



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA
TRABAJO EXPERIMENTAL

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO

TEMA:

**“ESTUDIO DE CALIDAD SUPERFICIAL Y DESGASTE DE
HERRAMIENTAS EN EL PROCESO DE RECTIFICADO PLANO SOBRE
HIERRO FUNDIDO”,**

AUTOR: Fiallos Zamora Luis Fabián

TUTOR: Ing. Mg. Cristian Pérez

AMBATO – ECUADOR

2018

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

En calidad de tutor del trabajo experimental, previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico, con el tema: **“ESTUDIO DE CALIDAD SUPERFICIAL Y DESGASTE DE HERRAMIENTAS EN EL PROCESO DE RECTIFICADO PLANO SOBRE HIERRO FUNDIDO”**, elaborado por el Señor Luis Fabián Fiallos Zamora, egresado de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Carrera de Ingeniería Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

Certifico:

- El presente trabajo experimental es original del autor.
- Ha sido revisado cada uno de sus capítulos.
- Esta concluido en su totalidad y puede continuar con el trámite correspondiente.

Ambato, Enero del 2018

EL TUTOR

.....
Ing. Mg. Cristian Pérez

AUTORÍA DEL TRABAJO EXPERIMENTAL

Yo, Luis Fabián Fiallos Zamora, portador de la C.I. 180385502-0 tengo a bien indicar que los criterios, análisis, resultados, conclusiones y recomendaciones emitidos en el presente trabajo experimental con el tema **“ESTUDIO DE CALIDAD SUPERFICIAL Y DESGASTE DE HERRAMIENTAS EN EL PROCESO DE RECTIFICADO PLANO SOBRE HIERRO FUNDIDO”**, son de exclusiva responsabilidad de mi persona como autor.

Ambato, Enero del 2018

EL AUTOR

.....
Luis Fabián Fiallos Zamora

C.I. 180385502-0

DERECHOS DE AUTOR

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

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

Ambato, Enero del 2018

EL AUTOR

.....
Luis Fabián Fiallos Zamora

C.I. 180385502-0

APROBACIÓN DE TRIBUNAL DE GRADO

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el informe del Trabajo Experimental realizado por el egresado Fiallos Zamora Luis Fabián de la carrera de Ingeniería Mecánica, bajo el tema: “ESTUDIO DE CALIDAD SUPERFICIAL Y DESGASTE DE LAS HERRAMIENTAS EN EL PROCESO DE RECTIFICADO PLANO SOBRE HIERRO FUNDIDO.”

Ambato, Marzo 2018

Para constancia firman:

.....
Ing. Mg. Cristian Castro

.....
Ing. Mg. Diego Núñez

DEDICATORIA

El presente trabajo experimental va dedicado a:

Dios, primero por darme la vida y por brindarme salud, sabiduría e inteligencia, para ser un hombre de bien en cada etapa de mi vida.

A mis padres Bolívar Fiallos y Silvia Zamora, quienes han luchado día a día y me han dado el apoyo incondicional para poder culminar satisfactoriamente esta linda carrera.

A mis hermanos ya que cada uno de ellos aportaban un granito de arena en cada decisión que tomaba, para seguir de pie a pesar del camino duro de la vida.

A mí enamorada Alejandra que fue la persona que siempre me reanimaba, me daba su cariño y su apoyo incondicional en los momentos más difíciles de mi vida universitaria.

A mis amigos, porque fueron una fuente de apoyo y ayuda para conseguir este título de Ingeniero Mecánico.

Luis Fiallos

AGADECIMIENTO

Agradezco principalmente a Dios por darme la vida y la inteligencia, a la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, a los docentes que compartieron todos sus conocimientos con mi persona y formaron parte de toda mi formación académica en la Carrera de Ingeniería Mecánica.

A mi Tutor Ing. Mg. Cristian Pérez por su apoyo y guía en la elaboración del presente trabajo experimental, para poderme formar como un profesional más en Ingeniería Mecánica y como persona.

ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

PÁGINAS PRELIMINARES

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR	II
AUTORÍA DEL TRABAJO EXPERIMENTAL	III
DERECHOS DE AUTOR	IV
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO.....	V
DEDICATORIA	VI
AGRADECIMIENTO	VII
ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS.....	VIII
RESUMEN EJECUTIVO	XVI

CAPÍTULO I

1.1 TEMA DEL TRABAJO EXPERIMENTAL.....	1
1.2 ANTECEDENTES.....	1
1.3 JUSTIFICACIÓN	1
1.4 OBJETIVOS	3
1.4.1 OBJETIVO GENERAL.....	3
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3

CAPÍTULO II

2.1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	4
2.1.1 RECTIFICADO	4
2.1.1.1 CLASES DE RECTIFICADO.....	5
2.1.2 MUELAS ABRASIVAS.....	5
2.1.2.1 CARACTERÍSTICAS DE LAS MUELAS.....	6

2.1.2.1.1 TIPOS DE ABRASIVOS	6
2.1.2.1.2 TAMAÑO DE GRANO	7
2.1.2.1.3 GRADO O DUREZA	8
2.1.2.1.4 ESTRUCTURA	9
2.1.2.2 FORMA DE LAS MUELAS	10
2.1.2.3 FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA SELECCIÓN DE LAS MUELAS	11
2.1.3 AGLOMERANTE	12
2.1.4 DESIGNACIÓN DE LAS MUELAS	13
2.1.4.1 MUELA ABRASIVA DE OXIDO DE ALUMINIO	14
2.1.4.2 MUELA ABRASIVA DE CARBURO DE SILICIO	14
2.1.5 VELOCIDADES DE LAS MUELAS	14
2.1.6 PROFUNDIDAD DE PASADA	15
2.1.7 DESGASTE DE LA MUELA	16
2.1.7.1 PÉRDIDA DE FILO DEL GRANO	17
2.1.7.2 FRACTURA O ROTURA DE GRANO	17
2.1.7.3 FRACTURA O ROTURA DEL AGLOMERANTE.....	18
2.1.7.4 PARÁMETRO DE MEDIDA DEL DESGASTE	18
2.1.8 CAUSAS DEL DESGASTE RÁPIDO DE LA MUELA.....	20
2.1.9 EFECTOS DE DESGASTE.....	20
2.1.10 CALIDAD SUPERFICIAL	20
2.1.10.1 RUGOSIDAD	20
2.1.10.1.1 RUGOSIDAD MEDIA.....	23
2.1.10.1.2 RUGOSIDAD MÁXIMA.....	23
2.1.10.2 GRADO DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL.....	24
2.1.10.3 CLASIFICACIÓN DE LAS FORMAS DE RUGOSIDAD.....	24

2.1.10.4 MEDICIÓN DE LA RUGOSIDAD	25
2.1.11 VIBRACIONES EN EL PROCESO DE RECTIFICADO	26
2.1.12 SEGURIDAD EN EL RECTIFICADO	27
2.1.13 MÁQUINAS UTILIZADAS	27
2.1.13.1 RECTIFICADORA DE SUPERFICIES PLANAS CON MUELAS FRONTALES	27
2.1.13.1.1 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA MÁQUINA	28
2.1.13.2 RUGOSÍMETRO.....	29
2.1.13.3 MICROSCOPIO ELECTRÓNICO DE BARRIDO	29
2.1.13.4 SOFTWARE MINITAB18.1.0.....	30
2.1.13.4.1 DISEÑO FACTORIAL	30
2.1.14 HERRAMIENTAS UTILIZADAS.....	31
2.1.14.1 MUELA ABRASIVA DE CARBURO DE SILICIO.....	31
2.1.14.2 MUELA ABRASIVA DE ÓXIDO DE ALUMINIO	32
2.1.14.3 CABEZOTE O CULATA	32
2.2 HIPÓTESIS	33
2.3 SEÑALAMIENTO DE LAS VARIABLES DE LAS HIPÓTESIS	33
2.3.1 VARIABLE INDEPENDIENTE	33
2.3.2 VARIABLE DEPENDIENTE	33

CAPÍTULO III

3.1 NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	34
3.1.1 EXPLORATORIA	34
3.1.2 DESCRIPTIVA.....	34
3.1.3 CORRELACIONAL	34

3.1.4 EXPERIMENTAL	34
3.1.5 EXPLICATIVA	35
3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA	35
3.2.1 POBLACIÓN	35
3.2.2 MUESTRA.....	35
3.3 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	36
3.3.1 VARIABLE INDEPENDIENTE	36
3.3.2 VARIABLE DEPENDIENTE	37
3.4 PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	37
3.5 PLAN DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS	38
3.5.1 DIMENSIONAMIENTO DE LAS PROBETAS DE ÓXIDO DE ALUMINIO Y CARBURO DE SILICIO.	41
3.5.2 PREPARACIÓN DE LAS PROBETAS.....	41
3.5.3 SELECCIÓN DE LAS MÁQUINAS Y HERRAMIENTAS DE OPERACIÓN.....	42
3.5.4 SELECCIÓN DE PARÁMETROS DE OPERACIÓN	42

CAPÍTULO IV

4.1 RECOLECCIÓN DE DATOS	44
4.2 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.....	117
4.2.1 DISEÑO EXPERIMENTAL DOE	126
4.2.2 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DESCRIPTIVO	131
4.2.3 ANÁLISIS EXPERIMENTAL	133
4.3 VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS	138

CAPÍTULO V

5.1 CONCLUSIONES	146
5.2 RECOMENDACIONES	148
6.BIBLIOGRAFÍA	149
7.ANEXOS	151

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 2.1: Proceso de rectificado, [12]	4
Fig. 2.2: Dureza del grano abrasivo, [12].....	7
Fig. 2.3: Tamaño de Grano de los abrasivos, [6]	8
Fig. 2.4: Número del Grano de los abrasivos, [6]	8
Fig. 2.5: Indicación del Grado de muela de los abrasivos, [13].....	9
Fig. 2.6: Estructuras de las muelas, [6]	9
Fig. 2.7: Formas de las muelas, [4]	10
Fig. 2.8: Factores de las muelas, [Autor]	11
Fig. 2.9: Profundidad de corte (milésimas de pulgada o mm), [Autor]	16
Fig. 2.10: Concepto de desgaste, [13]	16
Fig. 2.11: Mecanismos de desgaste, [13]	17
Fig. 2.12: Medición de Desgaste, [13]	19
Fig. 2.13: Perfil de una pieza – Fórmula Ra, [16].....	23
Fig. 2.14: Rugosidad Máxima, [17]	23
Fig. 2.15: Rugosímetro Mitutoyo Mitutoyo SJ-210, [Autor].....	29
Fig. 2.16: Microscopio de Barrido, [Autor]	29
Fig. 2.17: Minitab18, [Autor].....	30

Fig. 2.18: Muela abrasiva de Carburo de Silicio, [Autor].....	31
Fig. 2.19: Muela abrasiva de óxido de Aluminio, [Autor].....	32
Fig. 2.20: Culata o Cabezote del Motor, [Autor]	32
Fig. 3.1: Diagrama de flujo para proceso de rectificado plano - Rugosidad, [Autor].....	40
Fig. 3.2: Diagrama de flujo para proceso de rectificado plano - Desgaste, [Autor].....	40
Fig. 3.3: Probetas de las muelas abrasivas, [Autor]	41
Fig. 3.4: Corte de las muelas abrasivas, [Autor]	41
Fig. 3.5: Parámetros de Operación, [Autor]	43
Fig. 4.2.1: Rugosidad superficial obtenida con las muelas abrasivas de óxido de aluminio y carburo de silicio [Autor].....	118
Fig. 4.2.2: Comportamiento de la rugosidad superficial vs el tiempo de mecanizado [Autor].....	119
Fig. 4.2.3: Comportamiento de la rugosidad superficial vs el tiempo de mecanizado [Autor].....	120
Fig. 4.2.4: Desgaste obtenida con las muelas abrasivas de óxido de aluminio y carburo de silicio, [Autor].....	122
Fig. 4.2.5: Desgaste del Cabezote de Hierro fundido obtenida con la muela abrasiva de carburo de silicio [Autor]	124
Fig. 4.2.6: Desgaste del Cabezote de Hierro fundido obtenida con la muela abrasiva de óxido de aluminio [Autor].....	125
Fig. 4.2.3.1: Efectos principales de la Rugosidad superficial [Autor]	134
Fig. 4.2.3.2: Efectos principales de Desgaste [Autor].....	135
Fig. 4.2.3.3: Efectos secundarios de la Rugosidad superficial (Ra).....	136
Fig. 4.2.3.4: Efectos Secundarios de Desgaste (G)	137
Fig. 4.3.1: Gráfica de la normalidad de la Rugosidad (Ra).....	142
Fig. 4.3.2: Gráfica de la normalidad del Desgaste (G).....	143

Fig. 4.3.3 Residuos de la Rugosidad Superficial (Ra)	144
Fig. 4.3.4 Residuos de desgaste (G).....	144

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1: Comportamiento de las estructuras de las muelas	10
Tabla 2.2: Velocidades de las muelas	15
Tabla 2.3: Valores típicos de la rugosidad superficial	21
Tabla 2.4: Valores según el método de elaboración	22
Tabla 2.5: Grados de calidades de rugosidad superficial.....	24
Tabla 2.6: Diferencias de Formas de rugosidad.....	25
Tabla 2.7: Especificaciones Técnicas	28
Tabla 3.1: Operacionalización de Variable Independiente	36
Tabla 3.2: Operacionalización de Variable Dependiente.....	37
Tabla 4.2.1: Valores de Rugosidad Superficial promedio obtenidos en el proceso de Rectificado plano mediante las distintas muelas abrasivas.....	117
Tabla 4.2.2: Valores de Rugosidad Superficial y tiempo obtenidos en el proceso de Rectificado plano mediante la muela de carburo de silicio.....	119
Tabla 4.2.3: Valores de Rugosidad Superficial y tiempo obtenidos en el proceso de Rectificado plano mediante la muela de óxido de aluminio.	120
Tabla 4.2.4: Valores de Desgaste obtenidos en el proceso de Rectificado plano mediante las distintas muelas abrasivas	121
Tabla 4.2.5: Valores de Desgaste en el Cabezote de Hierro Fundido obtenidos en el proceso de Rectificado plano mediante la muela abrasiva de Carburo de Silicio	123
Tabla 4.2.6: Valores de Desgaste en el Cabezote de Hierro Fundido obtenidos en el proceso de Rectificado plano mediante la muela abrasiva de Oxido de Aluminio	124
Tabla 4.2.1.2 Reporte General de Resultados de Rugosidad Superficial.....	127

Tabla 4.2.1.3 Reporte General de Resultados de Desgaste.....	129
Tabla 4.2.2.1 Estadísticos Descriptivos: Rugosidad (Ra).....	131
Tabla 4.2.2.2 Estadísticos Descriptivos: Desgaste (G).....	133
Tabla 4.3.1 Análisis de Varianza de Rugosidad Superficial (Ra).....	139
Tabla 4.3.2. Análisis de Varianza del Desgaste (G).....	140

RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo experimental tiene como objetivo principal estudiar la calidad superficial del hierro fundido y desgaste de las herramientas, piedra de carburo de silicio y óxido de aluminio en el proceso de rectificado de superficies planas sobre el material hierro fundido con los distintos parámetros que influyen en estos procesos. Se utilizaron estas dos herramientas ya que son las que existen en el mercado a nivel nacional y las que cumplen con los requisitos para realizar este tipo de mecanizado. La herramienta de carburo de silicio tiene dimensiones de 125x60x15 mm y con una dureza de 50 HRC, y la muela abrasiva de óxido de aluminio con dimensiones de 110x60x20 mm y con una dureza de 60 HRC.

