL), plastic deformation (PD) and catastrophic failure (CF) are forms which exceptionally could be used as criteria.

For complete reporting, especially when edge failure or some other form of deterioration renders the tool useless for cutting, it is recommended that complete details of the deterioration are recorded in the data sheet (see annex C) according to the descriptions, codes and values contained in table 2 and the positions along the cutting edges represented in figure 5.

## 7.5 Assessment of tool deterioration

Measurement of tool wear and brittle deterioration using appropriate equipment (see 8.2 and 9.3.7) at intervals determined by the test plan (see 9.2) should be recorded on the data sheets and plotted on diagrams (see 10.4 and annex C).

When there is evidence of built-up-edge (BUE), built-up-layer (BUL), or other debris of work material on the surface of the cutting tool, such observations should be reported since accurate measurement of the deterioration phenomena may be impeded by such deposits. Although mechanical techniques for the removal of deposits from tool surfaces are not recommended, it may be permitted to remove BUE or BUL using a soft material such as a "thumb nail", piece of plastic or wood, with a minimal risk of damaging the tool. Chemical etching may be used only when the cutting tool material is very different from the work material. If deposit removal is undertaken, the method used shall be reported in detail.

### 7.5.1 Measurement of flank wear (VB)

Flank wear measurement is carried out parallel to the surface of the wear land and in a direction perpendicular to the original cutting edge, e.g. the distance from the original cutting edge to that limit of the wear land which intersects the original flank. Although the flank wear land on a significant portion of the major flank may be of uniform size, there will be variations in its value at other portions of major and minor flanks depending on the tool profile and edge chipping (see 7.3). Values of flank



wear measurements shall therefore be related to the area or position (see figure 5) along the cutting edges at which the measurement is made (see 7.2 and 7.3).

**7.5.2 Measurement of face wear (KT)**

Face wear KT 1 is evaluated by the crater depth which is measured from the original face of the tool in a direction perpendicular to the original face. Since the depth of the crater will vary along its length, the position of the depth measurement in relation to the original cutting edge should be recorded together with the position of the section considered for measurement in relation to some reference point on the tool faces (see 7.2 and 7.3). Normally the section is taken at a position corresponding to the mid-depth of cut and perpendicular to the major cutting edge.

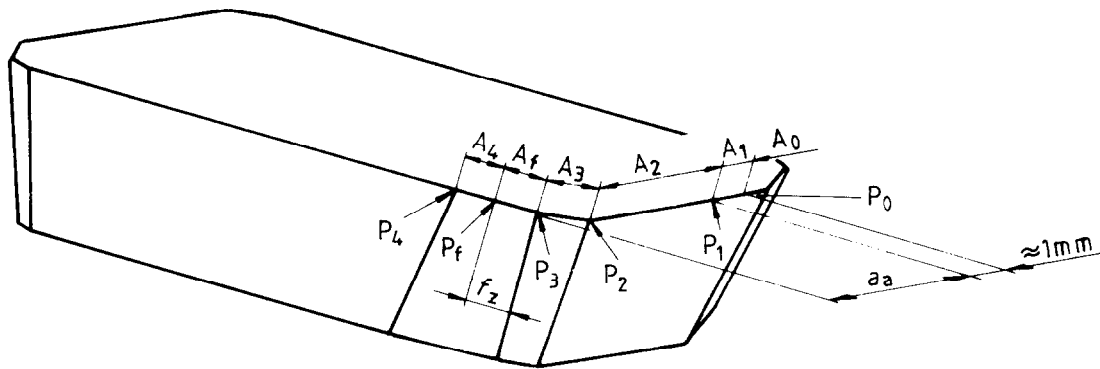
Face wear KT 2 is measured as the distance between the worn edge and the original cutting edge (see 7.2 and 7.3).

**7.5.3 Assessment of chipping (CH)**

Chipping should be measured both on the flank and on the face parallel and perpendicular to the original cutting edge. The zone in which chipping occurs should be indicated in accordance with the coding system given in figure 5.

**7.5.4 Assessment of cracks (CR)**

Cracking is evaluated by counting the cracks (observed at a magnification of 8X) and by measuring the minimum distance between two consecutive cracks. The position of the cracks should be reported using the coding system given in figure 5.



This coding system includes

- code A, which refers to areas;
- code P, which refers to points;
- indexes, which refer to positions.

These codes and indexes shall be used in the data sheet, see the example in annex C.

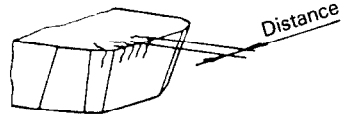
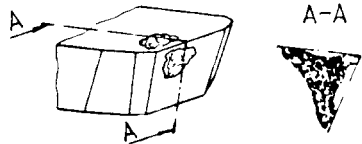
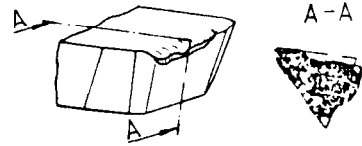
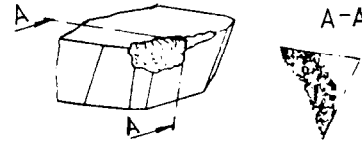
**Figure 5 — Deterioration position coding system**

Table 2 – Coding system

Code	Description of tool deterioration						
	Tool deterioration phenomena	Criteria, mm			Illustration		
S		N	L				
VB	<b>Flank wear</b>						
	1	Uniform	0,2	0,35	0,5		
	2	Non-uniform	0,9	1,2	1,5		
3	Localized	0,8	1	1,2			
KT	<b>Face wear</b>						
	1	Crater wear :	Depth	0,05	0,1	0,15	
			Width*	.....	.....	.....	
			Distance*	.....	.....	.....	
2	Stair forms :	Depth	0,25	0,3	0,35		
Depth/width*	.....	.....	.....				
CH	<b>Chipping (breakage)</b>						
	1	Uniform	For y or z with corresponding length values				
	2	Non-uniform					
	3	Localized					
		Length, mm					
	A	Micro-chipping	< 0,3	0,2	0,25		0,3
B	Macro-chipping	0,3 to 1	0,25	0,4	0,5		
C	Breakage	> 1	—	—	—		

\* To be recorded.

Table 2 (concluded)

Code	Description of tool deterioration	Criteria, mm			Illustration
		S	N	L	
Basic form Distribution Subdivision	Tool deterioration phenomena				
CR 1 2 3	<b>Cracks</b> Cracks perpendicular to the edge Cracks parallel to the edge Irregular direction	The number of the largest cracks and the mean distance between them shall be recorded			
FL	<b>Flaking</b>	Could be used as criteria in exceptional cases			
PD	<b>Plastic deformation</b>				
CF	<b>Catastrophic failure</b>				

## 8 Equipment

### 8.1 Machine tool

The milling machine on which the tests are to be conducted shall have sufficient power and physical capacity, be of stable design and be in such condition that abnormal vibrations or deflections are not observed during the test. Cutting conditions which cause chatter should not be used. However, if chatter does occur it may be reduced significantly or eliminated by a small change in cutting speed without varying other cutting parameters.

The required spindle power and spindle torque for recommended cutting conditions are given in table 3.

The accuracy of the milling machine shall be in accordance with ISO 1701.

The feed speed under load shall be constant.

The traverse required for a test should not exceed 0,75 times the limit of motion of the axis.

Table 3 — Required spindle power and spindle torque for the standardized test conditions

Cutting condition		I	II	III	IV
Axial depth of cut $a_a$	mm	2,5	2,5	2,5	4
Radial depth of cut $a_r$ (equal to the width of cut)	mm	75	75	75	75
Feed $f_z$	mm/tooth	0,125	0,2	0,315	0,5
Minimum spindle power <sup>1)</sup> (at a cutting speed of 180 m/min)	Steel	5	7	9	14
	Cast iron	3	4	6	8
Minimum spindle torque <sup>1)</sup>	Steel	100	130	200	300
	Cast iron	60	80	110	160

1) The values given for spindle power and spindle torque are rounded-off values.

NOTE — It is necessary to consider the actual efficiency in order to calculate the minimum motor power. Any deviation from the recommended testing conditions, for example the use of negative rake tool geometry, may result in torque and power requirements which are higher than those quoted in table 3.

## 8.2 Other equipment

Table 4 lists equipment which is necessary and recommended for carrying out the tests specified in this part of ISO 8688.

**Table 4 – Equipment necessary for measurements in the face milling tests**

Clause	Minimum equipment	Recommended equipment
<b>3 Workpiece</b> Dimensions Hardness	Graduated rule Hardness tester	Sliding calliper Hardness tester
<b>4 Cutter</b> Dimensions Roughness Defects Runout	Sliding calliper Roughness standard Magnifier, having a minimum magnification of 8X Dial indicator	Micrometer, 0-25 Surface tester Toolmaker's microscope Dial indicator, graduated to 0,001 mm
<b>5 Cutting fluid</b> Concentration Flow (pH value) (Temperature)	Graduated vessel and stop-watch	Refractometer Graduated vessel and stop-watch pH meter Thermometer
<b>6 Cutting conditions</b> Feed speed Spindle speed	Stop-watch Tachometer	Stop-watch Tachometer
<b>7 Tool deterioration</b> Flank wear, face wear, chipping, cracks, flaking and plastic deformation	Toolmakers' microscope, dial indicator, with a contact point 0,2 mm in diameter	Toolmakers' microscope, profile recorder
<b>10 Evaluation of results</b>		Programmable calculator

## 9 Procedure

### 9.1 Purpose

The main purpose of the test may be the comparison (or ranking) or work materials, tool materials, tool geometries or cutting fluids. Other purposes may include the establishment of data useful for making cutting condition recommendations, the study of machining characteristics such as forces exerted on the tool, machined surface characteristics or chip form. However, for these purposes certain recommendations given in this part of ISO 8688 may have to be modified to suit the specific requirements or aims of the test. Such modifications shall be reported.

### 9.2 Planning

Planning of the test programme should take into consideration which of the following types of tests should be used to achieve the purpose of the test.

- Type A : One single test point for a particular combination of test variables.

This type of test is intended for the determination of, for example, differences between two or more batches of work materials, groups of tools, etc. (see 10.3.1).

- Type B : One  $vT$  curve, with the cutting speed as a variable for a particular combination of other cutting variables (see 10.3.2).

- Type C : Tool life as a function of cutting speed and feed (see 10.3.3).

- Type D : Tool life as a function of cutting speed, feed and some other variable (see 10.3.3).

- Type E : Machining characteristics such as cutting forces, machined surface and chip formation.

When planning the tests outlined above, the likely scatter in test results and the need for a minimum number of tests, which may be determined from previous experience or from statistical considerations (see clause 10), should be considered.

Care should be exercised when assessing the material quantity requirements for completing the entire test programme (see table 5). Guidance in the selection of the cutting speed range, the feed values and the desirable time intervals between successive assessments of the amount of tool deterioration, taking into account the expected progression of tool deterioration, may be obtained from preliminary tests.

The information obtained can be used to determine material quantity requirements and the total duration of the test programme.

**Table 5 — Approximate mass of material removed for each single test run using the recommended criteria under the recommended test conditions**

Cutting condition		I	II	III	IV	
Axial depth of cut $a_a$	mm	2,5	2,5	2,5	4	
Radial depth of cut $a_r$	mm	75	75	75	75	
Feed $f_z$	mm/tooth	0,125	0,2	0,315	0,5	
Approximate mass of material removed (to achieve recommended tool-life criterion)		kg/test run	10	15	25	55

### 9.3 Preparation of material, tools and equipment

Prior to the commencement of any single experiment constituting part of a test programme the following preparatory steps should be taken.

#### 9.3.1 Workpiece

All types of surface scale should be machined away. Individual specimens of appropriate size should be cut from the bars or billets and clearly stamped to identify the parent bar or billet, and the position and orientation within that bar or billet originally occupied by the specimen.

Visual inspection and hardness tests should be carried out on each test piece and details recorded before commencing the cutting test (see 3.1). Where a specimen has been used previously, the machined surface generated under the test conditions may have to be considered as "scale" and removed by clean-up cuts with fresh inserts before a new experiment is started.

#### 9.3.2 Hardmetal inserts

Each cutting edge should be examined for defects such as cracking and chipping prior to testing using a minimum magnification of 8 X. Defective cutting edges should not be used.

#### 9.3.3 Cutter body

The insert locations in the cutter body should be marked, checked for damaged seats, shims and wedges, and any replacements should be mounted in accordance with the tool manufacturer's recommendations (see annex B for setting instructions).

#### 9.3.4 Insert setting, indexing and replacement

Each insert should be mounted according to the tool manufacturer's instructions. In the absence of such instructions the general principles outlined in annex B should be referred to. The position of consecutive cutting edges should be measured in the axial and radial directions (see 4.5). The values shall be recorded for each insert location (see annex B).

Inserts should be covered and protected until the face mill is mounted in the machine spindle.

#### 9.3.5 Face mill with inserts

The machine spindle and face mill should be cleaned immediately prior to mounting the tool in the spindle. The axial

and radial runout of each insert should be measured on the cutter mounted in the spindle, using an indicator graduated to 1  $\mu$ m with a flat anvil, and the values recorded for each insert location. Recommended limiting values of these runout amounts are given in 4.5.

#### 9.3.6 Machine tool

Since spindle speeds and feed speeds quoted on machine tools may be nominal values, the actual spindle speeds and feed speeds should be measured and recorded under load conditions which are representative of the test conditions. Before any testing is commenced, the machine tool should be warmed up by running the spindle for a minimum period of 30 min at a speed of 0,7 times the maximum available spindle speed or at the speed to be used in the test. At 5 min intervals during this period the feed motion should be engaged to cause an axis movement at least equal to that required for the test, in the region to be used for testing, and the axis then returned at rapid traverse.

Clamping devices should be checked to ensure the best possible workpiece stability.

#### 9.3.7 Equipment for assessment of tool deterioration

The availability and quality of suitable equipment for measuring tool deterioration phenomena of the inserts both in the tool body (but removed from the machine if necessary) and removed from the tool body should be established (see 8.2). This information should be recorded on suitable data sheets (see annex C).

#### 9.3.8 Personnel

Machine operators and other persons involved in the test programme should be adequately instructed as to the purposes of the tests and the test procedure.

### 9.4 Test techniques

Complete information concerning the tests should be recorded on suitable test data sheets (see annex C).

Before starting the actual tests, a check should be made to ensure that the cutting conditions have been chosen to be compatible with the cutting tools, the tool holder, the machine tool, the clamping device, etc., and that the estimated tool life will be obtained.

In certain cases, visual checks on inserts prior to machining may not identify defects in the inserts. In addition, the choice of the initial cutting conditions may be unsuitable. These factors taken separately or jointly may result in a form of premature

failure of one or more inserts during the first few seconds of the machining time and this failure may become apparent by a change in chip formation, the start of a vibration or a change in surface finish. When there is doubt concerning the adequate performance of a tool, the test should be interrupted to permit inspection of the inserts. If one insert has failed during the first few seconds of the machining time, the failure should be recorded, the insert should be replaced, maintaining the cutting edge positional accuracy (see 4.5), and the test continued. However, if several inserts have failed, the entire set should be replaced and a new test started under different cutting conditions which are more likely to give wear characteristics of all inserts comparable with practical industrial applications.

Tool or spindle overhang should be kept to a minimum.

Successive passes should always be made in the same feed direction and the tool should be returned to the starting point for a pass, ensuring that there is no possible contact between the inserts and the workpiece during the return motion.

The length of the pass is considered to be equal to the length of the workpiece or, if this is not relevant, the cut length corresponding to the feeding distance with the tool in full engagement with the workpiece.

Special attention shall be paid to the position of the spindle centre-line (see 6.3).

Prior to commencing a new test run, the workpiece shall be "cleaned up" using fresh inserts (see 9.3.1).

## 9.5 Measurements and recording of tool deterioration

At time intervals determined by the test plan all inserts should be examined. Measurements of tool deterioration should be carried out and the observations recorded on the data sheets together with details of any deterioration (see annex C).

These measurements should be made with the tool mounted in the machine at various positions along the cutting edges and on the face (see 7.1 and 7.2). The measurements should be made on each insert and related to both the insert position in the tool body and the appropriate corner of the insert.

The appropriate tool deterioration measurement values should be treated in accordance with clause 10.

## 10 Evaluation of results

### 10.1 General considerations

The evaluation of tool deterioration observations from face milling with multitoothed cutters should be undertaken using the following guidelines.

- The aim of the test shall be established in accordance with clause 0 or 9.1.
- The test results should be obtained from a properly planned test programme (see 9.2).
- The principles for test techniques should be applied (see 9.4).

### 10.2 Treatment of test values

The individual edges mounted in the same cutter body and used in a given test run do not act independently of one another. Consequently, the test values from measurements or other observations of tool deterioration of the individual edges on identical inserts shall be considered together to be the result of a specified test run with one tool.

Because of the non-independent action of individual edges, comparative testing of inserts of different geometry or quality mounted together in the same cutter may be completely misleading and should not be attempted.

In tests where a specific type of deterioration is expected and measured or studied (see 7.3 to 7.5) any early or sudden occurrence of an unexpected deterioration phenomenon should normally require replacement of the actual insert. The new edge shall not be taken into consideration in the calculation of the results of the test run.

