

**UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA  
SEDE VIÑA DEL MAR – JOSÉ MIGUEL CARRERA**

**ELABORACIÓN DE ENSAYO PARA DETERMINAR CALIDADES  
SUPERFICIALES EN RECTIFICADORA PLANA, MEDIANTE DISTINTAS  
CONDICIONES DE AVANCE.**

Trabajo de Titulación para optar al Título de Técnico  
Universitario en MECÁNICA INDUSTRIAL.

Alumnos:

Sebastián Andrés Retamales Herrera

Carlos Felipe Zambrano Brito

Profesor Guía:

Sr. José Carvallo Basaez

**2019**

## **RESUMEN**

El trabajo de título consiste en realizar un ensayo con la finalidad de obtener los valores de rugosidad resultantes del proceso de mecanizado en la rectificadora plana, utilizando distintos valores de avance con los cuales se trabaja en la máquina, este proceso se efectuará con dos muelas abrasivas del mismo material de grano, pero con distinto grado (una de grado 80 y otra de 46). El ensayo a su vez se divide en dos partes, la parte práctica y la parte estadística, la primera que consiste en la fabricación, posterior rectificado y medición de rugosidad de las probetas, y la segunda es el análisis de los todos los datos obtenidos para estadísticamente establecer un valor de rugosidad resultante del mecanizado con cada muela bajo las condiciones de avances establecidas.

El primer paso para la realización del ensayo es la fabricación de las probetas a partir de un acero SAE 1045, las cuales serán mecanizadas en la fresadora, con el propósito de establecer las dimensiones de cada superficie de muestreo en las probetas, una vez mecanizadas estas deberán ser templadas y revenidas a fin de que sean correctamente rectificadas. Las probetas proporcionaran un total de 6 muestras para la medición cada una (3 muestras en la cara superior y otras 3 en la inferior), son un total de 30 probetas, por lo que se obtendrán para el ensayo 180 muestras, que serán repartidas de forma equitativa en cada muela a utilizar (90 superficies de muestreo por rectificar con cada muela), a su vez en cada muela se trabajara con tres avances distintos, cuyos valores han sido medidos previamente de forma práctica en el taller mecánico, por lo que el total de muestra para el ensayo será de 30 muestras por avance (alto, medio y bajo). Por lo que en la rectificadora se mecanizaran 5 probetas por cada avance a utilizar, y luego del mecanizado en la rectificadora se procederá a medir la rugosidad de su superficie con el rugosímetro digital MITUTOYO que se encuentra en el taller de metrología de la universidad. Los datos de rugosidad obtenidos se analizarán de forma estadística lo que permitirá conocer valores de calidad superficial obtenibles trabajando con cada avance y muela en la rectificadora plana.

Al finalizar el trabajo los resultados fueron satisfactorios, y estuvieron dentro del rango de rugosidad conocido para la rectificadora plana y se logró determinar valores de rugosidad resultantes en el rectificado plano bajo los parámetros establecidos, se especificaron los valores de avance que dispone la rectificadora plana, y se consiguió elaborar un ensayo que reúne distintos tipos de actividades dentro del taller para su realización (mecanizado en distintas máquinas herramientas, tratamiento térmico, medición de rugosidad, y análisis de datos).

## ÍNDICE

<b>RESUMEN</b> .....	<b>2</b>
<b>INDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>6</b>
<b>INDICE DE TABLAS</b> .....	<b>7</b>
<b>SIGLAS Y SIMBOLOGÍA</b> .....	<b>9</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>11</b>
<b>OBJETIVO GENERAL:</b> .....	<b>1</b>
<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS:</b> .....	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO 1: RECOPIACIÓN DE ANTECEDENTES TÉCNICOS.</b> .....	<b>2</b>
<b>1.1. PROBLEMATICA.</b> .....	<b>1</b>
<b>1.2. RECTIFICADORA.</b> .....	<b>1</b>
1.2.1. Ubicación .....	1
1.2.2. Descripción de la Rectificadora.....	2
1.2.3. Aplicaciones .....	2
1.2.4. Parámetros de mecanizados.....	2
1.2.5. Obtención de Parámetros.....	3
1.2.6. Partes de la Rectificadora .....	7
<b>1.3. MUELA ABRASIVA</b> .....	<b>8</b>
1.3.1. Características de la muela: .....	8
1.3.1.1. Tipos de Abrasivos. ....	9
1.3.1.2. Tamaño del Grano .....	9
1.3.1.3. Grado de dureza.....	9
1.3.1.4. Estructura.....	9
1.3.1.5. Aglomerante. ....	10
1.3.2. Marcado de Muela.....	10
<b>1.4. MATERIAL A TRABAJAR.</b> .....	<b>12</b>
1.4.1. Características del Acero SAE 1045 .....	12
<b>1.5. TRATAMIENTO TERMICO DE LA PROBETA.</b> .....	<b>13</b>
1.5.1. Temple y Revenido. ....	13
<b>1.6. RUGOSIDAD Y CALIDAD SUPERFICIAL.</b> .....	<b>14</b>
1.6.1. Clasificación de diferencias de forma en las superficies. ....	16
1.6.2. Evaluación de rugosidad .....	18
1.6.3. Sistemas de referencia .....	18

1.6.3.1.	Sistema del perfil geométrico ideal. ....	18
1.6.3.2.	Sistema E.....	19
1.6.3.3.	Sistema M.....	19
1.6.4.	Perfil de Rugosidad. ....	20
1.6.4.1.	Perfil R .....	20
1.6.5.	Magnitudes utilizadas.....	21
1.6.5.1.	Profundidad de rugosidad Rt. ....	21
1.6.5.2.	Profundidad de alisado Rp.....	21
1.6.5.3.	Profundidad media de rugosidad Rz.....	22
1.6.5.4.	Média Aritmética de Rugosidad Ra.....	23
1.6.6.	Calidad superficial según proceso de fabricación .....	24
<b>1.7.</b>	<b>MEDICION DE RUGOSIDAD.....</b>	<b>25</b>
1.7.1.	Rugosímetro .....	25
1.7.2.	Partes de rugosímetro .....	25
1.7.3.	Norma DIN 4768 Determinación de los valores de rugosidad con aparatos eléctricos de palpado. ....	27
1.7.3.1.	Filtros de ondas (filtro de paso alto o cut off).....	27
1.7.3.1.1.	Características del filtro .....	28
1.7.3.1.2.	Longitud de onda límite $\lambda_C$ .....	28
1.7.3.1.3.	Tramo inicial $l_v$ .....	29
1.7.3.1.4.	Tramo total de medición $l_m$ .....	29
1.7.3.1.5.	Tramo de medición individual $l_e$ .....	29
1.7.3.1.6.	Tramo final $l_n$ .....	29
1.7.3.1.7.	Tramo de palpado $l_t$ .....	30
1.7.3.1.8.	Magnitudes o valores de rugosidad.....	30
1.7.3.1.9.	Condiciones de medición según la norma.....	30
<b>CAPITULO 2:</b>	<b>ELABORACIÓN DEL ENSAYO .....</b>	<b>33</b>
<b>2.</b>	<b>PREPARACIÓN Y ELABORACION DEL ENSAYO.....</b>	<b>34</b>
<b>2.1.</b>	<b>CORTE DEL MATERIAL EN BRUTO EN SIERRA ELÉCTRICA: .....</b>	<b>34</b>
2.1.1.	Procedimiento de trabajo:.....	35
<b>2.2.</b>	<b>MECANIZADO EN FRESADORA. ....</b>	<b>36</b>
2.2.1.	Procedimiento de trabajo en fresadora universal:.....	37
2.2.2.	Procedimiento de trabajo en fresadora vertical: .....	38
<b>2.3.</b>	<b>TALADRADO .....</b>	<b>39</b>
2.3.1.	Procedimiento de trabajo.....	40
<b>2.4.</b>	<b>TRATAMIENTO TÉRMICO DE TEMPLADO: .....</b>	<b>41</b>
2.4.1.	Procedimiento de trabajo:.....	41
<b>2.5.</b>	<b>TRATAMIENTO TÉRMICO DE REVENIDO: .....</b>	<b>43</b>
2.5.1.	Procedimiento de trabajo:.....	43

<b>2.6. RECTIFICADO:</b> .....	<b>46</b>
2.6.1. Procedimiento de trabajo:.....	48
<b>2.7. PROCESO DE MEDICIÓN DE RUGOSIDAD</b> .....	<b>51</b>
2.7.1. Selección de cut off ( $\lambda_c$ ):.....	51
2.7.2. Procedimiento de medición: .....	52
<b>CAPITULO 3: RECOPIACIÓN DE DATOS.</b> .....	<b>56</b>
<b>3. RECOPIACION DE DATOS.</b> .....	<b>57</b>
<b>3.1. DATOS OBTENIDOS DE LA MEDICIÓN.</b> .....	<b>57</b>
<b>3.2. ESTUDIO DE DATOS.</b> .....	<b>61</b>
3.2.1. Error Humano:.....	64
<b>3.3. DATOS ESTADÍSTICOS RA</b> .....	<b>66</b>
3.3.1. Media aritmética muela 46. ....	66
3.3.2. Media aritmética Muela 80.....	68
<b>3.4. TABLA DE VALORES DE RUGOSIDAD RESULTANTE</b> .....	<b>73</b>
<b>CONCLUSIÓN</b> .....	<b>74</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	<b>76</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>77</b>
<b>ANEXO A: HOJA DE REGISTRO.</b> .....	<b>78</b>
<b>ANEXO B: PARAMETROS PRE ESTABLECIDOS</b> .....	<b>80</b>
<b>ANEXO C: PLANO DE PROBETAS.</b> .....	<b>81</b>
<b>ANEXO D: MANUAL DE RUGOSÍMETRO SURFTEST J301.</b> .....	<b>82</b>

## INDICE DE FIGURAS

- Figura 1-1. Taller metal mecánico, UTFSM sede Viña del María
- Figura 1-2. Rectificadora plana DoALL D618-7
- Figura 1-3. Medición con tacómetro digital
- Figura 1-4. Velocidades de avance de la rectificadora plana.
- Figura 1-5. Partes de rectificadora plana DoALL D 618 – 7
- Figura 1-6. Aglomerante y abrasivos
- Figura 1-7. Diagrama del sistema marcado estándar
- Figura 1-8. Superposición de diferencias de forma y calidad superficial.
- Figura 1-9. Análisis de calidad superficial
- Figura 1-10. Corte ampliado para rugosidad transversal y longitudinal.
- Figura 1-11. Sistemas para perfil de referencia.
- Figura 1-12. Representación de los perfiles de referencia, medio y base.
- Figura 1-13. Perfil R
- Figura 1-14. Profundidad de rugosidad y alisado
- Figura 1-15. Profundidad de alisado
- Figura 1-16. Profundidad media de rugosidad.
- Figura 1-17. Profundidad media de rugosidad.
- Figura 1-18. Rugosidad típica según proceso de mecanizado.
- Figura 1-19. Rugosímetro Mitutoyo modelo SurfTestSJ-301 y sus componentes.
- Figura 1-20. Filtro de ondulación.
- Figura 1-21. Características del filtro con longitudes de onda límite  $\lambda_c$
- Figura 1-22. Curva de la rugosidad media  $R_z$  del perfil de rugosidad y tramos de medición.
- Figura 2-1. Sierra eléctrica de cinta.
- Figura 2-2. Sierra eléctrica Taller Metal Mecanico
- Figura 2-3. Maquinas Fresadoras Universal y vertical.
- Figura 2-4. Maquinas Fresadora Realizando Trabajo.
- Figura 2-5. Taladro Pedestal Taller Mecanico
- Figura 2-6. Ilustración Manejo de Probetas.
- Figura 2-7. Hornos Eléctrico para elaboración de tratamiento térmico
- Figura 2-8. Monitoreo de Temperatura
- Figura 2-9. Implementos de Seguridad.

Figura 2-10. Hornos eléctrico para elaboración de tratamiento térmico.

Figura 2-11. Probetas Post Templado.

Figura 2-12: ejemplo de hoja de registro escáner

Figura 2-13. Proceso de Rectificado.

Figura 2-14. Muelas Abrasivas Utilizadas para los Ensayos.

Figura 2-15: escáner hoja de registro

Figura 2-16: Rugosímetro Surfrest j301

Figura 2 -17: calibración de palpador

Figura 2-18: imagen ilustre de medición de rugosidad.

Figura 2-19: escáner hoja de registro medición

Figura 3-1. Gráfico comportamiento Rz

Figura 3-2. Comportamiento Ra

Figura 3-3. Comportamiento Ra avance 5

Figura 3-4. Comportamiento Ra avance 3

Figura 3-5. Comportamiento Ra avance 7

Figura 3-6 Comportamiento Ra avance 5

Figura 3-7. Comportamiento Ra avance 3

## **INDICE DE TABLAS**

Tabla 1-1 Parámetros de mecanizado

Tabla 1-2 Distancias y tiempos según el avance seleccionados

Tabla 1-3 Partes del equipo

Tabla 1-4. Marcado de muelas

Tabla 1-5. Propiedades químicas

Tabla 1-6 Propiedades Físicas

Tabla 1-7 Grados de rugosidad

Tabla 1-8 Clasificación de diferencias de forma.

Tabla 1-9 Características del instrumento.

Tabla 1-10 Parámetros según avance.

Tabla 1-11 Parámetros según Ra

Tabla 1-12 Parámetros según Rz

Tabla 2-1. Dimensiones: post corte con sierra eléctrica

Tabla 2-2. Dimensiones: Preestablecidas.

Tabla 2-3. Dimensiones: Preestablecidas.

Tabla 2-4. Dimensiones: Preestablecidas.

Tabla 2-5. Parámetros de taladro pedestal

Tabla 2-6. Partes de la Rectificadora plana.

Tabla 2-7: El Rz obtenido en procesos de rectificado de acero con muelas de carburo de silicio o corindón

Tabla 3-1. Datos Ra muela 46

Tabla 3-2. Datos Rz muela 46

Tabla 3-3. Datos Rt muela 46

Tabla 3-4. Datos Rp muela 46

Tabla 3-5. Datos Ra muela 80

Tabla 3-6 Datos Rz muela 80

Tabla3-7. Datos Rp muela 80

Tabla 3-8. Datos Rt muela 80

Tabla 3-9. Comportamiento Rz

Tabla 3-10. Avance 7 muela 46

Tabla 3-11. Avance 5 muela 46

Tabla 3-12. Avance 7 muela 80

Tabla 3-13. Avance 5 muela 80

Tabla 3-14. Avance 3 muela 80

Tabla 3-15. Datos avances 3 muelas 46

Tabla 3-16 Muela 46 Avance 7

Tabla 3-17. Muela 46 Avance 5

Tabla 3-18. Muela 46 grado 3

Tabla 3-19. Muela 80 Avance 7

Tabla 3-20. Muela 80 Avance 5

Tabla 3-21. Muela 80 Avance 3

## SIGLAS Y SIMBOLOGÍA

### **A. SIGLAS**

N1...N12	: Grados de rugosidad
Rt	: Profundidad de rugosidad. (Denominada Ry por la norma ISO y JIS)
Rp	: Profundidad de alisado
Ra	: Media aritmética de rugosidad
Rz	: Profundidad media de rugosidad en base a cinco puntos.
Tp	: Porcentaje superficie portante
Rpm	: Profundidad promedio de alisamiento
SAE	: Society of Automotive Engineers
ISO	: International Organization for Standardization

### **B. SIMBOLOGÍA**

W	: Watt
V	: Volt
A	: Amper
mm	: Milímetro
mm <sup>2</sup>	: Milímetro Cuadrado
hr	: Hora
kg	: Kilogramo
Hz	: Hertz
g	: Gramo
%	: Porcentaje
°C	: Grados Celsius
°F	: Grados Fahrenheit
≤	: Menor o igual que
Lm	: Longitud máxima
inch	: Pulgadas

$\lambda C$	: cut off
lv	: Tramo inicial
le	: Tramo de medición individual
ln	: Longitud final
lt	: Longitud palpada
RPM	: Revoluciones por minuto
rev	: Revoluciones
$N$	: <i>rpm</i>
$\emptyset$	: Diámetro
$Vt$	: Velocidad tangencial
m	: Metros
s	: Segundos
min	: Minutos
Mn	: Manganeso
P	: Fosforo
Max	: Máximo
S	: Azufre
Si	: Silicio
Pa	: Pascal
cm <sup>3</sup>	: Centímetros cúbicos
$\mu\text{m}$	: Micrómetros

## INTRODUCCIÓN

El contexto laboral en el que se encuentra ubicada nuestra carrera es el área industrial, en la cual se pueden desempeñar una serie de trabajos que pueden orientarse a la producción en serie, generación de energía o extracción de minerales por nombrar algunos ejemplos. Así se desempeñan una cantidad innumerable procedimientos y procesos, los cuales se realizan con una cantidad igualmente grande de máquinas, instrumentos y herramientas que sirven para cumplir con los requerimientos que se necesite.

El constante progreso en el área industrial exige métodos cada vez más eficientes para la elaboración de productos y cada vez más sofisticado el diseño de nuevos mecanismos exige una perfección creciente por lo que las tolerancias de fabricación son cada vez menores, tanto que las formas anteriormente aceptadas debido a su método de fabricación ya no son fiables sin una previa verificación de su geometría y calidad superficial.

Las superficies reales, por más perfectas y planas que se vean, presentan conjuntos de irregularidades procedentes del proceso de fabricación que se utilizó para su obtención, por ejemplo; torneado, fresado, bruñido, rectificado, etc. Las superficies así producidas se presentan un patrón o textura característica en su extensión conocida como rugosidad.

La rugosidad que se obtendrá de un proceso de mecanizado dependerá de la herramienta de corte que se utilice y las condiciones en las que se realice, por ende, cada mecanizado permite conseguir distintos valores de rugosidad, los cuales están estimados en rangos para cada uno de ellos. Esto produce que sea habitual que previo al trabajo en una máquina herramienta, se proceda a realizar otro proceso que lo complemente, con el fin de que la pieza obtenga la calidad superficial correspondiente a la función que deba cumplir.

Hay casos en que se puede saber con certeza la rugosidad que se obtendrá trabajando bajo ciertas condiciones con algún mecanizado en particular, ya que los resultados se pueden estimar en base a cálculos, que están establecidos por la geometría herramientas de corte a utilizar y los parámetros de mecanizado, pero a su vez también hay casos en que estos resultados no se pueden calcular ya que la herramienta utilizada en la máquina no lo permite, como por ejemplo operaciones de rectificado. Debido a este planteamiento surge la idea de realizar un trabajo de título que consista en la elaboración de un ensayo el cual se permita definir valores nominales de calidad superficial resultantes

del mecanizado en la rectificadora, esto sujeto a los parámetros de avances permitidos por la máquina con los cuales estaremos trabajando, a su vez con dos muelas abrasivas de distinto grado, con el fin de comparar resultados y probetas de un material definido para mecanizar en condiciones fijas de trabajo.

### **OBJETIVO GENERAL:**

- Determinar valores de calidad superficial obtenida de operaciones de rectificado plano, a través de un ensayo que considere los parámetros de mecanizado y herramientas utilizadas con la finalidad identificar los resultados de calidad superficial resultantes con cada proceso.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

1. Recopilar antecedentes técnicos de la rectificadora plana e información general de los procesos de rectificado, rugosidad y normativa de medición de rugosidad para la correcta ejecución del ensayo a realizar.
2. Elaborar probetas para su posterior utilización en los ensayos en el cual se medirá la calidad superficial de cada una de estas y obtener datos para el estudio.
3. Establecer estadísticamente valores de rugosidad resultantes del proceso de rectificado plano al trabajar bajo los parámetros de mecanizado establecidos para el ensayo.

