

**ESTUDIO DE RUGOSIDAD EN MAQUINADO POR EL PROCESO DE TORNEADO  
EN CLIMET LTDA. BASADO EN LAS NORMAS ISO DE RUGOSIDAD**

**STUDY OF ROUGHNESS IN MACHINING PROCESS BY TURNING CLIMET  
LTDA. BASED ON THE ROUGHNESS STANDARDS ISO**

Yesid Rafael Gutierrez Avila  
Kevin Fabian Lopez Plata

*Tesis de grado, Universidad Autónoma Del Caribe, Barranquilla, Colombia, [webmaster@uac.edu.co](mailto:webmaster@uac.edu.co),  
<http://www.uac.edu.co>*

**Palabras Claves:** Torneado, rugosidad, índice de rugosidad, rugosímetro.

**Resumen.** En este documento expone un estudio de rugosidad en maquinado por el proceso de torneado en Climet Ltda. Basado en las normas ISO rugosidad, y así saber cómo se encuentra los acabados superficiales de esta empresa con respecto a los que establecen las normas ISO a través del índice de rugosidad. Se realizó un experimento donde se tomaron 6 muestras y se les aplicó un proceso de cilindrado en un torno mecánico con las variables que los operarios establecieron según su experiencia en la empresa metalmecánica Climet Ltda., con el que se obtuvo un acabado superficial y después se realizó el mismo proceso con las mismas 6 probetas en el laboratorio de mecanizado de la Universidad Autónoma del Caribe modificando las diferentes variables que intervienen en este proceso. Con esto se podrá observar cómo se comporta este fenómeno y así describir como es el acabado superficial por medio del índice de rugosidad, el cual fue medido por medio de un rugosímetro (MITUTOYO SJ-201P mostrado en los anexos) en el laboratorio de metrología del SENA.

**Key words:** Turning, roughness, roughness index, Roughness.

**Abstract.** This paper presents a study of roughness in machining process by turning in Climet Ltd. Based on ISO roughness, and thus know how the surface finish of this company lies with regard to establishing the ISO standards through roughness index, an experiment in which 6 samples were taken and applied a process of turning on a mechanical lathe operator variables established by experience in engineering company Climet Ltd., with a surface finish was obtained was performed and then performed the same process with the same six specimens in the laboratory machining of the Autonomous University of the Caribbean modifying the different variables involved in this process. With this you can observe how this phenomenon behaves and well described as is the surface finish by the roughness index, which was

measured by a profilometer ( Mitutoyo SJ- 201P shown in Annexes ) in the laboratory of metrology SENA.

## **Introducción**

En la actualidad los procesos de fabricación son una herramienta esencial dentro de la ingeniería, debido a que con estos se pueden desarrollar diferentes proyectos para realizar nuevas propuestas que ayuden a las industrias a mejorar las técnicas de trabajo.

Existen diversas técnicas de fabricación, entre las cuales se encuentra el mecanizado, que consiste en la remoción de material de una pieza de trabajo con el fin de obtener geometrías uniformes con pequeñas tolerancias y buenos acabados. Uno de los procesos de maquinados de mayor relevancia en la industria es el torneado, en donde se realizan geometrías cilíndricas como ejes roscas entre otras. Existen dos tipos de técnicas para desarrollar este procesos, que son de forma manual y automatizada, el primero consiste en un torno mecánico que es manipulado por un operario el cual define la tolerancia y acabado según su experiencia, mientras que el automatizado es por medio de una maquina CNC (Control numérico computacional).

### **1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Climet Ltda. es una empresas dedicada a la industria metalmecánica en la ciudad de Barranquilla, que realiza la tarea de maquinado por medio de tornos convencionales. El proceso de torneado es afectado por diversos factores que pueden conllevar a un mal acabado superficial. Estos índices se pueden medir por medio de la rugosidad que tienen sus maquinados en el acabado superficial final.