La máquina en la cual se realizó los experimentos fue la máquina Rectificadora de Superficies Planas de motores (cabezote- blocks) de procedencia China, modelo 3M. Se realizaron 18 experimentos con distintos parámetros de corte con la herramienta de carburo de silicio, de la misma manera se realizó 18 experimentos restantes con la herramienta de óxido de aluminio, teniendo un total de 36 experimentos tanto para la rugosidad y desgaste. Los parámetros que tienen significancia en la rugosidad superficial es el tipo de herramienta utilizada, mientras que para el desgaste es la velocidad de avance de la mesa de trabajo.

Finalmente se midió la rugosidad superficial (R_a) obtenida en el cabezote de hierro fundido con un rugosímetro Mitutoyo SJ210 bajo la norma ISO 1997, con los cual se pudo determinar que el nivel de rugosidad es menor con la herramienta de carburo de silicio que con la herramienta de óxido de aluminio. El mayor valor de rugosidad fue de 3,000 μm con la muela abrasiva de óxido de aluminio y el menor valor fue de 1,008 μm con la muela abrasiva de carburo de silicio. También se midió el desgaste (G) de las mismas herramientas obtenida con la balanza KERN modelo FKB301A con una sensibilidad de 0,1 g, de la mismas manera el mayor valor de desgaste fue de 69,19 con una velocidad de avance de 13000 mm/min y el menor valor fue de 17,05 con una velocidad de avance de 20000 mm/min.

ASBTRACT

The main objective of this experimental work is to study the surface quality of the cast iron and wear of the tools, silicon carbide stone and aluminum oxide in the grinding process of flat surfaces on the cast iron material with the different parameters that influence these processes. These two tools were used since they are those that exist in the national market and those that meet the requirements to perform this type of machining. The tool of silicon carbide has dimensions of 125x60x15 mm and with a hardness of 50 HRC, and the grinding wheel of aluminum oxide with dimensions of 110x60x20 mm and with a hardness of 60 HRC.

The machine in which the experiments were carried out was the machine for rectifying flat surfaces of motors (headstocks) of Chinese origin, model 3M. 18 experiments were carried out with different cutting parameters with the tool of silicon carbide, of the same way we performed 18 remaining experiments with the aluminum oxide tool, taking a total of 36 experiments for both roughness and wear. The parameters that have significance in the surface roughness is the type of tool used, while for wear is the speed of advance of the work table.

Finally, the surface roughness (R_a) obtained in the cast iron head was measured with a Mitutoyo SJ210 rugosimeter under the ISO 1997 standard, with which it was possible to determine that the roughness level is lower with the silicon carbide tool than with the aluminum oxide tool. The highest roughness value was 3,000 μm with the aluminum oxide abrasive wheel and the lowest value was 1,008 μm with the silicon carbide abrasive wheel. We also measured the wear (G) of the same tools obtained with the scale KERN model FKB301A with a sensitivity of 0.1 g, in the same way the highest value of wear was 69.19 with a feed rate of 13000 mm / min and the lowest value was 17,05 with a feed rate of 20,000 mm / min.

CAPÍTULO I

1.1 TEMA DEL TRABAJO EXPERIMENTAL

ESTUDIO DE CALIDAD SUPERFICIAL Y DESGASTE DE HERRAMIENTAS EN EL PROCESO DE RECTIFICADO PLANO SOBRE HIERRO FUNDIDO.

1.2 ANTECEDENTES

El presente estudio se ejecutó como punto de inicio para el desarrollo con distintos trabajos ya realizados sean estos como: tesis, líneas de investigación de las diferentes universidades, en el área de la ingeniería - manufactura.

Carlos Santamaría, “*Análisis de parámetros de mecanizado en el proceso de electroerosión por penetración en micro-fundición de aluminio con electrodos de cobre y grafito y su relación con la rugosidad superficial resultante*”, Universidad Técnica de Ambato, Carrera de Ingeniería Mecánica, 2016, en donde se estudió los parámetros que influyen en la rugosidad superficial resultante en el mecanizado por el proceso del experimento, además se generaron probetas de micro-fundición de aluminio, y culminado se analizó el tipo de rugosidad superficial (Ra) obtenida en las probetas mecanizadas con un rugosímetro Mitutoyo SJ210 bajo la norma ISO 1997 determinando el nivel de rugosidad de la pieza mecanizada.

Mediante este documento se pudo analizar que parámetros de mecanizado influyen en la rugosidad y nos ayudó analizar el valor de la rugosidad que genera después de cada ensayo realizado.

Dr. Ioan D. Marinescu,” *Tribology of Abrasive Machining Processes*”, Universidad de Toledo, Ohio, Estados Unidos, 2012. En donde nos ayudó con el uso de los distintos materiales abrasivos que existen a nivel nacional e internacional, las propiedades, el color, y la dureza de cada una de ellas. Cada abrasivo era distinto y

nos ayudó a encontrar el correcto para el experimento a realizarse ya que nos daba las aplicaciones en las que se utiliza.

M. Hernández, G. Fernández, P. Rodilla, J. Sánchez, E. Iturbe “*Caracterización del desgaste de grano en el rectificado con muelas de alúmina monocristal,*” este libro consta de varios autores con distintos estudios, en donde los autores discuten los ensayos realizados en superficies planas variando las condiciones de corte, tanto la muela como el material de pieza, también se analiza la influencia de cada parámetro en el desgaste de grano plano representando en un diagrama la evolución del desgaste en función del volumen de material eliminado. Los ensayos realizados corresponden al desgaste de la muela que es la primera parte, y la segunda parte que es el procesamiento de las imágenes de la superficie de la muela desgastada.

Se pudo analizar que factor depende para que el nivel de rugosidad sea mayor o menor, de igual manera para el desgaste variando los parámetros de corte del mecanizado.

1.3 JUSTIFICACIÓN

La presente investigación se justifica ante el existente crecimiento industrial que va mejorando los procesos de producción industrial, con un principio fundamental que es obtener un mejor acabado superficial de las piezas rectificadas y un mejor servicio por parte de las rectificadoras existentes en el país sin costes añadidos. La importancia de realizar este estudio fue principalmente para analizar el desgaste de las herramientas en el proceso de rectificado plano con muelas abrasivas frontales con las velocidades y revoluciones adecuadas, es decir utilizar todos los parámetros de mecanizado existentes en el proceso, como son la velocidad de avance (mm/min), velocidad de corte (m/min), velocidad de giro (rpm), profundidad de pasado (mm) deben ser estudiados muy a fondo con el propósito de optimizar tiempos de operación, por ende perfeccionar la calidad o acabado superficial, corregir defectos de forma y asegurar dimensiones más precisas de las piezas a rectificarse.

En la actualidad existen diferentes procesos de mecanizado como son: el torneado, fresado entre otros. Para este análisis se utilizará el proceso de rectificado debido a que es el proceso con mayor exactitud y precisión dimensional generalmente superiores a las obtenidas en el proceso de fresado.

Los materiales empleados para el análisis del estudio serán de Óxido de Aluminio o Alúmina y el carburo de silicio, ya que son de gran utilización en las Empresas de rectificación de motores a diésel o gasolina a nivel nacional, por ello los parámetros de mecanizado para estos materiales son de gran importancia debido a que se debe obtener una buena calidad superficial.

La calidad superficial de una pieza depende del material y del proceso empleado en su fabricación. El funcionamiento de las piezas no será correcto sin definirse el acabado superficial exigible a la superficie que la conforma, el cual deberá adecuarse a las exigencias funcionales de cada una de las superficies. Si se encuentran deformaciones, se procede a la rectificación, cuidando de retirar la menor cantidad posible de material, ya que con el rectificado se reduce el volumen de las cámaras de combustión y, en consecuencia, la relación de compresión aumenta. [4]

La utilidad de este proyecto es muy amplia para las empresas rectificadoras de motores debido que al lograr los parámetros de mecanizado adecuado se podrá disminuir los tiempos de operación y por ende se obtendrá un mejor acabado superficial, también se podrá regular la máquina para que el elemento o pieza resultante consiga bajos niveles de rugosidad.

El análisis de los parámetros de mecanizado en el proceso de rectificado plano es factible realizar ya que se posee con requerimientos necesarios para su ejecución, es decir se cuenta con citas bibliográficas, personal calificado para la utilización de la maquinaria y experiencia del docente de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Carrera de Ingeniería Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo General

- Estudiar la calidad superficial y desgaste de herramientas en el proceso de rectificado plano sobre hierro fundido.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Definir los parámetros de mecanizado que intervienen en el rectificado.
- Ejecutar el experimento sobre el cabezote o culata.
- Analizar la calidad superficial del proceso de rectificado.
- Determinar el desgaste de las piedras abrasivas.

CAPÍTULO II

2.1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1.1 RECTIFICADO

Es un proceso de arranque de viruta ya sean cortas o delgadas en la cual se realiza a velocidades muy altas para diferentes materiales ya sea hierro y acero como los principales, generalmente se usa una herramienta conocida como muelas o piedras abrasivas. El rectificado tiene una precisión dimensional mayor al torneado y fresado. Las velocidades superficiales de este proceso están en el intervalo de 20 m/s a 45 m/s en el rectificado convencional, la herramienta utilizada se compone de granos abrasivos unidos entre sí por un material de unión más blando ya sea este el material vitrificado o vítreo, resinoso, plástico o metal, pero el material más común de unión para esta herramienta es el vítreo. En un proceso de rectificación a una muy alta velocidad, la rueda o muela abrasiva se desplaza a velocidades de hasta 140 m/s. Este proceso puede efectuarse sin lubricación, pero se prefiere el rectificado en húmedo debido a las pérdidas por fricción reducidas y a la mejora de la calidad de la superficie producida. [12]

El espesor de la viruta para el proceso de rectificado está en un intervalo de 0,1-1 μm [13].

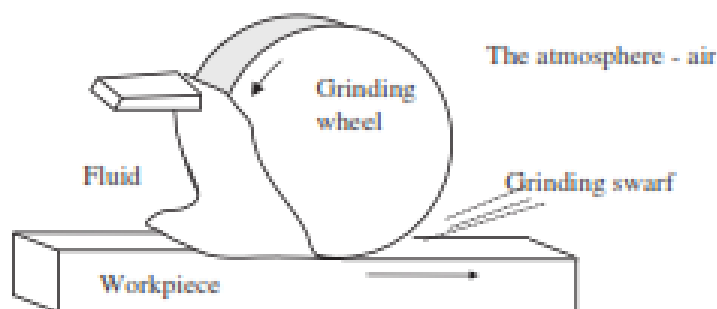


Fig. 2.1: Proceso de rectificado, [12]

2.1.1.1 Clases de Rectificado

Para la ejecución del rectificado se pide como mínimo la unión de 3 movimientos:

El primer movimiento es realizado por las muelas abrasivas que tiene la función de producir el corte, el segundo movimiento es el de avance o alimentación que es realizado por la pieza, y culminamos con el tercero que es el movimiento de penetración que casi siempre lo efectúa la muela o piedra abrasiva.

Los rectificadores más considerables son:

- ✓ Rectificado plano con muela frontal
- ✓ Rectificado plano con muela tangencial
- ✓ Rectificado cilíndrico exterior
- ✓ Rectificado cilíndrico interior
- ✓ Rectificado sin centros
- ✓ Rectificado de perfiles

2.1.2 MUELAS ABRASIVAS

Es el componente o la herramienta principal para realizar el proceso de rectificado, estas herramientas constan de granos abrasivos de formas irregulares, es decir que están generalmente distribuidos por toda la muela o piedra pero unidos con un material aglomerante o aglutinante.

Existen una diversidad de formas de muelas, entre las cuales tenemos las cilíndricas, de disco de copa, segmentadas, etc. Las muelas o piedras abrasivas se componen de 2 elementos, el primero es el mordiente o también conocido como abrasivo, el otro componente es el ligante o aglomerante. Se puede considerar como parte de la muela los espacios vacíos o poros.

Entre los materiales para la fabricación de las muelas abrasivas se puede encontrar el óxido de aluminio (alúmina, Al_2O_3), gracias a su versatilidad es el más utilizado, posee una escasa afinidad química con el hierro, su buen comportamiento a

elevadas temperaturas de trabajo, pero lo más importante para una empresa es el bajo costo en comparación a los demás abrasivos.

Existen diversas clasificaciones de la alúmina, entre las cuales tenemos como una de las más usuales en rectificado es en función de la estructura cristalina de los granos, ya que tiene una gran influencia en el tipo de desgaste de grano predominante. [4]

2.1.2.1 Características de las Muelas

Las características principales de las muelas abrasivas son las siguientes:

- ✓ Tipo de abrasivo
- ✓ Tamaño de grano
- ✓ Grado de dureza
- ✓ Estructura

2.1.2.1.1 Tipos de Abrasivos

Existen diversos tipos de abrasivos pero los utilizados con mayor frecuencia en los procesos de manufactura son:

- ✓ Abrasivos Naturales
- ✓ Abrasivos Artificiales

En los abrasivos naturales como su nombre lo dice, se pueden encontrar en la naturaleza como por ejemplo: el cuarzo y el sílice poseen de (50 a 65) % de Óxido de Aluminio o conocida como Alúmina, mientras que el esmeril y corindón están en un intervalo del (70 a 90) % de la misma, considerados como los más duros. También estos abrasivos naturales contienen gran cantidad de impurezas generando así disminución del corte.

Los abrasivos artificiales son los utilizados con prioridad para muelas como: Alúmina, Carburo de silicio (CSi). También se encuentran el Nitruro de Boro cúbico (CBN), Diamante negro.

EL Óxido de aluminio o corindón (Alúmina) es una de las sustancias más duras que se obtiene a partir de la bauxita, por fusión en un horno eléctrico a una temperatura de 2000°C y se utiliza con mayor frecuencia para la elaboración de abrasivos como papeles de lija y muelas o piedras de afilado. La dureza es muy alta, menos frágiles adaptándose para rectificar materiales de elevada resistencia a la tracción como aceros, fundición maleable, bronces. La manufactura del corindón siempre sintético, este principio es para poder controlar su calidad.

El carburo de silicio tiene una mezcla de carbono y silicio, se obtiene por fusión de una mezcla de arena de cuarzo, coque de petróleo, serrín y sal común, de igual manera este abrasivo tiene gran dureza pero es mucho más frágil, es decir esta desventaja no le deja ser utilizado para materiales de alta resistencia a la tracción. El carburo de silicio posee una buena resistencia al desgaste, al choque térmico y a la corrosión.

ABRASIVO	DUREZA (HRC)	AFINIDAD QUÍMICA
Carburo de Silicio	50	Óxidos, vidrio, cerámica
Óxido de Aluminio	60	Materiales Férricos

Fig. 2.2: Dureza del grano abrasivo, [12]

2.1.2.1.2 Tamaño de Grano

El tamaño de grano se consigue con la trituración y molidos de los bloques grandes, clasificándolos mediante tamices o cribas por su tamaño. Son muy pequeños en semejanza con el tamaño de las herramientas de corte, poseen aristas agudas que dejan la remoción de porciones muy pequeñas de material de la superficie de la pieza obteniendo un acabado superficial mucho más fino y de gran exactitud dimensional.

El tamaño y la forma de grano es un factor importante ya que afecta a la friabilidad de la piedra.