**CAPÍTULO 1: RECOPIACIÓN**  
**DE ANTECEDENTES TÉCNICOS.**

## 1. PRESENTACIÓN DEL TEMA

### 1.1. PROBLEMATICA.

Un factor común presente en los procesos de arranque de viruta es que la herramienta de corte posee una geometría definida la cual permite, a través de cálculos estimar los valores de rugosidad obtenibles al término del proceso, pero también existen procesos de mecanizado por abrasión los cuales no trabajan con herramientas de geometría definida, como en el caso del rectificado, debido a que se utilizan muelas abrasivas como herramienta de corte. En este caso no hay registros ni cálculos que permitan estimar con certeza el valor de la calidad superficial (Rugosidad) que se obtendrá al final de proceso, a su vez este resultado está sujeto a un parámetro, el cual corresponde al avance, debido a que el resto de los parámetros de mecanizados presentes (Rpm, velocidad de corte) son constantes para este trabajo, por lo que al aumentar o disminuir trae como consecuencia que la calidad superficial de la pieza, disminuya o viceversa, por lo que este trabajo de título pretende determinar valores de rugosidad resultantes del proceso de rectificado plano al trabajar en distintas condiciones de avance disponibles en la rectificadora plana del taller y con muelas abrasivas de diferente grado.

### 1.2. RECTIFICADORA.

#### 1.2.1. Ubicación

La máquina herramienta donde se realizará el ensayo será la rectificadora plana DOALL modelo D618-7 que se encuentra en el taller metalmecánico del departamento de mecánica de la UTFSM JMC, y es utilizado para la formación práctica de los alumnos



Fuente: Imagen propia (23/08/2017).

Figura 1-1. Taller metal mecánico, UTFSM sede Viña del Mar.

### 1.2.2. Descripción de la Rectificadora.

La rectificadora permite realizar mecanizados por abrasión, con la mayor precisión dimensional y menores rugosidades que en el mecanizado por arranque de viruta, y este se aplica después de que la pieza se ha sometido a otras máquinas herramientas que le han quitado las impurezas mayores, dejando solamente un pequeño excedente de material para ser eliminado por la rectificadora con precisión.



Fuente: Imagen propia, fecha 23/08/2017

Figura 1-2. Rectificadora plana DoALL D618-7

### 1.2.3. Aplicaciones

- Mecanizado de precisión (tol. en  $\mu\text{m}$ )
- Acabados superficiales muy finos ( $R_a < 2\mu\text{m}$ )
- Materiales de pieza muy duros (desde 40-50HRC), y/o difíciles de mecanizar

### 1.2.4. Parámetros de mecanizados.

En esta tabla se observan las características técnicas que posee la rectificadora plana Doall d618-7 del taller mecánico, estos corresponden a los entregados en el catálogo por el fabricante, además consta con los datos reales conseguidos de forma práctica en el taller mecánico al realizar las respectivas mediciones para cada uno de los parámetros a utilizar

Tabla 1-1 Parámetros de mecanizado

Parámetros	Rectificadora plana (Catálogo)	Rectificadora plana (Medidos en la máquina)
Velocidad tangencial muela	25/80 m/s, en general 25/30 m/s, en vitrificadas	37,86 m/s
Vel. de avance longitudinal	0/45.000 mm/min	0/16.844,92 mm/min
Vel. de avance Transversal	1/8 a 1/2 espesor muela/carrera	1/8 a 1/2 espesor muela/carrera
Prof. De corte	0,02 máx. para desbaste ≤ 0,01 para terminaciones	0,02 máx. para desbaste ≤ 0,01 para terminaciones

Fuente: Manual rectificadora plana DoALL d618-7.

#### 1.2.5. Obtención de Parámetros

Para determinar la velocidad tangencial de la muela, se midió las Rpm con las que funciona la rectificadora, este parámetro es constante en la máquina y no posee una variación que sea significativa, para esto se utilizó el tacómetro digital del taller, con el cual se midió las Rpm con que giraba el eje donde se monta la muela abrasiva, esto nos dio un valor de 3616 rev/min.



Fuente: Imagen propia, fecha 23/08/2017

Figura 1-3. Medición con tacómetro digital

Una vez hecha la medición se procede a calcular la velocidad tangencial con la siguiente formula:

$$Vt = \frac{N * \pi * \emptyset}{1000} = m/min$$

$$N = 3616 \text{ rev/min}$$

$$\emptyset = 200 \text{ mm (diámetro de la muela)}$$

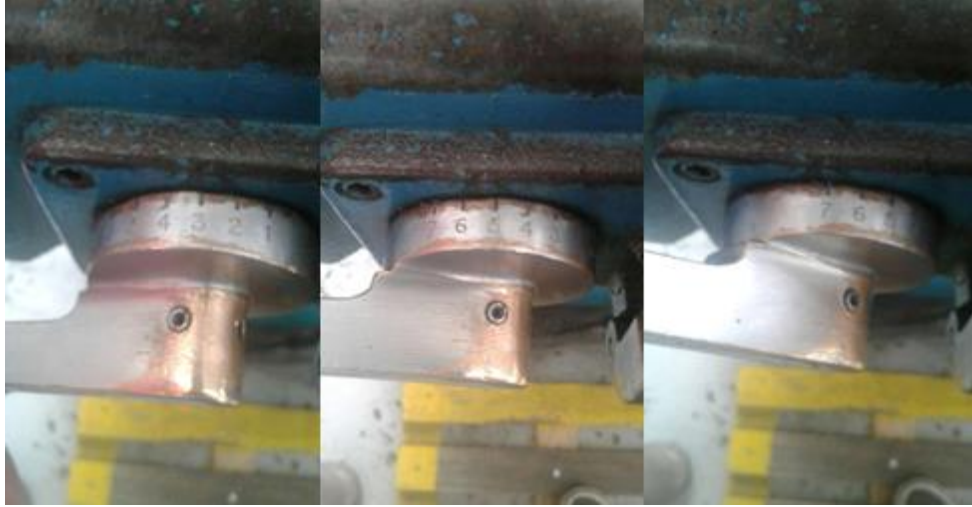
$$Vt = \frac{3611 * \pi * 200}{1000} = 2271,9 \text{ m/min}$$

Se realiza la transformación de unidades ya que en el catálogo está velocidad se encuentra en m/s, de modo que no se confundan los datos y sea fácil de apreciar la comparación.

$$Vt = 2271,9 \frac{m}{min} * \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ seg}} = 37,86 \text{ m/seg}$$

Para la determinación de la velocidad de avance longitudinal, primero se seleccionaron los tres avances con los cuales se trabajará en rectificadora, la utilización de estos tres avances se explicará en los capítulos siguientes

La rectificadora plana posee una (manilla) que permite seleccionar el avance que se utilizara, esta los divide en números del “1” al “7” y el off que corresponde a cero y con el cual no hay movimiento, en las primeras dos posiciones (“1” y “2” dos respectivamente) no hay movimiento por condiciones propias de la máquina, por lo que la posición “3” es la que posee un menor avance, y es la cual se seleccionó como el avance mínimo con el que se trabajará. A continuación, se seleccionó el avance medio, el cual en este caso en particular es el “5”, y el avance máximo que es el “7”.



Fuente: Imagen propia, fecha 23/08/2017

Figura 1-4. Velocidades de avance de la rectificadora plana.

Como se puede apreciar los avances son seleccionables en esa disposición, por lo que no se conoce el valor exacto de la velocidad de avance longitudinal en mm/min, así que una vez seleccionados, se procede a la medición del tiempo que tarda el carro longitudinal en completar el recorrido correspondiente para cada avance.

Este recorrido se verifico de forma práctica, al medir la distancia en la que se desplaza el carro desde un extremo a otro al seleccionar el avance correspondiente, cada avance posee por defecto una distancia distinta en la cual se desplaza el carro longitudinal, por lo que la distancia que se desplazará y se devolverá el carro longitudinal al llegar al punto máximo recorrido sin topes puede ser mayor o menor según el tipo de avance que se seleccione, esta distancia puede ser regulada por los topes, pero la posición en que se encuentren estos no varía el resultado final, ya que independientemente en qué punto se coloquen la velocidad que entrega la máquina es única dependiendo solamente del avance que se seleccione con la manilla y no se ve afectada por estos. La posición de los topes que se utilizara durante el mecanizado está dispuesta por el tamaño de la probeta ya que es necesario que la muela pase por todo el largo de esta, debido a esto se montó una probeta en la rectificadora y se regularon los topes según esta.

Una vez hecho esto con la ayuda de un cronómetro se midieron las siguientes distancias para cada avance y los tiempos que se tardaban en recorrer dichas distancias:

Tabla 1-2 Distancias y tiempos según el avance seleccionados

Avance	Distancia (cm)	Tiempo (segundos)
3	21 cm	4,32 s
5	24,2 cm	1 s
7	31,5 cm	1,12 s

Elaboración propia.

Con los datos medidos, se procede a la transformación de las unidades para finalmente realizar los cálculos necesarios para obtener las velocidades de avance reales con que trabaja la maquina:

Para el avance rápido (7):

$$1,12 \text{ seg} * \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ seg}} = 0,0187 \text{ min}$$

$$31,5 \text{ cm} * \frac{10 \text{ mm}}{1 \text{ cm}} = 315 \text{ mm}$$

$$\text{Velocidad de avance longitudinal} = \frac{315 \text{ mm}}{0,0187 \text{ min}} = 16.844,92 \frac{\text{mm}}{\text{min}}$$

Para el avance medio (5):

$$1 \text{ seg} * \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ seg}} = 0,0167 \text{ min}$$

$$24,2 \text{ cm} * \frac{10 \text{ mm}}{1 \text{ cm}} = 242 \text{ mm}$$

$$\text{Velocidad de avance longitudinal} = \frac{242 \text{ mm}}{0,0167 \text{ min}} = 14.491,02 \frac{\text{mm}}{\text{min}}$$

Para el avance lento (3):

$$4,42 \text{ seg} * \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ seg}} = 0,0722 \text{ min}$$

$$21 \text{ cm} * \frac{10 \text{ mm}}{1 \text{ cm}} = 210 \text{ mm}$$

$$\text{Velocidad de avance longitudinal} = \frac{210 \text{ mm}}{0,0722 \text{ min}} = 2908,59 \frac{\text{mm}}{\text{min}}$$

### 1.2.6. Partes de la Rectificadora.



Fuente: imagen propia, Fecha 27/08/2017

Figura 1-5. Partes de rectificadora plana DoALL D 618 – 7

Tabla 1-3 Partes del equipo

Partes	Nombre
1	Botón de accionamiento bomba
2	Botón de accionamiento de muela abrasiva
3	Botón de accionamiento de refrigerante
4	Manivela de velocidad de avance
5	Palanca de movimiento transversal
6	Palanca de control de velocidad transversal
7	Volante de movimiento transversal
8	Volante de movimiento longitudinal
9	Topes para movimiento longitudinal
10	Mesa de movimiento longitudinal y transversal
11	Mesa magnética
12	Volante de profundidad de corte
13	Regulador de refrigerante
14	Muela abrasiva

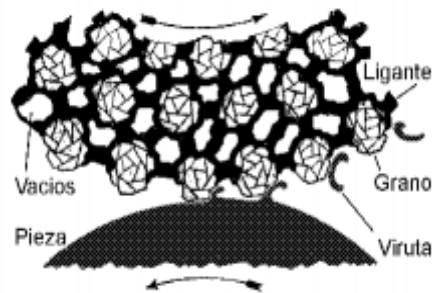
Fuente: elaboración propia

### 1.3. MUELA ABRASIVA

Para el procedimiento de rectificado se utilizan muelas abrasivas. Esta herramienta de corte es la única que permite trabajar piezas muy duras para llevarlas a dimensiones determinadas dentro de una tolerancia preestablecida.

Las muelas abrasivas están constituidas por dos tipos de elementos:

- Abrasivo
- Aglomerante



Fuente: PDF Grupo tecnología mecánica – procesos de fabricación

Figura 1-6. Aglomerante y abrasivos

- Abrasivos: están compuestos por una variedad de granos de gran dureza y aristas vivas, los cuales efectúan el trabajo de corte.
- Aglomerante: es un elemento en el cual tiene como función unir cada grano abrasivo, formando una masa única y compacta.

#### 1.3.1. Características de la muela:

Para caracterizar y seleccionar una muela se debe considerar los siguientes elementos:

- Tipo de abrasivo.
- Tamaño del grano.
- Grado de dureza.
- Estructura.
- Tipo de aglomerante.

#### 1.3.1.1. Tipos de Abrasivos.

Existen dos tipos de abrasivos los cuales son:

- Naturales.
- Artificiales.

Naturales: cuarzo, sílice, esmeril y corindón. Se puede nombrar que este tipo de abrasivo la acción de corte va disminuyendo como así también la uniformidad de la muela

Artificiales: aluminio, carburo de silicio, nitruro de boro cubico, diamante. Los dos primeros se consideran convencionales y los dos últimos están destinados para trabajos y operaciones específicas.

#### 1.3.1.2. Tamaño del grano

El tamaño del grano cumple un papel fundamental en la obtención de la calidad superficial. De la misma manera influye sobre el rendimiento del proceso abrasivo.

- Tamaño grueso: gran rendimiento – superficies ásperas
- Tamaño fino: bajo rendimiento – superficies finas.

#### 1.3.1.3. Grado de dureza.

Esta característica se refiere a la tenacidad del aglomerante. La dureza se puede decir que es la resistencia al desgaste mecánico y varia con la estructura y el tipo de aglomerante. La naturaleza del aglomerante determina que la muela sea de grado duro o blando, el grado de dureza se designa mediante las letras de la A a la Z.

#### 1.3.1.4. Estructura.

Se llama estructura de una muela abrasiva a la manera de estar en ella distribuidos los granos abrasivos, el material aglutinante y los poros. El grado de una rueda abrasiva depende de la relación cuantitativa de esos tres componentes y de su distribución.

#### 1.3.1.5. Aglomerante.

El aglomerante tiene la misión de mantener los granos abrasivos unidos, formando un cuerpo macizo que es la muela abrasiva. Constituye la parte más importante de la piedra esmeril, puesto que el secreto de una buena rueda abrasiva no está tanto en la elección del grano y su dureza, sino en la verdadera consistencia del ligante.

Deben ser lo suficientemente fuerte para retener firmemente los granos mientras están actuando como herramienta de corte, pero también debe ser lo suficientemente elástico para permitir la penetración de los granos cortantes en la pieza que se trabaja.

Los tipos de aglomerante son los siguientes:

- Vitrificado: Tiene las siguientes características de fuerte, rígido y poroso. Le suministra alta capacidad de corte. Resisten los choques térmicos y no pueden ser atacados al agua y/o aceites.
- Silicatos: Son algo más blando en comparación a los vitrificados y se emplean en trabajos finos.
- Resinas: Son compuestos sintéticos, son elásticos, por lo cuales son aptos para muelas de gran tamaño y por último admiten giros de altas velocidades.
- Caucho: Se caracterizan por ser muy tenaces y flexibles. Se emplean para muelas delgadas y cuando se requiere buen acabado.
- Goma laca: Se utilizan para acabados finos en superficies duras. Además se aplican para corte en frío de aceros de herramientas y secciones delgadas.

#### 1.3.2. Marcado de Muela.

Se conoce como marcado de muela a la codificación que va impresa en la etiqueta de la muela abrasiva, cuyo fin es la identificación de esta.



#### 1.4. MATERIAL A TRABAJAR.

Las piezas que se rectifican son principalmente de acero endurecido mediante tratamiento térmico, para el ensayo se trabajará con un SAE 1045, el cual es un acero de aplicación general.

Las características del acero SAE 1045 son las siguientes: posee un nivel medio de resistencia mecánica y tenacidad a bajo costo con respecto a otros aceros de baja aleación. Este acero puede ser usado en condiciones de suministro: laminado en caliente o con tratamiento térmico.

##### 1.4.1. Características del acero SAE 1045.

Propiedades Químicas.

- Tabla 1-5. Propiedades químicas

Composición química	C %	Mn %	P máx %	S máx %	Si máx %
Análisis tipo %	0.43 a 0.50	0.6 a 0.9	0.04	0.05	0.2 a 0.4

Fuente: PDF grupo tecnología mecánica – procesos de fabricación

Propiedades físicas:

Tabla 1-6 Propiedades Físicas

Propiedades	
Densidad	7.85 gr/cm <sup>3</sup>
Módulo de elasticidad	$2 \times 10^{11}$ pa
Conductividad térmica	52 W/m °C
Calor específico	460 J/Kg °K
Coefficiente de poisson	0,3
Resistividad eléctrica	32 °F
Coefficiente de dilatación térmica	20 – 100 ° C

Fuente: PDF grupo tecnología mecánica – procesos de fabricación.

## 1.5. TRATAMIENTO TÉRMICO DE LA PROBETA.

La probeta en la que se realizará el ensayo es de acero SAE 10 45 la cual será sometida a dos tratamientos térmicos previo al mecanizado en la rectificadora, con el fin de aumentar su dureza y durabilidad, estos tratamientos térmicos son los siguientes:

### 1.5.1. Temple y revenido.

Templado: La finalidad del temple es aumentar la dureza y la resistencia. Para ello, se calienta el acero a una temperatura ligeramente más elevada que la crítica superior  $A_c$  (entre 750 – 900 °C) y se enfría luego de manera acelerada en un medio como agua, aceite, etc.

Proceso de templado, el proceso se divide en 2 pasos los cuales son:

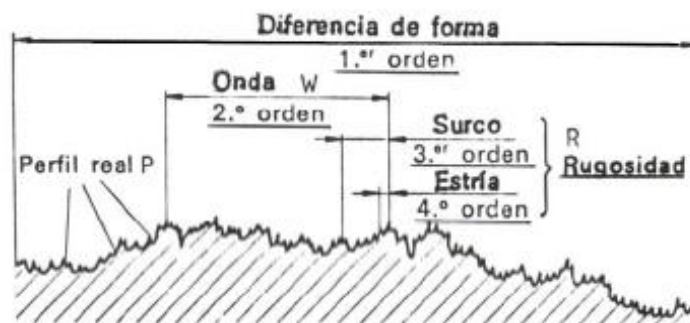
- Calentamiento controlado en temperaturas (entre 750 y 1300° C), rampa de calentamiento y tiempo de mantenimiento a temperaturas máxima. Ajustando estos tres puntos de control conseguimos las condiciones idóneas previo al temple disolviendo los elementos de aleación de manera correcta y obteniendo una estructura austenítica deseada.
- Enfriamiento controlado de la zona de templar. Es importante controlar el medio de temple, cauda, presión y la tipología de sistema de ducha utilizado. Con un correcto ajuste del temple se consigue la transición estructural de austenita a martensita, mejorando notablemente la dureza de la zona templada.
- Revenido: el revenido solo se aplica a aceros previamente templados, para disminuir ligeramente los efectos del temple, conservando parte de la dureza y aumentando la tenacidad. El revenido consigue disminuir la dureza y Resistencia de los aceros templados, se eliminan las tensiones creadas en el temple y se mejora la tenacidad, dejando al acero con una mejor dureza o resistencia. Se distingue básicamente del temple en cuanto a temperatura máxima y velocidad de enfriamiento.

## 1.6. RUGOSIDAD Y CALIDAD SUPERFICIAL.

Las superficies reales, por más perfectas que parezcan, presentan particularidades que son el resultado proveniente del método empleado para su fabricación, por ejemplo: torneado, fresado, rectificado, bruñido, lapidado, etc. Las superficies producidas de estas maneras presentan conjuntos de irregularidades, con espaciamiento regular o irregular y que tienden a formar un patrón ó textura característica sobre esta. Es importante entender que en esta textura superficial se distinguen dos componentes distintos: rugosidad y ondulación.