Any unexpected deterioration phenomenon shall be carefully observed and recorded. The reasons shall be investigated (see 9.4).

If several inserts fail as described above the entire test shall be neglected in the evaluation. In the case of repeated failure, a change of the test conditions shall be considered.

### 10.3 Number of test runs

Regardless of the purpose of the test or the type of test undertaken (see 9.1 and 9.2) the accuracy of the results which can be achieved or might be desired is always a function of the number of test runs.

The desired accuracy of the test results shall be balanced against the limitations given by the consumption of material, tools, time and money (see 6.4 and 7.5).

For the study of machining characteristics such as chip formation, surface characteristics, etc. (test type E, see 9.2), one test run of limited size for each test condition will normally be sufficient.

When comparing cutting tool materials, cutting fluids, etc. (see 9.1), experienced personnel may be able to establish with sufficient accuracy the significance of differences in the test results from a very small number of test runs.

For test procedures the purpose of which is to determine the tool life, edge deterioration phenomena are measured (see 7.4.1 and 7.5). In these cases a number of test runs for each cutting condition is recommended to give an acceptable accuracy from a practical point of view and from the basis of experience and statistical considerations.

These minimum numbers quoted assume the use of statistical techniques for the evaluation of the test results (see 10.5).

Since the accuracy of the test results determined by statistical analysis depends on both the number of test runs and the number of variables examined in the test plan, it is recommended that the number of test runs be four times the number of test variables. However, in order to reduce costs, the minimum

number of test runs specified for test types B, C and D below can be accepted.

**10.3.1 Test type A**

For test type A (see 9.2) a minimum of three repeated test runs is needed. However, if the differences between batches of materials, groups of tools, etc. are small, the use of the statistical methods given in annex D will show that more test runs may be needed in order to determine whether the results are significant.

**10.3.2 Test type B**

To plot the tool life (see clause 7) as a function of the cutting speed ( $vT$  diagram) it is necessary to have at least five data points corresponding to five cutting speed values (see figure 6).

Starting with a cutting speed giving a tool life of not less than 5 min, the cutting speed should be decreased for each data point, if possible using a constant ratio such that the maximum tool life during testing is not less than 25 min.

A tool life of less than 5 min will be unreliable. However, a tool life in excess of 25 min may be costly in terms of material and time.

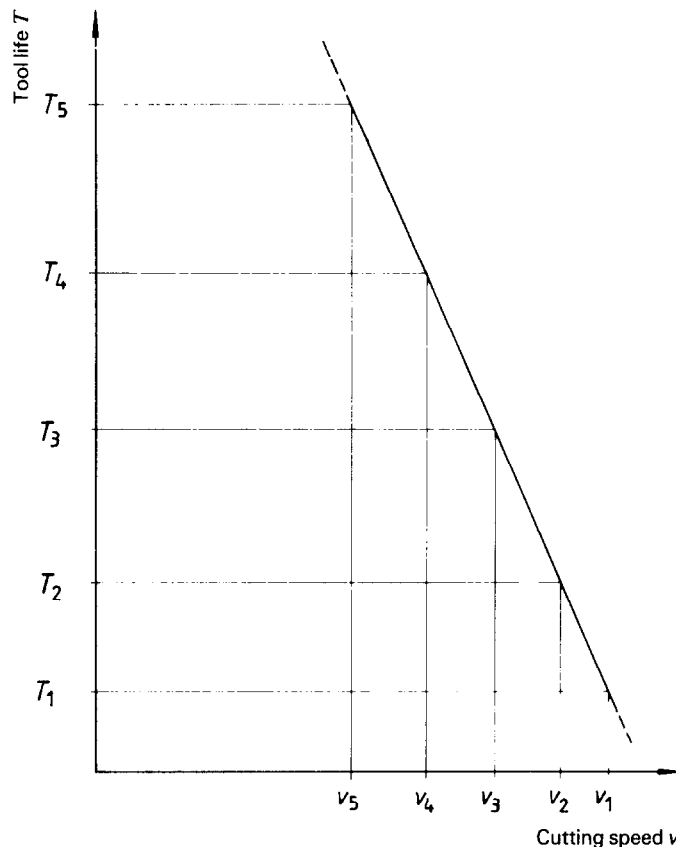
The actual cutting speeds used depend on the speeds available on the machine tool and the requirement for stable cutting, and they should be reported.

Two or more types of deterioration may occur in the same test. If it is not clear which type of deterioration will dominate, it is possible to use two (or even more) criteria (I and II in figure 7). This can be carried out in two different ways as follows.

- a) Determination of the tool life for criterion I for all tests in a specific series and subsequent determination of the tool life for criterion II, also for all tests in the series.

When tool life is plotted for both criteria as a function of a variable (e.g. the cutting speed) then two different curves will be obtained (see the example given in figure 7).

- b) Combined criteria are adopted and, in this case, the tool life will be considered to be ended when either criterion I or criterion II is reached. When tool life is plotted as a function of a variable (e.g. the cutting speed) this will usually result in a "broken" curve (see the example given in figure 7).



**Figure 6 — Example of a  $vT$  curve (logarithmic scales)**

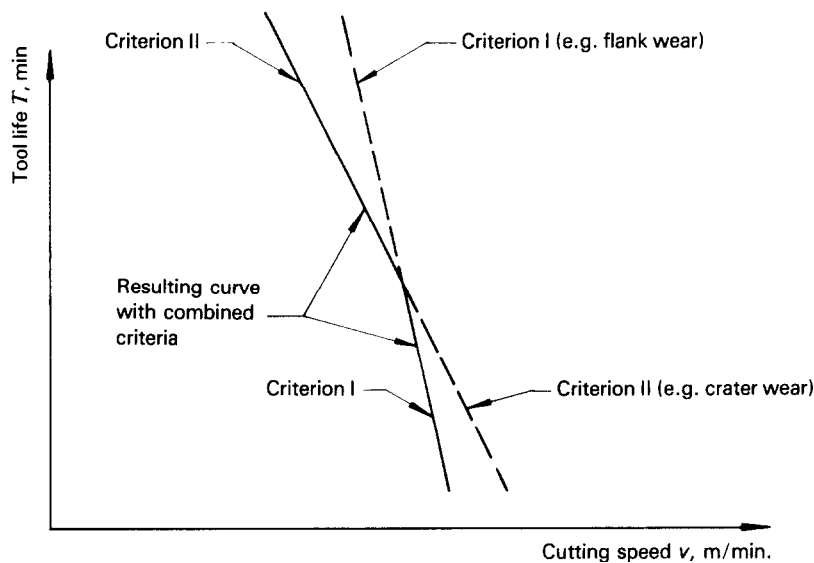


Figure 7 — Set of two  $vT$  curves resulting from the use of two different criteria and a “broken”  $vT$  curve resulting from the use of combined criteria (logarithmic scales)

10.3.3 Test types C and D

For test type C (see 9.2) the minimum number of data points is seven, obtained in seven test runs. For test type D (see 9.2) the minimum number of data points is nine, obtained in nine test runs.

10.4 Diagrams

Tool deterioration values of any type (see 7.3) obtained in a test run and treated as a group of dependent values from all the edges on the same cutter can be plotted over the effective cutting time (see 9.5). The data points on the curve may be the individual measurement values (see figure 8), the arithmetic mean values (see figure 9) or the maximum and minimum values (see figure 10). The arithmetic mean values and the maximum and minimum values are calculated statistically as described in annex D.

The tool life is obtained from the point or the field of intersection of the curves mentioned above and the horizontal line representing the limiting deterioration value determined as the “tool-life criterion” (see 7.4.1).

Provided that the recommended number of test runs are carried out (see 10.3), the tool life values can be treated statistically so that the mean value, the standard deviation, the maximum and minimum values and the confidence intervals can be calculated.

Figures 8, 9 and 10 show a variety of curves which intersect the tool-life criterion level. It is essential, when plotting tool life against any cutting parameter or when reporting tool-life values, that it is made clear whether tool life is based on the time taken for one edge to reach the limiting value of deterioration, the time taken for all edges to reach the limiting value, the time taken for the average of the values measured on all edges to reach the limiting value or the statistically determined maximum or minimum value.

Tool life values obtained as described above can be plotted against any independent factor, e.g. cutting speed (see 9.2,

types B, C or D), in order to give a  $vT$  diagram (see figure 6). It is common to plot  $vT$  diagrams with logarithmic scales. The  $vT$  curve thus obtained will, under normal conditions, be represented by a straight line. This line should be fitted to the data points in such a manner that the sum of the squares of the vertical distances between the line and the actual points is as small as possible. Experienced personnel may well be capable of constructing a line through the test points “by eye” with sufficient accuracy. Guidance on statistical calculations for this purpose are found in ISO 3685, and other references are given in clause 2.

When varying the cutting conditions in order to obtain tool-life curves as mentioned above, there is a great risk of changing the type of deterioration. Thus it is necessary to note that the straight tool-life curve is relevant over its whole length only if the same tool-life criterion can be used for every combination of cutting data.

10.5 Statistical interpretation

The use of statistical methods in the evaluation of test results from cutting operations needs great care with regard to the number of test values and the quality of the test results. If these demands cannot be met, statistical methods should not be used.

Guidelines for statistical calculations of arithmetical mean values, standard deviations, maximum and minimum values and confidence intervals are given in annex D.

The determination of significant differences between results from two or more cutting conditions is also described as an example in the same annex. The recommended calculation method is based on Student’s  $t$  distribution.

Guidelines for the statistical calculations which can be used for determining tool-life diagrams of type B, C or D (see 9.2) are found in ISO 3685 and other references given in clause 2 and in the bibliography.



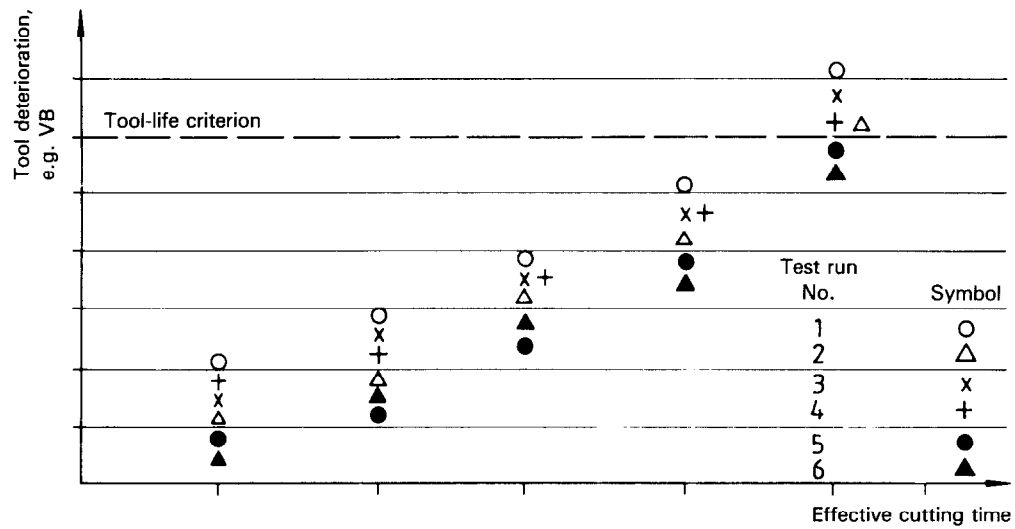


Figure 8 – Tool deterioration values for the individual edges of a milling cutter plotted against cutting time

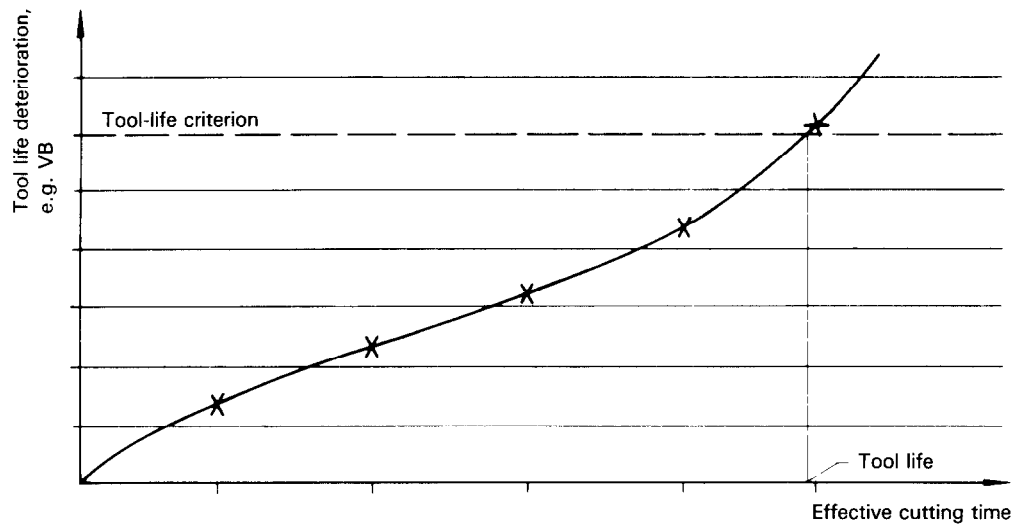


Figure 9 – Arithmetical mean values of tool deterioration plotted against cutting time

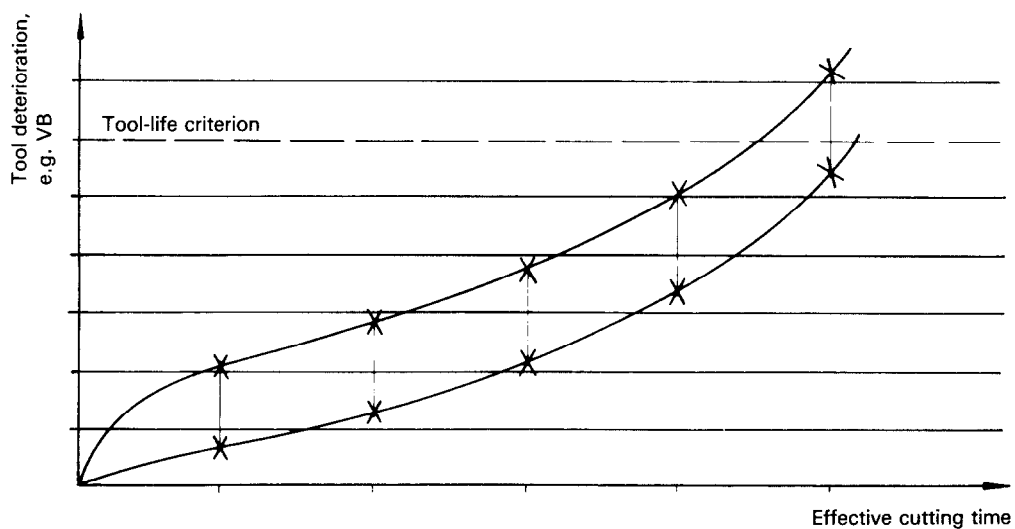


Figure 10 – Maximum and minimum tool deterioration values observed for the 95 % confidence level from measurements on individual edges of a milling cutter plotted against cutting time

## Annex A

### Reference work materials

(This annex forms an integral part of the standard.)

#### A.1 Steel

The steel reference material shall be a hot-rolled medium-carbon steel of the following composition corresponding to steel C 45, in conformity with ISO/R 683-3.

C %	Si %	Mn %	S %	P %
0,42 to 0,50	0,15 to 0,40	0,50 to 0,80	0,02 to 0,035	0,035 max.

It is recommended that a steel of average composition be used if possible.

The presence of the following elements in excess of the maximum values given below shall disqualify the steel as a reference test material :

Ni = 0,20 %

Cr = 0,15 %

Mo = 0,05 %

V = 0,02 %

Cu = 0,20 %

The steel shall be deoxidized with aluminium. The minimum aluminium content shall be 0,01 % and the maximum aluminium content shall be 0,03 %. Special deoxidants shall not be used.

The nitrogen content, which is dependent to some extent on the steel-making process, should be as shown below.

Process	Nitrogen content %
Open hearth or oxygen convertors	0,003 to 0,006
Arc and single slag	0,004 to 0,008

The steel shall satisfy ISO/R 683-3 delivery condition 1 (chemical analysis only). The limits of the elements and the

deoxidation procedure shall be discussed with the steelmaker and analyses of C, Si, Mn, Ni, Cr, Mo, P, S, V, Cu, Al and N requested at the time of the order.

In order to reduce dispersion of the test results, attempts should be made to obtain materials in which the actual composition is within stricter limits than indicated above.

The microstructure shall be specified and recorded.

The test bars, after being cut to size, shall be normalized to a hardness within the range specified in ISO/R 683-3.

For testing purposes where the work material is not the test variable, it is recommended that the hardness should fall within stricter tolerances than those indicated in ISO/R 683-3. The actual hardness values and points of measurement should be recorded and reported (see 3.1).

#### A.2 Cast iron

The cast iron reference material shall be supplied in accordance with ISO/R 185, grade 25.