Las normas ISO 525-1975E y ASI B74.13-1977 clasifican en cuatro grupos según su tamaño como podemos observar en la siguiente figura:

GRUESO	MEDIO	FINO	MUY FINO
8	30	70	220
10	36	80	240
12	46	90	280
14	54	100	320
16	60	120	400
20		150	500
24		180	600

Fig. 2.3: Tamaño de Grano de los abrasivos, [6]

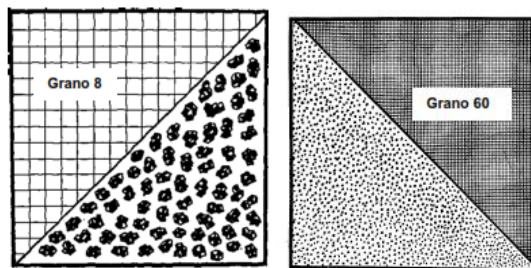


Fig. 2.4: Número del Grano de los abrasivos, [6]

Como podemos observar en la figura 2.4, el tamaño de grano se asigna de acuerdo a la malla del tamiz por la cual pasa libremente. Así el grano será N° 8 si pasa por una malla de 8 aberturas por pulgada de lado, que cuenta con 64 aberturas por pulgada cuadrada, es decir mientras menor sea el tamaño de malla, mayor será el tamaño de grano.

2.1.2.1.3 Grado o Dureza

El grado o dureza se refiere a la tenacidad con la que el ligante retiene a los granos abrasivos. Este tendrá mayor dureza si exige una mayor fuerza sobre el grano para conseguir su desprendimiento de la muela. Si la dureza ha sido bien seleccionada, la muela se autoafilará adecuadamente, dejando desprender los granos desgastados

y exponiendo granos nuevos. Una muela o piedra abrasiva se la conoce como muela blanda cuando sus granos se desprenden de manera fácil durante la acción, o caso contrario se la conoce como muela dura, es decir cuánto más duro es el material a rectificar, el grado de dureza debe ser más blando o viceversa. [6]

Se pueden encontrar otros factores que intervienen en el proceso de rectificado como: la naturaleza de la operación, área de contacto, velocidad de la muela, avance por vuelta, y las características de la maquinaria empleada. El grado o dureza de la muela abrasiva se muestra con letras mayúsculas del abecedario (A-Z).

Grado	Tipo de muela
A-E	Muelas muy blandas
F-K	Muelas blandas
L-Q	Muelas de dureza media
R-T	Muelas duras
U-Z	Muelas muy duras

Fig. 2.5: Indicación del Grado de muela de los abrasivos, [13]

2.1.2.1.4 Estructura

La estructura de una muela se entiende por la relación de 3 factores importantes como son:

1. Grano
2. Aglomerante
3. Porosidad

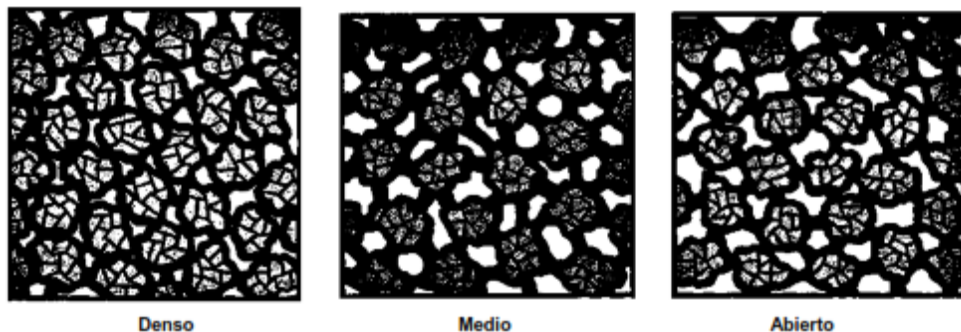


Fig. 2.6: Estructuras de las muelas, [6]

Para comprender de una mejor manera se puede definir la clase de la estructura de una muela por el grado de porosidad que esta posee, es decir si tienen los poros muy pequeños y los granos juntos tienen una estructura muy compacta o cerrada, por lo contrario si tienen grandes poros y granos separados tienen una estructura abierta.

Tabla 2.1: Comportamiento de las estructuras de las muelas

Estructura	Práctica	Utilidad	% Grano	Designación
Cerrada	Blanda	Rectificado	54-60	0 1 2 3
Media	-	Desbaste	46-52	4 5 6
Abierta	Dura	Sobrecalentamiento	38-44	7 8 9 10 11 12

Fuente.-Autor

2.1.2.2 FORMA DE LAS MUELAS

Existen diversidades de formas de las muelas, pero las más usadas para uso industrial son:

- Muelas planas o de disco – rectificadas de interiores y exteriores
- Muelas cilíndricas- rectificadas de superficies planas
- Muelas bicónicas- operaciones de desbarbado
- Muelas de vaso – rectificadas de superficies planas de cara plana o biselada
- Muelas de copa cónica- rectificadas y afiladas de herramientas, desbaste.
- Muelas de plato- afiladas de herramientas con perfil delgado.
- Muelas de platillo- afiladas de sierras circulares y de cinta.

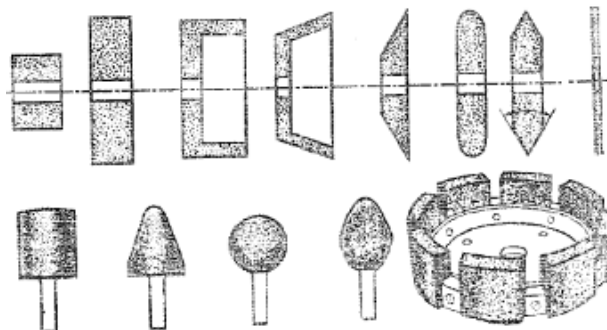


Fig. 2.7: Formas de las muelas, [4]

Como se puede observar en la figura 2.7 se tiene distintas formas y diseños de las muelas abrasivas pero según el catálogo de productos dimpar S.R.L. las muelas abrasivas en segmentos se utilizarán para el proceso de rectificado de superficies planas para hierro fundido.

2.1.2.3 FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA SELECCIÓN DE LAS MUELAS

Existen factores para seleccionar el gado de una muela, entre los cuales tenemos:

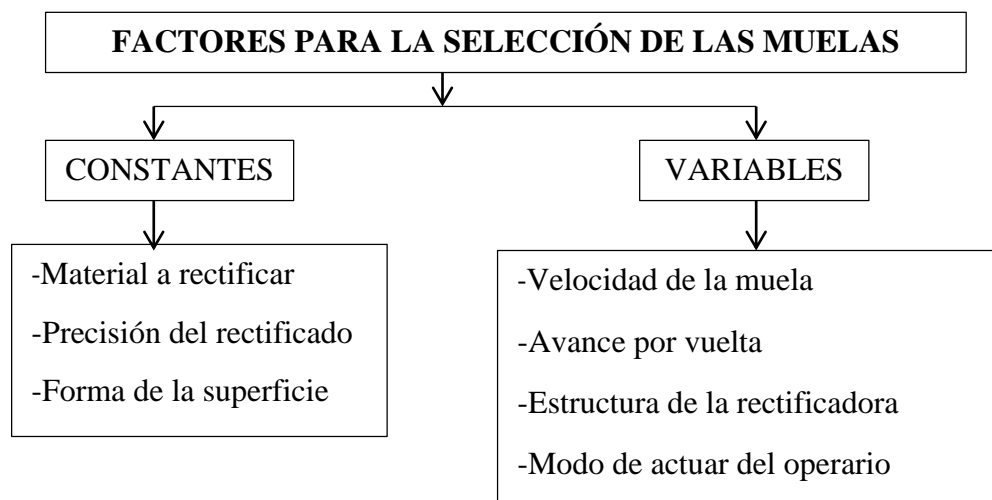


Fig. 2.8: Factores de las muelas, [Autor]

❏ Factores Constantes

- ✓ Características del material a rectificar (materiales duros- muelas blandas y viceversa, aceros templados- muelas de dureza media, aleaciones no ferrosas-muelas menos duras).
- ✓ La precisión del rectificado, es decir que si se aumenta la precisión el grado de la muela o piedra abrasiva debe aumentarse, se considera así por el desgaste rápido de las muelas.
- ✓ La forma de la superficie a rectificar, es decir para el rectificado plano se utilizará muelas blandas segmentadas o enteras.

❏ Factores Variables

- ✓ La velocidad de la muela influye sobre el tipo de aglomerante y el grado, existen fabricantes donde señalan en la etiqueta los datos de la muela y la velocidad a la que deben operar. Esta velocidad está en un intervalo de 20-45 m/s o 1200- 2700 m/min, nunca se debe pasar el rango establecido por el fabricante, así evitaremos posibles riesgos para el operados o empleado.
- ✓ El avance por vuelta o también conocido como presión de rectificado. Si el avance es mayor por ende la muela deberá ser más dura, es decir si se aumenta el avance también se va aumentando el espesor de la viruta comportándose como una muela blanda y sí por el contrario si se disminuye el avance se disminuye el espesor de la viruta comportándose como una muela dura.
- ✓ En la estructura de la rectificadora existen varios factores que perjudican al grado de la muela como es la conformación de la máquina, su rigidez estructural y su estado de funcionamiento.
- ✓ En el modo de actuar del operario, depende mucho si el trabajo es a destajo es decir el operario tiende a aumentar la producción aumentando el avance y si es un trabajo jornalizado el avance se disminuye ya que el operario da preferencia a la calidad de trabajo.

2.1.3 AGLOMERANTE

El aglomerante o ligante es el que mantiene unido todos los granos abrasivos de una muela. Se considera 4 aglomerantes como los principales:

- Vitrificados (V).- Este aglomerante es de naturaleza cerámica, es el más común, se obtiene a elevadas temperaturas, su porosidad es controlable, y por lo general las muelas son fabricadas con este tipo de ligante en un 75 – 80%.
- Resinosos (B).- se utiliza para la fabricación de muelas delgadas y de gran tamaño, son compuestos sintéticos, de arranque de viruta suave y de baja porosidad.

- Goma (R).- este aglomerante es de gran resistencia, se utiliza como muela muy fina para pulidos muy delicados y para rectificadoras sin centros obteniendo un espesor mínimo de 0.2 mm. Estas muelas funcionan a una gran velocidad de 3000-5000 m/min.
- Metálicos (M).- Se utiliza para las muelas de CBN y diamante, de elevada retención de los granos y con bajo desgaste, este ligante posee poca porosidad.

2.1.4 DESIGNACIÓN DE LAS MUELAS

La designación de una muela se enmarca en tres factores principales:

- Forma de la muela.- en la que se indica el tipo correspondiente.
- Dimensiones.- sean estas exterior, espesor, diámetro (mm).
- Especificación.- características propias de las muelas abrasivas.

Mientras que para la designación de las especificaciones de una muela se comprende de 7 símbolos que son:

1. Tipo de abrasivo que es propio del fabricante. (facultativo).
2. Naturaleza del abrasivo, aluminosos (A), para los Carburos de silicio (C).
3. Tamaño del grano
4. Grado
5. Estructura (facultativo)
6. Naturaleza del aglomerante
7. Tipo de aglomerante que es propio del fabricante (facultativo)

El significado de cada uno de los símbolos parciales se da a conocer en el siguiente ejemplo:

51 A - 36 - L - 5 - V 32

- ❑ 51.- Tipo de abrasivo – código del fabricante
- ❑ A.- Naturaleza del abrasivo (corindón o alúmina)
- ❑ 36.- Tamaño de grano
- ❑ L.- Grado
- ❑ 5.-Estructura

- ❑ V.- Naturaleza del aglomerante (vitrificado)
- ❑ 32.- Tipo de aglomerante (código del fabricante)

Para poder entender de mejor manera los tipos de muelas con sus dimensiones y características normalizadas se debe conocer las Normas UNE 16-300-75.

2.1.4.1 MUELA ABRASIVA DE OXIDO DE ALUMINIO

1A30-K7VBE

- ❑ 1.- tipo de abrasivo – código del fabricante
- ❑ A.- naturaleza del abrasivo -Óxido de Aluminio
- ❑ 30.- tamaño de grano – medio (30-60)
- ❑ K.- Grado – muelas blandas (J-K), escala de graduación
- ❑ 7.-Estructura – densa (0-7)
- ❑ V.- Naturaleza del aglomerante –vitrificado
- ❑ BE.- marca de identificación del productor.

2.1.4.2 MUELA ABRASIVA DE CARBURO DE SILICIO

2C54-J6V

- ❑ 2.- tipo de abrasivo – código del fabricante
- ❑ C.- naturaleza del abrasivo – Carburo de Silicio
- ❑ 54.- tamaño de grano – medio (30-60)
- ❑ J.- Grado – muelas blandas (J-K), escala de graduación
- ❑ 6.-Estructura – densa (0-7)
- ❑ V.- Naturaleza del aglomerante –vitrificado

2.1.5 VELOCIDADES DE LAS MUELAS

Las velocidades de las muelas están en un intervalo de 20 m/s a 45 m/s pero para más detalles en la tabla 2.2 se darán a conocer las velocidades recomendadas para diferentes clases de rectificado.

Tabla 2.2: Velocidades de las muelas

CLASE DE RECTIFICADO	VELOCIDAD DE LA MUELA (m/min)
Rectificado de herramientas y cuchillas	1350-1800
Rectificado de exteriores y cilíndrico	1650-1950
Rectificado de interiores y cilíndrico	600-1800
Rectificado de superficies planas	1200-1800
Rectificado húmedo de herramientas	1500-1800
Rect. de tronzar de caucho, resina y goma	2700-4800

Fuente: [6]

Es decir si las muelas abrasivas están a:

- Velocidades bajas – muela blanda, perdida de granos fácilmente.
- Velocidades altas – muela dura con vitrificado, riesgo de rotura.

Por estos motivos es factible que la velocidad sea cercana a la recomendada por el fabricante.

2.1.6 PROFUNDIDAD DE PASADA

La profundidad de pasado es un parámetro muy importante para el proceso de rectificado de superficies planas, esta profundidad para el rectificado plano pueden variar entre 0.01 y 0.2 mm.

Para una mejor explicación se procede de esta manera:

La primera es de aproximadamente 0.005 pulgadas (0.127 mm) de desbaste en las piezas de fundición, y para piezas de aluminio no mayor a 0.001 pulgadas (0.0254 mm), la segunda se realiza el mismo desbaste de la primera pasada, es decir con la misma profundidad, luego inspeccionamos y verificamos la pieza si está correcta la superficie, caso contrario debemos de realizar una última pasada de un menor desbaste corrigiendo las partes inadecuadas.



Fig. 2.9: Profundidad de corte (milésimas de pulgada o mm), [Autor]

2.1.7 DESGASTE DE LA MUELA

El desgaste de la muela es un factor muy importante para el proceso de rectificado ya que esta herramienta es la que realiza el rectificado, por ende el desgaste produce resultados desagradables en la precisión dimensional y en la forma de las superficies rectificadas.

El desgaste se da en 2 factores como es el microdesgaste y macrodesgaste. En el microdesgaste consiste en la pérdida de la capacidad abrasiva, mientras que el macrodesgaste es la pérdida de la geometría/perfil.