El proceso de corte del torneado genera fricción, y ésta a su vez genera calor, por lo que tiene que utilizarse un líquido lubricante enfriador para reducir el desgaste de la herramienta cortante, para elevar la calidad de la superficie maquinada y disminuir los gastos de energía. La selección del refrigerante para los trabajos de torneado, muchas veces no es el adecuado debido a que normalmente los operarios solo utilizan un tipo de

refrigerante para todos los procesos realizados como lo es el agua con un porcentaje de aceite soluble (taladrina), lo cual causa problemas en el maquinado.

El acabado de una pieza torneada depende de muchas variables como lo son el tipo de maquina mecánica utilizada, las condiciones del estado de esta, la herramienta de corte (buril), la velocidad de avance y de giro con la que se realice el maquinado y capacidad que tenga el operario para realizar el trabajo. La buena combinación de estas variantes ayudaría a realizar un acabado superficial de mejor calidad.

Por lo tanto la idea de este proyecto es tomar 6 muestras de Climet Ltda. Y realizar un análisis estadístico para comparar los niveles de calidad de los acabados superficiales producidos por esta industria, con la finalidad de sugerir como se debe emplear las técnicas de trabajo con el fin de que ayude a mejorar los acabados superficiales de las piezas producidas en esta.

### **1.1 Preguntas Problemas**

¿Qué tan lejos se encuentra los acabados superficiales desarrollados en Climet Ltda. Por medio de torno convencional de los propuestos por las normas de rugosidad ISO?

¿Cuáles serían las condiciones necesarias que debe tener la operación de maquinado en torno convencional para alcanzar un buen acabado superficial por medio del índice de rugosidad?

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo General**

Estudiar a través de un análisis estadístico el nivel de rugosidad en maquinado por el proceso de torneado en Climet Ltda. con respecto a los indicados por las normas ISO sobre rugosidad.

## **2.2 Objetivos Específicos**

- ✓ Identificar los procesos de torneado por cilindrado para definir las variables a manejar en el diseño de experimentos
- ✓ Realizar un análisis estadístico del acabado superficial de 6 muestras obtenidas en Climet Ltda. y 6 muestras obtenidas en el laboratorio de maquinado de la universidad autónoma del Caribe.
- ✓ Comparar los resultados obtenidos por la medida de rugosidad en las probetas de la empresa con respecto a los resultados obtenidos en el laboratorio de la Universidad Autónoma del Caribe, basados en las normas ISO de rugosidad.
- ✓ Realizar propuestas de mejora para que los niveles de rugosidad de los acabados superficiales de las piezas de trabajo en la empresa estudiada sean cercanas a las normas ISO.

## **3. JUSTIFICACIÓN**

Con este estudio se pretende desarrollar y dar a conocer información y conocimientos asociados al proceso de torneado de piezas metálicas utilizados en una empresas del sector industrial de la ciudad de Barranquilla, para que puedan así incrementar su nivel de capacidad y desempeño. Esto se puede generar por medio de la incorporación de parámetros adecuados y la verificación de los niveles de integridad superficial obtenidos en los componentes fabricados.

Este estudio se realizará para mejorar los acabados superficiales en Climet Ltda.de la ciudad de Barranquilla, con el fin de sugerir la implementación de nuevas combinaciones de los parámetros del proceso de torneado para obtener mejores acabados superficiales. Lo cual se corroborará por medio de los

resultados obtenidos por las probetas sometidas a operaciones de cilindrado con diferentes combinaciones de parámetros de corte (velocidad de corte, avance y profundidad de corte.)

#### 4. RESULTADOS

**Tabla 9:** Parámetros utilizados para el maquinado por la empresa

SIMBOLO	PARAMETROS DE MEDICION	UNIDADES
	Profundidad de corte	1 mm
n	Revoluciones del eje	360 rpm
D	Diámetro de la pieza	2 in
vc	Velocidad de corte	57,453 m/min
f	Avance por vuelta	0,083 mm/rev
l	Longitud de corte x min	30 mm/min
h	Rugosidad del acabado	1,09 $\mu\text{m}$
Re	Radio de la punta	0,25 mm