La rugosidad textura secundaria es el conjunto de irregularidades repetidas en ondas de paso mucho mayor que la amplitud (los espacios entre crestas varían entre 4 a 10 veces la profundidad de la depresión), está formada por surcos y estrías dejadas a consecuencia de los agentes que afectan a la superficie en el proceso de mecanizado y que pueden ocurrir por diferencia en los movimientos de la máquina-herramienta, deformación por tratamiento térmico, tensiones residuales de forja o fundición, etc.

La ondulación corresponde al conjunto de irregularidades repetidas en onda de paso mucho mayor que su amplitud, y que se pueden producir por la diferencia de movimientos de la máquina-herramienta, deformación debido al tratamiento térmico, tensiones residuales de forja o fundición, etc.



Fuente: "medición de calidad superficial" Dr. – Ing. EUGENIO GONZÁLEZ V.

Figura 1-8. Superposición de diferencias de forma y calidad superficial.

En forma teórica se conocen alrededor de 6 tipos de diferencias de formas (error de rectitud, ondulación, rugosidad, y a nivel microestructural), y la rugosidad corresponde a las de forma de tercer orden o de orden superior, mientras que la ondulación corresponde a la de segundo orden.






En realidad, existen al menos 6 órdenes para la clasificación de las diferencias de forma.

- 1er orden. Error de rectitud
- 2do orden. Ondulación
- 3er y 4to orden. Ranuras y estrías. Ambos determinan la Rugosidad.
- 5to y 6to orden. A nivel microestructural del material.

En el campo de la metrología dimensional se cubren mediciones hasta el cuarto orden con lo que se determinan errores de forma y rugosidad. La Figura 1-8 muestra la clasificación de diferencias de forma.

En el Sistema Internacional la unidad con la cual se representa la rugosidad es el micrómetro ( $1\mu\text{m} = 0,000001 \text{ m} = 0,001 \text{ mm}$ ). La Figura 1-8 muestra los grados de rugosidad de la media aritmética de rugosidad, la cual puede darse en valores de micrómetros o en su equivalencia para 12 grados de rugosidad establecidos.

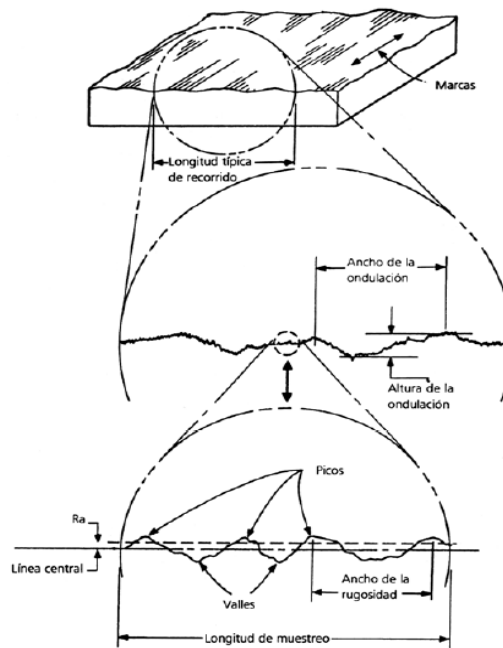
Tabla 1-7 Grados de rugosidad

Grados de rugosidad	Dimensión en micrómetros	Símbolo (Antigua)
N 12	50	
N 11	25	
N 10	12.5	
N 9	6.3	
N 8	3.2	
N 7	1.6	
N 6	0.8	
N 5	0.4	
N 4	0.2	
N 3	0.1	
N 2	0.05	
N 1	0.025	

Fuente: <https://alexeioviedo.blogspot.com>

### 1.6.1. Clasificación de diferencias de forma en las superficies.

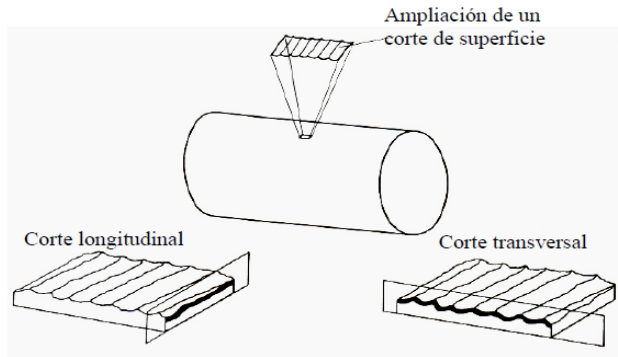
Las superficies nunca estarán libres de irregularidades a pesar de que para su obtención se realicen procesos o utilicen equipos de gran precisión. Estas diferencias se pueden clasificar de según el orden que describe la forma de su perfil de la superficie, algo como mirar de forma cada vez más detalladamente las imperfecciones que se producen en la extensión de esta. La Figura 1-9 se muestra la forma en que se analiza la calidad superficial, abarcando desde la forma de la pieza, la ondulación y rugosidad.



Fuente: “medición de calidad superficial” Dr. – Ing. EUGENIO GONZÁLEZ V.

Figura 1-9. Análisis de calidad superficial






En el caso que se trate de un perfil de mecanizado progresivo, como es el torneado, fresado, perforado, etc. La forma de determinar la rugosidad resultante es haciendo un recorrido en forma transversal al sentido del mecanizado. Este corte muestra la rugosidad de la pieza mecanizada de manera más representativa y constante. Ver Figura 1-11



Fuente: “medición de calidad superficial” Dr. – Ing. EUGENIO GONZÁLEZ V.

Figura 1-10. Corte ampliado para rugosidad transversal y longitudinal.

Tabla 1-8 Clasificación de diferencias de forma.

Clasificación de diferencias de forma (Representación gráfica de las diferencias de forma superpuesta en el perfil de la pieza)	Ejemplos para las clases de diferencias.
<p><b>1<sup>er</sup> orden: Diferencias de forma.</b></p> 	Diferencia de nivel o desigualdad ovalada.
<p><b>2<sup>er</sup> orden: Ondulación.</b></p> 	Ondas
<p><b>3<sup>er</sup> orden: Rugosidad.</b></p> 	Ranuras
<p><b>5<sup>er</sup> orden:</b> <i>no representable gráficamente ya en forma sencilla.</i></p>	Estructura
<p><b>6<sup>er</sup> orden:</b> <i>no representable gráficamente ya en forma sencilla.</i></p>	Estructura reticulada del material
<p><b>4<sup>er</sup> orden: Aspereza.</b></p> 	Bombeados, escamas, estrías
	Superposición de diferencias de formas desde el 1ero al 4to.

Fuente: PDF grupo tecnología mecánica – procesos de fabricación.

### 1.6.2. Evaluación de rugosidad

Para la correcta evaluación de la rugosidad, previamente se deben tener las siguientes consideraciones.

- La superficie de un cuerpo sólo es explorable exteriormente.
- La superficie real por más perfecta que parezca es una superficie montañosa captable microscópicamente
- La superficie posee una topografía tridimensional
- Para definir la rugosidad mediante alguna magnitud, es necesario avanzar en el perfil completamente, desde los puntos más altos a los más bajos de la superficie real de la pieza, por lo cual es necesario hablar de profundidad de rugosidad y no de altura de rugosidad.
- Sólo se puede medir una cantidad física en calidad superficial, si se tiene un sistema de referencia.

### 1.6.3. Sistemas de referencia.

Al no ser posible una medición funcional, la definición de medición de calidad superficial se realiza de forma geométrica. En estas definiciones geométricas son bastante abstractas porque están basadas en una línea de referencia que existe solamente en teoría. Los resultados incluso sufren distorsiones debido al uso de filtros para excluir ciertos aspectos, por ejemplo, la ondulación en el caso de pretender definir la rugosidad. Para esto fueron desarrollados tres sistemas de referencia: El sistema geométrico ideal, el sistema “E” o de la envolvente y el sistema “M” o de la línea media.

#### 1.6.3.1. Sistema del perfil geométrico ideal.

Como perfil de referencia se considera aquella equidistante de perfil geométrico ideal, la cual pasa por los puntos más altos del perfil real dentro de la longitud de muestreo. El perfil de referencia corresponde a la referencia desde dónde se mide la profundidad de las simas de rugosidad.

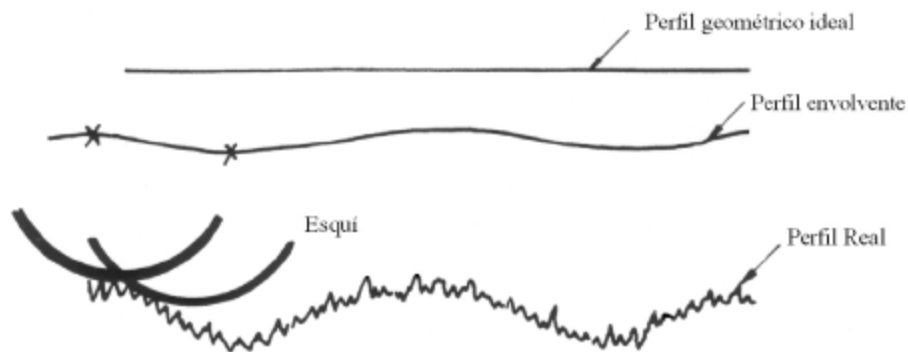
### 1.6.3.2. Sistema E.

La superficie del cuerpo es recorrida mediante esquís que poseen un determinado radio de curvatura. El centro de este radio de curvatura genera un perfil envolvente del perfil real, a partir del cual se determinan las profundidades de rugosidad.

### 1.6.3.3. Sistema M.

La línea de referencia la constituye en este caso un perfil medio que se genera al encerrar el perfil real de rugosidad entre perfiles auxiliares: perfil de referencia y perfil base. Estos perfiles son paralelos al perfil medio que se obtiene al trazar una recta a través del perfil real de modo que:

- El área encerrada por el perfil real sobre la línea media sea igual al área encerrada por el perfil real bajo el perfil medio y además
- La suma de áreas bajo y sobre el perfil medio sea un mínimo.

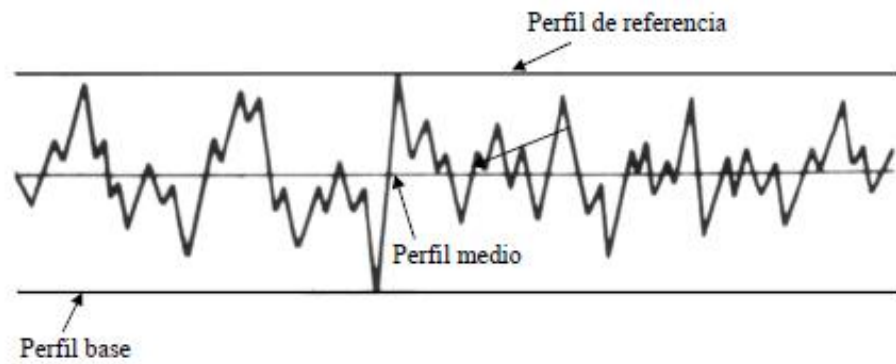


Fuente: “medición de calidad superficial” Dr. – Ing. EUGENIO GONZÁLEZ V.

Figura 1-11. Sistemas para perfil de referencia.

Sabiendo esto, se puede entender la referencia que se está utilizando para medir las distintas magnitudes de la rugosidad de la pieza.

- Perfil de referencia, se puede determinar según sistema geométrico ideal o el de la envolvente, ya que en ambos perfiles el palpador se traslada en forma paralela hasta tocar el punto más alto de la superficie.
- Perfil de base, corresponde a una línea paralela al perfil de referencia, pero a su vez tangente al punto más bajo del perfil.
- Perfil o línea media, se explicó en el punto.



Fuente: "medición de calidad superficial" Dr. – Ing. EUGENIO GONZÁLEZ V.

Figura 1-12. Representación de los perfiles de referencia, medio y base.

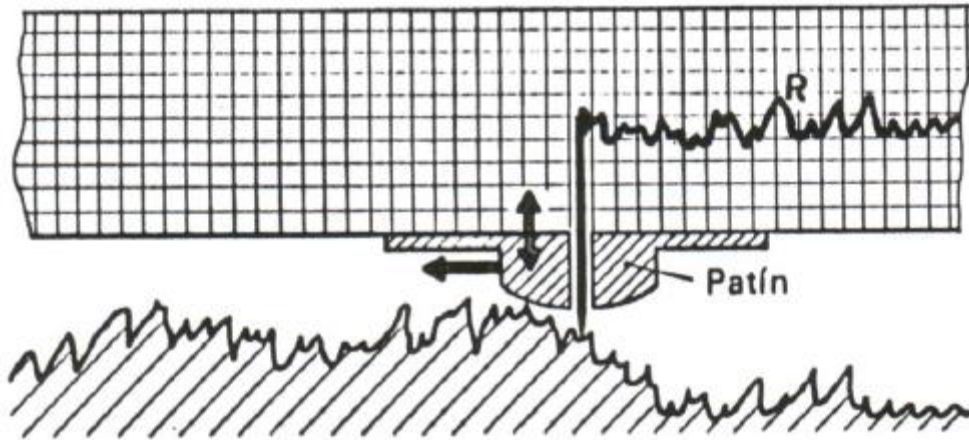
#### 1.6.4. Perfil de Rugosidad.

La forma mecánica de cómo se obtiene y el resultado gráfico se muestra a continuación.

Para el registro gráfico se utiliza un papel graduado, en el cual a lo largo se materializa el recorrido en la longitud de muestreo y a lo alto se grafica el perfil de la rugosidad. Para una buena visualización comúnmente se utilizan grandes magnificaciones; en altura de unas 1000 a 2000 veces y para longitud de unas 20 a 50 veces, dependiendo de la calidad de la pieza y de la necesidad de visualización.

##### 1.6.4.1. Perfil R

Corresponde al perfil de rugosidad, y en él se eliminan los errores de forma de 1er y 2do orden, permitiendo obtener solamente la rugosidad de la pieza medida. Para este caso se debe comprender bien que el movimiento que registra la aguja, este corresponde al movimiento relativo entre la aguja respecto de la posición del patín. El patín describe el movimiento del perfil envolvente, es decir, siempre apoyado sobre la superficie de la pieza. Dicha condición permite eliminar las ondulaciones y la inclinación de la superficie.



Fuente: “medición de calidad superficial” Dr. – Ing. EUGENIO GONZÁLEZ V.

Figura 1-13. Perfil R

#### 1.6.5. Magnitudes utilizadas

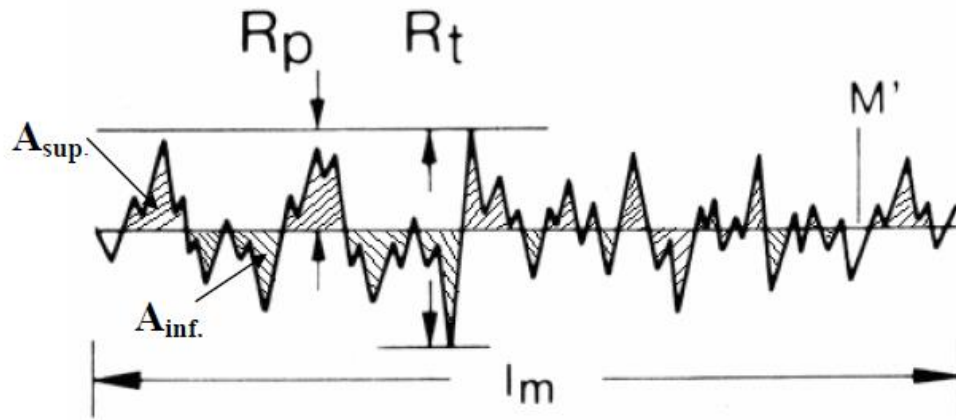
En el ensayo solo se determinará la rugosidad, por lo que solo se debe medir esta, para realizar dicha acción se seleccionara el perfil R y el sistema de referencia envolvente para la eliminación de ondulación, queda por definir, qué es lo que se va a medir para que sea representativo de la rugosidad de la pieza. Respecto a esto, existen muchas magnitudes que caracterizan uno u otro aspecto de la calidad superficial. Las magnitudes que se utilizaran en el ensayo son algunas de las más usadas para representar la rugosidad de una pieza, y son las siguientes:

##### 1.6.5.1. Profundidad de rugosidad $R_t$

Corresponde a la distancia vertical entre el perfil de referencia y el perfil base dentro de la longitud de muestreo. Ver Figura 18.

##### 1.6.5.2. Profundidad de alisado $R_p$

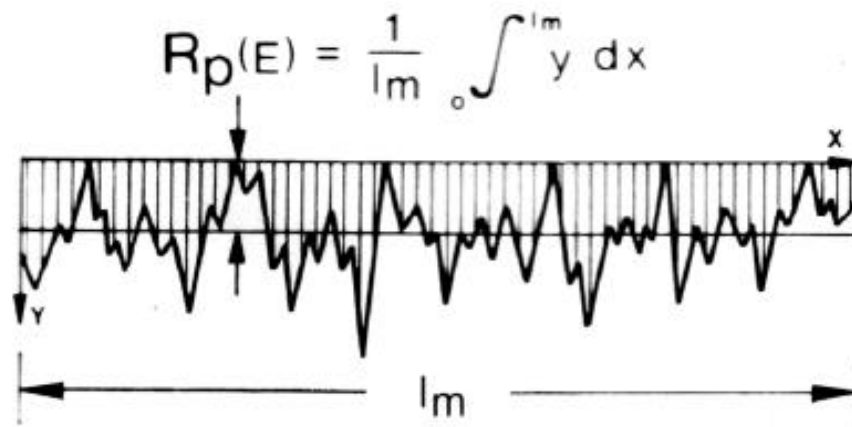
Es la distancia vertical entre el punto más alto y la línea correspondiente al perfil medio “M” del perfil “R”. Se debe recordar que el perfil medio “M” se obtiene en donde las áreas superiores “Asup” y las áreas inferiores “Ainf.” tienen igual magnitud y no necesariamente debe estar en la mitad de  $R_t$ . Ver Figura 18.



Fuente: "medición de calidad superficial" Dr. – Ing. EUGENIO GONZÁLEZ V.

Figura 1-14. Profundidad de rugosidad y alisado

Otra forma de determinar la profundidad de alisado se muestra en la Figura 19, en donde no es necesario determinar la línea media.

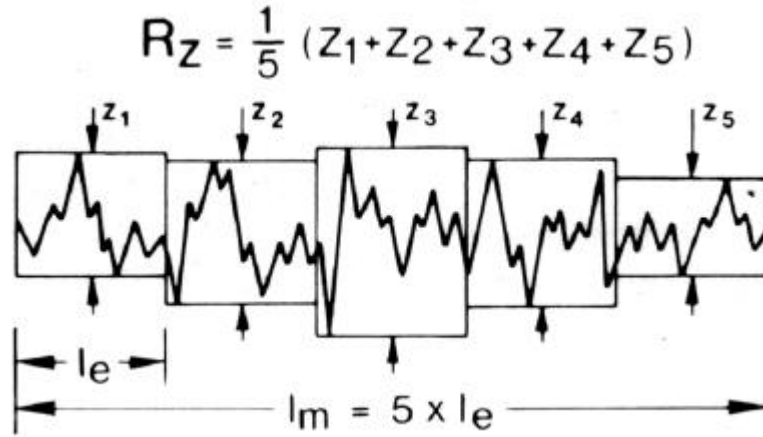


Fuente: "medición de calidad superficial" Dr. – Ing. EUGENIO GONZÁLEZ V.