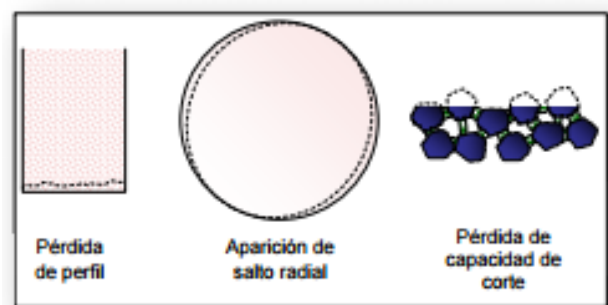


Fig. 2.10: Concepto de desgaste, [13]

El desgaste se produce por 3 mecanismos:

1. Pérdida de filo del grano (a)
2. Fractura o rotura de grano (b)
3. Fractura o rotura del aglomerante (c)

2.1.7.1 Pérdida de filo del grano

También se la conoce como desgaste por rozamiento de grano, originando una cara de desgaste en la cual se debe a la interacción del grano con el material del elemento implicando reacciones físicas y químicas, como la descomposición del grano, fractura a escala microscópica, la deformación plástica. [14]

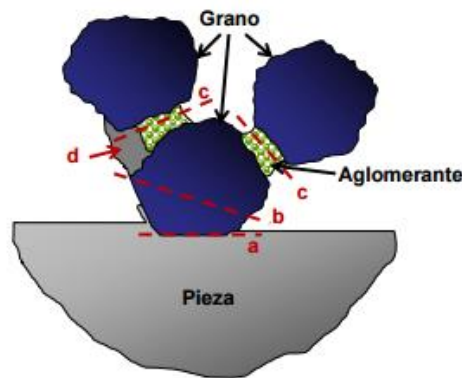


Fig. 2.11: Mecanismos de desgaste, [13]

2.1.7.2 Fractura o Rotura de Grano

El grano se fractura a una rapidez moderada creando nuevas aristas en forma permanente durante el proceso de rectificado y el filo se vaya reconstruyendo o restaurando. Los granos tienen un factor importante como es la friabilidad y la capacidad de autoafilamiento ya que si la parte de desgaste es muy amplia, el rectificado se hace inadecuado. [14]

2.1.7.3 Fractura o rotura del aglomerante

Esto depende del tipo de aglomerante utilizado en las muelas, es decir si el aglomerante es muy fuerte no se desprenden los granos desafilados, esto evita que distintos granos afilados en la circunferencia de la pieza toquen la pieza o elemento a rectificarse, por ende el rectificado es inadecuado, y por lo contrario si el aglomerante es muy débil, los granos abrasivos se desprenden fácilmente ocasionando un mayor desgaste en la muela o piedra abrasiva. [14]

2.1.7.4 Parámetro de Medida del Desgaste

Las muelas abrasivas de rectificado plano también sufren un desgaste, al igual que las herramientas de corte para distintos procesos.

Este desgaste produce en la muela o piedra abrasiva 2 aspectos fundamentales como es a escala microscópica la pérdida de la capacidad abrasiva de la misma, y a escala macroscópica la pérdida de la geometría o perfil.

Las principales consecuencias del desgaste son:

- ✓ El aumento de la potencia consumida
- ✓ Pérdida de la precisión
- ✓ Mal acabado
- ✓ Las vibraciones

Una adecuada muela sería aquella que se regenere continuamente su capacidad de corte ya sea por fragmentación y desprendimiento de los granos desgastados, pero a su vez manteniendo su forma geométrica inicial. Pero en la realidad estas condiciones no se dan en el proceso de rectificado, por lo que se recomienda regenerar periódicamente la capacidad de corte por medio de otras herramientas como el diamantado. [23]

La duración de la muela se expresa en volumen total eliminado o volumen de material arrancado por unidad de anchura de muela hasta su nivel final de utilización y es expresada en mm^3mm^{-1} .

Se puede expresar de otra manera el comportamiento de la muela, está sería la relación entre el volumen del material eliminado de la pieza ha mecanizar dividido para el volumen desgastado en la muela abrasiva. A esta relación se la denomina como rectificado G que es el parámetro utilizado para la medida de desgaste. [23]

La ecuación utilizada es la siguiente:

$$G = \frac{V_w}{V_s}$$

$$G = \frac{mm^3}{mm^3} = (\text{adimensional})$$

Dónde:

V_w = volumen del material eliminado del cabezote (mm^3)

V_s = volumen de la muela desgastada (mm^3)

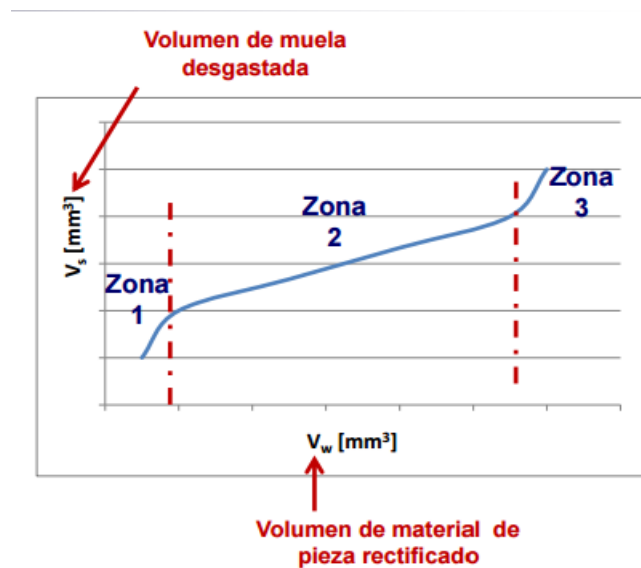


Fig. 2.12: Medición de Desgaste, [13]

Como podemos observar en la figura 2.12 está expresado la relación o razón de rectificado teniendo en la coordenada Y el volumen de la muela desgastada (V_s) y en la coordenada X el volumen del material eliminado (V_w).

2.1.8 CAUSAS DEL DESGASTE RÁPIDO DE LA MUELA

- ✓ Una muela demasiado blanda
- ✓ Muy estrecha la cara de la muela
- ✓ Muy lenta la velocidad de la muela
- ✓ Muy rápida la velocidad de la pieza
- ✓ Agujeros en la pieza

2.1.9 EFECTOS DE DESGASTE

Los principales efectos en el desgaste son los siguientes:

- ✓ Varía las rugosidades
- ✓ Presenta pérdidas de tolerancias dimensionales de la pieza o elemento
- ✓ Daños térmicos en la pieza o elemento
- ✓ Aumenta la potencia consumida.

2.1.10 CALIDAD SUPERFICIAL

La calidad superficial o acabado superficial es un término más subjetivo que expresa la suavidad y calidad en general de una superficie. El acabado superficial también tiene su sinónimo primordial como rugosidad y puede presentarse fallos de forma macro geométricos y micro geométricos.

2.1.10.1 RUGOSIDAD

La rugosidad se produce por las huellas de la herramienta utilizada para cualquier proceso de rectificado, está varía según el método de mecanizado, es así que la rugosidad en el mecanizado convencional es direccional, mientras que en el mecanizado no convencional es multidireccional.

La tabla 2.3, muestra los valores o rangos típicos de rugosidad superficial que pueden darse mediante diferentes métodos de fabricación o procesos de mecanizado.

Tabla 2.3: Valores típicos de la rugosidad superficial

Rugosidad promedio en micrómetros – Ra μm													
Proceso	50	25	12.5	6.3	3.2	1.6	0.80	0.40	0.20	0.10	0.05	0.025	0.012
Arenado													
Aserrado													
Brochado													
Bruñido													
Cepillado													
Cizallado													
Corte con soplete													
Corte electroquímico													
Corte láser													
Electroerosión													
Estampado													
Esmerilado													
Extrusión													
Forjado													
Fresado													
Fundición a cera perdida													
Fundición a presión													
Fundición en arena													
Fundición en coquilla													
Granallado													
Laminado en caliente													
Laminado en frío													
Lapidado													
Limado													
Mandrilado													
Mortajado													
Oxicorte													
Pulido													
Recalcado													
Rectificado													
Superacabado													
Taladrado													
Torneado													
Trefilado													
	Aplicación frecuente						Aplicación menos frecuente						

Fuente: [15]

Como se observa en la tabla 2.3 de los valores típicos de la rugosidad superficial en el proceso de rectificado se tiene un rango de rugosidad promedio de 0,2-1,6 μm en general.

Tabla 2.4: Valores según el método de elaboración

Método de Elaboración		Rugosidad Ra	Rugosidad RZ
Esmerilado de Precisión	acabado	0,1 - 0,2	0,4 - 0,8
	fino	0,012 - 0,025	0,05 - 0,1
Súper Finish		0,1 - 0,4	0,4 - 1,6
Finish	Medio	0,1 - 0,2	0,4 - 0,8
	Fino	0,08	0,2
	Decorado	0,025 - 0,012	0,1 - 0,05
Pulido	Común	0,2 - 1,6	0,8 - 6,3
	Fino	0,05 - 0,1	0,2 - 0,4
Esmerilado	Acabado	0,4 - 3,2	1,6 - 12,5
	Fino	0,1 - 1,6	0,4 - 6,3
Escareado	Semiacabado	6,3 - 12,5	25 - 50
	Acabado	1,6 - 3,2	6,3 - 12,5
	Fino	0,4 - 0,8	1,6 - 3,2
Brochado	Semiacabado	6,3 - 12,5	25 - 50
	Acabado	0,8 - 3,2	3,2 - 12,5
Mandrinado	Desbaste	50 - 100	200 - 400
	Acabado	1,6 - 3,2	6,3 - 12,5
	Fino	0,4 - 0,8	1,6 - 3,2
Laminado y Trefilado		0,8 - 6,3	3,2 - 25
Barrenado	Desbaste	12,5 - 25	50 - 100
	Acabado	3,2 - 6,3	12,5 - 25
Taladrado	Hasta 15 mm	0,2 - 12,5	1,6 - 50
Torneado	Desbaste	6,3 - 12,8	25 - 50
	Acabado	1,6 - 3,2	6,3 - 12,5
	Fino	0,4 - 0,8	3,2 - 1,6
Cepillado	Desbaste	12,5 - 15	50
	Acabado	3,2 - 6,3	12,5 - 25
Fresado con Fresa Frontal	Desbaste	6,3 - 12,5	25 - 50
	Acabado	3,2 - 6,3	12,5 - 25
Fresado con Fresa Cilíndrica	Desbaste	25 - 50	100 - 200
	Acabado	3,2 - 6,3	12,5 - 25
Bruñido con Barreta Plana		0,05 - 6,4	0,2 - 1,6
Elaboración por Electroerosión		1,6 - 25	6,3 - 100
Estampado y Fundición		12,5 - 100	50 - 400
Fundición a Presión		0,8 - 50	3,2 - 200
Rectificado	Cilíndrico	0,8 - 1,6	3,2 - 6,3
	Plano	0,2 - 0,4	0,8 - 1,6

Fuente: [19]

Mediante la tabla 2.4 se observa distintos métodos de fabricación, pero para una mejor explicación en el método o proceso de rectificado se realizan de 2 maneras: la primera es rectificados cilíndricos con una rugosidad media Ra entre 0.8-1.6 μm y una altura promedio de irregularidades del perfil Rz de 3.2 - 6.3 μm , mientras que la segunda es el rectificado plano con una Ra de 0.2-0.4 μm como los valores recomendados y una Rz de 0.8 - 1.6 μm .

2.1.10.1.1 Rugosidad Media

El método más utilizado para la medida de la rugosidad es la rugosidad media (Ra). Se denomina como rugosidad media de una superficie, al valor medio aritmético de las distancias de los puntos del perfil real en relación con la línea media de la longitud básica.

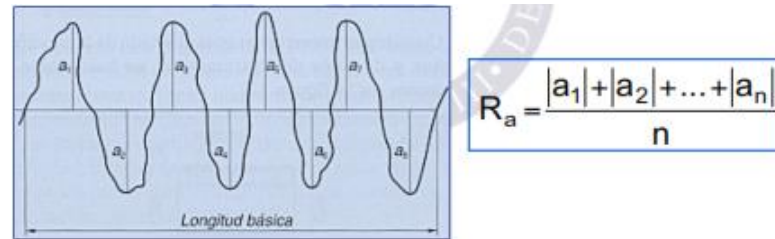


Fig. 2.13: Perfil de una pieza – Fórmula Ra, [16]

Como podemos observar en la figura 2.11 nos da la fórmula para calcular la rugosidad media, es decirse debe de sumar las alturas de cresta ($a_1+a_2+a_3+a_4$) y las profundidades de los valles ($a_5+a_6+a_7+a_8$), dividido para n que es la longitud básica o de referencia

2.1.10.1.2 Rugosidad Máxima

La rugosidad máxima con su simbología R_t o $R_{m\acute{a}x}$. es el valor de la distancia que existe entre 2 líneas paralelas a la línea media de las cuales tocan al perfil por los puntos más altos y más bajos, dentro de la longitud de referencia o longitud básica.

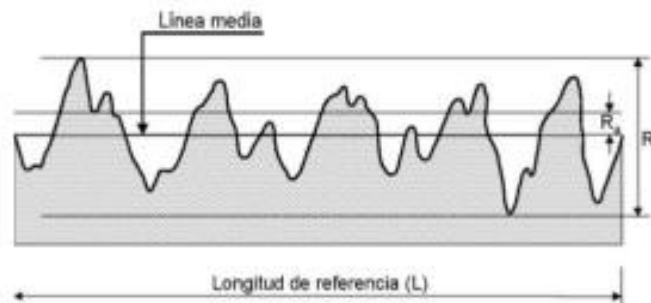


Fig. 2.14: Rugosidad Máxima, [17]

2.1.10.2 Grado de Rugosidad Superficial

Se tiene distintos grados de rugosidad superficial, los valores de rugosidad Ra se pueden agrupar según la apreciación visual o táctil.

En la tabla 2.5 nos indican el grado de acabado superficial en función de la rugosidad obtenidos en micrómetros y micropulgadas.

Tabla 2.5: Grados de calidades de rugosidad superficial






Valores de Rugosidad (Ra)		Grados de calidades de rugosidades	Apreciación de marcas de mecanizado
μm (metros)	μ in(pulgadas)		
50	2000	N12	Vista y con el tacto.
25	1000	N11	
12.5	500	N10	
6.3	250	N9	
3.2	125	N8	Con la vista pero no con el tacto
1.6	63	N7	
0.8	32	N6	Ni con la vista ni con el tacto, con lupa
0.4	16	N5	
0.2	8	N4	Superficie espectacular
0.1	4	N3	
0.05	2	N2	
0.025	1	N1	

Fuente: [16], [18]

2.1.10.3 Clasificación de las formas de rugosidad.

Mediante la clasificación es importante tomar en cuenta la producción de la pieza y sus diferencias como son las tolerancias de medidas y de forma, su ondulación y su rugosidad como primordial.

Tabla 2.6: Diferencias de Formas de rugosidad

Diferencia de forma	Tipo de diferencia	Normas
1° Clase: Diferencia de forma 	Rectitud, Planitud, Forma cilíndrica, forma de línea o superficie	DIN ISO 1101
2° Clase: Ondulación 	Ondulación	DIN 4774
3° Clase 	Rugosidad	DIN 4771 DIN 4762
4° Clase 		DIN 4768
5° Clase: grafica no posible		DIN 4776
6° Clase: grafica no posible	Construcción de los cristales	
	Superposición de las diferencias de forma de la clase 1 hasta la 4	

Fuente: [20]

2.1.10.4 Medición de la Rugosidad

La medición de la rugosidad en la actualidad es muy importante debido al crecimiento de los métodos de fabricación. Existen 2 métodos para poder medir la rugosidad como el método de contacto y el de no contacto.