Fuente: Los autores

**Tabla 10:** Índice de Rugosidad  $R_a$  en  $\mu\text{m}$  del primer maquinado

	$R_a (\mu\text{m})$					Media Unid.
<b>No 1</b>	4,202	3,621	3,897	3,907	3,905	3,906
<b>No 2</b>	3,851	3,362	3,351	3,362	3,362	3,458
<b>No 3</b>	6,407	5,546	5,457	5,657	5,653	5,744
<b>No 4</b>	3,015	2,915	2,946	2,966	2,949	2,958
<b>No 5</b>	5,340	3,905	3,905	3,910	3,904	4,193
<b>No 6</b>	4,515	3,796	3,811	3,778	3,766	3,933

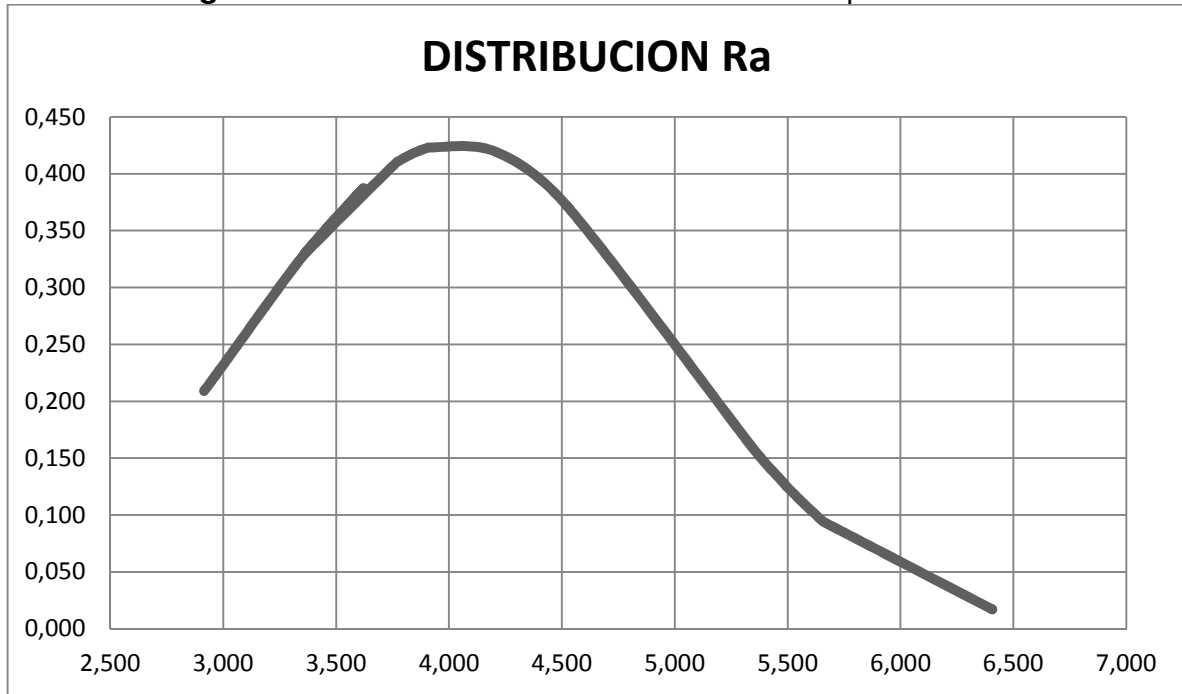
Fuente: Los autores

**Tabla 11:** Valores estadísticos de los valores de  $R_a$

<b>Ra</b>	
<b>Promedio</b>	4,032
<b>Desviación Estándar</b>	0,934784522
<b>Valor Mínimo</b>	2,915
<b>Valor Máximo</b>	6,407
<b>Varianza</b>	0,873822102