The microstructure throughout the entire volume of each iron test bar shall consist essentially of a matrix of 100 % perlite with flake graphite within the following specifications :

- free iron carbide : 0 %
- free ferrite : 5 % max.
- steadite (iron-iron phosphide eutectic) : 5 % max.
- graphite : flake graphite only
- perlite : balance

For testing purposes where the work material is not the test variable, it is recommended that the hardness values fall within stricter tolerances than those indicated in ISO/R 185. The actual hardness values and points of measurement should be recorded and reported (see 3.1).

## Annex B

### Tool setting

(This annex forms an integral part of the standard.)

#### B.1 Introduction

Subclauses 4.5, 9.3.3, 9.3.4 and 9.3.5 give recommendations for mounting the tool and relate to cutting edge runout with the tool mounted on the machine tool spindle. It is usual, however, for face milling cutters to be set up in advance and, therefore, to be serviced in isolation from the machine tool.

The following clauses outline certain recommended procedures for setting up face milling cutters, on the basis of good engineering practice, and should be regarded as minimum requirements. In certain instances, manufacturers' instructions may be more stringent and should be followed to ensure both the accuracy and the good performance of a particular face milling cutter.

#### B.2 Damage and cleanness

It is essential, prior to any positioning check or resetting of inserts, that the milling cutter body surface which locates on the machine spindle and those surfaces which locate the inserts are thoroughly inspected for burrs and indentations. Any defects of such a nature should be carefully dressed using a fine hone and all resulting debris should be removed so that the body can be mounted on a surface plate or other fixture and the inserts seated properly.

For new tools, all protective coatings should be removed and for used tools all swarf and cutting fluid residues should be removed with the aid of a suitable solvent to ensure positive location on a surface plate or other fixture.

Particular attention shall be paid to the cleanness of screws, screw threads, and slots in the body and corners of any recesses in the cutter body.

#### B.3 Setting equipment

To check or reset a face milling cutter it is recommended that a surface plate, a dial indicator (graduated to 1/1 000 mm) fitted with a flat anvil and mounted on a rigid stand and torque wrenches be used.

#### B.4 Body accuracy

With the face milling cutter supported on a surface plate, the accuracy of the tool body should be established using a single "master" insert which is positioned in each insert location in turn, and the axial deviation of the cutting edge position at each insert location is then measured using the dial indicator. For this assessment it is essential that one corner of the "master" insert be labelled and its orientation maintained in each separate location; in addition, it is vital that the magnitude of the clamping force used at each location is the same.

This procedure will establish the variation in insert location surfaces which, for certain styles of cutter, may be adjusted to reduce the variations in insert positioning. For such cutters the clamping force used to fix the locating surfaces should be equal at every insert location and this force should be applied using a torque wrench in accordance with the tool manufacturer's recommended values. Careful cleaning of clamping screws and their mating screw threads prior to coating with a suitable lubricant film will assist the uniformity in clamping force.

In those cases where cutter bodies do not have the facility for insert location adjustment, the variations in insert location surfaces may be reduced by selective mounting of inserts.

#### B.5 Insert mounting

All inserts for mounting and the insert locations on the cutter body should be cleaned thoroughly prior to the inserts being clamped into position using a "finger-tight" clamping force. In turn, each insert clamp should then be progressively tightened to distribute evenly stresses induced in the cutter body due to clamping until the manufacturer's prescribed torque value has been reached.

Variations in cutting edge position can be determined using a surface plate, dial indicator and stand. In some cases, dependent on the quality of inserts used, the actual deviations in cutting edge position may be minimized by selective mounting such that variations in insert size combined with variations in insert location surfaces virtually cancel one another.

## Annex C

### Example data sheet

(This annex forms an integral part of the standard.)

Face milling		Purpose of the test		Machine tool		Test No.		Page of					
Tool		Workpiece		Cutting conditions		Date		Signature					
Cutter ISO 6462, type B, $\phi D = 125$ mm or Manufactured by ..... Insert ISO 3365/SPAN 1203 ..... Grade ..... or Manufactured by ..... Coating ..... Cutting edge preparation .....		Material, see specifications ISO/R 683-3, C45 ISO/R 185, grade 25 or Manufactured by ..... Charge (heat) ..... Code ..... Dimensions : ..... mm; ..... mm; ..... mm $h =$ ..... mm; ..... mm; ..... mm Workpiece No. ....		<input type="checkbox"/> Horizontal <input type="checkbox"/> Vertical Manufactured by ..... Model ..... No. .... Spindle power ..... kW Cutting fluid <input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No Amount ..... l/min Manufactured by .....		Used condition Condition No. .... Axial depth of cut $a_p$ ..... mm Radial depth of cut $a_r$ ..... mm Feed $f_z$ ..... mm/tooth Feed speed $v_f$ ..... mm/min Cutting speed $v_c$ ..... m/min Spindle revolution ..... r/min Location of cutter relative to the centre-line		On centre-line Up-milling Down-milling mm mm		I II III IV V 2.5 0.6 D 0.125 0.2 0.315 0.5			
Tooth No.	Run-out radial	Actual tool travel min/mm/workpiece		Deterioration		Actual tool travel min/mm/workpiece		Deterioration		Actual tool travel min/mm/workpiece		Deterioration	
		Code	Value	Code	Value	Code	Value	Code	Value	Code	Value	Code	Value
1	/												
2	/												
3	/												
4	/												
5	/												
6	/												
Notes		Evaluation : clause 10 Notes											
		Tool life of the cutter min./mm/workpiece											

## Annex D

### Statistical calculations

(This annex forms an integral part of the standard.)

In order to compare the test results from two or more cutting conditions the first step is to determine the arithmetic mean values of the repeated test runs at each test condition. In this annex the symbol  $x$  is used to denote the test results. It could represent the tool life  $T$ , the number of parts produced  $U$  or any other test result.

The arithmetic mean value  $\bar{x}$  is obtained by dividing the sum of the results from each test run  $\sum_{i=1}^n x_i$  by the number  $n$  of test runs :

$$\bar{x} = \sum_{i=1}^n x_i / n$$

The standard deviation  $s$  is then calculated as the root-sum-square of all the differences between the individual values  $x_i$  from each test run and the mean value  $\bar{x}$ , divided by the number of test runs  $n$  minus 1.

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

The confidence interval, defined as the interval within which further test run results will be located with an assumed probability, is calculated as the arithmetic mean value  $\bar{x}$  plus and minus its variation :

$$\bar{x}_{\max} = \bar{x} + t \frac{s}{\sqrt{n - 1}}$$

and

$$\bar{x}_{\min} = \bar{x} - t \frac{s}{\sqrt{n - 1}}$$

where  $t$  is a constant obtained from table 6 for the 95 %, 99 % and 99,9 % confidence levels. The  $t$  values are dependent on the number of test runs, expressed by the number of degrees of freedom in table 6.

By using the following formula, it can be determined whether there is a significant difference between the results of two test series with different cutting conditions :

$$|t_{\alpha}| = (\bar{x}_A - \bar{x}_B) / \sqrt{\frac{n_A \times s_A^2 + n_B \times s_B^2}{n_A + n_B - 2} \times \left( \frac{1}{n_A} + \frac{1}{n_B} \right)}$$

The value  $|t_{\alpha}|$  obtained is then compared with the corresponding  $t$  value for the actual number of degrees of freedom and the conclusion may be made as to whether a significant difference exists at the confidence level chosen.

The letters A and B indicate the two test series.

The numerical examples illustrate the calculation methods.

Experience has shown that tool life in many cases does not follow the laws of the well-known normal distribution. It is therefore recommended to use the logarithmic values of the test results which in most cases give a normal distribution. This can be checked by the methods described in ISO 2854.

The statistical calculations described are only valid if

- a) the observations are statistically independent;
- b) the tests have been carried out in such a way that no systematic errors are present.

**Table 6 – Student's  $t$  values for different confidence levels**

Number of degrees of freedom ( $n - 1$ ) or ( $n_A + n_B - 2$ )	Student's $t$ value		
	Confidence level		
	95 %	99 %	99,9 %
1	12,706	63,657	636,5
2	4,302 7	9,925	31,60
3	3,182 5	5,841	12,94
4	2,776 4	4,604	8,610
5	2,570 6	4,032	6,859
6	2,446 9	3,707	5,959
7	2,364 6	3,499	5,405
8	2,306 0	3,355	5,041
9	2,262 2	3,250	4,781
10	2,228 1	3,169	4,587
11	2,201 0	3,106	4,437
12	2,178 8	3,055	4,318
13	2,160 4	3,012	4,221
14	2,144 8	2,977	4,140
15	2,131 5	2,947	4,073
16	2,119 9	2,921	4,015
17	2,109 8	2,898	3,965
18	2,100 9	2,878	3,922
19	2,093 0	2,861	3,883
20	2,086 0		
30	2,042 3		
40	2,021 1		
60	2,000 3		
120	1,979 9		
$\infty$	1,960 0		
Degree of significance	*	**	***
	Significant	Well significant	Strongly significant

Example

Test run number	Test conditions and results	
	A	B
<i>n</i>		
1	7,0	10,0
2	7,5	9,5
3	8,5	10,5
4	8,9	11,5
5	9,5	11,0
6	9,0	11,5
Arithmetic mean value $\frac{\sum x_i}{n} = \bar{x}$	8,25	10,66
Standard deviation <i>s</i>	0,935	0,816
Student's <i>t</i> value <i>t</i> <sub>95</sub>	2,571	2,571
Confidence interval $\pm t \frac{s}{\sqrt{n-1}}$	$\pm 1,076$	$\pm 0,939$
$\bar{x}_{\max} = \bar{x} + t_{95} \frac{s}{\sqrt{n-1}}$	9,326	11,605
$\bar{x}_{\min} = \bar{x} - t_{95} \frac{s}{\sqrt{n-1}}$	7,174	9,728
$ t_{\alpha} $	4,768	

Conclusion : The *t*<sub>α</sub> value is greater than *t* for (*n*<sub>A</sub> + *n*<sub>B</sub> - 2) at the 99 % confidence level. A strongly significant difference exists.

## Bibliography

ISO 3, *Preferred numbers — Series of preferred numbers.*

ISO 643, *Steels — Micrographic determination of the ferritic or austenitic grain size.*

ISO 1832, *Indexable inserts for cutting tools — Designation.*

ISO 3534, *Statistics — Vocabulary and symbols.*

ISO 6506, *Metallic materials — Hardness test — Brinell test.*

ISO 6507-1, *Metallic materials — Hardness test — Vickers test — Part 1 : HV 5 to HV 100.*

ISO 6508, *Metallic materials — Hardness test — Rockwell test (scales A — B — C — D — E — F — G — H — K).*

ISO 8688-2, *Tool-life testing of milling tools — Part 2 : End milling.*

LESLIE, R.T. and LORENZ, G. *Comparison of Multiple Regression in Machining Experiments*, Proc. Stl. Int. MTDR Conf., Manchester, Pergamon, Vol. 2, 1967, pp 543-563.

**ISO 8688-1 : 1989 (E)**

---

---

**UDC 621.914.02 : 620.169.1**

**Descriptors :** tools, cutting tools, milling cutters, facing cutters, tests, determination, life (durability).

Price based on 27 pages

---

---



# **ANEXO B**

## CARACTERÍSTICAS

- CAUDAL CONSTANTE INCLUSO AL VARIAR LA PRESIÓN EN LA ENTRADA Y LA SALIDA
- CONTROL ELECTROVÁLVULA INDEPENDIENTE
- LA VÁLVULA DE COMPENSA DE LA PRESIÓN PERMITE MANTENER CONSTANTE EL CAUDAL DE ACEITE AUNQUE VARIE LA PRESIÓN EN LA ENTRADA O SALIDA DEL AIRE
- EN LOS SISTEMAS COAXIALES VA INTEGRADO UN SISTEMA DE ASPIRACIÓN DE ACEITE
- LA VERSIÓN STANDARD SE SUMINISTRA CON MONOTUBO O TUBO COAXIAL
- CAPACIDAD DEPÓSITO: 1 LT  
3LT
- CAUDAL: VARIABLE, 0÷2 CC/ MIN
- POSIBILIDAD DE REGULAR EL CAUDAL DEL AIRE Y DEL ACEITE DE CADA ELEMENTO
- REGULACIÓN DEL AIRE Y DEL ACEITE DE CADA ELEMENTO POR SEPARADO

## APLICACIONES

- MÁQUINA HERRAMIENTA
- MÁQUINA PARA CORTE Y DOBLADO DE CHAPA
- ACERIAS

## EQUIPO CENTRALIZADO DE LUBRICACIÓN MÍNIMA AIRE – ACEITE DE ACCIONAMIENTO NEUMÁTICO

### EFICIENTE Y COMPLETO

El sistema modular aire aceite MiQueL ha sido proyectado para la lubricación mínima de máquina herramienta en general, máquina para el corte y doblado de chapa, puede ser utilizado en todas las instalaciones que necesitan una lubricación calibrada y con control de todas las funciones.

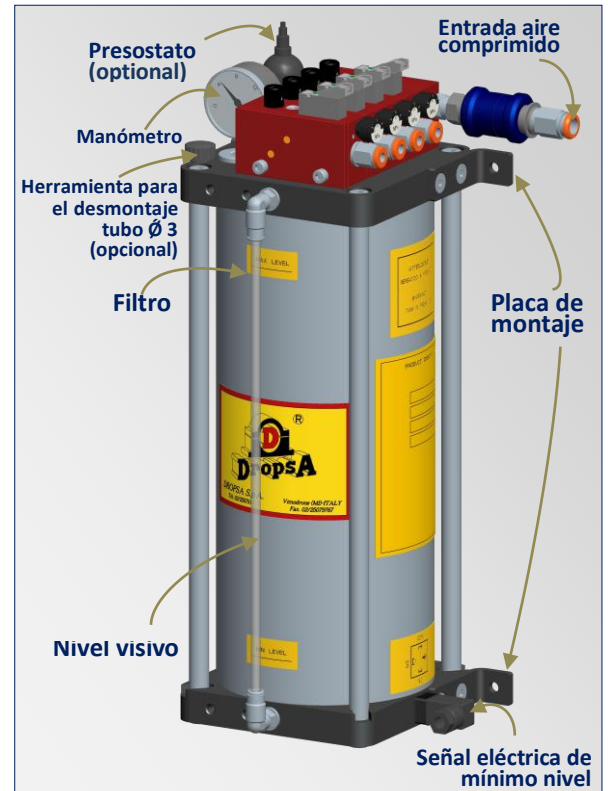
Es posible insertar hasta 8 elementos conectados entre si, que en cualquier momento pueden ser excluidos o activados de forma individual a través de una electro válvula integrada.

### FUNCIONAL Y DE FÁCIL USO

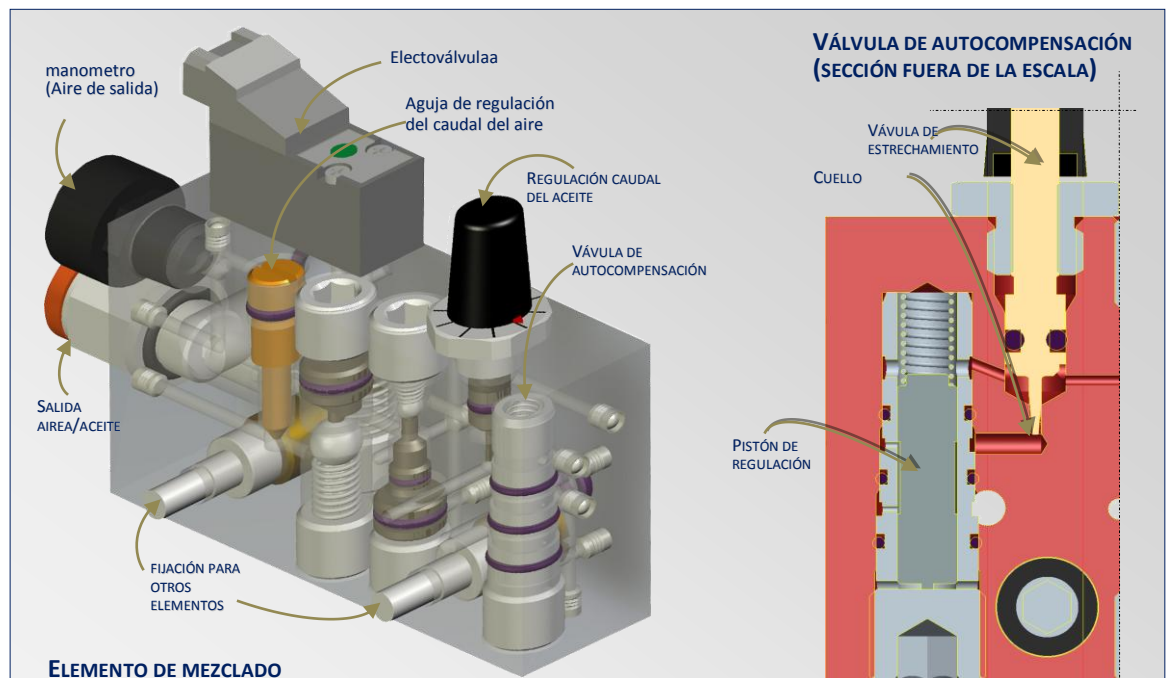
Tanto el caudal de aire como de aceite pueden ser controlados de forma individual en cada elemento.