El método de contacto se realiza mediante comparadores visotáctiles que evalúan el acabado superficial de las piezas por comparación visual y táctil. [19]

El método de no contacto se realiza mediante un instrumento llamado rugosímetro que determinan con una mayor rapidez la rugosidad de las superficies, este aparato mide 2 factores que son el Ra y Rz. [19]

Una superficie por perfecta que sea, presenta irregularidades que se provoca durante el proceso de fabricación, son 2 irregularidades como son:

- ✓ Irregularidades Mayores o macrogeométricas- variación del tamaño de una pieza, paralelismo entre superficies, planitud de una superficie. [20]
- ✓ Irregularidades Menores o microgeométricas- vibraciones (ondulación) y la piedra de rectificado (rugosidad). [20]

La rugosidad de una superficie tiene mucha influencia sobre:

- ✓ Desgaste de la pieza
- ✓ Resistencia a la corrosión
- ✓ Características de fricción y deslizamientos
- ✓ Vibraciones

2.1.11 VIBRACIONES EN EL PROCESO DE RECTIFICADO

Otro aspecto importante a tomar en el proceso de rectificado son las vibraciones ya que generan efectos indeseados en la culminación de la pieza, esto produce huellas indeseadas e irregularidades mayores o menores en la superficie ocasionando un desgaste más rápido de los componentes de la máquina. [14]

Las causas frecuentes de vibración se deben a la maquinaria de rectificado, ya que las vibraciones afectan a la mayoría de los componentes internos como los cojinetes, muelas desbalanceadas, ejes. [14]

Las vibraciones principalmente dependen de lo robusto que sea la máquina, es decir si una máquina es muy pesada las vibraciones sería menores y obtendríamos una pieza con un acabado superficial mejor, mientras que en lo contrario si la máquina es liviana las vibraciones serían mayores obteniendo una pieza con un acabado superficial indeseado.

2.1.12 SEGURIDAD EN EL RECTIFICADO

Como sabemos la seguridad de los operarios es un factor importante en cualquier empresa, ya que se utilizan maquinarias a muy altas velocidades y con herramientas de corte, etc.

Para el proceso de rectificado en un aspecto dispensable la seguridad se debe tener en cuenta lo siguiente:

- ✓ Leer las instrucciones impresas en las piedras o muelas abrasivas.
- ✓ Montar las muelas en los ejes adecuados.
- ✓ Balancear las piedras.
- ✓ Usar las muelas abrasivas a las velocidades máximas de operación.

2.1.13 MÁQUINAS UTILIZADAS

2.1.13.1 RECTIFICADORA DE SUPERFICIES PLANAS CON MUELAS FRONTALES

Se utilizó la máquina disponible en la Empresa Rectificadora de Motores “Fiallos”, esta máquina posee una muela que gira sobre un husillo vertical, pero perpendicular a la superficie que se debe rectificarse y se desplaza con un movimiento rectilíneo. Se utiliza las muelas abrasivas para la eliminación rápida del material, con una adecuado velocidad de corte, también se puede variar la velocidad de avance de la mesa, ya sea esta alta o baja según lo requerido.

2.1.13.1.1 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA MÁQUINA

Tabla 2.7: Especificaciones Técnicas

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO			
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA			
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
FICHA DE:	MÁQUINA	X	EQUIPO
	TALLER INDUSTRIAL		
			
	CÓDIGO:	RSP001	
	RECTIFICADORA DE SUPERFICIES PLANAS DE MOTORES (CABEZOTES-BLOCKS)		
CARACTERÍSTICAS GENERALES			
SERIE:	3M735X1500	VOLTAJE:	220 V AC/DC
MARCA:	TH	POTENCIA:	2 Hp
PROCEDENCIA:	CHINA	TIPO:	-
MODELO:	3M	VELOCIDAD:	0- 300 mm/min
FRECUENCIA:	60 Hz	AMPERIOS:	-
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:			
MAQUINARÍA		DIMENSIONES DE TRABAJO	
Dimensiones de la mesa de trabajo		1000x500 mm	
Máxima longitud del rectificado		1500 mm	
Máxima de ancho del rectificado		350 mm	
Máxima altura del rectificado		600mm	
Velocidad de movimiento de la mesa de trabajo		0-300mm/min	
Variador de velocidad de la mesa		0-20000 mm/min	
Distancia de movimiento vertical de la muela		120 mm	
FUNCIÓN: Sirve para rectificar la superficie plana de los motores (cabezotes, Blocks).			

Fuente: [Autor]

2.1.13.2 RUGOSÍMETRO

El rugosímetro utilizado es el SJ-210 portátil marca Mitutoyo, es un instrumento de medición que nos ayuda a calcular la rugosidad de las superficies planas de distintos materiales, también se puede realizar las mediciones en casi cualquier parte de una pieza de trabajo de prácticamente cualquier tamaño, pero se calcula la rugosidad basado en las normas de rugosidad. [21]



Fig. 2.15: Rugosímetro Mitutoyo SJ-210, [Autor]

2.1.13.3 MICROSCOPIO ELECTRÓNICO DE BARRIDO

El microscopio electrónico de barrido es el método más adecuado para el estudio de la morfología de las superficies, la imagen entregada por el SEM es generado por la interacción de un haz de electrones que “barre” un área determinada sobre la superficie de la muestra. [24]



Fig. 2.16: Microscopio de Barrido, [Autor]

2.1.13.4 SOFTWARE MINITAB18.1.0

Se utilizó este programa porque es sumamente sencillo y fácil de manipular, se trata de un programa que ayuda al análisis de sistemas de medición, al diseño de experimentos (DOE), etc. Además mediante este programa nos ayuda de una manera sencilla a saber cuántos experimentos debemos realizar para el presente proyecto es decir saber el tamaño de la muestra. Este software tiene un sistema operativo Microsoft Windows 7 Professional con una versión 6.1.7601 service pack.1.

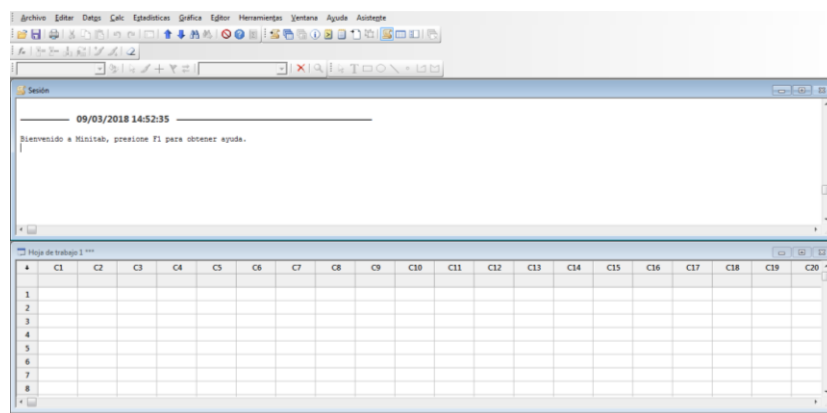


Fig. 2.17: Minitab18, [Autor]

2.1.13.4.1 DISEÑO FACTORIAL

Se le conoce como diseño factorial a los distintos experimentos en los que se estudia la combinación de dos o más diseños simples o también conocidos como unifactoriales, es decir que el diseño factorial necesita la manipulación simultánea de dos o más variables independientes (factores) para realizar un mismo experimento.

El diseño factorial realizado para el presente estudio es el de 3 factores a 2 niveles representado como 2^3 en términos generales. También se realizó un diseño factorial completo, es decir que se realizaron todas las posibles combinaciones entre los diferentes valores de las variables utilizadas generando así que cada combinación de tratamientos determina un grupo experimental.

Este método nos sirvió de gran ayuda ya que se tiene poco conocimiento acerca de los factores utilizados en las investigaciones exploratorias.

Una de las ventajas de este método es que el número de grados de libertad para el error experimental es alto, comparándolo con los grados de libertad de los experimentos simples de los mismos factores, lo que contribuye a disminuir la varianza del error experimental, aumentando por este motivo la precisión del experimento, mientras que la desventaja es que se requiere un mayor número de unidades experimentales que los experimentos simples teniendo un mayor costo y trabajo en la ejecución del experimento. [22]

2.1.14 HERRAMIENTAS UTILIZADAS

Para la ejecución del presente documento se utilizó 2 tipos de muelas abrasivas, cada una consta de diferente material. Estas herramientas son abrasivos de tipo berco segmentadas.

2.1.14.1 Muela Abrasiva de Carburo de Silicio

La primera herramienta es de color negro/verde como se indica en la figura 2.18, y su aplicación es para fundiciones.



Fig. 2.18: Muela abrasiva de Carburo de Silicio, [Autor]

2.1.14.2 Muela Abrasiva de óxido de Aluminio

La segunda herramienta también es tipo berco segmentada pero está es de color marrón o roja como se indica en la figura 2.19, de igual manera su aplicación es para fundiciones.



Fig. 2.19: Muela abrasiva de óxido de Aluminio, [Autor]

Como se puede observar en las figuras 2.18 y 2.19 son las dos herramientas que fueron las seleccionadas para realizar el experimento de desgaste de las mismas.

2.1.14.3 Cabezote o Culata

La culata o también conocido como cabezote es una de las piezas muy importantes del motor y de elevado coste, la fabricación del cabezote por lo general es de fundición aleada con distintos materiales, esta parte del motor se encuentra sometida a muy altas temperaturas y elevadas presiones en este caso utilizaremos cabezotes de hierro fundido.



Fig. 2.20: Culata o Cabezote del Motor, [Autor]

2.2 HIPÓTESIS

La Rugosidad (Ra) y el desgaste (G) en el proceso de rectificado de superficies planas sobre el hierro fundido son iguales con piedra de carburo de silicio que con piedra de óxido de aluminio.

2.3 SEÑALAMIENTO DE LAS VARIABLES DE LAS HIPÓTESIS

2.3.1 VARIABLE INDEPENDIENTE

PARÁMETROS DE MECANIZADO

2.3.2 VARIABLE DEPENDIENTE

RUGOSIDAD SUPERFICIAL

DESGASTE

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 NIVEL O TIPO DE INVESTIGACIÓN

Para la ejecución del presente proyecto se utilizó los siguientes tipos de investigación como mencionaremos a continuación:

3.1.1 EXPLORATORIA

El estudio se basó en una investigación exploratoria ya que fue necesaria la identificación de todas las medidas de los parámetros en el proceso de rectificado de superficies planas, poder detectar las variables, es decir nos sirvió para poder definir con mayor certeza un fenómeno poco estudiado ya que se tiene poca información.

3.1.2 DESCRIPTIVA

Se utilizó esta investigación ya que describe las características fundamentales de un determinado estudio, su comportamiento, pero su objetivo principal es la descripción de los parámetros en el proceso de rectificado de superficies planas que fueron muy influyentes en la rugosidad y desgaste de las herramientas.

3.1.3 CORRELACIONAL

Este tipo de investigación fue de gran utilidad, ya que se utilizó para realizar la relación de las variables dependiente e independiente para poder señalar el grado de dependencia de los diferentes parámetros en la investigación realizada.

3.1.4 EXPERIMENTAL

Mediante esta investigación se crearon ensayos del proceso de rectificado de superficies planas en hierro fundido con los distintos parámetros de operación hasta

lograr precisar los parámetros con los cuales se obtienen bajos niveles de rugosidad de la pieza rectificada.

3.1.5 EXPLICATIVA

Fue de gran importancia ya que se explica de una manera adecuada, entendible, cuales son los resultados obtenidos en los distintos ensayos realizados con los distintos parámetros de mecanizado.

3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1 POBLACIÓN

Para el presente proyecto de investigación la población de estudio fueron los cabezotes de hierro fundido de la marca Chevrolet San Remo cilindraje 1600, en las cuales se realizó el proceso de rectificado de superficies planas; en estas piezas se midió la rugosidad superficial (Ra) para evaluar el comportamiento de este factor.

3.2.2 MUESTRA

Para conocer el número de experimentos se utilizó un software llamado MiniTab 17, este software nos genera de una manera sencilla y fácil el número adecuado de experimentos a realizarse, en donde nos dice que la rugosidad superficial en el proceso de rectificado tiene un rango promedio de 0.2 -1.6 μm en general.

Mediante el programa Minitab18.1.0 se pudo obtener el número de experimentos que debemos realizar para tener una estimación adecuada de los resultados de rugosidad y desgaste de las herramientas, con la ayuda del mismo, conocemos que el número es de 16 ensayos experimentales en distinto orden generado por 2 réplicas.

En cada pieza se realizó 5 mediciones de rugosidad superficial con el rugosímetro Mitutoyo SJ210 con el objetivo de tener una rugosidad superficial promedio, ayudándonos a tener un valor más cercano. Deberíamos realizar 16 experimentos con 5 mediciones cada uno en total tendríamos 80 mediciones de rugosidad.

3.3 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

3.3.1 VARIABLE INDEPENDIENTE

Los parámetros de mecanizado se indican en la tabla 3.1.

Tabla 3.1: Operacionalización de Variable Independiente

Conceptualización	Categorías	Indicadores	Ítems Básicos	Técnicas e instrumentos
Los parámetros de mecanizado más importantes en el proceso de rectificado plano en hierro fundido son la velocidad de avance de la mesa, la profundidad de corte o pasada y la pareja de materiales herramienta-pieza.	Velocidad de avance	Distintos niveles de velocidades longitudinales de la mesa.	0-20000 (mm/min)	<ul style="list-style-type: none"> Investigación experimental Variador de velocidad.
	Profundidad de corte o pasada.	Distintos niveles de profundidad	0.01 a 0.2 mm	<ul style="list-style-type: none"> Observación directa. Palanca graduada
	Pareja de materiales herramienta-pieza.	Tipos de materiales herramientas utilizadas para el rectificado plano.	Muela negra Muela marrón/rojo Cabezotes	<ul style="list-style-type: none"> Investigación experimental

Fuente: [Autor]

3.3.2 VARIABLE DEPENDIENTE

La rugosidad superficial y desgaste se muestran en la tabla 3.2.

Tabla 3.2: Operacionalización de Variable Dependiente

Conceptualización	Categorías	Indicadores	Ítems Básicos	Técnicas e instrumentos
La rugosidad superficial es el conjunto de irregularidades superficiales que se produce por las huellas de la herramienta utilizada para el proceso de rectificado, está varía según el método de mecanizado.	Rugosidad Media (Ra)	Valor medio aritmético de las distancias de los puntos del perfil real en relación con la línea media.	Micrómetros Rango 0.2 -1.6 μm	<ul style="list-style-type: none"> • Observación Directa. • Rugosímetro
	Desgaste	Pérdida de la capacidad abrasiva y geométrica.	Parámetro de medición de desgaste (G)	<ul style="list-style-type: none"> • .Microscopio de barrido • Balanza

Fuente: [Autor]

3.4 PLAN DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Para la recolección de información se utilizó la observación directa, que en este caso se destacó en las modalidades de observación del laboratorio, experimental por tratarse de un tema de carácter experimental.

Se utilizó distintos materiales bibliográficos como son libros, artículos científicos en distintos idiomas, manuales referentes al tema que ayudaron para realizar los experimentos deseados.