Fuente: Los autores

**Figura 18:** Distribución normal de los datos Ra primera fase



Fuente: Los autores

**Tabla12:** Índice de Rugosidad Rz en  $\mu\text{m}$  del primer maquinado

	$R_z(\mu\text{m})$					Media Unid.
<b>No 1</b>	21,104	21,306	21,186	21,240	21,241	21,215
<b>No 2</b>	16,959	17,124	17,200	17,193	17,168	17,129
<b>No 3</b>	21,196	21,419	21,276	21,204	21,301	21,279
<b>No 4</b>	19,513	19,815	20,083	20,089	20,161	19,932
<b>No 5</b>	17,909	17,360	17,391	17,457	17,323	17,488
<b>No 6</b>	19,865	19,849	19,300	19,295	19,308	19,523

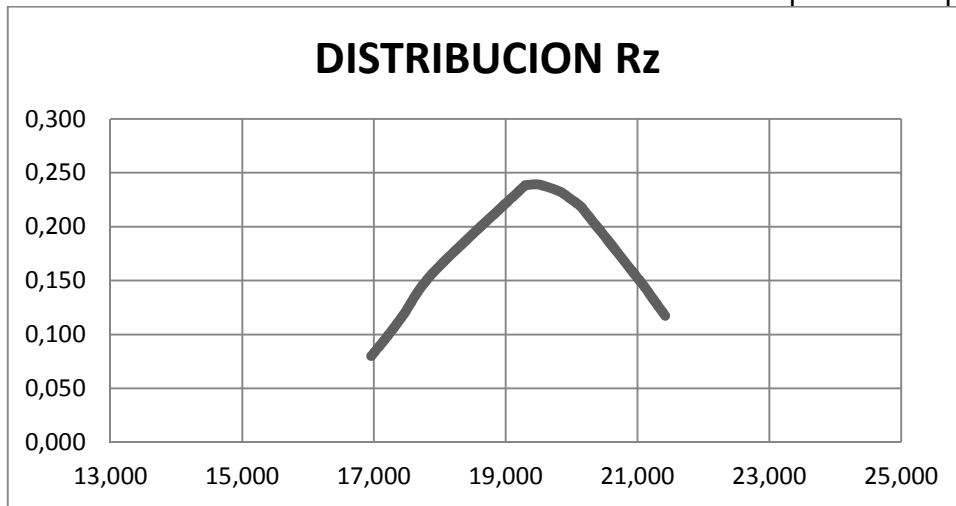
Fuente: Los autores

**Tabla 13:** Datos estadísticos de los valores de Rz

<b>Rz</b>	
<b>Promedio</b>	19,428
<b>Desviación Estándar</b>	1,667760921
<b>Valor Mínimo</b>	16,959
<b>Valor Máximo</b>	21,419
<b>Varianza</b>	2,781426489

Fuente: Los autores

**Figura 20:** Distribución normal de los datos Rz tomados del primer maquinado



Fuente: Los autores

**Tabla 14:** Parámetros utilizados para el maquinado de las probetas 1, 2 y 3

<b>PARAMETROS PROBETAS 1,2 Y 3</b>		
<b>SIMBOLO</b>	<b>PARAMETROS DE MEDICION</b>	<b>UNIDADES</b>
	<b>Profundidad de corte</b>	0,79 mm
n	<b>Revoluciones del eje</b>	400 rpm
D	<b>Diámetro de la pieza</b>	2 in
vc	<b>Velocidad de corte</b>	63,837 m/min
f	<b>Avance por vuelta</b>	0,084 mm/rev
l	<b>Longitud de corte x min</b>	34 mm/min
h	<b>Rugosidad del acabado</b>	3,53 $\mu$ m
Re	<b>Radio de la punta</b>	0,25 mm

.Fuentes: Los autores

**Tabla 15:**Datos de la distribución Normal para las probetas 1, 2 y 3

PROBETAS 1, 2 Y 3			
Ra	DISTRIBUCION Ra	Rz	DISTRIBUCION Rz
3,123	0,378	15,990	0,074
3,214	0,603	16,456	0,118
3,260	0,734	16,691	0,143
3,354	1,012	17,172	0,198
3,451	1,257	17,669	0,246
3,478	1,308	17,807	0,256
3,563	1,398	18,243	0,273
3,598	1,400	18,422	0,273
3,634	1,380	18,606	0,270
3,674	1,333	18,811	0,260
3,734	1,220	19,118	0,238
3,789	1,081	19,400	0,211
3,789	1,081	19,400	0,211
3,891	0,783	19,922	0,153
4,205	0,129	21,530	0,025