Figura 1-15. Profundidad de alisado

### 1.6.5.3. Profundidad media de rugosidad \$R\_z\$

- Corresponde al promedio de los valores de 5 profundidades de rugosidad individuales, medidas en 5 tramos de igual longitud (\$l\_m/5\$). Cabe mencionar que la máxima profundidad de estas 5 profundidades individuales corresponde a \$R\_{max}\$. Para este caso \$R\_{max}=Z3\$. Ver Figura 20.

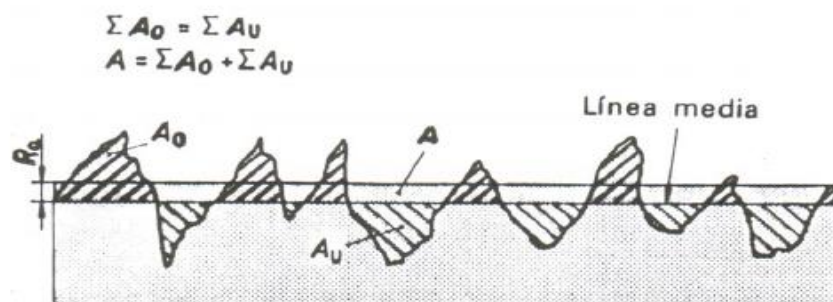


Fuente: “medición de calidad superficial” Dr. – Ing. EUGENIO GONZÁLEZ V.

Figura 1-16. Profundidad media de rugosidad.

#### 1.6.5.4. Média Aritmética de Rugosidad Ra

Es la media aritmética de los valores absolutos de la distancia de los puntos del perfil de rugosidad con relación al perfil medio dentro de la longitud de muestreo  $l_m$ . Esta magnitud puede ser representada como la altura de un rectángulo, cuya área es igual a la sumatoria de los valores absolutos de las áreas delimitadas entre el perfil de rugosidad y el perfil medio, teniendo por longitud, la longitud de muestreo  $l_m$ . Ver Figura 19.



Fuente: “medición de calidad superficial” Dr. – Ing. EUGENIO GONZÁLEZ V.

Figura 1-17. Profundidad media de rugosidad.

1.6.6. Calidad superficial según proceso de fabricación

Las rugosidades que se pueden obtener de un proceso de mecanizado pueden ser variables de acuerdo con las condiciones con las que se realizan, pero siempre dentro de un margen típico determinado por el proceso mismo.

La figura 1-22 muestra (en negro) los valores de Ra típicos que se pueden obtener con cada proceso de mecanizado y se establecen sus límites. El recuadro en blanco señala la calidad más baja que se puede lograr por ejemplo en procesos de desbaste, en cambio la zona entramada señala la mejor calidad que se podría lograr con un proceso de precisión.

Los grupos de rugosidad señalados en el primer recuadro corresponden a las clasificaciones DIN e ISO para los diferentes grados de rugosidad.

Grupos de Rugosidad	V			VV			VVV			VVVV		
Rugosidad Máxima Ra [µm]	50			6.3			0.8			0.1		
Grados de Rugosidad	N12	N11	N10	N9	N8	N7	N6	N5	N4	N3	N2	N1
Rugosidad máxima Ra [µm]	50	25	12.5	6.3	3.2	1.6	0.8	0.4	0.2	0.1	0.05	0.02
PROCESO DE FABRICACIÓN												
Aserradero	[Barra negra]											
Limado		[Barra negra]										
Cepillado	[Barra negra]											
Torneado	[Barra negra]											
Taladrado		[Barra negra]										
Extrusión		[Barra negra]										
Trefilado		[Barra negra]										
Fresado	[Barra negra]											
Brochado		[Barra negra]										
Rasqueteado				[Barra negra]								
Rectificado (frontal)		[Barra negra]										
Rectificado (lateral)		[Barra negra]										
Alisado				[Barra negra]								
Superacabado							[Barra negra]					
Lapeado								[Barra negra]				
Pulido								[Barra negra]				

Fuente: “medición de calidad superficial” Dr. – Ing. EUGENIO GONZÁLEZ V.

Figura 1-18. Rugosidad típica según proceso de mecanizado.

En este recuadro se observa de forma general el rango de calidades superficiales resultantes de cada proceso, en el caso rectificado plano (lateral en tabla) el rango de rugosidades va desde N9 a N4, no obstante, no especifica bajo qué condiciones se puede conseguir cada resultado.

## 1.7. MEDICION DE RUGOSIDAD.

### 1.7.1. Rugosímetro

Los rugosímetros o medidores de rugosidad son instrumentos de medida de alta precisión que se utilizan para medir las imperfecciones en las superficies (rugosidad superficial).

Tanto portátiles de uso en taller como de sobremesa para su uso en laboratorio y con la posibilidad de lectura de distintos parámetros de rugosidad y ondulación., para la realización de este ensayo se utilizó el rugosímetro MITUTOYO modelo SurfctestSJ-301, que se encuentra en el taller de metrología.



Fuente: Internet, fecha 23/08/2117

Figura 1-19. Rugosímetro Mitutoyo modelo SurfctestSJ-301 y sus componentes.

### 1.7.2. Partes de rugosímetro

1. Stylus o aguja estándar
2. Rugosímetro
3. Aparato palpador o Drive
4. Cable de conexión del drive
5. Cable de alimentación
6. Muestra de calibración

Tabla 1-9 Características del instrumento.

CARACTERISTICAS	
Radio punta	2 $\mu\text{m}$
Longitud del cable	1 m
Método de medición (sonda estándar)	Método de inducción
Palpador (sonda estándar)	Punta de diamante
Radio de patín	40 mm
Pantalla	Touch, monocromática
Fuerza de medición	0,75 mN
Interfaz	Conector RS-232 C para entrada / salida, salida DIGIMATIC, tarjeta Compact flash
Perfiles	Perfil primario (P), Perfil de rugosidad (R), DIN 4776, MOTIF
Visualizador de rangos	Ra, Rq: 0,01 $\mu\text{m}$ - 100 $\mu\text{m}$ Ry, Rz, Rt, Rv, R3z, Rk, Rpk, Rvk, R, Rp, Rx, AR, W, Wx, Wte: 0,02 $\mu\text{m}$ - 350 $\mu\text{m}$ S, Sm: 2 $\mu\text{m}$ - 4000 $\mu\text{m}$ HSC, Pc: 2,5/cm - 5000/cm; Ppi: 6,35 - 12700/inch dc: - 350 $\mu\text{m}$ - + 350 $\mu\text{m}$ Lo: 0,1 mm - 99,999 mm mr, Mr 1, Mr 2: 0 - 100 % A1, A2: 0 - 15000
Normas de rugosidad	EN ISO, VDA, ANSI, JIS
Longitud de medición (L)	0,08 mm, 0,25 mm, 0,8 mm, 2,5 mm, 8 mm o introducido
Longitud de ejemplo	x 1, x 3, x 5, x L
Filtro digital	2CR-75%, 2CR-75% (fase corregida), Gauss -50%
Longitud de cut-off	lc: 0,08 mm; 0,25 mm; 0,8 mm; 2,5 mm; 8 mm ls: 2,5 $\mu\text{m}$ ; 8 $\mu\text{m}$ ; 25 $\mu\text{m}$
Impresora	Impresora térmica (Anchura de impresión: 48 mm)
Estadística	Max/Min, valor medio, Desviación típica (s), Rato de paso, Tabla de distribución de frecuencia
Valoración de tolerancia	Límites superiores / inferior para 3 parámetros
Métrico-pulgadas	métrica/Inch
Auto-sleep	Automático tras 5 minutos

Elaboración propia Microsoft Word

### 1.7.3. Norma DIN 4768 Determinación de los valores de rugosidad con aparatos eléctricos de palpado.

Para la correcta medición de la rugosidad en la superficie de las probetas, este ensayo se orientará en lo prescrito en la norma DIN 4768.

Esta norma trata la medición de la rugosidad superficial con aparatos palpadores con filtro de ondas eléctrico. Los valores de rugosidad a determinar con estos aparatos son pues comparables sólo cuando coinciden las características que influyen sobre la rugosidad (características de los aparatos) y las condiciones de medición con frecuencia ajustables en el aparato (longitud de onda límite, tramo de medición, etc.).

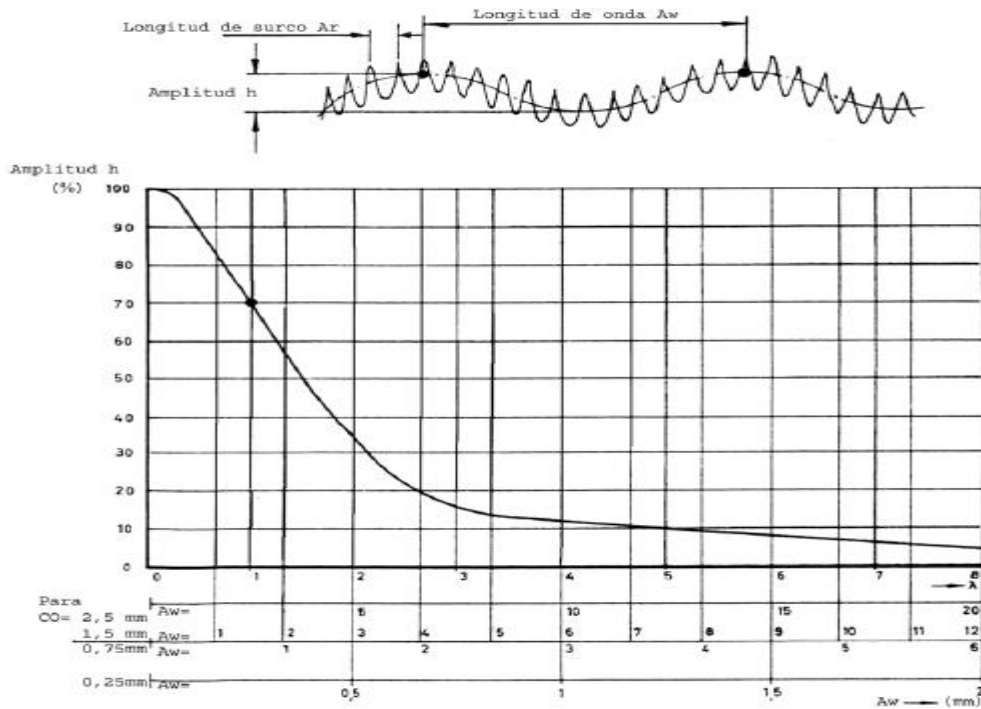
Se debe entender que la norma establece que para la definición de la medición se utiliza una referencia geométrica. Las definiciones geométricas son bastante abstractas porque están basadas en una línea de referencia que existe solamente en teoría. Los resultados incluso sufren ciertas distorsiones debido a la utilización de filtros para excluir la ondulación cuando se pretende definir la rugosidad.

**Nota:** La ondulación y otras discrepancias de forma no forman parte de esta norma. No obstante, como la rugosidad, pueden tener una gran influencia, en muchos casos funcionales, sobre la utilidad de las superficies.

La norma establece previamente una serie de conceptos y definiciones los cuales, nos permitirán entender de mejor la manera en la que se logra medir la rugosidad.

#### 1.7.3.1. Filtros de ondas (filtro de paso alto o cut off)

En el caso de los equipos eléctricos palpadores que trabajan con una aguja (radio aproximado de 5[ $\mu\text{m}$ ] en la punta), las ondulaciones son filtradas eléctricamente mediante un filtro RC. Estos dispositivos actúan de forma que no se recogen en el resultado de la medición las partes de onda larga del perfil real (diferencias de forma de 1er y 2do orden) de acuerdo con las características del filtro, o bien, sólo en parte, o en absoluto en el perfil de la rugosidad, y se denomina según la longitud de onda límite.



Fuente: "medición de calidad superficial" Dr. – Ing. EUGENIO GONZÁLEZ V.

Figura 1-20. Filtro de ondulación.

#### 1.7.3.1.1. Características del filtro

Es la curva de transmisión que se indica por la cantidad de amplitudes transmitidas por el filtro de ondas o por el aparato de medición, de ondas senoidales en dependencia de la longitud de onda. Se denomina según la longitud de onda límite.

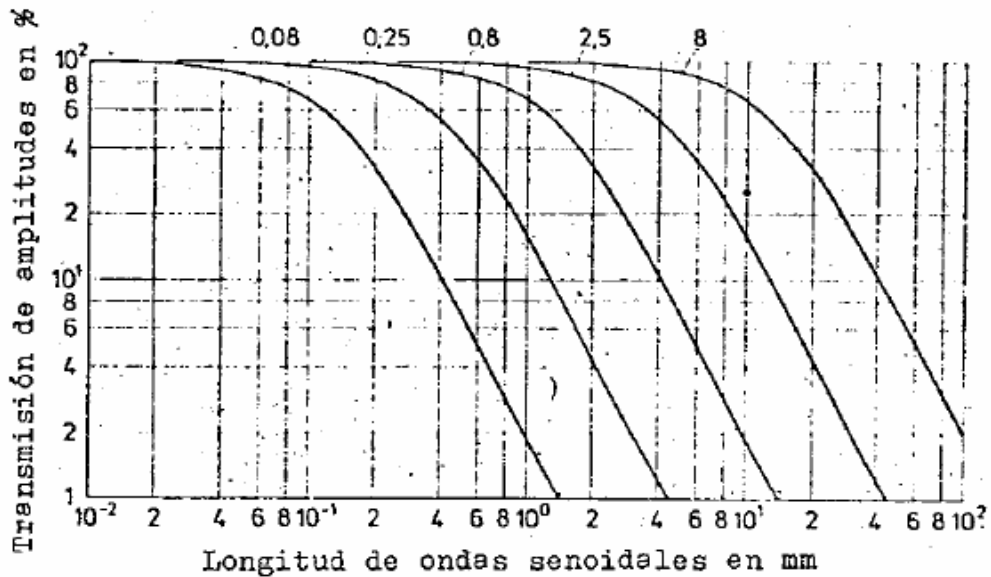
#### 1.7.3.1.2. Longitud de onda límite $\lambda_C$

Es la longitud de la onda senoidal que puede transmitirse aún con el 75% de la amplitud, por el filtro de ondas y se mide en mm o entendido de otra manera es igual al punto 75% de la curva o característica del filtro.

La longitud es representable de dos maneras distintas, dependiendo si el tipo de perfil obtenido en el mecanizado es periódico o aperiódico:

Periódico: Tramo de medición individual y tramo de medición total para perfil periódico (torneado, cepillado, etc)

Aperiódico: Tramo de medición individual y tramo de medición total para perfiles aperiódicos (rectificado, fresado circular o de contornos, fresado frontal sin caída o salida, escariado, transformado, etc).



Fuente: Norma DIN 4768.

Figura 1-21. Características del filtro con longitudes de onda límite  $\lambda_c$

#### 1.7.3.1.3. Tramo inicial $l_v$

Primera parte del tramo de palpado (véase la figura 1-25) no utilizada para la valoración, longitud proyectada normalmente sobre la línea media. Deberán atenuarse dentro de este tramo inicial los procesos de vibración iniciales.

#### 1.7.3.1.4. Tramo total de medición $l_m$

Longitud proyectada normalmente sobre la línea media de la parte utilizada directamente para la valoración del perfil de rugosidad.

#### 1.7.3.1.5. Tramo de medición individual $l_e$

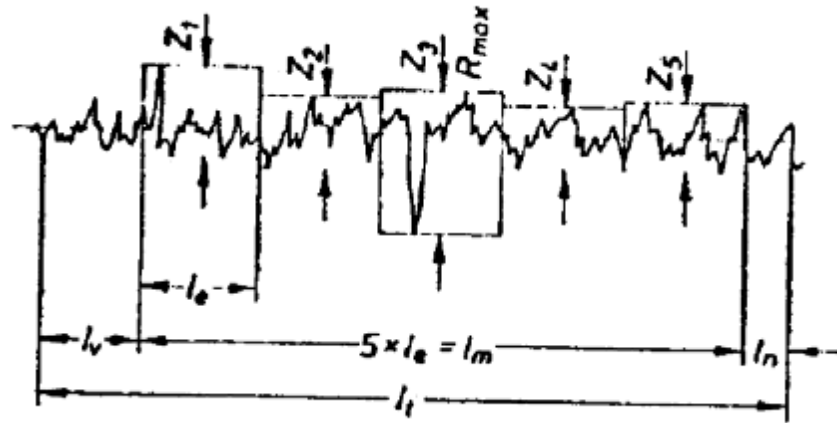
Es un quinto del tramo de medición total  $l_m$  (véase la figura 1-26).

#### 1.7.3.1.6. Tramo final $l_n$

Es la longitud proyectada normalmente sobre la línea media de la parte última del tramo de palpado que no se utiliza para la valoración (véase la figura 1-24).

### 1.7.3.1.7. Tramo de palpado $l_t$

Suma del tramo inicial  $l_v$ , del tramo de medición total  $l_m$  y del tramo final  $l_n$  (véase la figura 1-22).



Fuente: Norma DIN 4768.

Figura 1-22. Curva de la rugosidad media  $R_z$  del perfil de rugosidad y tramos de medición.

### 1.7.3.1.8. Magnitudes o valores de rugosidad

Las magnitudes de rugosidad en el sentido de esta norma se determinan en el perfil de rugosidad ( $R_z$ ,  $R_a$ ,  $R_p$ ,  $R_t$ , etc.) (véase la página 26 capítulo 1).

### 1.7.3.1.9. Condiciones de medición según la norma.

La selección de los parámetros que permiten realizar la medición con dispositivos palpadores con filtro eléctrico (rugosímetro) están normados (Véase tabla 1-10, 1-11 y 1-12).

Tabla 1-10 Parámetros según avance.

Avance [mm/rev]	$\lambda_c$ [mm] (cut-off)	le [mm]	lm [mm]
Sobre 0.01 hasta 0.032	0.08	0.08	0.4
Sobre 0.032 hasta 0.1	0.25	0.25	1.25
Sobre 0.1 hasta 0.32	0.8	0.8	4
Sobre 0.32 hasta 1	2.5	2.5	12.5
Sobre 1 hasta 32	8	8	40

Fuente: Norma DIN 4768.

Tabla 1-11 Parámetros según Ra

Ra [ $\mu\text{m}$ ]	$\lambda_c$ [mm] (cut-off)	le [mm]	lm [mm]
Hasta 0.1	0.25	0.25	1.25
Sobre 0.1 hasta 2	0.8	0.8	4
Sobre 2 hasta 10	2.5	2.5	12.5
Sobre 10	8	8	40

Fuente: Norma DIN 4768.

Tabla 1-12 Parámetros según Rz

Rz [ $\mu\text{m}$ ]	$\lambda_c$ [mm] (cut-off)	le [mm]	lm [mm]
Hasta 0.5	0.25	0.25	1.25
Sobre 0.5 hasta 10	0.8	0.8	4
Sobre 10 hasta 50	2.5	2.5	12.5
Sobre 50	8	8	40

Fuente: Norma DIN 4768.

La medición de la rugosidad dependerá de la selección de estos parámetros, los cuales nos permitirán seleccionar el filtro correcto según el tipo de perfil obtenido en el proceso de mecanizado, para esto se debe identificar si el perfil es periódico o aperiódico.

En el caso de un perfil periódico se deben tener en consideración los parámetros de la tabla 1-11.

En el caso de que el perfil sea aperiódico se deben tener en consideración los parámetros de la tabla 1-12.

Una vez identificado el filtro a utilizar (cut off) también se conocerá la longitud de muestreo ( $l_m$ ) que se utilizará, esta debe resultar representativa para la determinación de rugosidad. Esta es la longitud que recorrerá el palpador, la cual puede estar relacionada con las condiciones de mecanizado de la pieza. A mejor calidad, menor es la longitud necesaria de muestreo.