### LIMPIO

El sistema esta provisto de un dispositivo que, acabado el ciclo de lubricación, garantiza que no hay goteo del lubricante.



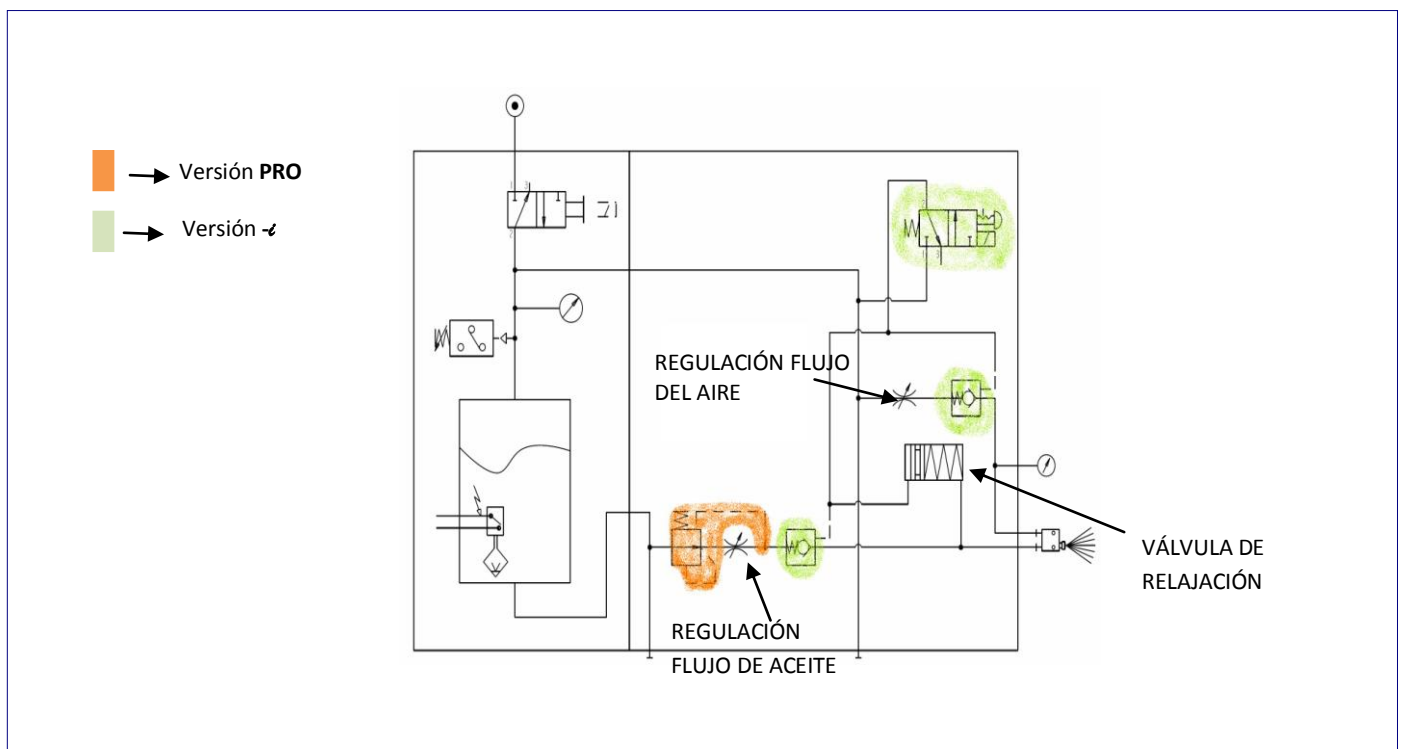
## PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO



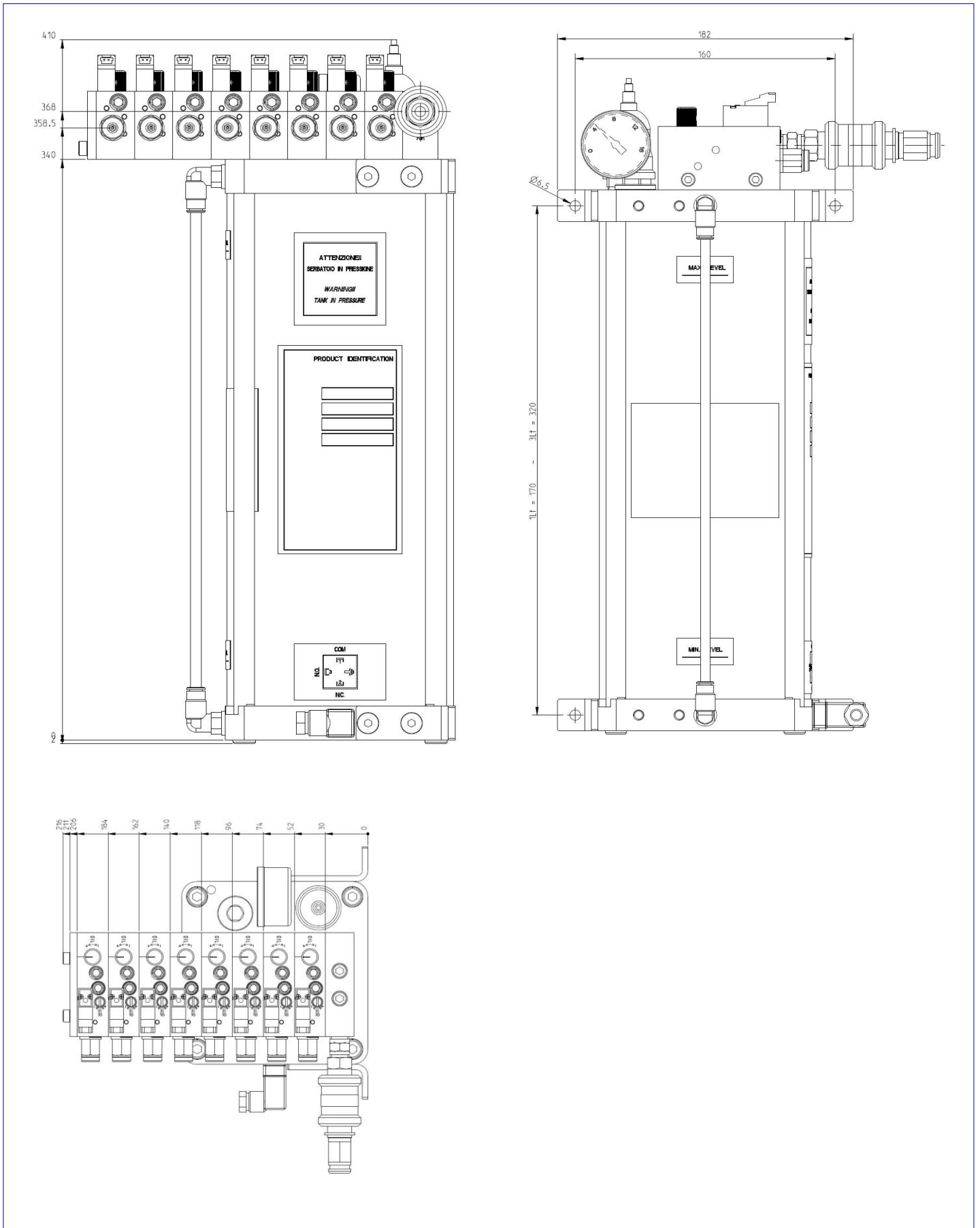
Al variar la presión en la entrada o la salida, el caudal del lubricante se mantiene constante gracias a la válvula de auto compensación, que mantienen constante el  $\Delta p$  entre la presión del aceite en la entrada y la salida.  $\Delta p_{(aceite)} = \text{constante} (\sim 2 \text{ bar}) \Rightarrow Q_{(aceite)} = \text{constante}$

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS		
Capacidad del depósito	1lt – 3lt	
Número máximo de módulos	8	
Presión entrada de aire	4bar ÷ 7bar	
Consumo máximo aire en la salida	~50Nl/min (por módulo)	
Tubo entrada aire	Ø10mm	
Tubo salida aire	Ø6mm	
Tubo salida aceite	Ø3mm	
Caudal de aceite por elemento	PRO	0,1 ÷ 2,7 cc/min (Aceite 10cSt) 0 ÷ 1 cc/min (Aceite 32cSt) 0 ÷ 0,2 cc/min (Aceite 100cSt)
	BASE	0,3 ÷ 8 cc/min (Aceite 10cSt) 0,1 ÷ 3 cc/min (Aceite 32cSt) 0 ÷ 0,6 cc/min (Aceite 100cSt)
	CART	$cc/min = (P \times 8,16)/V$ P= presión de trabajo en bar V= viscosidad a la temperatura de trabajo
Aceite lubricante	10cSt ÷ 100cSt	
grado de protección del módulo “-i”	Standard	IP 00
	a pedido (especial)	IP 65
grado de protección del depósito	IP 65	
Tarado del presostato (optional)	6 bar	
Carga máxima presostato (optional)	Contacto máxima tensión 250V Máxima potencia 100W	
Carga máxima nivel	0,2A @ 30V	
Alimentación electrobomba	24Vdc- 1,3 W - 0,05 A	
Temperatura de ejercicio	+5°C ÷ +50°C	
Temperatura de almacenamiento	-10°C ÷ +80°C	
Humedad relativa máxima sin condensación	90%	
Nivel acústico	< 70 db (A)	
Peso neto	~5Kg (mod. 1lt) – ~7Kg (mod. 3lt)	

### SISTEMA HIDRAULICO



### DIMENSIONES ( DISEÑO A ESCALA )



## INFORMACIÓN PARA PEDIDO L'ORDINE

	Descripción	Modulos	Ref. No Depósito 1 L		Ref. No 3 L depósito		Q.ty
MiQueL PRO	Sistema mínimo modular Aire/Aceite con válvula de compensación sin válvula solenoide para control independiente.	1	3135501	○	3135541	○	
		2	3135502	○	3135542	○	
		3	3135503	○	3135543	○	
		4	3135504	○	3135544	○	
		5	3135505	○	3135545	○	
		6	3135506	○	3135546	○	
		7	3135507	○	3135547	○	
		8	3135508	○	3135548	○	
MiQueL PRO - €	Sistema mínimo modular Aire /Aceite con válvula de compensación con válvula solenoide para control independiente	1	3135511	○	3135551	○	
		2	3135512	○	3135552	○	
		3	3135513	○	3135553	○	
		4	3135514	○	3135554	○	
		5	3135515	○	3135555	○	
		6	3135516	○	3135556	○	
		7	3135517	○	3135557	○	
		8	3135518	○	3135558	○	
MiQueL BASE	Sistema mínimo modular Aire/Aceite sin válvula de compensación sin válvula solenoide para control independiente	1	3135521	○	3135561	○	
		2	3135522	○	3135562	○	
		3	3135523	○	3135563	○	
		4	3135524	○	3135564	○	
		5	3135525	○	3135565	○	
		6	3135526	○	3135566	○	
		7	3135527	○	3135567	○	
		8	3135528	○	3135568	○	
MiQueL BASE - €	Sistema mínimo modular Aire/Aceite sin válvula de compensación con válvula solenoide para control independiente.	1	3135531	○	3135571	○	
		2	3135532	○	3135572	○	
		3	3135533	○	3135573	○	
		4	3135534	○	3135574	○	
		5	3135535	○	3135575	○	
		6	3135536	○	3135576	○	
		7	3135537	○	3135577	○	
		8	3135538	○	3135578	○	
MiQueL CART - €	Sistema mínimo modular Aire/Aceite sin válvula de compensación y sin ajuste aceite con válvula solenoide para control independiente	1	-	○	3135641	○	
		2	-	○	3135642	○	
		3	-	○	3135643	○	
		4	-	○	3135644	○	
		5	-	○	3135645	○	
		6	-	○	3135646	○	
		7	-	○	3135647	○	
		8	-	○	3135648	○	
MiQueL BASE NO-EV	Sistema modular aire/aceite mínimo Sin válvula de compensación con válvula neumático para el control independiente	1	3135441	○	3135451	○	
		2	3135442	○	3135452	○	
		3	3135443	○	3135453	○	
		4	3135444	○	3135454	○	
		5	3135445	○	3135455	○	
		6	3135446	○	3135456	○	
		7	3135447	○	3135457	○	
		8	3135448	○	3135458	○	

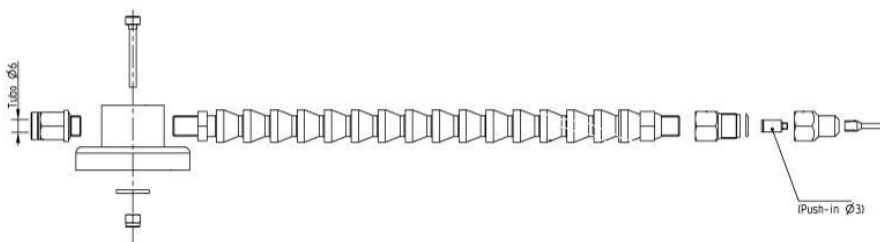


## ACCESORIOS

DESCRIPCIÓN	Part No		Q.Ty
MiQueL PRO- $\epsilon$ – Elemento modular	1525430	<input type="radio"/>	_____
MiQueL PRO – Elemento modular	1525440	<input type="radio"/>	_____
MiQueL BASE- $\epsilon$ – Elemento modular	1525450	<input type="radio"/>	_____
MiQueL BASE – Elemento modular	1525460	<input type="radio"/>	_____
MiQueL BASE- $\epsilon$ - IP65 – Elemento modular	1525456	<input type="radio"/>	_____
MiQueL CART- $\epsilon$ – Elemento modular	1525688	<input type="radio"/>	_____
MiQueL CART- $\epsilon$ - Sin SV – Elemento modular	1525871	<input type="radio"/>	_____
Válvula solenoide (- $\epsilon$ )	1525442	<input type="radio"/>	_____
Mínimo nivel eléctrico	1525431	<input type="radio"/>	_____
Conector para mínimo nivel eléctrico	0039841	<input type="radio"/>	_____
Presostato tarado a 6 bar (optional)	3291028	<input type="radio"/>	_____
Manómetro del depósito	0020557	<input type="radio"/>	_____

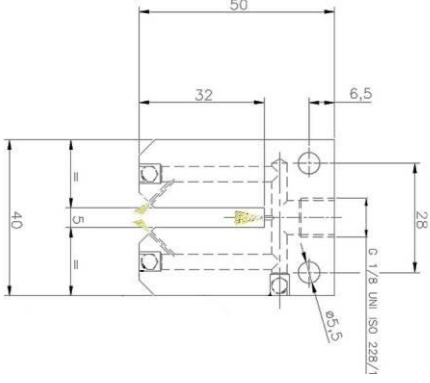
DESCRIPCIÓN	Part No		Q.Ty
Electroválvula entrada de aire	3133559	<input type="radio"/>	_____
Manómetro para modulo salida aire (- $\epsilon$ )	0020694	<input type="radio"/>	_____
Conector para la válvula solenoide (- $\epsilon$ ) con 600mm cable	1525446	<input type="radio"/>	_____
Conector M8 para válvula solenoide (- $\epsilon$ )	1525476	<input type="radio"/>	_____
Tubo $\varnothing$ 3 salida aceite	5717232	<input type="radio"/>	_____
Tubo $\varnothing$ 6 salida aire	5717301	<input type="radio"/>	_____
Aceite MK 150 20 lt.	3226664	<input type="radio"/>	_____
Aceite MK 100 25 lt.	3226665	<input type="radio"/>	_____
Aceite MK alto rendimiento 29 lt.	3226666	<input type="radio"/>	_____
Aceite MK para INOX 20 lt	3225465	<input type="radio"/>	_____
Cono boquilla coaxial	3133455	<input type="radio"/>	_____
Boquilla coaxial a 65°	3133558	<input type="radio"/>	_____
Boquilla solo para tubo	3133564	<input type="radio"/>	_____
Boquilla a 65° solo para tubo	3133565	<input type="radio"/>	_____
Boquilla lubricación para cuchilla 50mm	1525050	<input type="radio"/>	_____
Boquilla lubricación para cuchilla 70mm	1525051	<input type="radio"/>	_____
Herramienta para quitar tubo $\varnothing$ 3	1525475	<input type="radio"/>	_____

## UGELLI



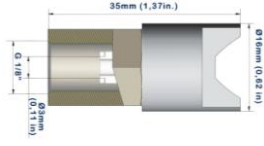
Part. No **3132768**  Q.ty \_\_\_\_\_

**BOQUILLAS PARA LUBRICACION DE LAMINAS**



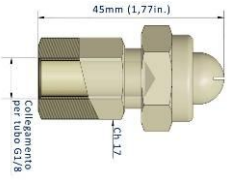
ENTRADA	SALIDA	ESPESOR LAMINA	CODIGO	Q.ty
1	3	50 mm	1525050	<input type="radio"/>
		70 mm	1525051	<input type="radio"/>

**PULVERIZADOR ROSCA CONICA**

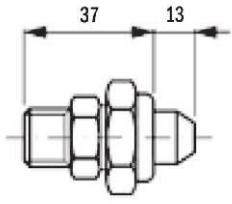


Part. No	Q.ty
3133558	<input type="radio"/>

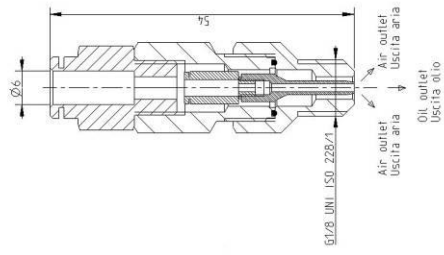
**PULVERIZADOR DE LAMINA**



Part. No	Q.ty
3133565	<input type="radio"/>



Part. No	Q.ty
3133564	<input type="radio"/>



Part. No	Q.ty
3133455	<input type="radio"/>

# **ANEXO C**



## ► Lubricante de corte

Características Técnica		TRICUT 2000 W/S
<b>PRODUCTOS</b>	<b>TRICUT 2000 W/S</b>	
Color del concentrado	Verde	
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	

**TRICUT 2000 W/S**

**Código IBCA Presentación: TRICUT 2000 W/S - 20 Lt**

TRICUT 2000 W/S este aceite soluble tiene aplicaciones multipropósito y ha sido formulado como fluido para mecanizados de metales, tanto ferrosos como no ferrosos. Está estabilizado para resistir el ataque de las bacterias que ocasionan mal olor del lubricante de corte y de esta manera asegurar una larga vida al aceite.