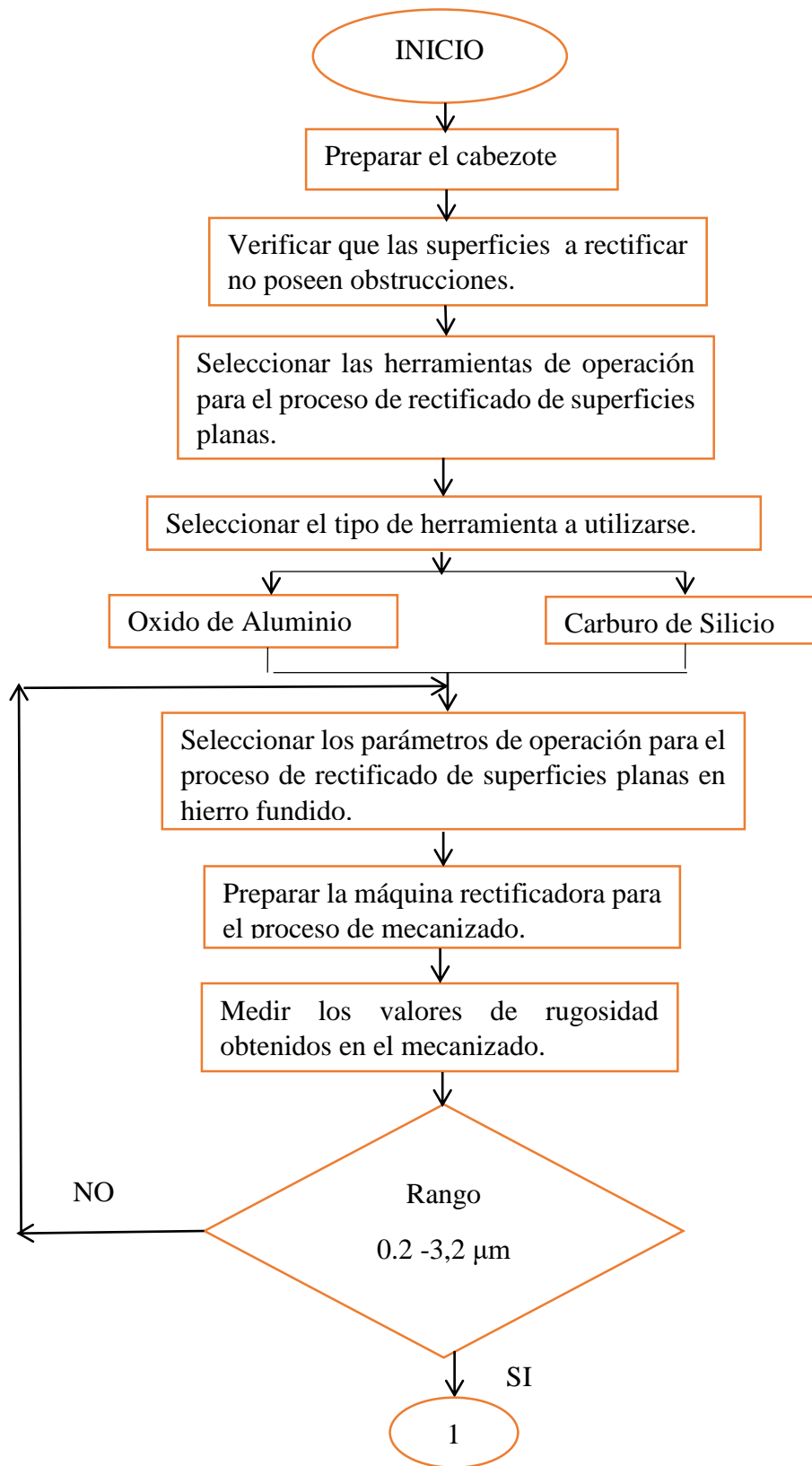
Se utilizó los equipos del laboratorio de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato, como es el rugosímetro Mitutoyo SJ210 tomando 5 mediciones en distintas secciones de cada pieza rectificada en este caso el cabezote con el fin de obtener una medida de rugosidad superficial adecuada, las mismas que constan en las fichas de recolección de información sobre la rugosidad superficial resultante. Otro instrumento utilizado es el microscopio de barrido para poder identificar las imágenes con el desgaste adquirido después de realizar el rectificado.

Otro medio de información fue generada por la Empresa Rectificadora de motores Fiallos con las especificaciones técnicas de la máquina a utilizarse, sus dimensiones máximas, problemas que han ocurrido en el transcurso de la manipulación, la seguridad que se debe tener al momento de operar la máquina, los parámetros que intervienen en el rectificado.

Finalmente se realizó distintas gráficas de los resultados obtenidos, como los parámetros utilizados y la rugosidad superficial obtenida, otras gráficas como el desgaste de la herramienta y los parámetros de mecanizado con el fin de comparar y concluir el efecto en el acabado superficial y desgaste de las herramientas en el proceso de rectificado de superficies planas en hierro fundido.

3.5 PLAN DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS

Para el procesamiento y análisis adecuado se describe con un flujo el plan que se llevará a cabo para ejecutar el presente estudio.



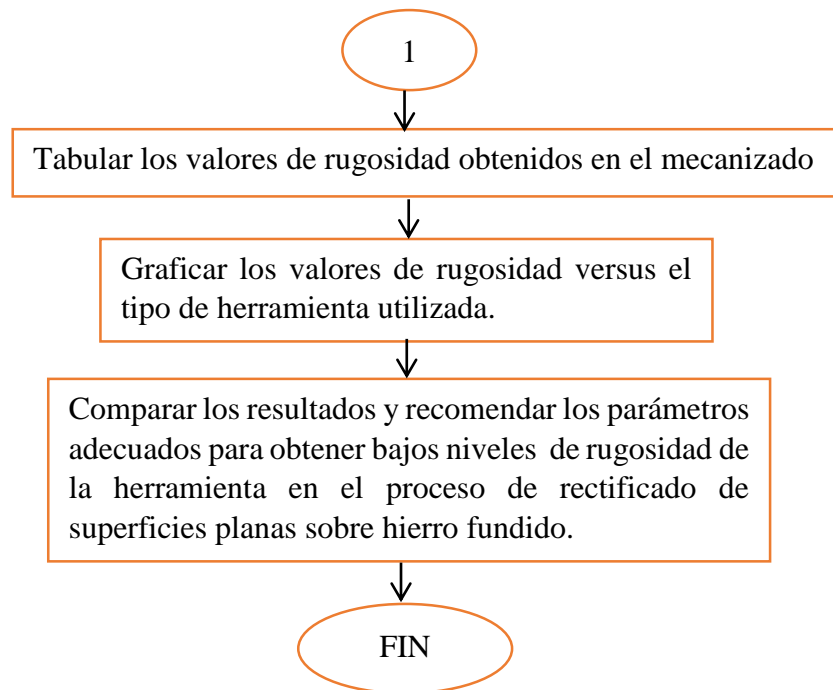


Fig. 3.1: Diagrama de flujo para proceso de rectificado plano - Rugosidad, [Autor]

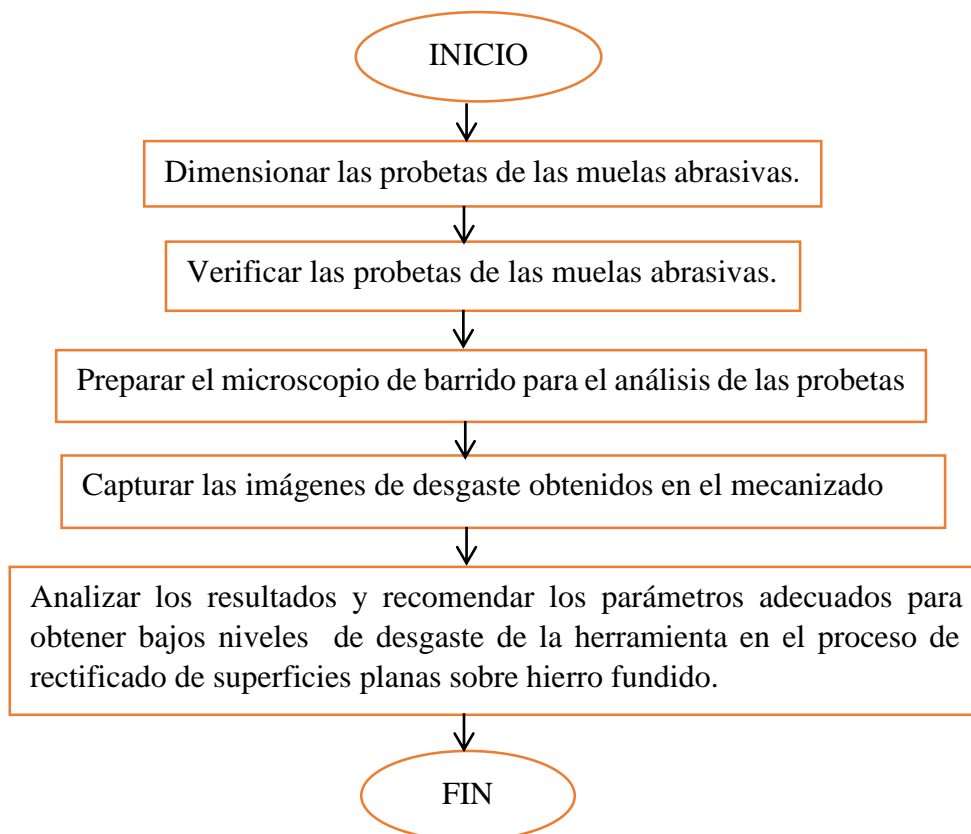


Fig. 3.2: Diagrama de flujo para proceso de rectificado plano - Desgaste, [Autor]

3.5.1 Dimensionamiento de las Probetas de Óxido de Aluminio y Carburo de Silicio.

El presente estudio se realizó el experimento con muelas abrasivas de dimensiones 110x60x20 mm, pero para el dimensionamiento de las probetas de las distintas muelas utilizadas se las realizó de 0.8x0.6x2 mm como se puede observar en la figura 3.3.



Fig. 3.3: Probetas de las muelas abrasivas, [Autor]

3.5.2 Preparación de las probetas

Para la preparación de las probetas se debe realizar el corte con las dimensiones adecuadas ya realizadas anteriormente.



Fig. 3.4: Corte de las muelas abrasivas, [Autor]

3.5.3 Selección de las Máquinas y Herramientas de Operación

✓ Máquina de Operación

La máquina de operación para el presente proyecto fue la rectificadora de superficies planas modelo 3M735X1500, es la máquina adecuada ya que consiste en la eliminación de una parte de la pieza a rectificarse es decir que genera viruta después del proceso de mecanizado.

✓ Herramientas de Operación

Para la selección de las herramientas, se investigó cuál de todas son las adecuadas para el presente estudio, principalmente se preguntó a la Empresa Rectificadora de Motores “Fiallos” que muelas abrasivas están utilizando, mediante ese dato, se investigó si las muelas que la empresa utiliza son adecuadas para el proceso o no. El método utilizado para la selección de las muelas fue principalmente verificar si cumple con los 2 factores como son los constantes y los variables, teniendo como factores constantes: el material a rectificar, precisión del rectificado, forma de la superficie a rectificar, y como factores variables: la velocidad de la muela, el avance por vuelta, la profundidad, etc.

3.5.4 Selección de parámetros de Operación

Para la selección de los parámetros de operación se utilizó el software Minitab18 ya que es fácil de manipular, en la cual para el experimento se realizó de manera aleatoria variando la velocidad de avance de la mesa, la profundidad de pasada o corte y con 2 distintas muelas abrasivas como podemos observar en la figura 3.5. Se utilizó los parámetros adecuados según el fabricante de las muelas abrasivas, velocidad de avance de la mesa de trabajo, pero la profundidad de corte la experiencia de los operarios y la ayuda de un artículo técnico.

↓	C1	C2	C3	C4	C5-T	C6	C7
	OrdenEst	OrdenCorrida	PtCentral	Bloques	Herramienta	Velocidad de Avance	Profundidad
1	15	1	1	1	1	18000	15
2	2	2	1	1	2	13000	10
3	6	3	1	1	2	13000	15
4	1	4	1	1	1	13000	10
5	7	5	1	1	1	18000	15
6	12	6	1	1	2	18000	10
7	5	7	1	1	1	13000	15
8	9	8	1	1	1	13000	10
9	16	9	1	1	2	18000	15
10	14	10	1	1	2	13000	15
11	8	11	1	1	2	18000	15
12	11	12	1	1	1	18000	10
13	4	13	1	1	2	18000	10
14	3	14	1	1	1	18000	10
15	13	15	1	1	1	13000	15
16	10	16	1	1	2	13000	10

Fig. 3.5: Parámetros de Operación, [Autor]

En la figura 3.5 se muestra todos los diferentes parámetros de mecanización para el experimento, se utilizó dos tipos de herramientas, carburo de silicio y óxido de aluminio a distintas velocidad de avance en forma aleatoria como podemos observar.

La profundidad de pasada debe ser exacta para evitar inconvenientes en los resultados.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 RECOLECCIÓN DE DATOS





A continuación se presentan fichas que contienen los resultados de la rugosidad superficial y el desgaste obtenido después del proceso de rectificado de superficies planas sobre hierro fundido con los parámetros de operación que se muestran en la figura 3.5.

Las fichas técnicas tienen los datos necesarios de las muelas abrasivas utilizadas, carburo de silicio u óxido de aluminio, la dureza de cada una de ellas, la velocidad de avance de la mesa de trabajo con su respectiva profundidad de pasada, el tipo de máquina utilizada para su medición, en el caso de la rugosidad superficial se utilizó un Rugosímetro Mitutoyo SJ210 bajo la norma ISO 1997, mientras que para el desgaste se utilizó una balanza KERN con una sensibilidad de 0,1 g.

Todos los ensayos se realizaron en la Máquina Rectificadora de Superficies Planas (cepilladora) para cabezote o blocks, el material que se rectificó es un cabezote de hierro fundido.