Si se cuenta con información de cuales fueron los parámetros de mecanizado se puede ingresar a tabla con el valor de avance (mm/rev).

**CAPITULO 2: ELABORACIÓN**  
**DEL ENSAYO**

## 2. PREPARACIÓN Y ELABORACION DEL ENSAYO.

Con tal de realizar este ensayo, se fabricara una probeta de acero SAE 1045, endurecida a traves de tratamientos termicos (templado y revenido) en la cual se medira la rugosidad superficial obtenida al retificarla con distintas muelas abrasivas y avances, la probeta esta diseñada para sacar el mayor provecho al material respecto a la cantidad de mediciones que se podran realizar en cada probeta, esta no esta bajo norma, pero sus dimensiones estan pre establecidas a una longitud mayor con la longitud de muestreo (8 mm) que permite el instrumento de medicion, el cual su proceso de medicion esta normalizado por la DIN 4768.

### 2.1. CORTE DEL MATERIAL EN BRUTO EN SIERRA ELÉCTRICA:

Para la elaboración de la probeta, se efectuará el corte del material en bruto en la sierra eléctrica, el cual corresponde a 3 barras de acero SAE 1045 de 1000 mm de largo cada una, de esto se obtendrán 30 barras de 100 mm, las cuales posteriormente se mecanizarán en la fresadora universal, para poder llevarlas a dimensiones preestablecidas, que permitirá realizar las mediciones de rugosidad correspondientes en cada probeta.



Fuente: [www.catalogodemaquinas.cl](http://www.catalogodemaquinas.cl) .

Figura 2-1. Sierra electrica de cinta

Tabla 2-1. Dimensiones: post corte con sierra eléctrica

Largo	Ancho	Espesor
100 mm	15 mm	15 mm

Elaboración Propia Microsoft Word

### 2.1.1. Procedimiento de trabajo:

- Encender la fuente de poder con el interruptor general con la finalidad de energizar la sierra eléctrica.
- Una vez energizada la maquina se realiza el montaje del material en bruto, se ajusta los topes para que el corte sea de 100 mm de largo.
- Con el material montado en la maquina se declina la sierra, y antes que esta entre en contacto con la superficie de la barra de acero, se pone la puesta en marcha de la máquina, y al iniciar el corte se activa el líquido refrigerante.
- Al efectuarse el primer corte se debe presionar el botón de emergencia de la máquina para detener su funcionamiento, después de eso se considera seguro levantar la sierra, seguido de esto se detiene el suministro de líquido refrigerante, por último, se suelta la prensa para empujar el material restante hasta el tope y realizar el siguiente corte.
- Estos últimos dos pasos se repiten sucesivamente hasta completar las 30 probetas.

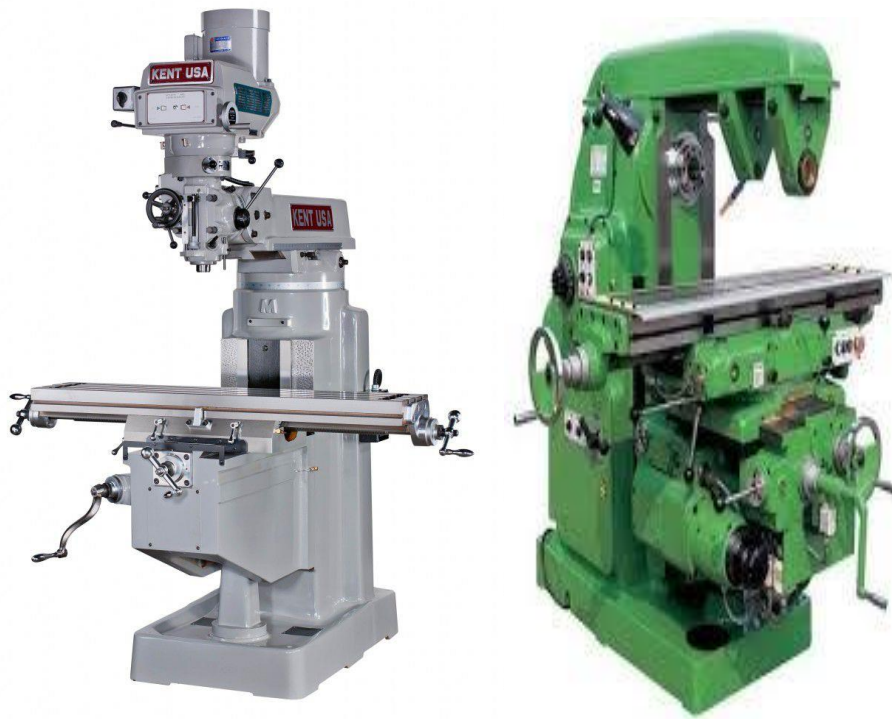


Fuente: Figura Propia.fecha 04/04/2017

Figura 2-2. Sierra electrica Taller Metal Mecanico

## 2.2. MECANIZADO EN FRESADORA.

En la fresadora universal se trabajará el material cortado con anterioridad a fin de proporcionar dimensiones preestablecidas a cada una de las futuras probetas, y en la fresadora vertical se efectuará el ranurado de las caras superior e inferior con el propósito de dividir las superficies y obtener una mayor cantidad de muestras posibles por probeta, esto ayudará a realizar la cantidad de mediciones necesarias para el ensayo.



Fuente: <http://www.conociendolafresadora.blogspot.com>

Figura 2-3. Maquinas Fresadoras Universal y vertical.

Tabla 2-2. Dimensiones: Preestablecidas.

Largo	Ancho	Espesor
95 mm	15 mm	15 mm

Fuente: Elaboración Propia Microsoft Word

Para lograr estas dimensiones las piezas fueron montadas en la fresadora, y se mecanizaron los extremos donde habían sido cortado anteriormente, ya que las

dimensiones resultantes no eran las definitivas, por lo que con la fresadora tangencial se eliminara un excedente de material de 5 mm en cada pieza.

Tabla 2-3. Dimensiones: Preestablecidas.

Largo	Ancho	Espesor
30 mm	15 mm	15 mm

Fuente: Elaboración Propia Microsoft Word

Las medidas fueron acomodadas a la geometría inicial que poseía el material en bruto, pero este fue seleccionado teniendo en consideración que la única dimensión que cumple una función específica es el ancho de la probeta, ya que tiene que ser mayor a la longitud de muestreo del rugosímetro, con el fin de efectuar una medición óptima que permita determinar la rugosidad de las probetas.

#### 2.2.1. Procedimiento de trabajo en fresadora universal:

- Lo primero a realizar es el montaje de la fresa tangencial y sujeción del tornillo mecánico en la mesa longitudinal en la máquina.
- Posteriormente, se energiza la máquina y se establecen los parámetros de mecanizado (RPM, velocidad de avance, velocidad de corte, etc.)

Tabla 2-4. Dimensiones: Pre-establecidas.

Avance (mm/min)	Retroceso (mm/min)	Revoluciones por minuto (RPM)
75	210	91

Fuente: Elaboración Propia Microsoft Word

- Se realiza el montaje del material en forma vertical en el tornillo mecánico, este a su vez debe estar posicionado de tal forma que evite que la herramienta mueva de su posición el material debido a la fuerza que ejerce sobre este.
- Se pone en marcha la máquina para efectuar el mecanizado de los extremos, se acerca la herramienta de corte a la superficie del material para establecer un 0 y dar la profundidad de trabajo, se elimina el excedente de material a fin de obtener las dimensiones preestablecidas, esto se realiza con un avance de 70 y un retroceso de 210.



Fuente: Imagen propia 04/04/2017.

Figura 2-4. Mecanizado en fresadora.

Nota: Para el retroceso se debe levantar la herramienta de corte por sobre la superficie del material para evitar el contacto y el daño de esta.

- Se realiza el mismo procedimiento por extremos a todas las piezas hasta que se obtengan las dimensiones preestablecidas.
- Al finalizar presionar el botón de emergencia y se desenergiza la máquina, para dar paso al siguiente mecanizado.

#### 2.2.2. Procedimiento de trabajo en fresadora vertical:

- Con el largo de la probeta establecido se debe realizar un cambio de fresa, en este caso se utilizará la fresadora frontal, además debemos darle una inclinación de  $45^\circ$  al árbol porta fresa para poder realizar el siguiente mecanizado.
- En primer lugar, se debe energizar la máquina presionando el botón de encendido, junto con esto se montará la fresa en el portaherramientas.
- Una vez finalizado el montaje de la herramienta se realizará una inclinación de  $45^\circ$  a la porta herramienta de modo de poder efectuar el ranurado de forma óptima.
- Con la inclinación se da paso a montar el tornillo mecánico sobre la mesa de trabajo, para luego sujetar con esta cada probeta y así poder llevar a cabo el ranurado.

- A continuación, se realizará el ranurado correspondiente en las caras inferiores y superiores de la pieza, esto con el propósito de obtener una mayor cantidad de muestras por probeta, estas ranuras poseen una profundidad 2 a 3 mm, y a una distancia de 30 mm desde el canto de la pieza hasta el centro, por lo que se efectuaran dos ranuras por cada cara, seccionando la probeta en 3 partes iguales de 30 mm, obteniendo como resultado un total de 6 muestras por probeta.

### 2.3. TALADRADO

Este mecanizado tiene como propósito facilitar el manejo de las probetas a la hora del tratamiento térmico, el mecanizado que se le efectuara es realizar la perforación pasante en las caras laterales de 3mm de diámetro. A cada una de estas probetas se introducirá un alambre con la finalidad ayudar al manejo y desplazamiento de las probetas tanto en el templado como en el revenido.



Fuente: Imagen Propia 04/04/2017

Figura 2-5. Taladro Pedestal Taller Mecanico

### 2.3.1. Procedimiento de trabajo

- En primer lugar, ajustamos la RPM con las cuales se realizará la perforación de la pieza, y se monta la broca 3 mm en el mandril del taladro.

Tabla 2-5. Parámetros de taladro pedestal

RPM	650
-----	-----

Fuente: Microsoft Word

- Se realiza la sujeción del tornillo mecánico en la mesa del taladro pedestal, y esta se ajusta a una altura que se permita la perforación pasante del material.
- A continuación, se procede a montar las piezas en el tornillo para realizar la perforación pasante en el material
- Seguido de esto se enciende la máquina para realizar la perforación la cual se hará en la parte superior de la cara lateral del material, mientras se esté efectuando la perforación se debe utilizar abundante refrigerante.
- Se debe realizar estos dos últimos pasos tantas veces hasta completar las 30 probetas

Nota: la perforación no tiene una medida específica de su posición ya que su utilización tiene la finalidad de ayudar al manejo de las probetas en el tratamiento térmico.



Fuente: Imagen Propia. 05/04/2017

Figura 2-6. Manejo de probetas.

## 2.4. TRATAMIENTO TÉRMICO DE TEMPLADO:

La finalidad que tiene el tratamiento térmico, es proveer una mayor dureza y resistencia a las probetas, para obtener este resultado estas serán expuestas a una temperatura de 850° C, con esto las probetas se calientan a la temperatura en la que se logra la austenización con lo cual se obtiene un material con un porcentaje de austenita de un 100%, la temperatura de austenización empieza de los 723 °C pero a los 850 °C en un material sin elementos de aleación se obtiene 100% austenita, esto permite obtener los mejores resultados del templado.

Una vez que se llega a los 850 °C, esta temperatura se mantendrá constante por 30 minutos, ya que al realizar el tratamiento en un horno eléctrico la temperatura de remojo es de 1 a 2 mm por sección transversal (sección transversal por cada probeta 15 mm), para luego ser enfriadas rápidamente en el estanque de agua.



Fuente: Imagen Propia. 05/04/2017

Figura 2-7. Horno Electrico para elaboracion de tratamiento térmico

### 2.4.1. Procedimiento de trabajo:

- Se comenzará encendiendo el horno, se conecta al suministro eléctrico y se acciona el interruptor general.
- Para luego dar paso a introducir las probetas al horno electrico separadas en 2 grupos de 15 probetas cada uno.
- Luego se cierra el horno, se acciona el sistema de calentamiento, y se programa el horno a una temperatura de 850° C temperatura para acero SAE 1045 sin elemento aleantes, ya que a esa temperatura obtenemos 100% austenita.

- Con el horno ya programado se monitorea hasta que llegue a la temperatura de 850° C, y se deja a Temperatura constante por 30 minutos. Nota: fueron elegidos 2 minutos por cada mm de sección transversal de la pieza.



Fuente: Imagen Propia 04/05/2017

Figura 2-8. Monitoreo de Temperatura

- Una vez pasado los 30 minutos se apaga el sistema de calentamiento, se desenergiza el horno eléctrico, se abre la compuerta del horno y con implementos de seguridad se extrae las probetas del horno con la mayor seguridad posible.



Fuente: Imagen Propia. 05/04/2017

Figura 2-9. Implementos de Seguridad.

- Y por último se introducen rápidamente en un estanque de agua para realizar el enfriamiento de las probetas y dar como finalizado el templeado

## 2.5. TRATAMIENTO TÉRMICO DE REVENIDO:

La finalidad que tiene este tratamiento térmico es la redistribución de la energía residual en los bordes del grano de la probeta a fin de aumentar su tenacidad, debido a que hay partes que quedan demasiado frágiles por el templado.

Este tratamiento se efectúa a temperaturas bajo el punto crítico del acero a trabajar, teniendo como dato que la temperatura de austenización del acero SAE 1045 es  $723^{\circ}\text{C}$ , se utilizara una temperatura de  $450^{\circ}\text{C}$ , la cual se encuentra por debajo el punto crítico, con eso se lograra aliviar tensiones internas aumentando tenacidad y bajando la fragilidad del Acero, y una vez llegada a este temperatura, esta se mantendrá constante, lo cual es equivalente a 30 minutos por pulgada de diámetro, teniendo en cuenta que en nuestro caso serán 15 minutos tomando que el diámetro de nuestra probeta es de 15 mm y por último se hará un enfriamiento a temperatura ambiente.



Fuente: Imagen Propia. 05/04/2017

Figura 2-10. Elaboración de tratamiento termico

### 2.5.1. Procedimiento de trabajo:

- Se comenzará encendiendo el horno, se conecta al suministro eléctrico y se acciona el interruptor general.
- Para luego dar paso a introducir las probetas al horno eléctrico separadas en dos grupos de quince probetas cada uno.





Fuente: Imagen Propia. 05/04/2017



Figura 2-11. Probetas Post Templado.

- Luego se cierra el horno, se acciona el sistema de calentamiento, y se programa el horno a una temperatura de  $450^{\circ}\text{C}$  ya que a esa temperatura estamos por debajo del punto crítico
- Con el horno ya programado se monitorea hasta que llegue a la temperatura de  $450^{\circ}\text{C}$ , y se deja a Temperatura constante por 15 minutos
- Una vez pasado los 15 minutos se apaga el sistema de calentamiento, se desenergiza el horno eléctrico, se abre la compuerta del horno y utilizando los implementos de seguridad se extraerán las probetas del horno con la mayor seguridad posible.
- Y por último el método de enfriamiento empleado fue a temperatura ambiente. Con el fin de lograr aliviar tensiones internas aumentando tenacidad y bajando la fragilidad.


### DIMENSIONADO

Fresadora 		
Control	Revisión	Observaciones
Largo	Cumple	✓
Ancho	Cumple	✓
Espesor	Cumple	✓
Ranuras	Cumple	No quedaron todas iguales pero cumple su función
Tolerancias	Cumple	✓
Responsable		Fecha
Carlos Zambrano - Sebastian Petronales		16/11/17
		Firma
		

### PERFORADO

Taladrado 		
Control	Revisión	Observaciones
Profundidad	Cumple	todo ok
Diámetro	Cumple	✓
Marcaje	Cumple	✓
Responsable		Fecha
Carlos Zambrano - Sebastian Petronales		23/11/17
		Firma
		

### TRATAMIENTO TERMICO

Tipo	Fecha	Hora	T° horno	Tiempo	Enfriamiento	Observaciones
Templado	24/11/17	13:20	850°C	30 min	tanque de agua	✓
Revenido	24/11/17	13:54	450°C	15 min	T° ambiente	se des engrasado en taller
Responsable					Fecha	Firma
Sebastian Petronales					24/11/17	

Fuente: imagen propia.

Figura 2-12: Ejemplo de hoja de registro escáner

## 2.6. RECTIFICADO:

El ensayo tiene la finalidad de obtener valores de rugosidad resultantes del proceso de mecanizado en la rectificadora plana mediante distintos valores de avance utilizados, esto se realizará con dos muelas abrasivas del mismo material, pero con distinto grado (grado 80 y grado 46). Las probetas proporcionaran un total de 6 muestras cada una (3 muestras en la cara superior y otras 3 en la inferior), eso da como resultado un total de 30 probetas, que proporcionaran 180 muestras para el ensayo, que serán repartidas de forma equitativa en cada muela a utilizar para el ensayo (90 muestras por muela), a su vez en cada muela trabaja con tres avances distintos, cuyos valores han sido medidos previamente de forma práctica en el taller mecánico, lo que da un total de 30 muestras por cada avance utilizado (alto, medio y fino).

A la totalidad de las muestras se le medirá su rugosidad superficial y los datos obtenidos se utilizarán más adelante, para que a través de cálculos se pueda obtener un dato concreto de calidad superficial obtenible al trabajar con una muela y un avance en la rectificadora plana.



Fuente: Imagen Propia. 06/04/2017

Figura 2-13. Proceso de Rectificado.



Fuente: Imagen Propia 06/04/2017

Figura 2-14. Muelas Abrasivas Utilizadas para los Ensayos.

Tabla 2-6. Características técnicas muelas abrasivas

Tipo de abrasivo	Tamaño del grano	Grado	Estructura	Aglomerante	Registro
A	80	M	5	V	217
A	46	I	7	V	23

Fuente: Elaboración propia.06/04/2017

Tabla 2-7. Parámetros de mecanizados

Parámetros	Velocidad tangencial muela	Vel. de avance longitudinal	Vel. de avance Transversal	Prof. De corte
<b>Valores Prácticos</b>	37,86 m/s	0/16.844,92 mm/min	1/8 a 1/2 espesor muela/carrera	0,02 máx. para desbaste ≤ 0,01 para terminaciones

Fuente: Elaboración propia Microsoft Word

Tabla 2-8. Características técnicas Rectificadora DoALL 618-7:

Características	
Longitud de la mesa de trabajo	457,2 mm
Ancho de la mesa de trabajo	152.4 mm
Altura máxima de las piezas a rectificar	304.8 mm
Potencia del mando del husillo	0,746 kW
Velocidad de giro máxima del husillo	38,00 m/s
Velocidad de mínima de avance longitudinal	1,5 m/min
Velocidad de máxima de avance longitudinal	45.0 m/min
Diámetro de una nueva muela	177.8 mm
Diámetro del agujero en la muela	31.8 mm
Longitud máxima de rectificado	457.2 mm
Anchura máxima de rectificado	152.4

Fuente: Elaboración propia. Microsoft word

#### 2.6.1. Procedimiento de trabajo:

- En primera instancia se debe energizar la bomba de la rectificadora plana, y esperar que la maquina se prepare por un par de minutos antes de comenzar el trabajo en ella.
- Mientras que se prepara la máquina, se realiza el balanceo de la muela con la cual se va a trabajar (en este caso la muela A46 la cual es una muela de grado medio), este procedimiento se efectúa en la mesa de balanceo, y una vez correctamente balanceada la muela, esta se monta en la rectificadora.
- A continuación, se realiza el montaje de las probetas sobre el mesón magnético de la rectificadora, para esto se colocaran cinco probetas dispuestas de forma paralela a la orientación de la muela, además de dos paralelas en los extremos de las piezas, ambas orientadas de forma perpendicular a estas de modo que se aumente la sujeción de las probetas y se evite el desplazamiento de estas debido a la fuerza ejercida por la muela, luego de esto se magnetiza el mesón y se verifica que las piezas estén bien sujetas.
- Después de colocar las probetas en el mesón, se ajusta el desplazamiento longitudinal de la muela, para esto se debe acercar la muela, pero sin que esta haga

contacto con la superficie de las probetas, para luego ajustar los topes a fin de que la muela solamente recorra la totalidad de la superficie de la probeta sin que exceda innecesariamente este y así no aumentar los tiempos de mecanizado.