## ► Lubricante multipropósito e hidráulico grado alimenticio semisintético (SP)

Características técnicas		
PRODUCTOS	T-FGO 68 SP-SPLASH	T-FGO 220 SP-SPLASH
ISO	68	220
SAE	20	90
AGMA	2	5ep
NFS registered (USDA)	h1	H1
Viscosidad		
Cst @ 40 °C	67	236
Cst @ 100 °C	9,2	23,1
Sus @ 100 °F	310	1093
Sus @ 210 °F	56	112
Indice de viscosidad	114	121
Punto de inflamación coc °F/°C	394/201	410/210
Punto de goteo °F/°C	- 32 / - 25	- 29 / - 20

**T - FGO 68 SP - SPLASH / 20 Lt****Código IBCA Presentación: T - FGO 68 SP - SPLASH / 20 Lt**

Este lubricante usa una especial combinación de aceites lubricantes alimenticios minerales y fluidos sintéticos de altísima calidad. Contienen además poderosos anti-oxidantes que prolongan la vida útil de los elementos mecánicos y minimiza el deterioro del aceite deteniendo la formación de lodos y barniz.

- Contiene excepcionales propiedades contra la carga.
- Excelente Adherencia
- Reduce la fricción y el desgaste de los elementos mecánicos.
- Tiene aditivos AW y EP
- Superior Resistencia a la oxidación.

**T-FGO 220 SP-SPLASH****Código IBCA Presentación: T-FGO 220 SP-SPLASH / 20 Lt**

Es un aceite lubricante alimenticio H1, no tóxico que usa una innovadora combinación de componentes muy refinados todos ellos certificados y abalados.

- Contiene excepcionales propiedades contra la carga.
- Excelente adherencia
- Reduce la fricción y el desgaste de los elementos mecánicos
- Tiene aditivos AW y EP
- Superior resistencia a la oxidación
- Excelente demulsibilidad
- Larga vida útil.

## ► Lubricantes para compresores y bombas de vacío sintético

Características Técnica		R - 320
<b>PRODUCTOS</b>	<b>R-320</b>	
Viscosidad		
cST @ 40 °C	320	
cST @ 100 °C	33	
Indice de viscosidad	145	
Test de corrosión		
ASTM - 665, 48 hrs	Pasa sin óxidos	
Test de emulsión @ 130 °F / 180 °F	Pasa	
Cinta de cobre @ 210 °F por 3 horas	Negativo	
Punto de goteo °F	- 40	
Punto de inflamación °C	254	
Punto de autoignición °C	288	
Carga timken ok	50 Lbs. minimo	
Color	Transparente	

**R - 320**









**Código IBCA Presentación: R - 320 / 20 Lt**

Es un aceite hidráulico que permite la operación de los rodamientos de bombas de vacío y compresores de paletas, que trabajen bajo condiciones severas de temperatura y servicio continuo.

- Mantiene su viscosidad tanto a altas como bajas temperaturas eliminando la formación de barnices, residuos y depósitos de carbón comunes a los aceites convencionales.
- Periodos de recambios hasta 10 veces más largos que el de aceites usuales.



# **ANEXO D**

Serie Serie		Approach Angle / max. depth of cut Einstellwinkel/ max. Schnitttiefe		Insert WSP	Application Anwendung	Features Merkmale
Face milling · Planfräsen	<b>FMA01</b>    B28	$K_r=45^\circ$ $a_{pmax}=6.0$	SEET12T3-DF/DM/DR SEET12T3-CF/CM/CR SEET12T3-EF/EM SEET12T3-LH SEET12T3-W	General face milling of: Steel, alloy steel, stainless steel, cast iron, aluminium alloy, high temperature alloy  Allgemeines Planfräsen von: Stahl, leg. Stahl, rostfr. Stahl, Grauguss, Alu.-legierungen, hochtemperaturbeständige Legierungen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diameter range Ø50-Ø315</li> <li>• Large rake angle makes cutting more light and fast</li> <li>• Wide applications by using available inserts with different chipbreaker</li> <li>• Adopting wiper inserts improve surface quality</li> <li>• Durchmesserbereich: 50 – 315 mm weichschneidende Fräser mit großer, positiver Schneidengeometrie.</li> <li>• Großes Anwendungsgebiet durch unterschiedliche Spanbrecherausführung</li> <li>• Wiper-Wendeschneidplatten für beste Oberflächenqualität</li> </ul>	
						<b>FMA02</b>    B29
	<b>FMA03</b>    B33	$K_r=45^\circ$ $a_{pmax}=5.5$	SEN120*3AF** SE*R1203AF**	General face milling of steel, stainless steel, cast iron  Allgemeine Planfräsbear. von Stahl, rostfr. Stahl und Grauguss	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diameter range Ø80-Ø315</li> <li>• Large rake angle makes cutting more light and fast</li> <li>• Top clamping reduces vibrations</li> <li>• Durchmesserbereich: 80 – 315 mm weichschneidende Fräser mit großer, positiver Schneidengeometrie.</li> <li>• Großes Anwendungsgebiet durch unterschiedliche Spanbrecherausführung</li> <li>• Topklammerung zur Vermeidung von Vibrationen</li> </ul>	
		$K_r=45^\circ$ $a_{pmax}=7.5$	SE*N1504AF** SE*R1504AF**			
	<b>FMA04</b>    B36	$K_r=45^\circ$ $a_{pmax}=3.5$	OFKT05T3-DF/DM OFKT05T3-LH	Face milling of steel, alloy steel, cast iron, aluminum alloy  Planfräsen von Stahl, leg. Stahl Grauguss und Alu.-legierungen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diameter range Ø50-Ø160</li> <li>• High economy milling tool with 8 cutting edges</li> <li>• Screw clamping, high precision</li> <li>• Durchmesserbereich: 50 – 160 mm</li> <li>• Hochwirtschaftlicher Fräser mit 8 Schneidkanten</li> <li>• Schraubenklammerung mit hoher Präzision.</li> <li>• Topklammerung zum leichteren Plattenwechsel</li> </ul>	
						  B40
	<b>FMA07</b> New!   B43	$K_r=45^\circ$ $a_{pmax}=4.0$	ONHU060408-PF/PM/WW	Face milling of steel, alloy steel, cast iron  Planfräsen von Stahl und Grauguss	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diameter range Ø25-Ø50</li> <li>• High economy milling tool with 16 cutting edges</li> <li>• Durchmesserbereich: 25 – 50 mm</li> <li>• Hochwirtschaftliche Fräser mit 16 Schneidkanten</li> </ul>	
						  B44
<b>FMA11</b> New!   B46	$K_r=45^\circ$ $a_{pmax}=5.5$	SNEG 1205ANR-GM	Face milling of steel, alloy steel and cast iron  Planfräsen von Stahl und Leg. Stahl Grauguss	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diameter range Ø63-Ø315</li> <li>• 8 cutting edge</li> <li>• Inserts with big rake angle cutting lightly reducing power consumption</li> <li>• Milling cutter with double negative angle and with thicker inserts for high stability and big cutting depth.</li> <li>• Inserts with wiper cutting edge for good surface quality.</li> <li>• Durchmesserbereich: Ø63 – Ø315 mm</li> <li>• 8 Schneidkanten</li> <li>• Wandeschneidplatte mit großen Spanwinkel zur Reduzierung der Schnittkräfte</li> <li>• Doppelseitige, extra dickewandeschneidplatte für große Spanliefen bei hoher bruchsicherheit</li> <li>• Wiper Geometrie für beste Oberflächengüte</li> </ul>		
	$K_r=45^\circ$ $a_{pmax}=7.0$	SNEG 1506ANR-GM/GR				
	$K_r=45^\circ$ $a_{pmax}=9.0$	SNEG 1907ANR-GM				

Comparison table for milling Insert - Grades  
Fräswendepplatten Übersichtstabelle - Sorten

Workpiece material Workpiece material	ISO	Coatet carbide Beschichtetes Hartmetal		Cermet Cermet	Uncoatet carbide unbeschichtetes Hartmetal	PCBN & PCD PCBN & PKD
		CVD	PVD			
<b>P</b> Steel Stahl	P01					
	P10		YBG202	YNG151		
	P20	YBC301 YBC302 YBM251 YBM253		YNG151C		
	P30	YBM351 YBC401			YC30S	
	P40			YBG302		
<b>M</b> Stainless Steel Rostfreier Stahl	M01					
	M10	YBM251	YBG202 YBG205	YNG151		
	M20	YBM253	YBG252	YNG151C		
	M30	YBM351			YC30S	
	M40		YBG302			
<b>K</b> Cast iron Grauguss	K01					
	K10	YBD152	YBG102	YNG151		
	K20			YNG151C		YD201
	K30	YBD252	YBG152			
	K40					
<b>N</b> Non-ferrous materials Ne Metalle	N01					
	N10				YD101	
	N20					YD201
	N30					
<b>S</b> Heat-resistant steel Warmfester Stahl	S01					
	S10		YBG202			
	S20	YBM253				
	S30					
<b>H</b> Hardened material Gehärtete Werkstoffe	H01					
	H10					
	H20					
	H30					

# Coated Cemented Carbide **CVD** Beschichtetes Hartmetall

Grade Sorte	Coating Beschicht.	Micro-Structure Micro-Struktur	ISO	Application Anwendung
<b>YBC301</b>	Substrate with high strength, in combination with MT-Ti(CN), thin layer Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> and TiN Coating. Beschichtetes Hartmetall mit hoher Schneidkanten-sicherheit. In Kombination mit TiCN Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , und TiN.		<b>P15~35</b>	Suitable for light and medium milling of low alloy steel and non alloy steel, even under unfavorable condition. Gut geeignet für leichte bis mittlere Fräsbearbeitung von niedriglegierten Stählen unter schwierigen Bedingungen.
<b>YBC302</b> <i>New!</i>	Substrate with high strength in combination with CVD coating of MT-Ti(CN) and Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> in fine grain size and stable structure. Substrat mit hoher Festigkeit in Kombination mit CVD-beschichtete MT-Ti(CN) und Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> in feinkörnigem und stabilem Struktur.		<b>P15~35</b>	High performance in milling of alloy steel and casting steel. Fräsen von legiertem Stahl und Gussstahl mit hoher zerspannleistung.
<b>YBC401</b>	Substrate with excellent toughness, in combination with CVD coating of Ti(CN), thin layer Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , TiN. CVD beschichtetes Hartmetall mit guter Zähigkeit.		<b>P25~50</b> <b>M20~40</b>	It is suitable for medium to heavy milling steels and stainless steel. Zum Fräsen von Stahl und rostfreiem Stahl in ungünstiger Bearbeitungsbedingung.
<b>YBM251</b>	Substrate with good toughness and strength, in combination with Ti(CN), thin layer Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , TiN. Universal einsetzbare CVD-beschichtete Hartmetallsorte aus TiN +MT-TiCN + dünner Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + TiN mit guter Zähigkeit und Verschleißfestigkeit.		<b>P15~40</b> <b>M10~30</b>	Good performance in milling of alloy steel and stainless steel. Gute Leistung beim Fräsen von legiertem und rostfreiem Stahl.
<b>YBM253</b> <i>New!</i>	Carbide substrate with good toughness and strength, in combination with CVD coating of MT-Ti(CN) and Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> in fine grain size and stable structure. Hartmetall mit guter Zähigkeit und Festigkeit in Kombination mit CVD beschichtete MT-Ti(CN) und Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> in feinkörnigem und stabilem Struktur.		<b>P20~40</b> <b>M10~30</b> <b>S10~30</b>	Universal grade for milling of steel, stainless steel and difficult material. Universal einsetzbar Sorte für Fräsen von Stahl, rostfreiem Stahl und schwierige Material.
<b>YBM351</b>	MT-TiCN+Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> coated carbide grade with very good strength and impact resistance. Beschichtete Hartmetallsorte MT-TiCN+Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> mit ausgezeichneter Widerstandsfähigkeit und Schneidkantensicherheit.		<b>P25~40</b> <b>M20~40</b>	It is for milling of steel, alloy steel and stainless steel. Zum Fräsen von Stahl, legiertem und rostfreiem Stahl
<b>YBD152</b>	Hard medium grain Substrate in combination with TiCN, thick Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> coating. Hartes mittel-feinkörniges Substrat mit TiCN, dicker Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Beschichtung.		<b>K05~25</b>	It is suitable for machining of gray cast iron and nodular cast iron under normal cutting conditions from low to moderate cutting speeds. Bearbeitung von Guss und Kugelgraphitguss mit niedrigen bis mittleren Schnittgeschwindigkeiten.
<b>YBD252</b>	Tough K-substrate in combination with TiN, TiCN, thick Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> coating. For milling of cast iron and alloy steel. Zähes K-Substrat mit TiCN, dicke Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Beschichtung.		<b>K15~35</b>	For milling of cast iron and alloy steel. Zum Fräsen von Guss und legiertem Stahl.

**B**

Milling Tools  
Fräser

## Coated Cemented Carbide **PVD** Beschichtetes Hartmetall

# B

Milling Tools  
Fräser

Grade Sorte	Coating Beschicht.	ISO	Application Anwendung
<b>YBG102</b>	PVD nano-TiAlN coated fine grain hard carbide grade.	<b>K05~K20</b>	For light milling of cast iron, hard steel.
	Nano-TiAlN PVD-beschichtete, feinkörnige Hartmetallsorte.		Zum Schlichtfräsen von Guss und gehärtetem Stahl.
<b>YBG202</b>	PVD nano-TiAlN coated fine grain hard carbide grade. Good performance in combination of toughness and wear resistance.  Nano-TiAlN PVD-beschichtete, feinkörnige Hartmetallsorte. Hervorragende Kombination von Zähigkeit und Verschleißfestigkeit.	<b>P10~30</b>	Milling of steel, finishing and semi-finishing of stainless steel, and high-temperature alloys .  Zum Fräsen von Stahl, rostfreiem Stahl und warmfesten Superlegierungen bei leichter und mittlerer Bearbeitung.
		<b>M10~30</b>	
		<b>S05~20</b>	
<b>YBG205</b>	Special PVD nano-TiAlN coated fine grain hard carbide grade. Good performance in combination of toughness and wear resistance.  Spezielle Nano-TiAlN PVD-beschichtete, feinkörnige Hartmetallsorte. Hervorragende Kombination von Zähigkeit und Verschleißfestigkeit.	<b>M10~30</b>	Milling of steel, finishing and semi-finishing of stainless steel.
			Zum Fräsen von rostfreiem Stahl bei leichter und mittlere Bearbeitung
<b>YBG302</b>	Substrate with reasonable hardness and strength + Nano-TiAlN PVD coating  Substrate mit guter Härte und Festigkeit + Nano-TiAlN PVD Beschichtung.	<b>P25~P40</b>	For rough and semi-finish milling of steel and stainless steel.
		<b>M25~40</b>	Anwendung für mittlere und Schruppbearbeitung von Stahl, und rostfreiem Stahl.
<b>YBG152</b>	Substrate with medium hardness and strength + Nano-TiAlN PVD coating  Substrate mit mittlerer Härte und Festigkeit + Nano-TiAlN PVD Beschichtung	<b>K 20~35</b>	Applicable for rough and semi-finish milling of cast iron.
			Anwendung für Schrupp- und mittlere Bearbeitung. von Guss.
<b>YBG252</b>	Ultra fine carbide substrate plus nano-TiAlN PVD coating with high strength, toughness and wear resistance.  Ultra-Feinkorn-Hartmetall plus Nano-TiAlN PVD-Beschichtung mit guter Zähigkeit und Verschleißfestigkeit.	<b>P05~20</b>	Special for finishing of alloy steel, stainless steel and cast iron.  Speziell zum Schlichten von legiertem Stahl, rostfreiem Stahl und Guss.
		<b>M05~20</b>	
		<b>K05~K20</b>	