Análisis de Rugosidad de la Muela Abrasiva de Carburo de Silicio

Ficha 4.1.1 Reporte de Rugosidad Superficial

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO				
		FACULTA DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA				
		CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
REPORTE DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL						
DATOS INFORMATIVOS						
Tipo de Estudio:	EXPERIMENTAL			N°	1	
Fecha de Ejecución:	15/7/2017					
Lugar de Estudio:	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO					
Empresa:	RECTIFICADORA DE MOTORES "FIALLOS"					
Elaborado por:	Luis Fiallos	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez			
EQUIPO, MATERIALES Y HERRAMIENTAS						
Máquina:	Rectificadora de superficies planas 3M735X1500					
Material:	Cabezote de Hierro Fundido					
Herramienta Utilizada:	Carburo de Silicio (Negra)	Dureza:	50 HRC			
Codificación	2C54-J6V					
Dimensiones	125x60x15 mm					
PARÁMETROS DE MEDICIÓN DE RUGOSIDAD						
Máquina:	Rugosímetro Mitutoyo SJ-210					
Norma:	ISO 1997					
Rango:	0,2-1,6 micrometros					
Mediciones	5					
Profundidad del corte:	1,5 milésimas de pulgada (0,0381 mm)					
Número de Pasadas	5					
Velocidad de la muela	1500 m/min (cte)					
Velocidad de avance:	18000 mm/min					
REGISTRO DE MEDICIONES DE RUGOSIDAD						
Experimento	Med. 1	Med.2	Med.3	Med.4	Med.5	Promedio
1	1,683	2,041	2,068	2,188	3,569	2,3098
RESULTADOS						
				Clase de Rugosidad:		
				N7 -N8 (1,6 - 3,2) μm		
				Proceso:		
				Rectificado Plano sobre Hierro Fundido		

Fuente: [Autor]

Ficha 4.1.2 Reporte de Rugosidad Superficial

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTA DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA						
REPORTE DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL						
DATOS INFORMATIVOS						
Tipo de Estudio:	EXPERIMENTAL	N°	2			
Fecha de Ejecución:	15/7/2017					
Lugar de Estudio:	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO					
Empresa:	RECTIFICADORA DE MOTORES "FIALLOS"					
Elaborado por:	Luis Fiallos	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez			
EQUIPO, MATERIALES Y HERRAMIENTAS						
Máquina:	Rectificadora de superficies planas 3M735X1500					
Material:	Cabezote de Hierro Fundido					
Herramienta Utilizada:	Carburo de Silicio (Negra)	Dureza:	50 HRC			
Codificación	2C54-J6V					
Dimensiones	125x60x15 mm					
PARÁMETROS DE MEDICIÓN DE RUGOSIDAD						
Máquina:	Rugosímetro Mitutoyo SJ-210					
Norma:	ISO 1997					
Rango:	0,2-1,6 micrometros					
Mediciones	5					
Profundidad del corte:	1,5 milésimas de pulgada (0,0381 mm)					
Número de Pasadas	5					
Velocidad de la muela	1500 m/min (cte)					
Velocidad de avance:	18000 mm/min					
REGISTRO DE MEDICIONES DE RUGOSIDAD						
Experimento	Med. 1	Med.2	Med.3	Med.4	Med.5	Promedio
2	1,144	1,19	1,167	1,189	1,173	1,1726
RESULTADOS						
				Clase de Rugosidad:		
				N6 -N7 (0,8 - 1,6) μm		
				Proceso:		
				Rectificado Plano sobre Hierro Fundido		





Fuente: [Autor]

Ficha 4.1.3 Reporte de Rugosidad Superficial

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTA DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
		REPORTE DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL				
DATOS INFORMATIVOS						
Tipo de Estudio:	EXPERIMENTAL			N°	3	
Fecha de Ejecución:	15/7/2017					
Lugar de Estudio:	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO					
Empresa:	RECTIFICADORA DE MOTORES "FIALLOS"					
Elaborado por:	Luis Fiallos	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez			
EQUIPO, MATERIALES Y HERRAMIENTAS						
Máquina:	Rectificadora de superficies planas 3M735X1500					
Material:	Cabezote de Hierro Fundido					
Herramienta Utilizada:	Carburo de Silicio (Negra)	Dureza:	50 HRC			
Codificación	2C54-J6V					
Dimensiones	125x60x15 mm					
PARÁMETROS DE MEDICIÓN DE RUGOSIDAD						
Máquina:	Rugosímetro Mitutoyo SJ-210					
Norma:	ISO 1997					
Rango:	0,2-1,6 micrometros					
Mediciones	x5					
Profundidad del corte:	1 milésima de pulgada (0,0254 mm)					
Número de Pasadas	5					
Velocidad de la muela	1500 m/min (cte)					
Velocidad de avance:	13000 mm/min					
REGISTRO DE MEDICIONES DE RUGOSIDAD						
Experimento	Med. 1	Med.2	Med.3	Med.4	Med.5	Promedio
3	1,626	1,507	1,451	1,717	1,638	1,5878
RESULTADOS						
				Clase de Rugosidad:		
				N6 -N7 (0,8 - 1,6) μm		
				Proceso:		
				Rectificado Plano sobre Hierro Fundido		





Fuente: [Autor]

Ficha 4.1.4 Reporte de Rugosidad Superficial

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTA DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA					
		REPORTE DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL					
DATOS INFORMATIVOS							
Tipo de Estudio:	EXPERIMENTAL			N°	4		
Fecha de Ejecución:	15/7/2017						
Lugar de Estudio:	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO						
Empresa:	RECTIFICADORA DE MOTORES "FIALLOS"						
Elaborado por:	Luis Fiallos	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez				
EQUIPO, MATERIALES Y HERRAMIENTAS							
Máquina:	Rectificadora de superficies planas 3M735X1500						
Material:	Cabezote de Hierro Fundido						
Herramienta Utilizada:	Carburo de Silicio (Negra)	Dureza:	50 HRC				
Codificación	2C54-J6V						
Dimensiones	125x60x15 mm						
PARÁMETROS DE MEDICIÓN DE RUGOSIDAD							
Máquina:	Rugosímetro Mitutoyo SJ-210						
Norma:	ISO 1997						
Rango:	0,2-1,6 micrometros						
Mediciones	x5						
Profundidad del corte:	1,5 milesimas de pulgada (0,0381 mm)						
Número de Pasadas	5						
Velocidad de la muela	1500 m/min (cte)						
Velocidad de avance:	13000 mm/min						
REGISTRO DE MEDICIONES DE RUGOSIDAD							
Experimento	Med. 1	Med.2	Med.3	Med.4	Med.5	Promedio	
4	0,938	0,912	0,927	1,112	1,153	1,0084	
RESULTADOS							
				Clase de Rugosidad:			
				N6 -N7 (0,8 - 1,6) μm			
				Proceso:			
				Rectificado Plano sobre Hierro Fundido			

Fuente: [Autor]

Ficha 4.1.5 Reporte de Rugosidad Superficial

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTA DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA					
		REPORTE DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL					
DATOS INFORMATIVOS							
Tipo de Estudio:	EXPERIMENTAL			Nº	5		
Fecha de Ejecución:	15/7/2017						
Lugar de Estudio:	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO						
Empresa:	RECTIFICADORA DE MOTORES "FIALLOS"						
Elaborado por:	Luis Fiallos	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez				
EQUIPO, MATERIALES Y HERRAMIENTAS							
Máquina:	Rectificadora de superficies planas 3M735X1500						
Material:	Cabezote de Hierro Fundido						
Herramienta Utilizada:	Carburo de Silicio (Negra)	Dureza:	50 HRC				
Codificación	2C54-J6V						
Dimensiones	125x60x15 mm						
PARÁMETROS DE MEDICIÓN DE RUGOSIDAD							
Máquina:	Rugosímetro Mitutoyo SJ-210						
Norma:	ISO 1997						
Rango:	0,2-1,6 micrometros						
Mediciones	x5						
Profundidad del corte:	1 milésima de pulgada (0,0254 mm)						
Número de Pasadas	5						
Velocidad de la muela	1500 m/min (cte)						
Velocidad de avance:	13000 mm/min						
REGISTRO DE MEDICIONES DE RUGOSIDAD							
Experimento	Med. 1	Med.2	Med.3	Med.4	Med.5	Promedio	
5	1,104	1,211	1,09	0,886	1,24	1,1062	
RESULTADOS							
				Clase de Rugosidad:			
				N6 -N7 (0,8 - 1,6) μm			
				Proceso:			
				Rectificado Plano sobre Hierro Fundido			

Fuente: [Autor]

Ficha 4.1.6 Reporte de Rugosidad Superficial

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTA DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA					
		REPORTE DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL					
DATOS INFORMATIVOS							
Tipo de Estudio:	EXPERIMENTAL			Nº	6		
Fecha de Ejecución:	15/7/2017						
Lugar de Estudio:	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO						
Empresa:	RECTIFICADORA DE MOTORES "FIALLOS"						
Elaborado por:	Luis Fiallos	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez				
EQUIPO, MATERIALES Y HERRAMIENTAS							
Máquina:	Rectificadora de superficies planas 3M735X1500						
Material:	Cabezote de Hierro Fundido						
Herramienta Utilizada:	Carburo de Silicio (Negra)	Dureza:	50 HRC				
Codificación	2C54-J6V						
Dimensiones	125x60x15 mm						
PARÁMETROS DE MEDICIÓN DE RUGOSIDAD							
Máquina:	Rugosímetro Mitutoyo SJ-210						
Norma:	ISO 1997						
Rango:	0,2-1,6 micrometros						
Mediciones	x5						
Profundidad del corte:	1,5 milésimas de pulgada (0,0381 mm)						
Número de Pasadas	5						
Velocidad de la muela	1500 m/min (cte)						
Velocidad de avance:	13000 mm/min						
REGISTRO DE MEDICIONES DE RUGOSIDAD							
Experimento	Med. 1	Med.2	Med.3	Med.4	Med.5	Promedio	
6	1,618	1,618	1,753	1,528	1,626	1,6286	
RESULTADOS							
				Clase de Rugosidad:			
				N7 - N8 (1,6 - 3,2) μm			
				Proceso:			
				Rectificado Plano sobre Hierro Fundido			





Fuente: [Autor]

Ficha 4.1.7 Reporte de Rugosidad Superficial

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTA DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA					
		REPORTE DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL					
DATOS INFORMATIVOS							
Tipo de Estudio:	EXPERIMENTAL			Nº	7		
Fecha de Ejecución:	15/7/2017						
Lugar de Estudio:	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO						
Empresa:	RECTIFICADORA DE MOTORES "FIALLOS"						
Elaborado por:	Luis Fiallos	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez				
EQUIPO, MATERIALES Y HERRAMIENTAS							
Máquina:	Rectificadora de superficies planas 3M735X1500						
Material:	Cabezote de Hierro Fundido						
Herramienta Utilizada:	Carburo de Silicio (Negra)	Dureza:	50 HRC				
Codificación	2C54-J6V						
Dimensiones	125x60x15 mm						
PARÁMETROS DE MEDICIÓN DE RUGOSIDAD							
Máquina:	Rugosímetro Mitutoyo SJ-210						
Norma:	ISO 1997						
Rango:	0,2-1,6 micrometros						
Mediciones	x5						
Profundidad del corte:	1 milésima de pulgada (0,0254 mm)						
Número de Pasadas	5						
Velocidad de la muela	1500 m/min (cte)						
Velocidad de avance:	18000 mm/min						
REGISTRO DE MEDICIONES DE RUGOSIDAD							
Experimento	Med. 1	Med.2	Med.3	Med.4	Med.5	Promedio	
7	1,523	1,327	1,195	1,146	1,261	1,2904	
RESULTADOS							
				Clase de Rugosidad:			
				N6 - N7 (0,8 - 1,6) μm			
				Proceso:			
				Rectificado Plano sobre Hierro Fundido			




[Fuente: [Autor]

Ficha 4.1.8 Reporte de Rugosidad Superficial

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTA DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA						
REPORTE DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL						
DATOS INFORMATIVOS						
Tipo de Estudio:	EXPERIMENTAL	N°	8			
Fecha de Ejecución:	15/7/2017					
Lugar de Estudio:	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO					
Empresa:	RECTIFICADORA DE MOTORES "FIALLOS"					
Elaborado por:	Luis Fiallos	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez			
EQUIPO, MATERIALES Y HERRAMIENTAS						
Máquina:	Rectificadora de superficies planas 3M735X1500					
Material:	Cabezote de Hierro Fundido					
Herramienta Utilizada:	Carburo de Silicio (Negra)	Dureza:	50 HRC			
Codificación	2C54-J6V					
Dimensiones	125x60x15 mm					
PARÁMETROS DE MEDICIÓN DE RUGOSIDAD						
Máquina:	Rugosímetro Mitutoyo SJ-210					
Norma:	ISO 1997					
Rango:	0,2-1,6 micrometros					
Mediciones	x5					
Profundidad del corte:	1 milésima de pulgada (0,0254 mm)					
Número de Pasadas	5					
Velocidad de la muela	1500 m/min (cte)					
Velocidad de avance:	18000 mm/min					
REGISTRO DE MEDICIONES DE RUGOSIDAD						
Experimento	Med. 1	Med.2	Med.3	Med.4	Med.5	Promedio
8	1,323	1,116	1,147	1,673	1,372	1,3262
RESULTADOS						
				Clase de Rugosidad:		
				N6 - N7 (0,8 - 1,6) μm		
				Proceso:		
				Rectificado Plano sobre Hierro Fundido		





Fuente: [Autor]

Ficha 4.1.9 Reporte de Rugosidad Superficial

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTA DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA						
REPORTE DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL						
DATOS INFORMATIVOS						
Tipo de Estudio:	EXPERIMENTAL	N°	9			
Fecha de Ejecución:	6/1/2017					
Lugar de Estudio:	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO					
Empresa:	RECTIFICADORA DE MOTORES "FIALLOS"					
Elaborado por:	Luis Fiallos	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez			
EQUIPO, MATERIALES Y HERRAMIENTAS						
Máquina:	Rectificadora de superficies planas 3M735X1500					
Material:	Cabezote de Hierro Fundido					
Herramienta Utilizada:	Carburo de Silicio (Negra)	Dureza:	50 HRC			
Codificación	2C54-J6V					
Dimensiones	125x60x15 mm					
PARÁMETROS DE MEDICIÓN DE RUGOSIDAD						
Máquina:	Rugosímetro Mitutoyo SJ-210					
Norma:	ISO 1997					
Rango:	0,2-1,6 micrometros					
Mediciones	5					
Profundidad del corte:	1,5 milesimas de pulgada (0,0381 mm)					
Número de Pasadas	5					
Velocidad de la muela	1500 m/min (cte)					
Velocidad de avance:	20000 mm/min					
REGISTRO DE MEDICIONES DE RUGOSIDAD						
Experimento	Med. 1	Med.2	Med.3	Med.4	Med.5	Promedio
9	1,683	1,798	2,014	2,008	2,813	2,063
RESULTADOS						
						Clase de Rugosidad:
						N7 -N8 (1,6 - 3,2) μm
						Proceso:
						Rectificado Plano sobre Hierro Fundido




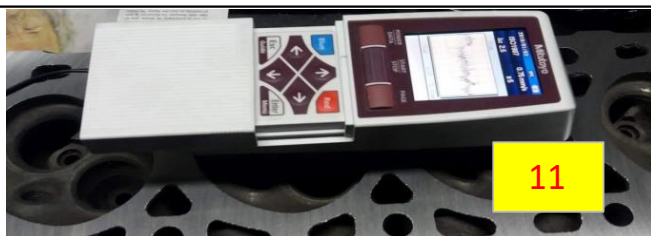
Fuente: [Autor]

Ficha 4.1.10 Reporte de Rugosidad Superficial

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTA DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA					
		REPORTE DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL					
DATOS INFORMATIVOS							
Tipo de Estudio:	EXPERIMENTAL			N°	10		
Fecha de Ejecución:	6/1/2017						
Lugar de Estudio:	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO						
Empresa:	RECTIFICADORA DE MOTORES "FIALLOS"						
Elaborado por:	Luis Fiallos	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez				
EQUIPO, MATERIALES Y HERRAMIENTAS							
Máquina:	Rectificadora de superficies planas 3M735X1500						
Material:	Cabezote de Hierro Fundido						
Herramienta Utilizada:	Carburo de Silicio (Negra)	Dureza:	50 HRC				
Codificación	2C54-J6V						
Dimensiones	125x60x15 mm						
PARÁMETROS DE MEDICIÓN DE RUGOSIDAD							
Máquina:	Rugosímetro Mitutoyo SJ-210						
Norma:	ISO 1997						
Rango:	0,2-1,6 micrometros						
Mediciones	5						
Profundidad del corte:	3 milésimas de pulgada (0,0756 mm)						
Número de Pasadas	5						
Velocidad de la muela	1500 m/min (cte)						
Velocidad de avance:	13000 mm/min						
REGISTRO DE MEDICIONES DE RUGOSIDAD							
Experimento	Med. 1	Med.2	Med.3	Med.4	Med.5	Promedio	
10	1,626	1,507	1,451	1,717	1,638	1,588	
RESULTADOS							
				Clase de Rugosidad:			
				N6 -N7 (0,8 -1,6) μm			
				Proceso:			
				Rectificado Plano sobre Hierro Fundido			

Fuente: [Autor]