Fuente: Los autores

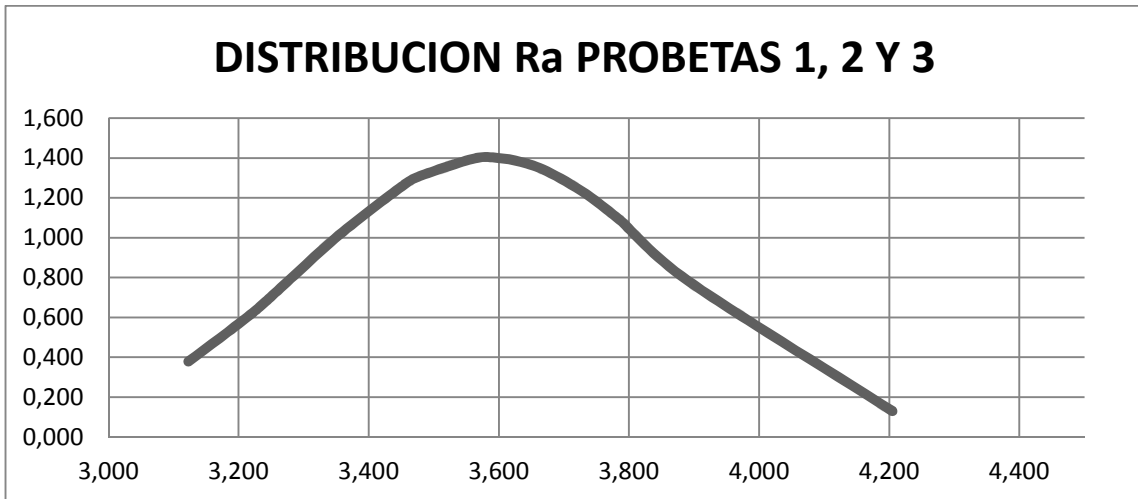
**Tabla 16:** Datos estadísticos de las probetas 1, 2 y 3

PROBETAS 1, 2 Y 3					
Parámetro	Promedio	Varianza	Val min	Val máx.	Desv. Estándar
Ra	3,584	0,080992743	3,123	4,205	0,28459224
Rz	18,349	2,123176158	15,990	21,530	1,457112267

Fuentes: Los autores

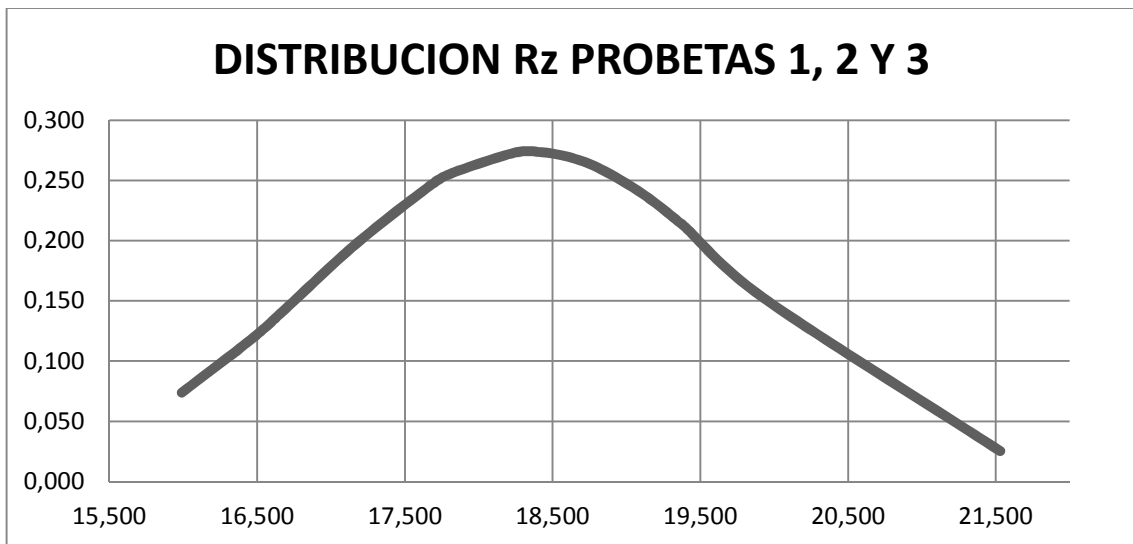
**Figura 21:** Distribución normal R las probetas 1, 2 y 3 segunda fase