### Face Milling Tools · Planfräser

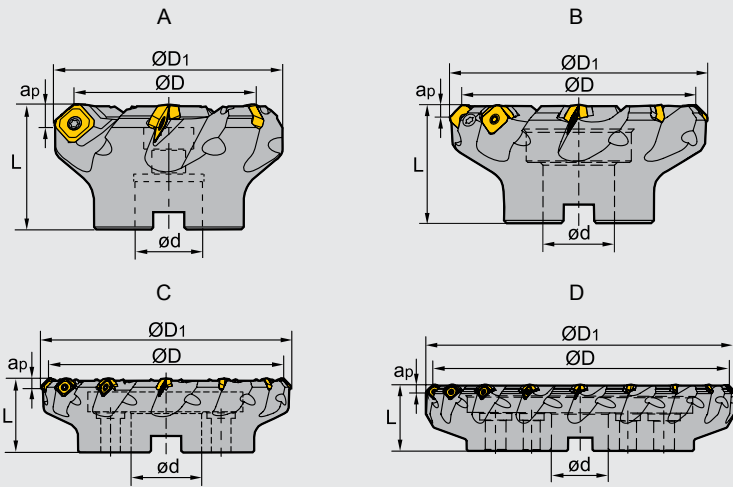
Kr:45°



**FMA01** P M K N S



Fine pitch  
Enge Teilung



### Specification of tools · Werkzeug Beschreibung

Type Typ	Stock Lager	Dimension (mm) Abmessung							No. of teeth Zähne	Coupling Aufnahme	Weight Gewicht (kg)
		R	L	Ø D	Ø D <sub>1</sub>	Ø D	L	ap <sub>max</sub>			
<b>FMA01</b>											
-050-A22-SE12-04	● ○	●	○	50	61	22	40	6	4	A	0.3
-050-A22-SE12-04C	● ○	●	○	50	61	22	40	6	4	A	0.3
<b>-063-A22-SE12-05</b>	● ○	●	○	<b>63</b>	<b>74</b>	<b>22</b>	<b>40</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	<b>A</b>	<b>0.5</b>
-063-A22-SE12-05C	● ○	●	○	63	74	22	40	6	5	A	0.5
-080-A27-SE12-06	● ○	●	○	80	91	27	50	6	6	A	1.2
-080-A27-SE12-06C	● ○	●	○	80	91	27	50	6	6	A	1.2
-100-B32-SE12-07	● ○	●	○	100	107	32	50	6	7	B	1.2
-100-B32-SE12-07C	● ○	●	○	100	107	32	50	6	7	B	1.2
-125-B40-SE12-08	● ○	●	○	125	136	40	63	6	8	B	2.6
-125-B40-SE12-08C	● ○	●	○	125	136	40	63	6	8	B	2.6
-160-B40-SE12-10	● ○	●	○	160	170	40	63	6	10	B	4.3
-160-B40-SE12-10C	○ ○	○	○	160	170	40	63	6	10	B	4.3
-200-C60-SE12-12	● ○	●	○	200	210	60	63	6	12	C	7.6
-250-C60-SE12-14	● ○	●	○	250	260	60	63	6	14	C	13.5
-315-D60-SE12-18	● ○	●	○	315	325	60	70	6	18	D	20.8

### Spare Parts · Ersatzteile

Diameter Durchmesser Ø D	Screw Schraube	Shim Unterlage	Shim screw Unterlagenschraube	Wrench Schlüssel	Wrench Schlüssel
Ø50 - Ø100	I60M3.5×10	--	--	WT15IS	--
Ø125 - Ø315	I60M3.5×12	S13BS	SM5×7XA		WH35L

● Ex Stock / ab Lager ○ On demand / auf Anfrage



### Face Milling Tools · Planfräser

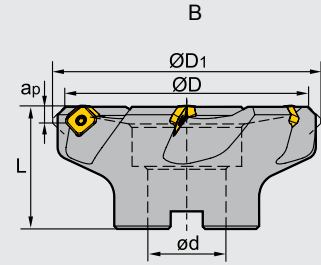
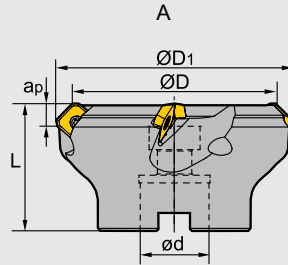
Kr:45°



**FMA02** P M K N S



Coarse and differential pitch  
Normale und weite Teilung





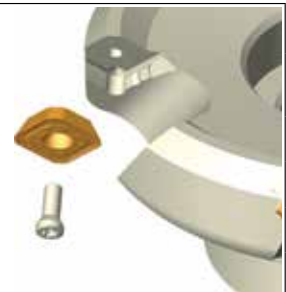
### Specification of tools · Werkzeug Beschreibung

Type Typ	Stock Lager	Dimension (mm) Abmessung							No. of teeth Zähne	Coupling Aufnahme	Weight Gewicht (kg)
		R	L	Ø D	Ø D <sub>1</sub>	Ø D	L	ap <sub>max</sub>			
<b>FMA02</b>	-050-A22-SE12-03	●	○	50	61	22	40	6	3	A	0.4
	-050-A22-SE12-03C	●	○	50	61	22	40	6	3	A	0.4
	-063-A22-SE12-04	●	○	63	74	22	40	6	4	A	0.6
	-063-A22-SE12-04C	●	○	63	74	22	40	6	4	A	0.6
	-080-A27-SE12-04	●	○	80	91	27	50	6	4	A	1.3
	-080-A27-SE12-04C	●	○	80	91	27	50	6	4	A	1.3
	-100-B32-SE12-05	●	○	100	107	32	50	6	5	B	1.3
	-100-B32-SE12-05C	○	○	100	107	32	50	6	5	B	1.3
	-125-B40-SE12-06	○	○	125	131	40	63	6	6	B	2.6
	-125-B40-SE12-06C	○	○	125	131	40	63	6	6	B	2.6

● Ex Stock / ab Lager ○ On demand / auf Anfrage

### Spare Parts · Ersatzteile

Diameter Durchmesser Ø D	Screw Schraube	Wrench Schlüssel
Ø50-Ø125	 I60M3.5×10	 WT15IS



Applicable tool  
Werkzeug **B11-B18**

Tools code key  
Werkzeug ISO **B26-B27**

Grade selection guide  
Sortenauswahl **B19-B23**

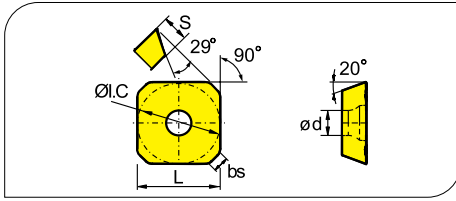
Technical data  
Technische Daten **B215-B220**



# Milling · Fräsen

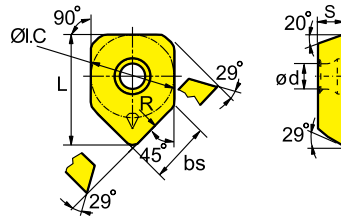
## Indexable Milling · Fräswendeplatten

Applicable inserts · Wendeschneidplatten



Workpiece Material Werkstoffe	Ideal Machining Condition Gute Bearbeitungsbedingungen		Normal Machining Condition Normale Bearbeitungsbedingungen		Unfavorable Machining Condition Ungünstige Bearbeitungsbedingungen	
	●	●	●	●	●	●
<b>P</b> Steel Stahl	●	●	●	●	●	●
<b>M</b> Stainless Steel Rostfreier Stahl	●	●	●	●	●	●
<b>K</b> Cast Iron Gusseisen					●	●
<b>N</b> Non-ferrous material Nichte Metalle						●
<b>S</b> Heat-resistant steel Wärmeester Stahl					●	●

Insert shape Plattenform	Type Typ	Dimension (mm) Abmessung						CVD Coating CVD Beschicht.						PVD Coating PVD Beschicht.				Cermet Cermet	Carbide uncoat. unbe. Hartmetall							
		L	ØI.C	S	ød	bs	R	YBC301	YBC302	YBC401	YBM251	YBM253	YBM351	YBD152	YBD252	YBG102	YBG202		YBG205	YBG302	YBG152	YBG252	YNG151	YNG151C	YC30S	YD101
	SEET12T3-DF	13.4	13.4	3.97	4.1	2.55		●	●	●	●	●				●		○				○				
	SEET12T3-CF	13.4	13.4	3.97	4.1	2.55							●			●		○							●	
	SEET12T3-EF	13.4	13.4	3.97	4.1	2.55											●	●								
	SEET12T3-DM	13.4	13.4	3.97	4.1	2.55		●	●	●	●	●	●				●	●								
	SEET12T3-CM	13.4	13.4	3.97	4.1	2.55							●			●		○							○	
	SEET12T3-EM	13.4	13.4	3.97	4.1	2.55				●	○	●					●	●								
	<b>SEET12T3-DR</b>	<b>13.4</b>	<b>13.4</b>	<b>3.97</b>	<b>4.1</b>	<b>2.55</b>		●	●			●	●				○	○								
	SEET12T3-CR	13.4	13.4	3.97	4.1	2.55							●	●			○	○								
	SEET12T3-LH	13.4	13.4	3.97	4.1	2.55																		●	●	
	SEET12T3-W	17.82	13.4	3.97	4.1	9.46	500				○		○				●	○			○					



● Ex Stock / ab Lager ○ On demand / auf Anfrage

### Chipbreaker Selection for FMA01 · Spanbrecher Auswahl für FMA01

Application Anwendung	Finishing Schlichten	Semi-Finishing Mittlere Bearbeitung	Roughing Schruppen
<b>P</b>	-DF	-DM	-DR
<b>M</b> <b>S</b>	-EF	-EM	
<b>K</b>	-CF	-CM	-CR
<b>N</b>	-LH		

### Recommended cutting data · Empfohlene Schnittdaten

Workpiece material Werkstückstoff	Hardness HB Härte	Grade Sorte	Cutting data Schnittdaten				
			V (m/min)	f (mm/z)			
				-DF	-DM	-DR	
<b>P</b>	Low-carbon steel Soft steel Niedrig legierter Kohlenstoffstahl Baustahl	YBM251 YBC301	270(220-350)	0.15(0.1-0.2)	0.2 (0.1-0.3)	0.3(0.2-0.4)	
		YBG202 YBG205	270(200-360)	0.15(0.1-0.2)	0.2 (0.1-0.3)	0.3(0.2-0.4)	
		YBG302	230(180-350)	0.15(0.1-0.2)	0.2 (0.1-0.3)	0.3(0.2-0.4)	
		YBM351 YBC401	220(170-300)	0.15(0.1-0.2)	0.2 (0.1-0.3)	0.3(0.2-0.4)	
	High-carbon steel Alloy steel Hoch Leg. Kohlenstoffstahl	180-280	YBM251 YBC301	240 (200-320)	0.15(0.1-0.2)	0.2 (0.1-0.3)	0.3(0.2-0.4)
		YBG202 YBG205	240 (180-350)	0.15(0.1-0.2)	0.2 (0.1-0.3)	0.3(0.2-0.4)	
		YBG302	220 (150-330)	0.15(0.1-0.2)	0.2 (0.1-0.3)	0.3(0.2-0.4)	
		YBM351 YBC401	200 (150-280)	0.15(0.1-0.2)	0.2 (0.1-0.3)	0.3(0.2-0.4)	
	Alloy tool steel Leg. Werkzeugstahl	280-350	YBM251 YBC301 YBD252	220 (180-300)	0.15(0.1-0.2)	0.2 (0.1-0.3)	0.3(0.2-0.4)
		YBG202 YBG205	220 (170-340)	0.15(0.1-0.2)	0.2 (0.1-0.3)	0.3(0.2-0.4)	
		YBG302	190 (130-300)	0.15(0.1-0.2)	0.2 (0.1-0.3)	0.3(0.2-0.4)	
		YBM351 YBC401	180 (150-250)	0.15(0.1-0.2)	0.2 (0.1-0.3)	0.3(0.2-0.4)	
<b>M</b>	Stainless steel Rostfreier Stahl	≤270	YBM251	150 (120-240)	-EF 0.15(0.1-0.2)	-EM 0.2 (0.1-0.3)	
			YBG202 YBG205	160 (110-270)	0.15(0.1-0.2)	0.2 (0.1-0.3)	
			YBG302	140 (100-250)	0.15(0.1-0.2)	0.2 (0.1-0.3)	
			YBM351 YBC401	140 (100-220)	0.15(0.1-0.2)	0.2 (0.1-0.3)	
<b>K</b>	Cast iron Gusseisen	180-250	YBG102	210 (120-300)	-CF 0.15(0.1-0.2)	-CM 0.2 (0.1-0.3)	
			YBD152	240 (180-300)	0.15(0.1-0.2)	-CR 0.3(0.2-0.4)	
<b>N</b>	Al alloy NE-Metalle	-	YD101	300-	-LH		
			YD201	300-	0.25 (0.1-0.4)		
<b>S</b>	High temperature alloy Hoch warmfeste Leg.	≤400	YBG202	40(20-50)	-EF 0.1 (0.1-0.2)	-EM 0.15 (0.1-0.3)	

# Milling · Fräsen

Indexable Milling Tools · Wendeplattenfräser

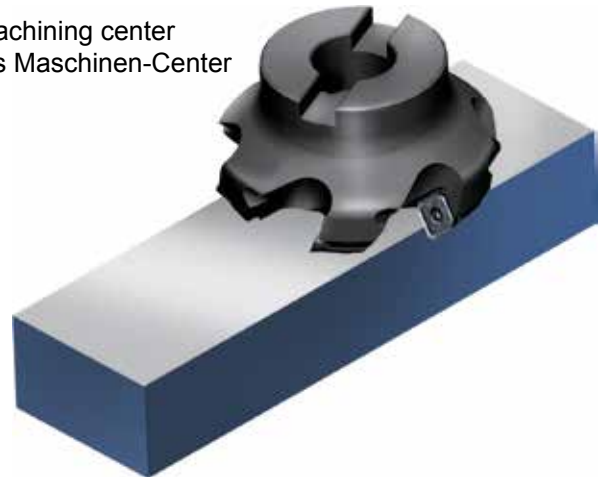
## Case study for FMA 01 Bearbeitungsbeispiel für FMA 01

Workpiece material: 1Cr18Ni9Ti (HB180)  
Werkstückstoff:

Cooling system: dry cutting  
Kühlsystem: trocken

Machine: vertical machining center  
Maschine: vertikales Maschinen-Center

Cutting data:  
Schnittdaten:  
Vc=160m/min  
ap=1mm  
fz=0.2mm/z  
ae=60mm



- Tool · Werkzeug : FMR01-080-A27-SE12-06
- Inserts · WSP : SEET12T3-DM/YBG202

Surface roughness of workpiece  
Rauhtiefe des Material

**ZCC-CT**:Ra1.2

Produkt of competitor: Ra1.6  
Wettbewerbsprodukt

- Wear comparison of insert.
- Verschleißvergleich der WSP

**ZCC-CT**

Produkt of competitor  
Wettbewerbsprodukt

17'30"



29'30"

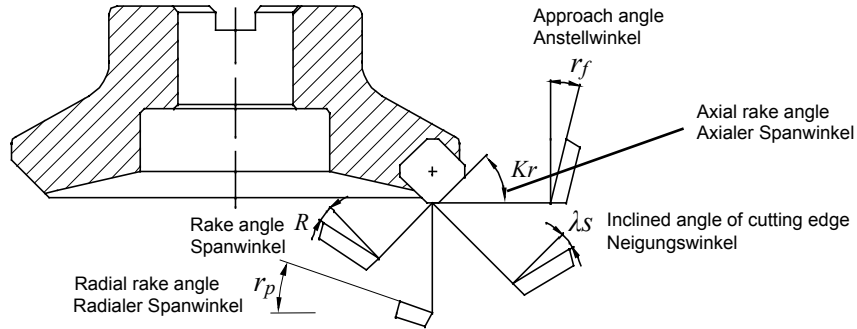


33'30"



● Ex Stock / ab Lager ○ On demand / auf Anfrage

### Function of each part in face milling · Winkelfunktion beim Planfräsen



### Main angles of face mills · Winkel beim Planfräsen

Designation Winkel	Function Funktion	Effect Auswirkung		
Axial rake angle Axialer Spanwinkel $r_f$	Determining the chip direction Beeinflusst die Spanflußrichtung	negative angle, excellent chip removal Negativer <Spanwinkel, gute Späneabfuhr		
Radial rake angle Radialer Spanwinkel $r_p$	Determining sharpness of cutting edge Definiert die Schneidenschärfe	Positive angle, good cutting performance Positive Winkel, gute Schnittleistung		
Approach angle Anstellwinkel $Kr$	Determining the chip thickness Beeinflusst die Spandicke	$Kr \uparrow$ , chip thickness $\uparrow$ , $Kr \downarrow$ , chip thickness $\downarrow$ ; $Kr \uparrow$ , Spandicke $\uparrow$ , $Kr \downarrow$ , Spandicke $\downarrow$ ;		
Rake angle Spanwinkel $R$	Determining true sharpness of cutting edge Beeinflusst die wahre Plattenschärfe	Poor cutting performance, high strength of cutting edge Schlechte Schnittleistung, starke Schneidkante	(-) $\leftarrow$ 0 $\rightarrow$ (+)	Good cutting performance, low strength of cutting edge Schlechte Schnittleistung, starke Schneidkante
Inclined angle of cutting edge Neigungswinkel $\lambda_s$	Determining the chip flow direction Beeinflusst die Spanflußrichtung	Poor cutting performance, high strength of cutting edge Gute Schnittleistung, schwächere Schneidkante	(-) $\leftarrow$ 0 $\rightarrow$ (+)	Good cutting performance, low strength of cutting edge Gute Schnittleistung, schwächere Schneidkante