- Con las probetas y topes correctamente posicionados se procede a regular el cero de referencia para la profundidad de corte, para esto se acerca la muela en funcionamiento hasta que haga el mínimo contacto posible con la superficie de la probeta.
- Lo siguiente es posicionar la muela atrás de las probetas utilizando el movimiento transversal de la mesa, después de eso se ajusta la profundidad con la cual trabajara la muela, en este caso para el desbaste la profundidad es de 0,001 pulgadas, y esta es ajustable en la manivela de profundidad de la máquina.

Nota: Siempre se debe realizar el desbaste sobre todas probetas hasta lograr su rectitud y para lograr esto se debe utilizar el avance “7”, los demás avances solamente se utilizarán durante el afino cuando corresponda, y este proceso se debe realizar tanto como para la muela de grado 46 como la de 80.

- Para lograr lo anterior se deben activar el movimiento longitudinal y transversal de la rectificadora, la velocidad del movimiento longitudinal se regula a través del avance proporcionado por la máquina en la manivela de avances (3, 5 y 7), y el movimiento transversal es constante por lo que solamente se puede ajustar la dirección de este por medio de su palanca.
- Una vez realizado lo anterior se debe activar el suministro de líquido refrigerante, este debe ser abundante para todo el proceso de mecanizado con el fin de evitar que se queme la superficie de la probeta.
- Lo siguiente a llevar a cabo es el desbaste de las probetas, este debe utilizar ambos movimientos de la mesa transversal, y se debe realizar hasta que se logre la rectitud de la probeta.
- Al finalizar el desbaste de las probetas y dar paso al afino, se debe afilar la muela con el diamante para que la deformación producida sobre la muela durante el desbaste repercuta sobre los resultados del proceso de afinado.
- Para el afino el procedimiento es similar al anterior, pero con las siguientes diferencias:
- El afino de la probeta se debe seleccionar el avance correspondiente para la realización del ensayo, por lo que se trabajara con cada uno de los avances (3, 5 y 7) cuando corresponda (30 muestras por avance en cada muela)

- En este caso tanto la muela de grado 46 y 80 pasaran cuatro veces sobre la superficie de las probetas, con una profundidad de 0.0005 pulgadas, por lo que se eliminara un total 0,002 pulgadas de material por cara durante el afino.
- Durante este proceso el movimiento transversal de la mesa se efectuará en una sola dirección, con el objetivo de que la rugosidad de la superficie no se vea afectada por el cambio de dirección de la huella producida en el arranque del material, para esto la muela al realizar la primera pasada se debe posicionar atrás de las probetas con el movimiento transversal de la mesa sin hacer contacto con la superficie de la probeta, y esto se debe repetir cada vez que se realice el afino sobre la superficie de la probeta. Es importante mencionar que este proceso se debe efectuar con abundante flujo de refrigerante sobre la superficie de la probeta, y que se debe tener especial cuidado con la posición de la manivela de profundidad al momento del retroceso.
- Al finalizar se presiona el botón de emergencia y se desenergiza la máquina.
- Este mismo procedimiento se repetirá para cada una de las muelas a trabajar (grado 46 y 80) y para cada avance a utilizar (3, 5 y 7).

Rectificadora <input checked="" type="checkbox"/>			
Control	Afino	Desbaste	Observaciones
Balanceo muela	C		se realiza al principio solamente
RPM	C		constante
Avance	C		Se utiliza el avance correspondiente a la muela
Temperatura	C		Tº ambiente del taller
Profundidad	C		sin obs
Diamantado	C		cada vez que se cambia la cara de pulido
Refrigerante	C		Refrigeración abundante
Responsable		Fecha	Firma
Carlos Zambrano - Sebastian Retornales		7/12/17	
Rectificadora <input type="checkbox"/>			
Control	Afino	Desbaste	Observaciones
Balanceo muela		C	cada vez que se cambia la muela
RPM		C	constante
Avance		C	siempre el avance rápido (7)
Temperatura		C	Tº ambiente
Profundidad		C	sin obs
Diamantado		C	1 vez cada 5 probetas
Refrigerante		C	Refrigeración continua, abundante
Responsable		Fecha	Firma
Sebastian Retornales		6/12/17	

Fuente: imagen propia

Figura 2-15: Escáner hoja de registro.

## 2.7. PROCESO DE MEDICIÓN DE RUGOSIDAD

Con el fin de identificar la calidad superficial de cada probeta se realiza la medición de la rugosidad, el procedimiento se realiza en cada una de las muestras de las probetas y se separan por el tipo de muela y avance con la que fueron mecanizadas.

El procedimiento de medición se efectúa con el rugosímetro digital, el cual permite aislar la medición de la rugosidad de las otras diferencias de forma que pueda poseer la superficie, por medio de un filtro eléctrico o cut off ( $\lambda_c$ ).

Al seleccionar el cut off ( $\lambda_c$ ), consigo también se establecen los parámetros de longitud de muestreo y longitud individual de medición, estos parámetros están establecidos por la norma DIN 4768.



Fuente: imagen propia 14/05/2017

Figura 2-16: Rugosímetro surfest j301

### 2.7.1. Selección de cut off ( $\lambda_c$ ):

Para determinar que cut off ( $\lambda_c$ ) utilizar según la norma, se debe conocer si el perfil producido por el mecanizado es periódico o aperiódico, conociendo esto se tienen las siguientes consideraciones:

Para perfiles periódicos que corresponden a los producidos por procesos como el torneado y el cepillado, se deben tener en consideración los parámetros de la Tabla 1-12 Parámetros según Ra.

Para perfiles aperiódicos que corresponden a los producidos por procesos como rectificado, fresado circular o de contornos, fresado frontal sin caída o salida, escariado, transformado, etc, se deben tener en consideración los parámetros de la Tabla 1-13 Parámetros según Rz.

Este ensayo consiste en la medición de la rugosidad resultante en la rectificadora plana del taller metalmecánico de la Universidad Federico Santa María Sede Viña del Mar, como resultado de eso se deben tener en consideración la selección de los parámetros según Rz, y este parámetro se obtiene de la siguiente tabla:

Tabla 2-7: El Rz obtenido en procesos de rectificado de acero con muelas de carburo de silicio o corindón

Proceso	Tamaño del grano o grado	Tolerancia de rectificado	Profundidad de corte en mm	Rz en $\mu\text{m}$
Desbaste	30 – 46	0.5 – 0.2	0.02 – 0.1	3 – 10
Afino	46 – 80	0,02 – 0.1	0.005- 0.05	1- 5
Rectificado precisión	80- 120	0.005- 0.02	0.002 – 0.008	1.6 – 3

Fuente: Elaboración Propia.

Los parámetros de Rz obtenibles según la tabla durante el rectificado esta entre 1 a 5  $\mu\text{m}$ , debido a que se realizara el proceso de afino tanto con la muela abrasiva de grado 80 como la de grado 46, además de que ambas trabajaran con una profundidad de corte dentro del rango establecido en la tabla adjunta (profundidad de corte utilizada de 0.0005 in = 0.0127 mm).

Según la norma DIN 4768 (Véase Tabla 1-12 Parámetros según Rz.), para valores de Rz sobre 0.5 hasta 10  $\mu\text{m}$  el cut off ( $\lambda_c$ ) a seleccionar es de 0,8 mm y su longitud de muestreo ( $l_m$ ) es de 4 mm.

### 2.7.2. Procedimiento de medición:

- Para empezar la medición lo primero que se debe realizar es conectar el suministro eléctrico del rugosímetro digital, además de conectar el palpador y encender el equipo.
- Luego se debe armar una superficie de modo que el aparato palpador o drive quede a la altura de lo que se vaya a medir (en este caso esto realiza tanto para las probetas como para el patrón de calibración), además se debe asegurar que este dispositivo no se desvíe durante el proceso de medición.

- Tras armar la superficie donde se colocará el dispositivo, se debe posicionar en este y chequear que la aguja o stylus haga correcto contacto con la superficie a medir, esta debe estar paralela a la superficie.

Nota: Antes de medir las muestras de cada probeta, el instrumento debe ser calibrado con el patrón de calibración, este proceso se debe realizar cada vez que midan las 6 muestras de cada probeta con el fin de que los datos que se midan sean lo mas fidedignos posible.

- Para realizar la calibración del instrumento se debe ajustar el patrón en su lugar y apretar la tecla “CAL” en la pantalla home. Los ajustes de calibración por defecto son los siguientes:

1. Largo: 25 mm
2. Numero de longitud métrica: 5
3. Perfil de medición: Perfil R
4. Filtro: Gauss

- Si el valor mostrado en la pantalla no corresponde a la rugosidad del patrón de calibración, este se debe cambiar apretando en la pantalla el botón donde aparece la rugosidad de la muestra, luego de cambiar el valor se debe presionar la tecla “INICIO/STOP” que se encuentra en la parte inferior de la pantalla del rugosímetro.
- Mientras se produce la calibración, en la pantalla aparecerá una barra en la pantalla que indicará el progreso de la medición, una vez terminado esto aparecerá la información final. Al finalizar toque en la pantalla la tecla “ENTER” para actualizar el factor y terminar la calibración.



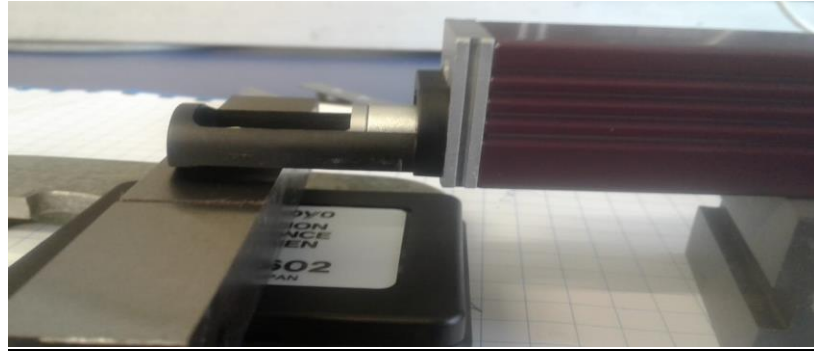
Fuente: imagen propia 14/05/2017

Figura 2 -17: calibración de palpador

- Una vez terminada la calibración en la pantalla home se toca el botón que permite modificar la condición de la medida, este se encuentra en la parte superior izquierda de la pantalla home.
- Tras tocar el botón se abrirá la pantalla de opciones y se ajustan los siguientes parámetros:

1. Norma”: JIS’01
2. Perfil de medición”: R
3. Filtro: Gauss
4. Longitud de muestro: 4 mm
5. Cut off ( $\lambda_c$ ): 0.8  $\mu\text{m}$
6. N (número de disposición de la longitud de muestreo): 5



- Luego se toca el botón “Pag 1/3” que se encuentra en la parte superior derecha de la pantalla de opciones, para desplegar el siguiente menú de opciones, en este se encuentra el botón “PERSONALIZAR” en el cual se pueden seleccionar los valores de rugosidad que se quieran medir ( $R_t$ ,  $R_p$ ,  $R_m$ ,  $R_a$ ,  $R_{rms}$ ,  $R_z$ ,  $R_s$ ) en el caso del ensayo se tomaran en cuenta solo  $R_t$ ,  $R_a$ ,  $R_z$  y  $R_p$  respectivamente.
- Al finalizar se debe tocar el botón que se encuentra en la esquina inferior izquierda de la pantalla para guardar los cambios.
- Con el instrumento calibrado y seteado se puede efectuar la medición de la probeta, por lo que tras colocar la muestra y el drive en posición se debe apretar la tecla “INICIO/STOP” para iniciar la medición.
- Durante el proceso en la pantalla aparecerá una barra indicando el progreso de la medición y al finalizar se procesarán los datos, para que luego aparezca la información de la medición en la pantalla la cual se puede imprimir presionando la tecla “PRINT” que se encuentra abajo de la pantalla del rugosímetro.
- Este procedimiento se repite para cada una de las muestras de las probetas, al finalizar la medición de todas las muestras, se apaga el instrumento, de desconecta y se guarda en el taller de mediciones de la UTFSM sede Viña del Mar.



Fuente: imagen propia 14/05/2017

Figura 2-18: Medición de rugosidad.

## MEDICIÓN

Rugosímetro 		
Control	Revisión	Observaciones
Calibración	Cumple	El instrumento se calibra luego la medición de cada 3 muestras (A igualdad)
Perfil	Cumple	Perfil $\Sigma$ siempre
Cut off	Cumple	0,8 (constante)
Longitud de muestreo	Cumple	constante
Responsable		Fecha
Carlos Zambrano		17/04/18
		Firma
		

Fuente: imagen propia

Figura 2-19: escáner hoja de registro medición

**CAPITULO 3: ANALISIS DE**  
**DATOS.**

### 3. ANALISIS DE DATOS.

#### 3.1. DATOS OBTENIDOS DE LA MEDICIÓN.

Al terminar la medición se procede a realizar el trabajo estadístico que nos permitirá fijar el valor de rugosidad que se puede obtener al trabajar con cada avance, con esto lo primero que se debe aclarar es cuan seguro se está de predecir un dato según un avance determinado por lo que debemos hacernos las siguientes preguntas: ¿Cómo se puede predecir ese dato? y ¿Bajo qué condiciones se puede predecir?

Primero que todo debemos ordenar los datos obtenidos según el grado de muela utilizada durante el proceso de rectificado, los valores de avance con los que se trabajó y la magnitud de rugosidad correspondiente (Ra, Rz, Rt y Rp) de siguiente manera:

Tabla 3-1. Datos Ra muela 46

Muela de grado 46		
Avance 7	Avance 5	Avance 3
Ra $\mu\text{m}$	Ra $\mu\text{m}$	Ra $\mu\text{m}$
0,28	0,28	0,1
0,33	0,32	0,1
0,33	0,31	0,09
0,3	0,23	0,08
0,33	0,24	0,09
0,28	0,23	0,08
0,24	0,25	0,13
0,31	0,28	0,09
0,32	0,27	0,08
0,36	0,22	0,08
0,32	0,19	0,08
0,35	0,22	0,08
0,28	0,3	0,08
0,2	0,31	0,08
0,19	0,28	0,09
0,21	0,21	0,08
0,33	0,23	0,08
0,26	0,2	0,08
0,2	0,23	0,09
0,21	0,24	0,09
0,28	0,21	0,08
0,31	0,29	0,08
0,25	0,26	0,08
0,18	0,28	0,08
0,21	0,21	0,07
0,18	0,24	0,07
0,29	0,2	0,08
0,29	0,35	0,07
0,34	0,35	0,11
0,28	0,35	0,08

Fuentes: Elaboración Microsoft Excel

Tabla 3-2. Datos Rz muela 46

Muela de grado 46		
Avance 7	Avance 5	Avance 3
Rz $\mu\text{m}$	Rz $\mu\text{m}$	Rz $\mu\text{m}$
1,9	1,96	0,87
2,18	2,29	0,87
2,06	2,23	0,77
1,88	1,71	0,68
2,16	1,75	0,74
1,82	1,59	0,81
1,69	1,87	0,94
2,01	2,12	1,06
2,12	2,17	0,72
2,36	1,56	0,66
1,99	1,3	0,82
2,29	1,45	0,63
1,93	2,11	0,73
1,4	2,12	0,74
1,32	2,01	0,77
1,55	1,41	0,76
2,18	1,48	0,75
2,07	1,34	0,72
1,26	1,63	0,84
1,46	1,66	0,7
1,75	1,7	0,76
2,03	2,26	0,75
1,68	1,86	0,75
1,89	2,15	0,7
1,28	1,51	0,77
1,48	1,58	0,67
1,8	1,39	0,68
1,81	2,28	0,72
2,47	2,28	0,8
2,21	2,28	0,72

Fuente: Elaboración Microsoft excel

Tabla 3-3. Datos Rt muela 46

Muela de grado 46		
Avance 7	Avance 5	Avance 3
Rt $\mu\text{m}$	Rt $\mu\text{m}$	Rt $\mu\text{m}$
2,37	2,43	1,23
2,61	2,92	1,21
2,48	2,83	1,07
2,55	2,81	1,88
2,46	2,24	1,17
2,16	2,17	1,09
2,54	2,12	2,1
2,83	2,43	1,8
2,64	2,82	0,9
3,19	1,92	1
2,36	1,49	1,31
2,72	1,95	0,77
2,55	2,55	0,99
1,96	2,41	1,24
1,6	2,49	1,06
1,99	1,77	1,13
2,8	1,88	1,13
2,34	1,48	1,04
1,57	2,5	1,23
1,95	2,5	0,99
2,1	2,22	1,08
2,47	2,81	1,05
1,81	2,32	1,04
3,61	2,87	1,03
1,54	1,82	1,02
2,27	1,87	0,97
3,69	1,86	1,1
2,35	3,1	1,05
5,43	3,1	1,25
3,1	3,1	1,06

Fuente: Elaboración Microsoft Excel

Tabla 3-4. Datos Rp muela 46

Muela de grado 46		
Avance 7	Avance 5	Avance 3
Rp $\mu\text{m}$	Rp $\mu\text{m}$	Rp $\mu\text{m}$
0,8	0,85	0,31
1,08	1,03	0,29
0,9	0,9	0,29
0,99	0,79	0,24
1,14	0,86	0,29
0,85	0,7	0,24
0,84	0,73	0,41
0,84	0,93	0,47
1,14	0,98	0,27
1,13	0,74	0,27
0,98	0,55	0,28
1,16	0,62	0,24
1,05	0,82	0,24
0,6	0,8	0,3
0,62	0,84	0,3
0,77	0,63	0,26
1,12	0,65	0,29
1,14	0,66	0,27
0,57	0,76	0,31
0,76	0,79	0,33
0,91	0,85	0,25
1,17	0,91	0,35
0,81	0,69	0,24
0,61	1,04	0,24
0,53	0,64	0,24
0,93	0,66	0,2
1,1	0,58	0,25
0,85	1,1	0,24
0,92	1,1	0,34
1,28	1,1	0,25

Fuente: Elaboración Microsoft Excel

Tabla 3-5. Datos Ra muela 80

Muela de grado 80		
Avance 7	Avance 5	Avance 3
Ra $\mu\text{m}$	Ra $\mu\text{m}$	Ra $\mu\text{m}$
0,13	0,11	0,1
0,14	0,12	0,08
0,12	0,12	0,08
0,12	0,14	0,08
0,11	0,13	0,08
0,11	0,16	0,08
0,15	0,1	0,09
0,13	0,1	0,08
0,14	0,1	0,1
0,12	0,12	0,08
0,12	0,13	0,09
0,12	0,14	0,09
0,12	0,12	0,09
0,12	0,1	0,08
0,13	0,1	0,07
0,13	0,12	0,08
0,14	0,12	0,08
0,14	0,13	0,07
0,16	0,12	0,1
0,15	0,13	0,08
0,14	0,13	0,08
0,11	0,13	0,08
0,14	0,1	0,07
0,1	0,1	0,08
0,14	0,13	0,09
0,13	0,12	0,1
0,13	0,12	0,09
0,09	0,08	0,08
0,1	0,1	0,09
0,09	0,1	0,08