Fuente: Los autores

**Figura 22:** Distribución normal de Rz para las probetas 1, 2 y 3 segunda fase



Fuente: Los autores

**Tabla 17:**Parámetros utilizados para el maquinado de la probeta 4

PARAMETROS PROBETA 4			
SIMBOLO	PARAMETROS DE MEDICION	UNIDADES	
	Profundidad de corte	0.79	mm
n	Revoluciones del eje	500	rpm
D	Diámetro de la pieza	2	in
vc	Velocidad de corte	79.796	m/min
f	Avance por vuelta	0.084	mm/rev
l	Longitud de corte x min	42	mm/min
h	Rugosidad del acabado	3,39	μm
Re	Radio de la punta	0.25	mm

Fuente: Los autores

**Tabla 18:** Datos de la distribución Normal para la probeta 4

PROBETAS 4			
Ra	DISTRIBUCION Ra	Rz	DISTRIBUCION Rz
2,890	2,305	14,797	0,450
2,956	4,301	15,135	0,840
2,978	4,633	15,247	0,905
3,012	4,555	15,421	0,890
3,121	1,469	15,980	0,286

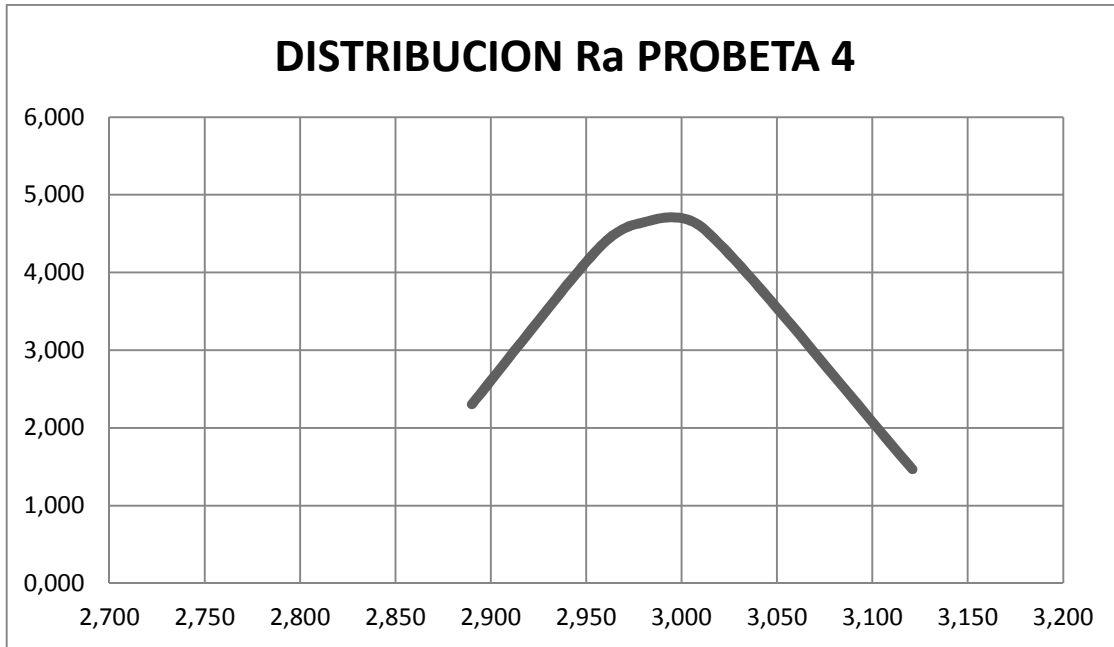
Fuente: Los autores

**Tabla 19:** Datos estadísticos de la probeta 4

PROBETAS 4					
Parámetro	Promedio	Varianza	Val min	Val máx.	Desv. Estándar
Ra	2,991	0,0072338	2,890	3,121	0,085051749
Rz	15,316	0,189629727	14,797	15,980	0,435464955

Fuente: Los autores

**Figura 23:** Distribución normal de Ra para la probeta 4 segunda fase



Fuente: Los autores

También se realizó lo mismo para las probetas 5 y 6.

## 5. ANALISIS DE DATOS

**Tabla 26:** Prueba de hipótesis para las probetas 1 2 y 3

<b>PROBETA 1 2 Y 3</b>	
<b>Hipótesis</b>	$H_0 \quad \mu = 3,528$
	$H_1 \quad \mu > 3,528$
$t_o < t_{critico}$ No se rechaza la hipótesis	

Fuentes: Los autores

Se calculan las medias muestrales y la varianza muestral

$$\text{Media muestral: } \bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n}$$

$$\text{Varianza muestral: } S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n - 1}$$

Para probar estas hipótesis se utiliza el estadístico de prueba t para comparar medias de los datos obtenidos.

$$t_o = \frac{\bar{y}_1 - \bar{y}_2}{S_p \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}$$

Con esto obtenemos los datos de la tabla 27:

**Tabla 27:** Datos para la prueba de hipótesis

<b>PROBETAS 1 2 Y3</b>	
<b>Grados libertad</b>	14
<b>n</b>	15
<b>MEDIA</b>	3,5838
<b>VARIANZA</b>	0,080992743
<b>S</b>	0,28459224
<b>T critico</b>	1,761310136
<b>to</b>	0,759375839
<b>P value</b>	0,23621015

Fuente: Los autores

## 6. CONCLUSIONES

Después de haber realizado el maquinado por torneado en la empresa Climet Ltda. Y en la Universidad Autónoma del Caribe y de medir los distintos valores del índice de rugosidad para cada probeta con el rugosímetro para su análisis estadístico podemos concluir que estos valores se encuentran cerca a los que recomienda la norma ISO 1302.

También concluimos que al momento de realizar el proceso de maquinado por torneado se debe hacer una combinación de parámetros que influyen en el acabado superficial como son la velocidad de corte, avance, profundidad de corte y el fluido para el corte, pero dos parámetros son los que se tienen en cuenta y que se deben combinar para obtener un buen acabado superficial y son el avance y velocidad de corte, por lo tanto el maquinado por torneado para operación de acabado se realiza a avances entre 0.125 y 0.4mm/rev y velocidades altas entre 70 y 90m/min , otros aspecto es que se debe utilizar una herramienta de corte de tungsteno y un refrigerante que no sea agua ya que esto nos ayuda bastante para obtener un acabo superficial muy bueno.

## 7. REFERENCIAS

[1] 2007 John Wiley & Sons, Inc. MP Groover, Fundamentals of Modern Manufacturing 3 Ed.

- [2] 2008-QUINTA\_EDICION\_PERARSON-Manufactura, Ingeniería y Tecnología  
S. KALPAJKJIAN. S.R. SCHIMID
- [3] A.L. CASILLAS – Máquinas Cálculos de Taller – 1 ed. ©COPYRIGHT.  
Impreso en España.
- [4] BARTSCH. Herramientas Maquinas trabajo. Editorial REVERTÉ, S. A. 1971-  
1973 San Magín, 26 – Barcelona.
- [5] Boothryd, G.: FUNDAMENTOS DEL CORTE DE LOS METALES Y DE LA  
MAQUINAS HERRAMIENTAS, McGraw-Hill Latinoamericana Bogotá, 1978.