### Combination of different rake angles · Kombination von verschiedenen Spanwinkeln

Negative rake angle Negativer Spanwinkel		Double positive Doppelt Positiv	Double negative Doppelt Negativ	One pos., one neg. Positiv / Negativ
0° rake angle Neutraler Winkel				
Positive rake angle Positiver Spanwinkel				
Axial rake angle $r_f$ / axialer Spanwinkel		+	-	+
Radial rake angle $r_p$ / radialer Spanwinkel		+	-	-
Applicable material machined Anwendungsbereich	<b>P</b>	✓		✓
	<b>M</b>	✓		✓
	<b>K</b>		✓	✓
	<b>N</b>	✓		
	<b>S</b>	✓		✓

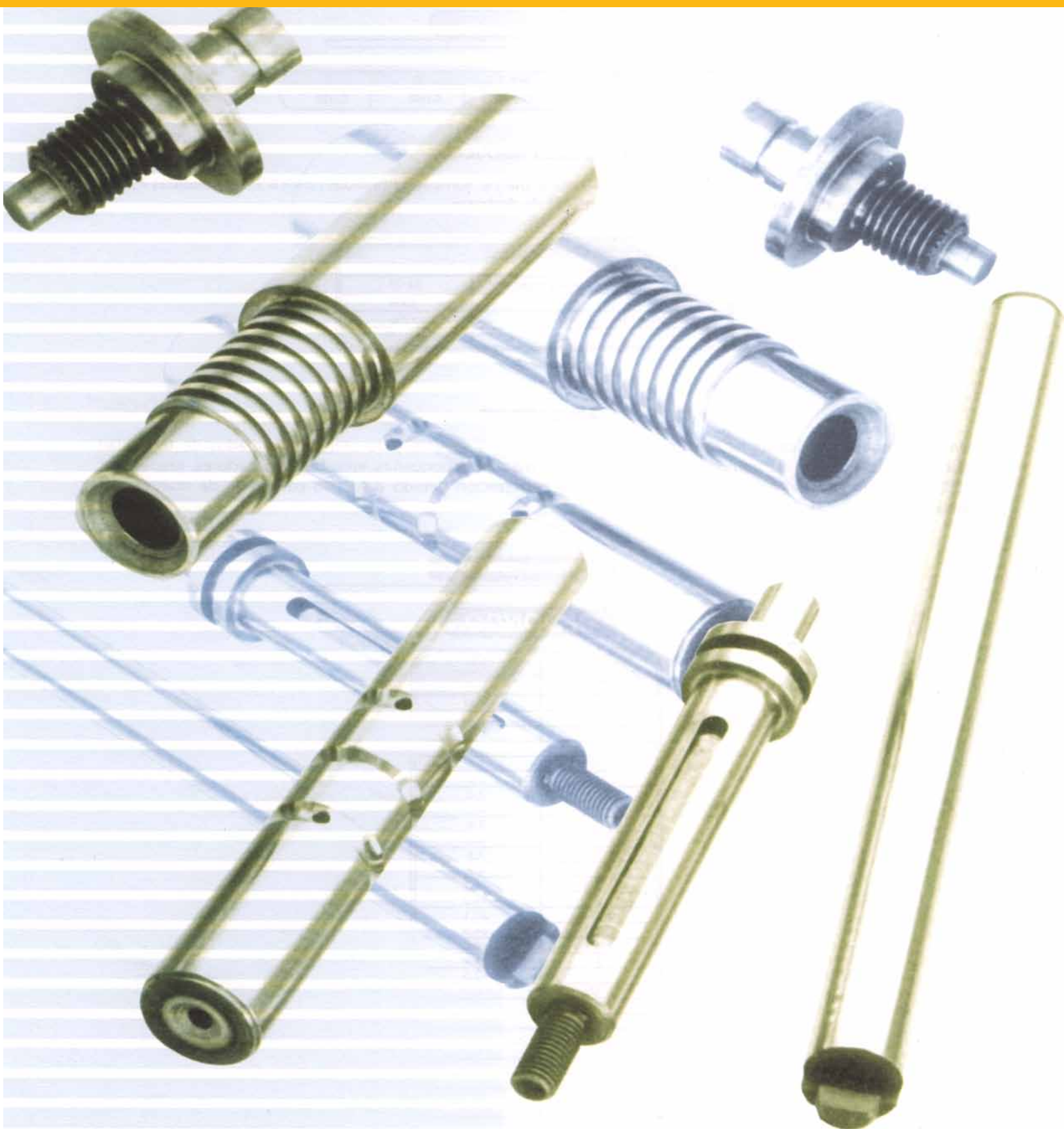
# General Technical Inform - Allgemeine Technische Info

## Coated Cemeted Carbide PVD - beschichtetes Hartmetall PVD

ISO	ZCC-CT	Sandvik	Kennametal	Sumitomo	Mitsubishi	Toshiba Tungaloy	Walter	Kyocera	Iscar	SECO	Korloy	Ingersoll Tague Tec
P Steel - Stahl	P01							PR915				
	P10	GC1515 GC1125 GC1025	KG5010 KCU10		VP15TF UP20M	AH710	WSM10	PR930 PR1005 PR1005	IC507 IC570 IC907 IC908 IC520N			TT9030
	P20	GC1515 GC1125 GC1025	KG5010 KCU10		VP15TF VP20MF UP20M	AH725 SH730 AH120	WSM10 WSM20 WSM21	PR930 PR1005 PR1025 PR1225	IC520N IC530N IC507 IC570 IC907 IC908	TS2000 TS2500		TT7220 TT9020 TT9030
	P30	GC1125 GC2035	KG5025 KCU25	AC530U	VP20MF UP20M	AH725 SH730 J740	WSM30	PR660 PR1025	IC3028 IC1008	TS2500	PC5300	TT8020 TT7220 TT9020
P40	GC2035				J740		PR660	IC3028 IC1008				TT8020
M Stainless Steel Rostfreier Stahl	M10	GC1105 GC1115 GC1025 GC1125 GC1515	KG5010 KCU10	EHZ10 AC510U	VP15TF UP20M	AH710	WSM10	PR915 PR1005	IC520N IC520 IC507 IC570 IC807 IC907	TS2000	PC8110	TT5030 TT9030 TT9020 TT5080
	M20	GC1105 GC1115 GC1025 GC1125 GC1515	KG5010 KCU10	AC520U	VP15TF VP20MF UP20M	AH120 AH725 SH730	WSM10 WSM20 WSM21	PR915 PR930 PR1025	IC530N IC507 IC807 IC907 IC3028 IC1008	TS2000 TS2500	PC5300	TT9030 TT9080 TT9020
	M30	GC1125 GC2035	KG5025 KCU25	AC530U	VP20MF UP20M	AH725 SH730 J740	WSM20 WSM21 WSM30	PR930 PR1025 PR1125	IC3028 IC1008	TS2500	PC9330	TT8020
	M40	GC2035					WSM30	PR1125 PR1225				
K Cast Iron Guss	K01											
	K10		KG5010 KCU10		VP15TF	GH110 AH110 AH710				TS2000		
	K20		KG5025 KCU25		VP15TF	AH120 AH710			IC1008	TS2000 TS2500		
	K30								IC1008	TS2500		
S Heat resist. super all. & Ti- alloys Warmf. Legl. & Ti- Legierung	S01					AH905						TT5030 TT5080
	S10	GC1105 GC1115	KG5010 KCU10 KC5510 KCS10	AC510U EH510Z	VP05RT VP10RT	AH725 AH110	WSM10	PR1305 PR1310 PR1325	IC507 IC807 IC907	TS2000	PC8110	TT5030 TT5080 TT9080
	S20	GC1205 GC1125 GC1515	KG5010 KCU10 KC5025 KCU25 KC5525	AC520U EH520Z	VP10RT VP15TF	AH725 SH730 AH120	WSM20 WSM21 WSM30	PR1325	IC507 IC807 IC907	TS2000 TS2500	PC5300	TT8020 TT9080
	S30			AC520U	VP15TF		WSM30	PR1125	IC3028	TS2500		
N Nonferite Mat. Ne-metalle	N01											
	N10	GC1125 GC1025 GC1515	KG5410				WXN10		IC520			
	N20		KC5410									

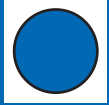
# **ANEXO E**

# ***EJE DE TRANSMISIÓN***





**SAE 1018**  
Eje de transmisión - tolerancias h10-h11



**GENERALIDADES:** Acero de bajo contenido de carbono.

**ANÁLISIS TÍPICO %**

	<b>C</b>	<b>Mn</b>	<b>P</b>	<b>S</b>
SAE 1018	0.15-0.20	0.60-0.90	0.040	0.050

**PROPIEDADES MECÁNICAS**

Suministrado laminado en frío (medidas pequeñas hasta 2 1/2 ") o torneado (medidas hasta 6"). Las medidas 7",8",9" y 10" son suministradas laminadas en caliente o torneado de desbaste.

<b>Propiedad: Laminado en Frío</b>	
Esfuerzo de cedencia, kg/mm <sup>2</sup>	min.31
Resistencia a la tracción, kg/mm <sup>2</sup>	51-71
Elongación, A5	20%
Reducción de área, Z	57%
Dureza	163 HB

**APLICACIONES**

Donde se requiera aplicaciones con cargas mecánicas no muy severas, pero con ciertos grados de tenacidad importantes, como por ej.: pernos y tuercas, piezas de máquinas pequeñas, ejes, bujes, pasadores, grapas, etc. Factible de cementación con buena profundidad de penetración debido a su alto contenido de manganeso. Excelente soldabilidad.

**MEDIDAS EN STOCK:**

**REDONDO**

<b>Díámetro (pulg)</b>	<b>Peso (kg/m)</b>
1/4	0,2
5/16	0,4
3/8	0,6
1/2	1,0
5/8	1,6
3/4	2,2
7/8	3,0
1	4,0
1 1/8	5,0
1 1/4	6,2
1 3/8	7,5
1 1/2	8,9
1 3/4	12,2
2	15,9
2 1/4	20,1
2 1/2	24,9
2 3/4	30,1
3	35,8
3 1/4	42,0
3 1/2	48,7
4	63,6
4 1/2	80,5
5	99,4
5 1/2	120,3
6	143,2
7	194,9
8	254,6
9	322,2
10	397,8



# **ANEXO F**



# Coolube®

*Advanced Metal Cutting Lubricant*

# Coolube® Advanced Metal Cutting Lubricant

## Coolube® and MQL: The Future of Metal Cutting Fluid

These days, “going green” is a concern for many manufacturers and implementing *Minimum Quantity Lubrication* (MQL) with Unist Coolube® is an easy step in that direction. MQL is the process of applying minute amounts of high-quality lubricant directly to the cutting tool/work piece interface instead of using traditional flood coolants. MQL minimizes your environmental impact by significantly reducing fluid usage and eliminating the need for coolant treatment and disposal. These benefits are multiplied further when using 100% biodegradable Coolube® lubricants which are formulated from renewable plant-based oils. When considering these facts along with the performance benefits of Coolube® and MQL, it becomes obvious that this is the future of metal cutting fluid!

## What Makes Coolube® Unique?

Using the right lubricant is very important in MQL applications. The perfect lubricant will adhere to the surface of the tool and provide a thin, low friction barrier between the cutting tool and work piece. Studies have shown that Coolube® has superior properties which make it an ideal lubricant. Coolube's® polar properties create a strong consistent bond between Coolube® and metallic surfaces. This creates an even, strong, and durable layer of lubrication. Coolube® reduces friction 50% better than typical mineral oils preventing heat buildup and resulting in longer tool life and a superior cut finish.



## Unist MQL Application Systems

Coolube® is most effective when accurately applied with a Unist MQL application system. Unist systems feature precise air operated metering pumps that can deliver Coolube® in quantities of less than a drop per cycle. Coolube® is typically mixed with a small amount of compressed air right at the nozzle tip to disperse the fluid and propel it to the cutting tool. The ability to precisely control both the fluid and air is the key to maximizing productivity when applying Coolube®. Unist manufactures a broad range of metal cutting application systems from basic systems for saws or drill presses to sophisticated electronically controlled systems for CNC machines. All of our systems feature a lifetime warranty on the fluid metering pumps when used exclusively with Coolube® lubricants.

## Environmental Impact

Coolube's® 100% natural, non-toxic, renewable plant oil-based composition makes it an ideal choice for manufacturers who care about their environmental impact. Coolube® contains no petroleum products, is 100% chlorine and silicone free and produces no harmful VOC's. Coolube® is completely biodegradable, yet still has a long shelf life.

### Coolube® contains no petroleum products.

It is 100% chlorine and silicone free and produces no harmful VOC's.



## Impact on Your Shop

Coolube® is as good for your shop as it is for the global environment. Its non-toxic formula is safe for workers and will not cause dermatitis. Implementing MQL with Coolube® also eliminates coolant spills and overspray resulting in dry machines and floors and improved safety conditions.

## Impact on Your Bottom Line

Coolube® is one of the most cost-effective metal cutting fluids available when you consider the amount of Coolube® required and the additional benefits it offers. Coolube® is most effective when applied sparingly. In a typical operation, the amount of Coolube® consumed in an eight hour shift is only a few ounces. This is in stark contrast to traditional flood coolant systems that require gallons of coolant, coolant filtering, testing, treatment, and disposal. Replacing a flood coolant system with Coolube® and a Unist MQL system eliminates these costs while often increasing tool life and improving surface finish. Additional savings include reduced housekeeping/cleaning costs and an increase in the recycling value of chips because they are clean and dry.

### Increased Chip Value

Coolube®



Coolant



Evaluate a UNIST MQL System

Ask About A Free Trial!

## LIFETIME PUMP WARRANTY

Your Coolubricator's™ pump is warranted for life when used exclusively with Unist Coolube® Lubricant



- Improved Tool Life
- No Employee Health Concerns
- Increased Production Speed
- Less Housekeeping
- Increased Chip Value
- No Coolant Treatment or Disposal
- No Fluid Oxidation (Stickiness)
- No Thermal Shock with Carbide Tools



### Coolube® 2210

Coolube® 2210 is formulated as a metal cutting lubricant for non-ferrous metals. It is 100% natural, non-toxic, non-staining, and will not oxidize (become sticky or leave a residue).

- Odor: Neutral
- Appearance: Clear
- Water Solubility: Insoluble
- Flash point: > 400°F (204°C)
- Oxidization/Polymerization: None
- Available: 1 Quart (0.94 Liters), 1 Gallon (3.78 Liters), 55 Gallon Drum (208 Liters)

#### Health, Safety, and Environmental

- Does not contain any ingredients currently recognized as hazardous by OSHA, IARC or NIP.
- Does not contain any petroleum oil.
- Does not interfere with waste water discharge.
- Will never cause dermatitis.
- Formulated from cosmetic grade raw materials and is entirely worker and environmentally safe.

Download MSDS at [unist.com/msds](http://unist.com/msds)



### Coolube® 2210EP (Extreme Pressure)

Coolube® 2210EP features a special formulation ideal for ferrous metals. Its 100% natural base with extreme pressure additives will not oxidize (become sticky or leave a residue).

- Odor: Slight Sulphur
- Appearance: Amber
- Water Solubility: Insoluble
- Flash point: > 400°F (204°C)
- Oxidization/Polymerization: None
- Available: 1 Quart (0.94 Liters), 1 Gallon (3.78 Liters), 55 Gallon Drum (208 Liters)

#### Health, Safety, and Environmental

- Does not contain any ingredients currently recognized as hazardous by OSHA, IARC or NIP.
- Does not contain any petroleum oil.
- Does not interfere with waste water discharge.
- Will never cause dermatitis.
- Formulated from cosmetic grade raw materials and is entirely worker and environmentally safe.

Download MSDS at [unist.com/msds](http://unist.com/msds)



### Coolube® Solid and Paste

Coolube® solid and paste are ideal lubricants for portable cutting tools as well as abrasive applications such as belt sanding and grinding. Apply Coolube® solid or paste directly to the cutting/grinding surface to prolong tool life and prevent heat buildup in the work piece/tool interface.



Unist, Inc.  
4134 36th Street SE  
Grand Rapids, MI 49512 USA  
U.S. & Canada: 800.253.5462  
International: 616.949.0853  
Email: [salesupport@unist.com](mailto:salesupport@unist.com)

# ESTUDIO DEL EFECTO DEL SISTEMA DE MÍNIMA CANTIDAD DE LUBRICACIÓN (MQL) CON ACEITE VEGETAL EN LA VIDA DE LAS HERRAMIENTAS DE CORTE DE METAL DURO EN EL FRESADO DEL ACERO AISI 1018.