Fuente: Elaboración Microsoft Excel

Tabla 3-6 Datos Rz muela 80

Muela de grado 80		
Avance 7	Avance 5	Avance 3
Rz $\mu\text{m}$	Rz $\mu\text{m}$	Rz $\mu\text{m}$
1,01	0,83	0,65
1,02	0,82	0,59
0,84	0,96	0,53
1	1,03	0,67
0,83	1,06	0,58
0,76	1,04	0,59
1,03	0,74	0,79
0,88	0,78	0,57
1,03	0,72	0,64
1,03	1,04	0,66
0,83	1,16	0,63
0,83	1,03	0,58
0,92	0,93	0,65
0,91	0,74	0,59
0,87	0,76	0,55
0,96	0,96	0,58
0,89	1,04	0,58
0,97	1,01	0,54
1,12	0,84	0,65
1,04	1,02	0,63
0,97	1,06	0,75
0,79	1,12	0,57
0,96	0,93	0,53
0,78	0,75	0,59
0,9	1,14	0,7
0,91	0,9	0,63
0,91	0,86	0,59
0,73	0,57	0,59
0,74	0,63	0,92
0,7	0,71	0,58

Fuente: Elaboración Microsoft Excel

Tabla3-7. Datos Rp muela 80

Muela de grado 80		
Avance 7	Avance 5	Avance 3
Rp $\mu\text{m}$	Rp $\mu\text{m}$	Rp $\mu\text{m}$
0,45	0,39	0,12
0,53	0,4	0,1
0,41	0,41	0,1
0,46	0,41	0,11
0,37	0,45	0,1
0,37	0,46	0,1
0,41	0,33	0,12
0,4	0,35	0,11
0,5	0,31	0,12
0,48	0,49	0,1
0,42	0,46	0,11
0,4	0,43	0,11
0,49	0,43	0,11
0,46	0,33	0,1
0,43	0,32	0,09
0,47	0,42	0,1
0,41	0,36	0,1
0,47	0,41	0,09
0,55	0,33	0,12
0,51	0,44	0,12
0,44	0,55	0,11
0,39	0,57	0,1
0,49	0,42	0,09
0,37	0,34	0,1
0,43	0,54	0,12
0,4	0,37	0,12
0,43	0,38	0,11
0,28	0,25	0,1
0,3	0,28	0,12
0,33	0,33	0,1

Fuente: Elaboración Microsoft Excel

Tabla 3-8. Datos Rt muela 80

Muela de grado 80		
Avance 7	Avance 5	Avance 3
Rt $\mu\text{m}$	Rt $\mu\text{m}$	Rt $\mu\text{m}$
1,15	1,02	0,84
1,28	1,01	0,66
1,06	1,22	0,67
1,99	1,32	0,92
1,13	1,26	0,74
0,91	1,2	0,74
1,3	0,92	1,02
1,23	1,29	0,78
1,2	0,88	0,8
1,77	1,29	1,06
1,11	1,47	0,77
1,17	1,26	0,68
1,07	1,21	0,91
1,06	0,91	0,63
0,99	1,06	0,8
1,42	1,46	0,66
1,04	1,27	0,68
1,14	1,31	0,73
1,44	1,04	0,94
1,45	1,38	0,77
1,1	1,42	1,49
1,09	2,25	0,66
1,67	1,44	0,7
1,08	0,93	0,75
1,04	1,38	1
1,03	1,16	0,76
1,05	1,05	0,73
0,92	0,72	0,75
1,04	0,75	0,78
0,83	0,92	0,76

Fuente: Elaboración Microsoft Excel

### 3.2. ESTUDIO DE DATOS.

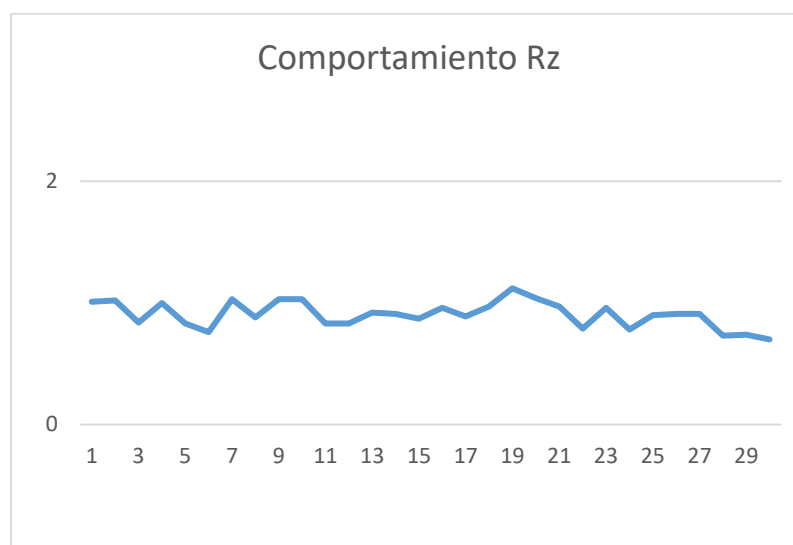
Para entender en que consistió el estudio que se realizó primero se deben conocer los siguientes términos:

- **Asimetría:** Si una distribución es simétrica, existe el mismo número de valores a la derecha que a la izquierda de la media, por tanto, el mismo número de desviaciones con signo positivo que con signo negativo.
- **Desviación estándar:** Es la medida de dispersión más común, que indica qué tan dispersos están los datos con respecto a la media. El símbolo  $\sigma$  (sigma) se utiliza frecuentemente para representar la desviación estándar de una población, mientras que  $s$  se utiliza para representar la desviación estándar de una muestra.
- **Media aritmética o promedio:** Es la suma de todos los datos dividida entre el número total de datos. Se calculan dependiendo de cómo vengan ordenados los datos.
- **Mediana:** Es el valor que ocupa el lugar central entre todos los valores del conjunto de datos, cuando estos están ordenados en forma creciente o decreciente.
- **Moda:** La moda de un conjunto de datos es el dato que más veces se repite, es decir, aquel que tiene mayor frecuencia absoluta. Se denota por  $M_o$ . En caso de existir dos valores de la variable que tengan la mayor frecuencia absoluta, habría dos modas. Si no se repite ningún valor, no existe moda.
- **La curtosis:** Es una medida de forma que mide cuán escarpada o achatada está una curva o distribución. Este coeficiente indica la cantidad de datos que hay cercanos a la media, de manera que, a mayor grado de curtosis, más escarpada (o apuntada) será la forma de la curva.

A cada dato obtenido se le determinara el promedio, la moda y la mediana como datos previos, de forma seguida se realizara un estudio de sus respectivos coeficientes de asimetría con el propósito de determinar un intervalo en base de este mismo número, con esto, si el 0 pertenece al intervalo de asimetría significa que los datos son “Relativamente simétricos” y el promedio (a raíz de esto también la desviación estándar) son buenas medidas de tendencia central y son representativos de la población de datos, en caso contrario, de no pertenecer el 0 al intervalo se debe trabajar con las otras medidas como la moda y mediana y trabajar con un rango acotado de los datos extremos, ya que el

promedio es muy sensible a estos datos extremos, por lo que no será representativo de la población.

En el caso del indicador de curtosis este muestra la forma que tendrán los datos y se podrá ver en los gráficos propuestos en Excel. Por ejemplo, en el grado 80 de la muela, en el avance 7, el comportamiento de Rz se puede ver la siguiente grafica con los siguientes datos:



Fuente: Elaboración Microsoft excel

Figura 3-1. Gráfico comportamiento Rz

Tabla 3-9. Comportamiento Rz

Coefficiente De Asimetria	-0,127808757
Intervalo (simetria)	-1,022235948 ; 0,766618434
Coefficiente de curtosis	-0,734169328
Intervalo (curtosis)	-2,52302371 ; 1,054685054

Fuente: Elaboración Microsoft Word

En este caso se puede trabajar con el promedio porque son datos relativamente simétricos y la forma de la curtosis calza con la forma del gráfico.

Una vez observados estos datos se puede realizar un análisis más centrado en poder determinar que tanto varían los datos con el coeficiente de variación (CV) para las

variables simétricas, y se da por hecho que no se puede pronosticar un dato exacto (o lo menos variable posible) a las magnitudes que no son simétricas dado un cierto grado de muela y un avance. Por lo tanto, en el grado 46 de la muela se obtienen estos datos:

Tabla 3-10. Avance 7 muela 46

	<b>Ra</b>	<b>Rz</b>	<b>Rp</b>
Promedio	0,274666667	1,867666667	0,919666667
Desv. Estándar	0,088146667	0,323085988	0,201932057
<b>CV (S/X)</b>	0,320922327	0,17298911	0,21957092

Fuente: Elaboración Microsoft word

Tabla 3-11. Avance 5 muela 46

	<b>Ra</b>	<b>Rz</b>	<b>Rt</b>	<b>Rp</b>
Promedio	0,259333333	1,835	2,359333333	0,81
Desv. Estándar	0,046471018	0,328610712	0,46693992	0,158261387
<b>CV</b>	0,17919416	0,51749718	0,19791181	0,19538443

Fuente: Elaboración Microsoft word

A partir del mismo análisis, ahora se mostrarán tablas del grado 80 de la muela:

Tabla 3-12. Avance 7 muela 80

	<b>Ra</b>	<b>Rz</b>	<b>Rp</b>
Promedio	0,125666667	0,905333333	0,428333333
Desv. Estándar	0,01706523	0,10525313	0,06234759
<b>CV</b>	0,13579758	0,1162590	0,14555858

Fuente: Elaboración Microsoft Word

Tabla 3-13. Avance 5 muela 80

	<b>Ra</b>	<b>Rz</b>	<b>Rp</b>
Promedio	0,117333333	0,906	0,398666667
Desv. Estándar	0,01651935	0,15559777	0,07601462
<b>CV</b>	0,14078992	0,17174147	0,19067212

Fuente: Elaboración Microsoft Word

Tabla 3-14. Avance 3 muela 80

	<b>Ra</b>	<b>Rp</b>
Promedio	0,084	0,10666667
Desv. Estándar	0,00840635	0,00977525
<b>CV</b>	0,1000755	0,09164297

Fuente: Elaboración Microsoft Word

De estos datos se entiende que, a partir de las magnitudes simétricas, el coeficiente de variación permite determinar que tanto se alejan los datos tomados con respecto al promedio en % o en palabras más simples el resultado (en este caso el promedio) como máximo y como mínimo tendrán un % de variación equivalente al CV. Por ejemplo, en la muela de grado 46, en el avance 7, el que posee menor variación es Rz con 17% de variación de los datos con respecto al promedio.

Otro punto importante que se puede extraer de las estadísticas es que Rt posee muy poca participación dentro de los datos simétricos, esto comprueba de que es muy sensible y no posee relevancia para este trabajo, ya que no se puede pronosticar un número para esa magnitud.

De los datos simétricos que más colaboran con este estudio son las magnitudes Ra y Rp independiente del grado de muela y grado de avance que tengan.

Se puede observar que en la muela de grado 80 se presentan magnitudes de menor % de variabilidad debido a que la calidad de la muela es mayor, en comparación a la del grado 46. Se concluye que en esta muela se pronostican mejor los datos ya que no poseen tanta variabilidad, cerca de un 10% en promedio.

Las menores magnitudes las presenta el avance 3 de la muela de 80 y la mayor variabilidad es Rz en el avance 5 en la muela de 46 grados, presentando mucha variabilidad (51%) en comparación a las demás.

### 3.2.1. Error Humano:

Bajo el concepto de usar estas máquinas para distintas medidas, pueden ocurrir ciertos errores que hacen que los datos estadísticos como la media no sea representativa de la población ya que esta medida estadística es muy sensible a datos extremos. Por lo tanto, se hará un arreglo y se procederá a cortar los datos extremos para así comprobar si se puede sacar un dato aproximado.

Tabla 3-15. Datos avances 3 muelas 46

<b>Ra</b>	<b>Rz</b>	<b>Rt</b>	<b>Rp</b>
0,07	0,63	0,77	0,2
0,07	0,66	0,9	0,24
0,07	0,67	0,97	0,24
0,08	0,68	0,99	0,24
0,08	0,68	0,99	0,24
0,08	0,7	1	0,24
0,08	0,7	1,02	0,24
0,08	0,72	1,03	0,24
0,08	0,72	1,04	0,24
0,08	0,72	1,04	0,25
0,08	0,72	1,05	0,25
0,08	0,73	1,05	0,25
0,08	0,74	1,06	0,26
0,08	0,74	1,06	0,27
0,08	0,75	1,07	0,27
0,08	0,75	1,08	0,27
0,08	0,76	1,1	0,29
0,08	0,76	1,13	0,29
0,08	0,77	1,13	0,29
0,09	0,77	1,17	0,29
0,09	0,77	1,21	0,3
0,09	0,8	1,23	0,3
0,09	0,81	1,23	0,31
0,09	0,82	1,24	0,31
0,09	0,84	1,25	0,33
0,1	0,87	1,31	0,34
0,1	0,87	1,8	0,35
0,11	0,94	1,88	0,41
0,13	1,06	2,1	0,47

Fuente: Elaboración Microsoft Excel

Debido a lo anteriormente señalado, solo en el caso del avance 3 del grado 46 se trabajará con un rango modificado en su porcentaje del 20%. El primer paso por realizar para lograr esto, es ordenar la tabla del mayor a menor y con el CVR (coeficiente de variación con rango modificado) con la finalidad de observar qué tan variable es:

Avance 3:

Tabla 3-16. Magnitudes corregidas.

Magnitudes de rugosidad	Ra [ $\mu\text{m}$ ]	Rz [ $\mu\text{m}$ ]	Rt [ $\mu\text{m}$ ]	Rp [ $\mu\text{m}$ ]
CVR (20%)	0,176	0,1298	0,2996	0,1864

Fuente: Elaboración Microsoft word

Por lo tanto, estos datos significan que se escapan a cierto % del promedio.

### 3.3. DATOS ESTADÍSTICOS RA

Para realizar el ensayo se midieron varios valores de rugosidad (Ra, Rz, Rt), a cada valor o medición de rugosidad se le determina el promedio, la moda, la mediana, posteriormente se realizó un estudio con el fin de obtener todos los coeficientes e intervalos como por ejemplo: coeficiente simetría coeficiente variación .

Para llevar a cabo el ensayo se elige un valor de rugosidad específico, esta fue la media aritmética de rugosidad (Ra). De esta medida se da a conocer todos los datos nombrados anteriormente.

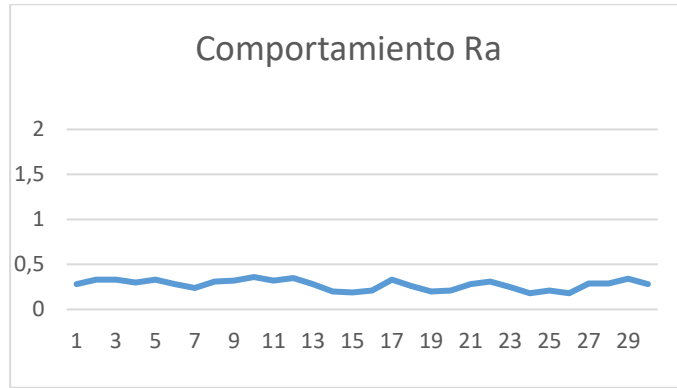
Se mostraran las tablas y gráficos para cada muela (grado 46 y grado 80) con sus tres avances correspondientes, en la tabla se mostrara que coeficientes e intervalos se obtuvieron, donde lo más importante es el promedio y el coeficiente de variación. El CV muestra cuanto va a variar el resultado con respecto al promedio. En el gráfico se analizará de que manera se comporta el Ra en las medidas obtenidas.

#### 3.3.1. Media aritmética muela 46.

Tabla 3-16 Muela 46 Avance 7

Ra [ $\mu\text{m}$ ]	Avance 7 (16.844,92 [mm/min])
Promedio	0,274666667 [ $\mu\text{m}$ ]
Moda	0,28 [ $\mu\text{m}$ ]
Coef. de asimetría	-0,375486301
Curtosis	-1,126351215
Coeficiente de variación	32 %
Nivel de confianza [99,9%]	0,036834417

Fuente: Elaboración Microsoft Word



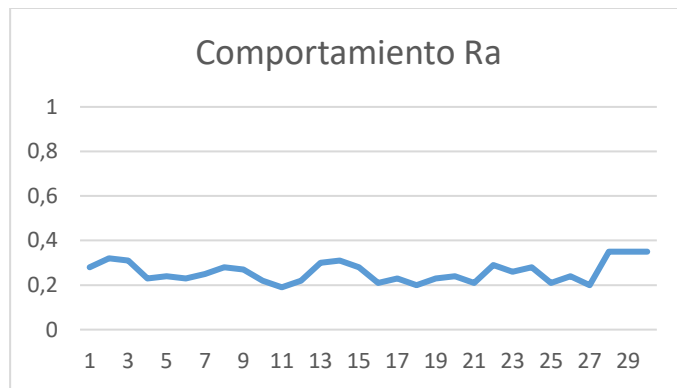
Fuente: Elaboración Microsoft excel

Figura 3-2. Comportamiento Ra

Tabla 3-17. Muela 46 Avance 5

Ra [μm]	Avance 5 (14.491,02 [mm/min])
Promedio	0,2593333333 [μm]
Moda	0,28 [μm]
Coef. de asimetria	0,523291961
Curtosis	-0,722417207
Coeficiente de variación	18 %
Nivel de confianza [99,9%]	0,031578658

Fuente: Elaboración Microsoft Word



Fuente: Elaboración Microsoft excel

Figura 3-3. Comportamiento Ra avance 5

Tabla 3-18. Muela 46 grado 3

Ra [ $\mu\text{m}$ ]	Avance 3 (2908,59 [mm/min])
Promedio	0,085 [ $\mu\text{m}$ ]
Moda	0,08 [ $\mu\text{m}$ ]
Coef. de asimetria	2,051296829
Curtosis	5,63437329
Nivel de confianza [99,9%]	0,008182678

Fuente: Elaboración Microsoft Word



Fuente: Elaboración Microsoft Excel

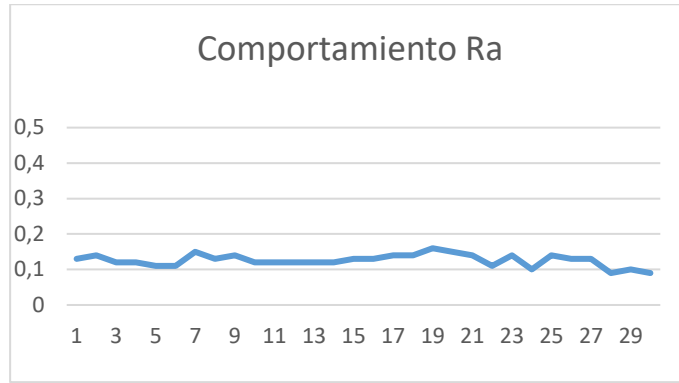
Figura 3-4. Comportamiento Ra avance 3

### 3.3.2. Media aritmética Muela 80

Tabla 3-19. Muela 80 Avance 7

Ra [ $\mu\text{m}$ ]	Avance 7 (16.844,92 [mm/min])
Promedio	0,12566667 [ $\mu\text{m}$ ]
Moda	0,14 [ $\mu\text{m}$ ]
Coef. de asimetria	-0,3319534
Curtosis	0,21487898
Coefficiente de variación	14 %

Fuente: Elaboración Microsoft Word



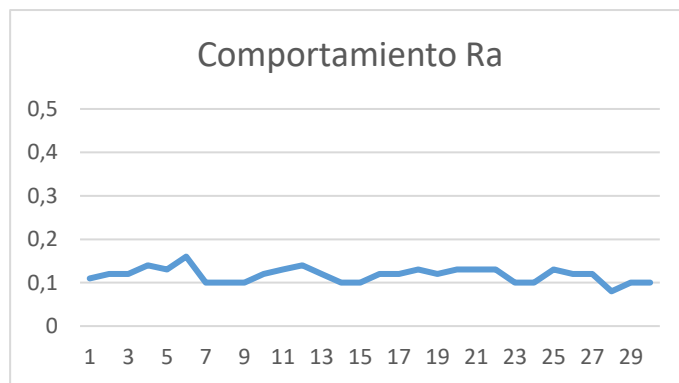
Fuente: Elaboración Microsoft Excel

Figura 3-5. Comportamiento Ra avance 7

Tabla 3-20. Muela 80 Avance 5

Ra [μm]	Avance 5 (14.491,02 [mm/min])
Promedio	0,11733333 [μm]
Moda	0,12 [μm]
Coef. de asimetria	0,12511437
Curtosis	0,27187102
Coefficiente de variación	14 %

Fuente: Elaboración Microsoft Word



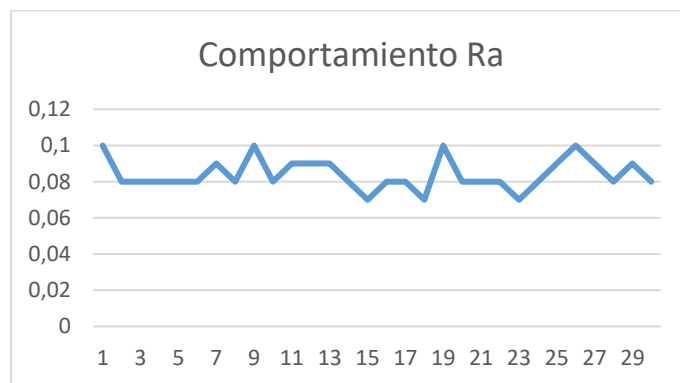
Fuente: Elaboración Microsoft Excel

Figura 3-6 Comportamiento Ra avance 5.