Núñez, Byron<sup>1</sup>

*Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica  
Ambato, Ecuador, e-mail:byron\_mna@hotmail.com*

---

**Resumen:** Hoy en día, la alta productividad del mecanizado es una cuestión importante para obtener beneficios económicos en la industria. Este propósito se podría lograr con altas velocidades de corte y avance, el comportamiento inherentemente producen altas temperaturas en la pieza y en la herramienta de corte. Muchos fluidos de corte se han ido desarrollando para controlar la temperatura en el proceso y aumentar la vida de la herramienta. El objetivo de este trabajo es comparar el desgaste de la herramienta usando diferentes fluidos de corte: mecanizado de inundación y mínima cantidad de lubricación (MQL). Los valores de desgaste de la herramienta de corte en fresas de carburo se evaluaron según la norma ISO 8688-1 1989. Los resultados experimentales mostraron que el uso de MQL reduce significativamente el desgaste de la herramienta en el fresado de acero AISI 1018 en condiciones de corte industrial. Los coeficientes de la ecuación de Taylor se calcularon para predecir la vida de las herramientas de corte por el método de regresión lineal.

**Palabras clave:** *mínima cantidad de lubricación (MQL), aceite vegetal, vida de las herramientas de corte de metal duro, fresado, acero AISI 1018.*

**Abstract:** Today, high productivity of machining is an important issue to obtain economic benefits in the industry. This purpose could be achieved with high cutting velocity and feed rate, the inherently behavior produce high temperatures in the interface couple cutting tool/ work piece. Many cutting fluids have been developing to control temperature in process and increase tool life. The objective of this paper is to compare the tool wear using different cutting fluids: flood machining and minimum quantity of lubrication (MQL). The values of carbide milling cutting tool wear was evaluate according with the ISO 8688-1 1989. The experimental results showed that using MQL reduces significantly tool wear in milling of AISI 1018 steel at industrial cutting conditions. The coefficients of the Taylor's equation were calculated to predict the life of cutting tools by the method of linear regression.

**Keywords:** *minimum quantity lubrication (MQL), vegetable oil, life of cutting tools carbide, milling, AISI 1018 steel.*

<sup>1</sup> Este artículo fue recibido el 30 de marzo de 2016. Bajo el tema del proyecto de titulación "Estudio del efecto del sistema de mínima cantidad de lubricación (MQL) con aceite vegetal en la vida de las herramientas de corte de metal duro en el fresado del acero AISI 1018".

## I. NOMENCLATURA

ap: Profundidad de corte.  
 fz: avance por diente.  
 n: Velocidad del husillo.  
 Q: Caudal.  
 Vc: Velocidad de corte.  
 VBmax: Desgaste de flanco máximo.  
 Vf: velocidad de avance.

## II Introducción

La importancia de los procesos de maquinado para la obtención de piezas mecánicas en tiempos cortos y a costos de producción razonables ha encaminado estudios en los cuales se analiza diferentes procesos de maquinado, herramientas de corte, fluidos, sistemas de lubricación.

En el estudio realizado sobre la "ECONOMÍA EN EL MAQUINADO PARA LA INDUSTRIA METAL MECÁNICA" se concluye que las herramientas de cerámica poseen menor costo por unidad y menor duración del ciclo que las herramientas de carburo cementado y que las herramientas de acero rápido además recomienda a las empresas metalmecánicas trabajar con una velocidad de corte en un rango comprendido entre la velocidad de corte para mínimo costo y la velocidad de corte para mínimo tiempo de producción y que las velocidades de corte tanto para minimizar el costo como para maximizar la producción, son directamente proporcionales a los parámetros C y n que intervienen en la ecuación de Taylor [1].

Al apreciar los costos que se producen en la utilización de herramientas de corte de diferentes materiales se realizan investigaciones para determinar parámetros de corte, lubricación y materiales a mecanizar en los numerosos procesos de maquinado y así determinar los más apropiados para prolongar la vida de las herramientas.

En los sistemas de lubricación se ha realizado una investigación sobre la influencia del mecanizado en seco y por mínimas cantidades de lubricación, concluyendo que el rendimiento de la herramienta mejoró con el sistema de mínimas cantidades de lubricación [2].

Un grupo de investigadores realizaron el estudio "MODELING THE EFFECTS OF CUTTING PARAMETERS IN MQL-EMPLOYED FINISH HARD-MILLING PROCESS USING D-OPTIMAL METHOD" determinando que los altos valores de rotación de la herramienta son desfavorables para la vida de la herramienta pero favorables para el acabado superficial [3].

Un estudio en colaboración HRE Hidraulic y Tecnalía con el tema "ESTUDIO COMPARATIVO DE LUBRICANTES PARA EL MECANIZADO DE ACERO INOXIDABLE DÚPLEX", se pudo evidenciar que el uso de MQL interior reduce los esfuerzos de corte del proceso, en comparación con el uso de MQL exterior, taladrina exterior o en seco; la potencia consumida por la máquina es menor con el sistema MQL que con taladrina, ya que se reducen las fuerzas de corte [4].

Además se está tomando en cuenta en las empresas lo referente a la salud ocupacional y responsabilidad con el medio ambiente, a esto se lo conoce como "GREEN MACHINING" en los cuales se realizaron estudios con tipos de fluidos como "FLUIDOS DE CORTE, CONSECUENCIAS Y PERSPECTIVAS" llegando a la conclusión que el corte de metales amortiguado por una

mezcla de aire - aceite proporciona un resultado magnífico teniendo en cuenta las ventajas que ofrece y la disponibilidad de aire en gran parte de los talleres de elaboración de metales, además manifiesta que los fluidos de corte han desempeñado un papel importante en el incremento de la vida útil de la herramienta, la exactitud y calidad de elaboración, pero su influencia en la salud del operario y en el medio ambiente han sido demostradas [5].

## III Metodología

Se determinó la muestra estadística de los insertos de metal duro que fueron ensayados de acuerdo a la norma ISO 8688-1 1989. Las probetas deben ser ensayadas en un intervalo determinado el cual fue de 5 minutos de mecanizado. [6]

Velocidad de corte	Profundidad	avance	Sistema de lubricación	lubricante	Tiempo	Desgaste de flanco
Máxima	Calculada	Recomendado	Inundación	Aceite soluble	Intervalos de 5 min.	Normado por ISO 8688-1 1989
Mínima			MQL	Aceite vegetal		

Tabla 1. Diseño experimental.

Percatándose de los parámetros que intervienen el mecanizado se procede a realizar la selección del tipo de inserto, lubricante y parámetros de corte para el mecanizado del material en función de sus características.

Conociendo el material a mecanizar se seleccionó un inserto de tipo P para trabajo con aceros al carbono, la configuración geométrica y características del inserto se determinó de acuerdo a la operación de maquinado (fresado frontal).

A continuación se tomó las velocidades de corte y avance por diente recomendadas por el fabricante luego se realizó el cálculo de n, Vf, ap y Q.

Los lubricantes seleccionados fueron aceite soluble con aplicaciones multipropósito ideal para el mecanizado de metales, tanto ferrosos como no ferrosos para el sistema por inundación y para el sistema de mínimas cantidades aceite vegetal ideal para materiales ferrosos.

Velocidad de corte	360m/ min – 200 m/min
Avance por diente	0.15 mm/diente
Profundidad de corte	1.2 mm
Caudal inundación	6.5 lt/min – 3.5 lt/min
Caudal MQL	480ml/hora
Acero	AISI 1018
VB max	0.35mm
Norma	ISO 8688-1 1989

Tabla 2. Parámetros del estudio.





**Figura 1.** Portaherramientas e insertos.

Se verificó el alineamiento de la entenalla con respecto al portaherramientas.



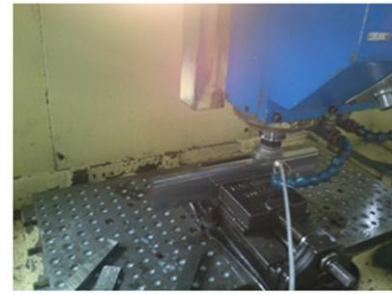
**Figura 2.** Alineación de la entenalla con reloj palpador.

Se realizó los ensayos para cada velocidad y también para los sistemas de lubricación, en base a la norma ISO 8688-1 1989.

Se mecanizo en los intervalos de tiempo planteados con los parámetros obtenidos en una fresadora CNC.

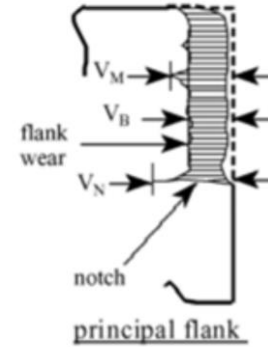


**Figura 3.** Fresado frontal (desbaste) inundación.



**Figura 4.** Fresado frontal (desbaste) MQL.

Posteriormente se midió el desgaste de flanco en el microscopio electrónico de barrido MEB.

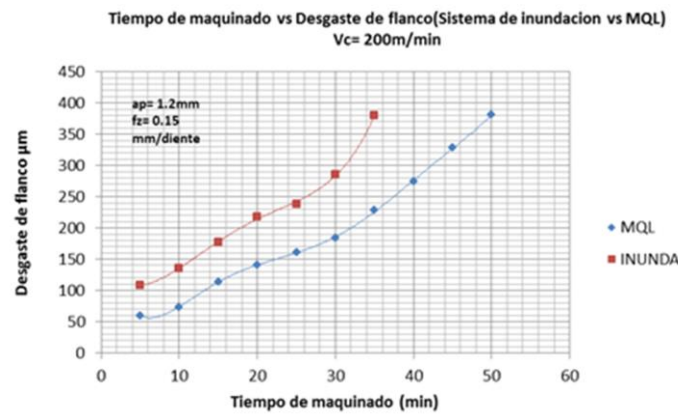


**Figura 5.** Desgaste de flanco.

Finalmente se realizó la recolección de datos para su posterior tabulación.

#### IV Resultados y discusión

Se pudo observar una prolongación en la vida de las herramientas con el uso del sistema de mínima cantidad de lubricación MQL.



**Figura 6.** Gráfica comparativa Vc 200m/min.



En el desgaste con velocidad de 200m/min se observa un desgaste uniforme en función del tiempo de maquinado en ambos sistemas en el cual la mayor vida útil de la herramienta es con el sistema MQL.

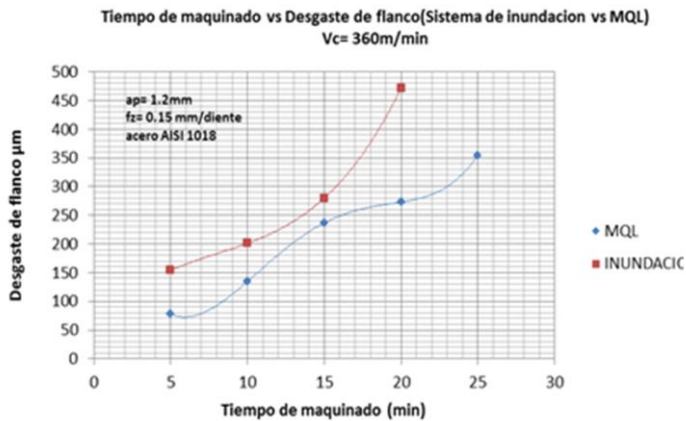
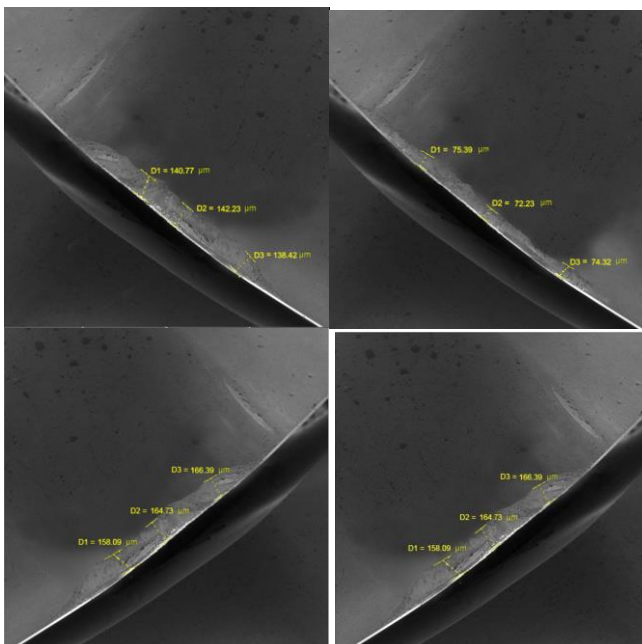


Figura 7. Gráfica comparativa Vc 360m/min

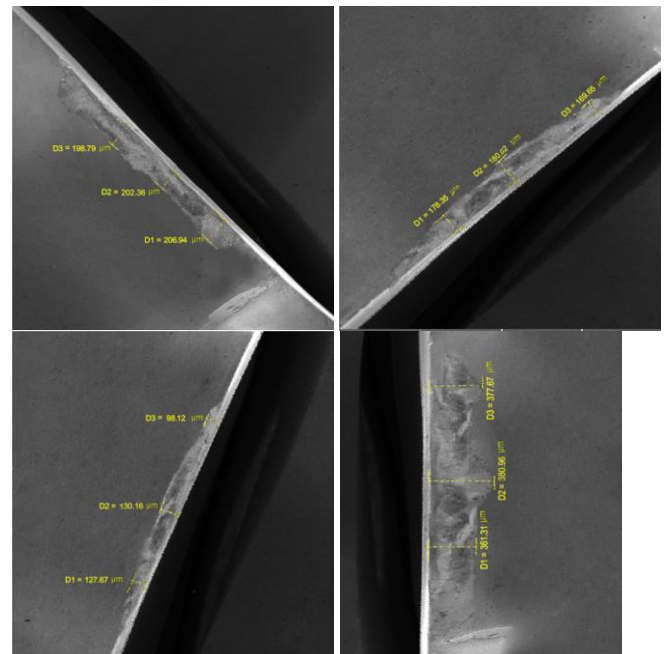
En el desgaste con velocidad de 360m/min se observa un desgaste abrupto en función del tiempo de maquinado en el sistema por inundación y en el sistema MQL el desgaste es ligeramente progresivo y en el cual su vida útil se prolongó.

Como se puede evidenciar en las gráficas 5 y 6 la utilización del sistema MQL aumenta la vida útil de las herramientas lo cual conlleva a una producción con costos razonables y tiempos cortos de maquinado, además con la utilización de aceite vegetal se disminuye la contaminación ambiental ingresando a lo que se conoce como "GREEN MACHINING" y reduciendo contaminación en el lugar de trabajo evitando riesgos de accidentes laborales al igual que enfermedades ocupacionales producidas por la utilización de productos derivados del petróleo.

A continuación se muestran imágenes de la medición del desgaste de flanco a través del microscopio de barrido.



DESGASTE APLICANDO SISTEMA MQL



DESGASTE APLICANDO SISTEMA POR INUNDACIÓN.

## V. Conclusiones

- ✓ El tiempo de vida útil de la herramienta de corte se refiere cuando trabaja en condiciones idóneas para la tarea dispuesta, esto se debe tener en cuenta en el proceso de acabado superficial ya que si está en condiciones ideales se puede evitar las imperfecciones en la pieza mecanizada.
- ✓ El sistema de mínima cantidad de lubricación prolongo la vida de la herramienta para la velocidad de corte de 360 m/min un 32% y para la velocidad de corte de 200m/min un 29.17%.
- ✓ Según los datos obtenidos se comprobó que la velocidad de corte influye en el proceso de desgaste acelerado.
- ✓ El aceite vegetal nos brinda una mejor lubricación así permite una prolongación en la vida útil de las herramientas de corte.
- ✓ Con el sistema de lubricación por mínimas cantidades al aumentar la vida útil de las herramientas se reduce los costos de producción.

Al utilizar aceite vegetal el sistema de mínima cantidad de lubricación MQL se emplea un método amigable con el medio ambiente al evitar el uso de aceites derivados del petróleo.

## VI. Bibliografía

- [1] John Jairo Coronado Marín, "Economía en el Maquinado para la Industria Metalmeccánica," Journal of management and Economics for Iberoamerica, vol. 21, no. 94, Oct. 2004.
- [2] Y. S. Liao and H. M. LIN, "Mechanism of minimum quantity lubrication in high-speed milling of hardened steel," International Journal of Machine Tools & Manufacture, no. 47, p. 7, ENERO 2007.

- [3] Asif Iqbal, He Ning, Iqbal Khan, Li Liang, and Naeem Ullah Dar, "Modeling the effects of cutting parameters in MQL-employed finish hard-milling process using D-optimal method," journal of materials processing technology , vol. I, no. 12, p. 12, 2008.
- [4] INDUSTRIA HRE. (2015) Estudio Comparativo de Lubricantes para el Mecanizado de Acero Inoxidable Dúplex. [Online]. [http://industria.hre.es/aplicaciones/mql\\_dacinox/mql-estudio-tecnalia](http://industria.hre.es/aplicaciones/mql_dacinox/mql-estudio-tecnalia)
- [5] Luis Wilfredo Ing.Hernández González and Ana Maria Quesada Estrada., "FLUIDOS DE CORTE, CONSECUENCIAS Y PERSPECTIVAS," CIENCIAS HOLGUÍN, vol. VIII, p. 11, 07-09 2002.
- [6] ISO, Tool life testing in milling-1, 1989.