Tabla 3-21. Muela 80 Avance 3

Ra [ $\mu\text{m}$ ]	Avance 3 (2908,59 [mm/min])
Promedio	0,084 [ $\mu\text{m}$ ]
Moda	0,08 [ $\mu\text{m}$ ]
Desviacion estandar	0,00840635 - 0,1000755
Coef. de asimetria	0,51070743
Curtosis	-0,23720524

Fuente: Elaboración Microsoft Word



Fuente: Elaboración Microsoft Excel

Figura 3-7. Comportamiento Ra avance 3

### 2.5 Análisis poblacional:

Una vez analizados los datos muestrales, se procede a partir un análisis poblacional, la cual se basa en tener en consideración que la muestra es “datos tomados en una maquina en cierto día” y la población es “todos los datos que se toman en cierta maquina a tal momento”. A partir de este análisis poblacional, se dará cierto intervalo al cual corresponderá la media de todos los datos tomados en la población que sigue una tendencia “normal”.

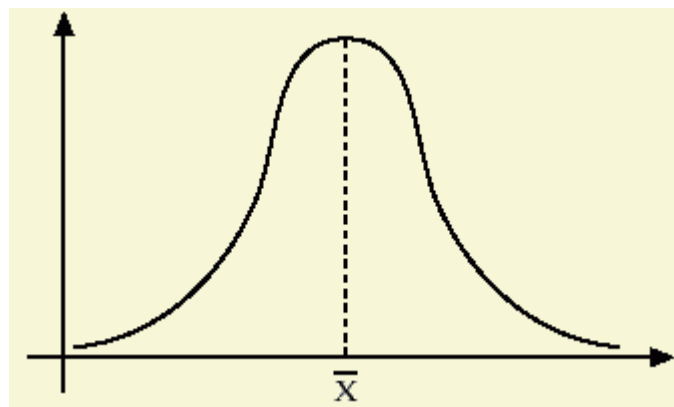


Foto: tendencia normal (campana de Gauss)

La primera etapa de este análisis es saber si los datos siguen una forma lineal. Ayudados por el análisis muestral anterior y sumando percentiles que ayudaran a mostrar de mejor manera el grafico nos queda de la siguiente forma:

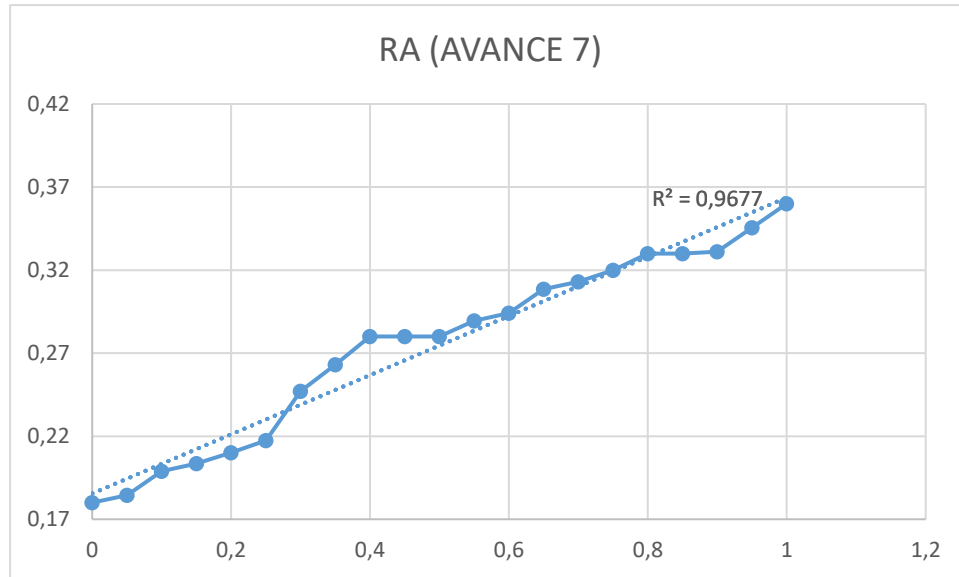


Foto: Avance 7 de Ra grado de muela 46

Se desprende de este nuevo grafico un  $R^2$  (coeficiente de correlación) de 0.9677 que es muy bueno para el estudio, significa que posee linealidad con respecto al percentil, si uno aumenta, los dos aumentan, por lo tanto, es conveniente seguir el estudio.

Cabe destacar que las muestras de Ra, Rp, Rt y Rz que no poseían datos simétricos, en los cuales no se puede determinar un numero específico en un intervalo más acotado (que es lo que se busca en este trabajo) ya que al ser tan asimétricos, se escapan mucho los datos unos de los otros y, ya sea por error humano o no, no se puede calcular un numero representativo de la población.

#### 2.6.1 Análisis de intervalo de confianza

Este análisis de intervalo de confianza sigue la lógica de obtener un cierto intervalo poblacional que sigue la distribución normal en el cual tener seguridad (en cierto %) de que un promedio "x" está en la población que este trabajo está midiendo.

Lo primero es explicar la ecuación para poder lograr un intervalo:

$$I_{\mu} (1-\alpha)100\% =$$

$$\left[ \bar{x} - \frac{\sigma}{\sqrt{n}} Z_{\frac{\alpha}{2}}, \bar{x} + \frac{\sigma}{\sqrt{n}} Z_{\frac{\alpha}{2}} \right]$$

El número que nos arroja el Excel de “Nivel de confianza (x%)”

Avance 7 (Ra) grado muela 46	Nivel de confianza (99,9%)	0,03683442
------------------------------	-------------------------------	------------

Se muestra lo que vendría siendo lo que comúnmente se le denomina “error” en el intervalo:

$$\bar{x} \pm z * \frac{s}{\sqrt{n}}$$

Por lo tanto, a través de ese número  $\pm$  el promedio de la muestra se puede afirmar con un cierto % de confianza que el promedio de la población de todos los datos tomados y que se tomaran en esa máquina están dentro del intervalo anteriormente descrito.

3.4. **TABLA DE VALORES DE RUGOSIDAD RESULTANTE**

GRADO MUELA	AVANCE	REFRIGERANTE	TRATAMIENTO TERMICO PREVIO	PROFUNDIDAD	RUGOSIDAD PROMEDIO	PORCENTAJE DE VARIACION (CV)
80	16,8 m/min (7)	SI	SI	0,002 INCH	0,12 $\mu\text{m}$	13%
80	14,9 m/min (5)	SI	SI	0,002 INCH	0,11 $\mu\text{m}$	14%
80	2,9 m/min (3)	SI	SI	0,002 INCH	0,084 $\mu\text{m}$	10%
46	16,8 m/min (7)	SI	SI	0,002 INCH	0,27 $\mu\text{m}$	32%
46	14,9 m/min (5)	SI	SI	0,002 INCH	0,24 $\mu\text{m}$	17%
46	2,9 m/min (3)	SI	SI	0,002 INCH	0,83 $\mu\text{m}$	

## CONCLUSIÓN

Durante el transcurso del desarrollo del trabajo de título, se tuvieron que aplicar distintos conocimientos y destrezas adquiridas durante el periodo como estudiante de la carrera de mecánica industrial, como lo son el trabajo con variadas maquinas herramientas de las cuales podemos mencionar la maquina fresadora tanto universal como vertical, como la principal máquina herramienta de este trabajo de título que corresponde a la rectificadora plana, y además de ahondar e investigar en temas como lo son la medición de rugosidad y la selección de sus parámetros además de su respectiva normativa (Norma DIN 4768), a su vez la aplicación de estadística para obtener valores representativos de rugosidad para cada avance y muela abrasiva con la cual se trabajó.

Este trabajo de título busca cooperar con el desarrollo técnico de los estudiantes cursan la asignatura de máquinas herramientas, sobre todo en trabajos realizados en la rectificadora plana, además de servir como guía para la elaboración de futuras probetas si así fuera necesario, y en la correcta utilización de rugosímetro digital del taller de metrología fundamentada en la normativa vigente.

Se puede afirmar que los objetivos impuestos durante este trabajo se cumplieron satisfactoriamente, comenzando con el primer objetivo que correspondía a la recopilación de datos técnicos y conocimientos generales que orientarían correctamente la elaboración y desarrollo del ensayo, como lo son el conocimiento de la Norma DIN 4768, la definición de rugosidad y su respectivo instrumento de medición, la recopilación de parámetros reales de mecanizado de la rectificadora plana medidos en el taller de mecánica, etc. A su vez también se cumplió el segundo objetivo elaborando las probetas conforme a la necesidades del ensayo, a pesar de algunos inconvenientes que pudimos tener durante la confección de estas como lo son, la poca disponibilidad de las maquinas herramientas durante los horarios necesarios, los tiempos reducidos para la mecanización de las probetas, y la falta de destreza durante la utilización de las maquinas e instrumentos, a pesar de lo antes mencionado el desarrollo del ensayo en general se logró de forma satisfactoria gracias a la ayuda de nuestros profesores y la perseverancia para adquirir los conocimientos necesarios. Y por último el tercer objetivo el cual buscaba recopilar los valores obtenidos durante la medición de las probetas rectificadas, para estadísticamente, encontrar el valor de rugosidad resultante del mecanizado en la rectificadora plana, trabajando bajo condiciones de avance definidas durante el desarrollo del trabajo de título cumpliendo las expectativas que esperábamos, dando como ejemplo principal que las

rugosidades obtenidas con los avances más bajos (avance “3”) fueron menores (N3 y N2), y que esto se vio reflejado en ambas muelas a pesar de su diferencia de grado.

Se debe tener en cuenta que en el estudio estadístico aplicado para determinar de los datos de rugosidad para cada muela y avance con el que se trabajó, los datos que tuvieron una mayor variación al medir su rugosidad fueron los obtenidos de la muela de grado 46, a diferencia de los obtenidos durante el proceso con la muela de grado 80 se mantuvieron simétricos y se logró sin mayor inconvenientes determinar un valor de rugosidad resultante al trabajar con cada uno de los avances en esta muela en específico, cabe mencionar que este era un resultado esperable debido que esta muela presenta una calidad superior a la de grado 46.

La muela de grado 46 presento una variación en las rugosidades obtenidas, específicamente en el avance de 2,9 m/min , en el cual se tuvieron que tener consideraciones especiales, siendo el único dato con el cual se trabajó con un rango modificado en su porcentaje del 20%., esto a su vez pudo ser resultado del proceso de medición más que una consecuencia del mecanizado, ya que era de esperar que rugosidades obtenidas con avances mucho mayores, como el avance de 14,9 m/min y 16,8 m/min específicamente, presentaran variaciones mayores, y no las obtenidas del avance de 2,9 m/min, este presento una variación mayor, debido a que en el resultado de dos muestras se presentaron rugosidades con una diferencia muy alta respecto al resto ( de 0.09  $\mu\text{m}$  a 0,11  $\mu\text{m}$  y 0,13  $\mu\text{m}$  respectivamente).

Se debe considerar que las rugosidades obtenidas durante el ensayo, en comparación a la Figura 1-18 (Rugosidad típica según proceso de mecanizado) están dentro de los rangos presentados en esta tabla, dándole validez a los resultados obtenidos y además especificando la calidad superficial obtenida bajo los parámetros establecidos para cada una.

Se puede concluir que al tener una mayor cantidad de muestras para el ensayo los resultados obtenidos son más certeros, por lo que ensayo podría ser aplicado para trabajos con otro tipo de muelas (distinto material, grado, avance, etc), y aun así ser eficaz

## **BIBLIOGRAFIA**

<http://www.mitutoyo.com.mx/Descargas/Boletines/BOLETIN%20ABRIL%202010.pdf>

<http://www3.fi.mdp.edu.ar/tecnologia/archivos/TecFab/10.pdf>

“MEDICIÓN DE CALIDAD SUPERFICIAL”

Dr. – Ing. EUGENIO GONZÁLEZ V.

[http://www.ehu.eus/manufacturing/docencia/431\\_ca.pdf](http://www.ehu.eus/manufacturing/docencia/431_ca.pdf)

Probabilidad y estadística para ingenieros - Ronald E. Walpole - Raymond H. Myers - Sharon L. Myers

[http://repositorio.upct.es/bitstream/handle/10317/135/A4\\_DETERMINACION%20DE%20RUGOSIDAD.pdf;jsessionid=05E8619511CAC5C5E16030717D67A59E?sequence=9](http://repositorio.upct.es/bitstream/handle/10317/135/A4_DETERMINACION%20DE%20RUGOSIDAD.pdf;jsessionid=05E8619511CAC5C5E16030717D67A59E?sequence=9)

[https://shop.mitutoyo.eu/web/mitutoyo/en/mitutoyo/1292249267209/Surftest%20SJ-301/\\$catalogue/mitutoyoData/PR/178-952-4D/index.xhtml](https://shop.mitutoyo.eu/web/mitutoyo/en/mitutoyo/1292249267209/Surftest%20SJ-301/$catalogue/mitutoyoData/PR/178-952-4D/index.xhtml)

Mechanical and Metal Trades Handbook 3<sup>o</sup> Edition English – Ulrich Fischer- Max Heinzler- Friedrich Naher- Stefan Oestrelle

**ANEXOS**

**ANEXO A: HOJA DE REGISTRO.**

 UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA	<b>REGISTRO</b>	
<b>LISTA DE VERIFICACION DE PROCESOS</b>		

Velocidad	Cantidad	Revisión
-----------	----------	----------

Probetas grado 46 <input type="checkbox"/>	Probetas grado 80 <input type="checkbox"/>
--	--

**DIMENSIONADO**

<b>Fresadora</b> <input type="checkbox"/>			
<b>Control</b>	<b>Revisión</b>	<b>Observaciones</b>	
Largo			
Ancho			
Espesor			
Ranuras			
Tolerancias			
<b>Responsable</b>		<b>Fecha</b>	<b>Firma</b>

**PERFORADO**

<b>Taladrado</b> <input type="checkbox"/>			
<b>Control</b>	<b>Revisión</b>	<b>Observaciones</b>	
Profundidad			
Diámetro			
Marcaje			
<b>Responsable</b>		<b>Fecha</b>	<b>Firma</b>

**TRATAMIENTO TERMICO**

<b>Tipo</b>	<b>Fecha</b>	<b>Hora</b>	<b>T° horno</b>	<b>Tiempo</b>	<b>Enfriamiento</b>	<b>Observaciones</b>
Templado						
Revenido						
<b>Responsable</b>					<b>Fecha</b>	<b>Firma</b>

**RECTIFICADO**


<b>Rectificadora</b> <input type="checkbox"/>			
<b>Control</b>	<b>Afino</b>	<b>Desbaste</b>	<b>Observaciones</b>
Balanceo muela			
RPM			
Avance			
Temperatura			
Profundidad			
Diamantado			
Refrigerante			
<b>Responsable</b>			<b>Fecha</b>
			<b>Firma</b>

**MEDICION**

<b>Rugosímetro</b> <input type="checkbox"/>		
<b>Control</b>	<b>Revisión</b>	<b>Observaciones</b>
Calibración		
Perfil		
Cut off		
Longitud de muestreo		
<b>Responsable</b>		<b>Fecha</b>
		<b>Firma</b>

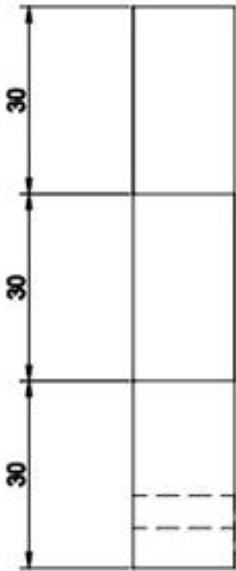
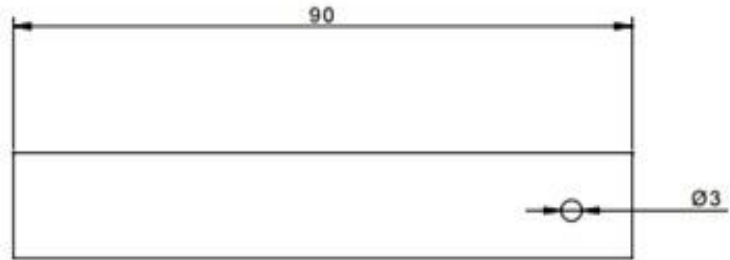
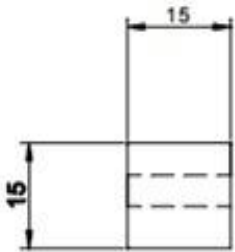
**C: CUMPLE****N/C: NO CUMPLE****/: NO APLICA**

**ANEXO B: PARAMETROS PRE ESTABLECIDOS**

 <p data-bbox="280 468 522 510">UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA</p>	<b>PARAMETROS</b>	
<b>LISTA DE PARAMETROS PRE- ESTABLECIDOS</b>		

<b>Rectificadora</b>	
RPM	
Temperatura	
Profundidad	
Avance	

<b>Rugosímetro</b>	
Perfil	<b>R</b>
Cut off	<b>0,8</b>
Longitud de muestreo	<b>8 mm</b>

**ANEXO C: PLANO DE PROBETAS.**

Dimensiones	mm
Largo	90
Ancho	15
Espesor	15
Largo muestra	30
Ranuras	5
Prof. Agujero	15
Diámetro	3