Ficha 4.1.11 Reporte de Rugosidad Superficial

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTA DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA					
		REPORTE DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL					
DATOS INFORMATIVOS							
Tipo de Estudio:	EXPERIMENTAL			Nº	11		
Fecha de Ejecución:	6/1/2017						
Lugar de Estudio:	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO						
Empresa:	RECTIFICADORA DE MOTORES "FIALLOS"						
Elaborado por:	Luis Fiallos	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez				
EQUIPO, MATERIALES Y HERRAMIENTAS							
Máquina:	Rectificadora de superficies planas 3M735X1500						
Material:	Cabezote de Hierro Fundido						
Herramienta Utilizada:	Carburo de Silicio (Negra)	Dureza:	50 HRC				
Codificación	2C54-J6V						
Dimensiones	125x60x15 mm						
PARÁMETROS DE MEDICIÓN DE RUGOSIDAD							
Máquina:	Rugosímetro Mitutoyo SJ-210						
Norma:	ISO 1997						
Rango:	0,2-1,6 micrometros						
Mediciones	5						
Profundidad del corte:	1,5 milésimas de pulgada (0,0381 mm)						
Número de Pasadas	5						
Velocidad de la muela	1500 m/min (cte)						
Velocidad de avance:	20000 mm/min						
REGISTRO DE MEDICIONES DE RUGOSIDAD							
Experimento	Med. 1	Med.2	Med.3	Med.4	Med.5	Promedio	
11	1,085	1,117	1,214	1,098	1,173	1,137	
RESULTADOS							
				Clase de Rugosidad:			
				N6 -N7 (0,8 -1,6) μm			
				Proceso:			
				Rectificado Plano sobre Hierro Fundido			




Fuente: [Autor]

Ficha 4.1.12 Reporte de Rugosidad Superficial

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTA DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA					
		REPORTE DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL					
DATOS INFORMATIVOS							
Tipo de Estudio:	EXPERIMENTAL			N°	12		
Fecha de Ejecución:	6/1/2017						
Lugar de Estudio:	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO						
Empresa:	RECTIFICADORA DE MOTORES "FIALLOS"						
Elaborado por:	Luis Fiallos	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez				
EQUIPO, MATERIALES Y HERRAMIENTAS							
Máquina:	Rectificadora de superficies planas 3M735X1500						
Material:	Cabezote de Hierro Fundido						
Herramienta Utilizada:	Carburo de Silicio (Negra)	Dureza:	50 HRC				
Codificación	2C54-J6V						
Dimensiones	125x60x15 mm						
PARÁMETROS DE MEDICIÓN DE RUGOSIDAD							
Máquina:	Rugosímetro Mitutoyo SJ-210						
Norma:	ISO 1997						
Rango:	0,2-1,6 micrometros						
Mediciones	5						
Profundidad del corte:	1,5 milésimas de pulgada (0,0381 mm)						
Número de Pasadas	5						
Velocidad de la muela	1500 m/min (cte)						
Velocidad de avance:	13000 mm/min						
REGISTRO DE MEDICIONES DE RUGOSIDAD							
Experimento	Med. 1	Med.2	Med.3	Med.4	Med.5	Promedio	
12	1,001	0,912	0,993	1,112	1,153	1,034	
RESULTADOS							
				Clase de Rugosidad:			
				N6 -N7 (0,8 -1,6) μm			
				Proceso:			
				Rectificado Plano sobre Hierro Fundido			




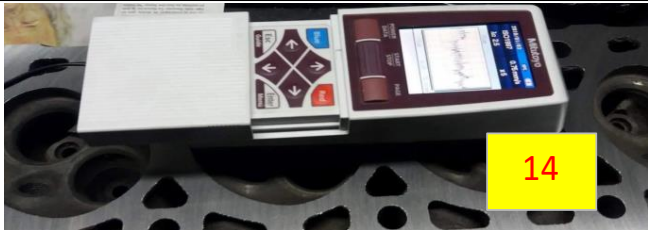
Fuente: [Autor]

Ficha 4.1.13 Reporte de Rugosidad Superficial

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTA DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA					
		REPORTE DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL					
DATOS INFORMATIVOS							
Tipo de Estudio:	EXPERIMENTAL			Nº	13		
Fecha de Ejecución:	6/1/2017						
Lugar de Estudio:	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO						
Empresa:	RECTIFICADORA DE MOTORES "FIALLOS"						
Elaborado por:	Luis Fiallos	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez				
EQUIPO, MATERIALES Y HERRAMIENTAS							
Máquina:	Rectificadora de superficies planas 3M735X1500						
Material:	Cabezote de Hierro Fundido						
Herramienta Utilizada:	Carburo de Silicio (Negra)	Dureza:	50 HRC				
Codificación	2C54-J6V						
Dimensiones	125x60x15 mm						
PARÁMETROS DE MEDICIÓN DE RUGOSIDAD							
Máquina:	Rugosímetro Mitutoyo SJ-210						
Norma:	ISO 1997						
Rango:	0,2-1,6 micrometros						
Mediciones	5						
Profundidad del corte:	3 milésimas de pulgada (0,0762 mm)						
Número de Pasadas	5						
Velocidad de la muela	1500 m/min (cte)						
Velocidad de avance:	13000 mm/min						
REGISTRO DE MEDICIONES DE RUGOSIDAD							
Experimento	Med. 1	Med.2	Med.3	Med.4	Med.5	Promedio	
13	1,104	1,117	1,089	0,886	1,119	1,063	
RESULTADOS							
						Clase de Rugosidad:	
						N6 -N7 (0,8 -1,6) μm	
						Proceso:	
						Rectificado Plano sobre Hierro Fundido	




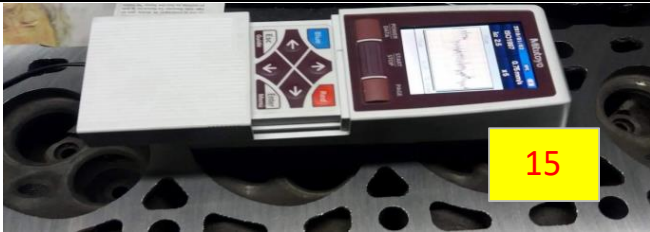
Fuente: [Autor]

Ficha 4.1.14 Reporte de Rugosidad Superficial

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA					
		REPORTE DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL					
DATOS INFORMATIVOS							
Tipo de Estudio:	EXPERIMENTAL			N°	14		
Fecha de Ejecución:	6/1/2017						
Lugar de Estudio:	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO						
Empresa:	RECTIFICADORA DE MOTORES "FIALLOS"						
Elaborado por:	Luis Fiallos	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez				
EQUIPO, MATERIALES Y HERRAMIENTAS							
Máquina:	Rectificadora de superficies planas 3M735X1500						
Material:	Cabezote de Hierro Fundido						
Herramienta Utilizada:	Carburo de Silicio (Negra)	Dureza:	50 HRC				
Codificación	2C54-J6V						
Dimensiones	125x60x15 mm						
PARÁMETROS DE MEDICIÓN DE RUGOSIDAD							
Máquina:	Rugosímetro Mitutoyo SJ-210						
Norma:	ISO 1997						
Rango:	0,2-1,6 micrometros						
Mediciones	5						
Profundidad del corte:	3 milésimas de pulgada (0,0762 mm)						
Número de Pasadas	5						
Velocidad de la muela	1500 m/min (cte)						
Velocidad de avance:	20000 mm/min						
REGISTRO DE MEDICIONES DE RUGOSIDAD							
Experimento	Med. 1	Med.2	Med.3	Med.4	Med.5	Promedio	
14	1,001	0,912	0,993	1,112	1,153	1,034	
RESULTADOS							
				Clase de Rugosidad:			
				N6 -N7 (0,8 -1,6) μm			
				Proceso:			
				Rectificado Plano sobre Hierro Fundido			

Fuente: [Autor]

Ficha 4.1.15 Reporte de Rugosidad Superficial

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTA DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA					
		REPORTE DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL					
DATOS INFORMATIVOS							
Tipo de Estudio:	EXPERIMENTAL			N°	15		
Fecha de Ejecución:	6/1/2017						
Lugar de Estudio:	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO						
Empresa:	RECTIFICADORA DE MOTORES "FIALLOS"						
Elaborado por:	Luis Fiallos	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez				
EQUIPO, MATERIALES Y HERRAMIENTAS							
Máquina:	Rectificadora de superficies planas 3M735X1500						
Material:	Cabezote de Hierro Fundido						
Herramienta Utilizada:	Carburo de Silicio (Negra)	Dureza:	50 HRC				
Codificación	2C54-J6V						
Dimensiones	125x60x15 mm						
PARÁMETROS DE MEDICIÓN DE RUGOSIDAD							
Máquina:	Rugosímetro Mitutoyo SJ-210						
Norma:	ISO 1997						
Rango:	0,2-1,6 micrometros						
Mediciones	5						
Profundidad del corte:	3 milésimas de pulgada (0,0762 mm)						
Número de Pasadas	5						
Velocidad de la muela	1500 m/min (cte)						
Velocidad de avance:	20000 mm/min						
REGISTRO DE MEDICIONES DE RUGOSIDAD							
Experimento	Med. 1	Med.2	Med.3	Med.4	Med.5	Promedio	
15	1,323	1,116	1,147	1,328	1,402	1,263	
RESULTADOS							
				Clase de Rugosidad:			
				N6 -N7 (0,8 -1,6) μm			
				Proceso:			
				Rectificado Plano sobre Hierro Fundido			





Fuente: [Autor]

Ficha 4.1.16 Reporte de Rugosidad Superficial

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTA DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA REPORTE DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL						
DATOS INFORMATIVOS						
Tipo de Estudio:	EXPERIMENTAL	N°	16			
Fecha de Ejecución:	6/1/2017					
Lugar de Estudio:	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO					
Empresa:	RECTIFICADORA DE MOTORES "FIALLOS"					
Elaborado por:	Luis Fiallos	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez			
EQUIPO, MATERIALES Y HERRAMIENTAS						
Máquina:	Rectificadora de superficies planas 3M735X1500					
Material:	Cabezote de Hierro Fundido					
Herramienta Utilizada:	Carburo de Silicio (Negra)	Dureza:	50 HRC			
Codificación	2C54-J6V					
Dimensiones	125x60x15 mm					
PARÁMETROS DE MEDICIÓN DE RUGOSIDAD						
Máquina:	Rugosímetro Mitutoyo SJ-210					
Norma:	ISO 1997					
Rango:	0,2-1,6 micrometros					
Mediciones	5					
Profundidad del corte:	1,5 milesimas de pulgada (0,0381 mm)					
Número de Pasadas	5					
Velocidad de la muela	1500 m/min (cte)					
Velocidad de avance:	13000 mm/min					
REGISTRO DE MEDICIONES DE RUGOSIDAD						
Experimento	Med. 1	Med.2	Med.3	Med.4	Med.5	Promedio
16	1,516	1,618	1,580	1,698	1,608	1,604
RESULTADOS						
				Clase de Rugosidad:		
				N6 -N7 (0,8 -1,6) μm		
				Proceso:		
				Rectificado Plano sobre Hierro Fundido		




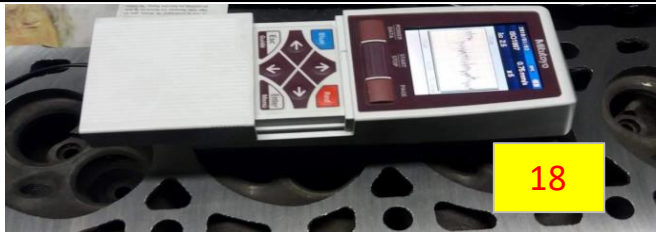
Fuente: [Autor]

Ficha 4.1.17 Reporte de Rugosidad Superficial

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTA DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA					
		REPORTE DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL					
DATOS INFORMATIVOS							
Tipo de Estudio:	EXPERIMENTAL			N°	17		
Fecha de Ejecución:	6/1/2017						
Lugar de Estudio:	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO						
Empresa:	RECTIFICADORA DE MOTORES "FIALLOS"						
Elaborado por:	Luis Fiallos	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez				
EQUIPO, MATERIALES Y HERRAMIENTAS							
Máquina:	Rectificadora de superficies planas 3M735X1500						
Material:	Cabezote de Hierro Fundido						
Herramienta Utilizada:	Carburo de Silicio (Negra)	Dureza:	50 HRC				
Codificación	2C54-J6V						
Dimensiones	125x60x15 mm						
PARÁMETROS DE MEDICIÓN DE RUGOSIDAD							
Máquina:	Rugosímetro Mitutoyo SJ-210						
Norma:	ISO 1997						
Rango:	0,2-1,6 micrometros						
Mediciones	5						
Profundidad del corte:	3 milésimas de pulgada (0,0762 mm)						
Número de Pasadas	5						
Velocidad de la muela	1500 m/min (cte)						
Velocidad de avance:	18000 mm/min						
REGISTRO DE MEDICIONES DE RUGOSIDAD							
Experimento	Med. 1	Med.2	Med.3	Med.4	Med.5	Promedio	
17	1,628	1,425	1,302	1,408	1,517	1,456	
RESULTADOS							
				Clase de Rugosidad:			
				N6 -N7 (0,8 -1,6) μm			
				Proceso:			
				Rectificado Plano sobre Hierro Fundido			

Fuente: [Autor]




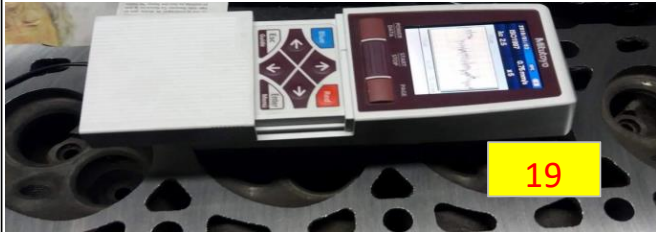
Ficha 4.1.18 Reporte de Rugosidad Superficial

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTA DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
		REPORTE DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL				
DATOS INFORMATIVOS						
Tipo de Estudio:	EXPERIMENTAL			Nº	18	
Fecha de Ejecución:	6/1/2017					
Lugar de Estudio:	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO					
Empresa:	RECTIFICADORA DE MOTORES "FIALLOS"					
Elaborado por:	Luis Fiallos	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez			
EQUIPO, MATERIALES Y HERRAMIENTAS						
Máquina:	Rectificadora de superficies planas 3M735X1500					
Material:	Cabezote de Hierro Fundido					
Herramienta Utilizada:	Carburo de Silicio (Negra)	Dureza:	50 HRC			
Codificación	2C54-J6V					
Dimensiones	125x60x15 mm					
PARÁMETROS DE MEDICIÓN DE RUGOSIDAD						
Máquina:	Rugosímetro Mitutoyo SJ-210					
Norma:	ISO 1997					
Rango:	0,2-1,6 micrometros					
Mediciones	5					
Profundidad del corte:	1 milésimas de pulgada (0,0254 mm)					
Número de Pasadas	5					
Velocidad de la muela	1500 m/min (cte)					
Velocidad de avance:	20000 mm/min					
REGISTRO DE MEDICIONES DE RUGOSIDAD						
Experimento	Med. 1	Med.2	Med.3	Med.4	Med.5	Promedio
18	1,918	1,825	1,798	1,888	1,922	1,870
RESULTADOS						
				Clase de Rugosidad:		
				N7 -N8 (1,6 - 3,2) μm		
				Proceso:		
				Rectificado Plano sobre Hierro Fundido		

Fuente: [Autor]




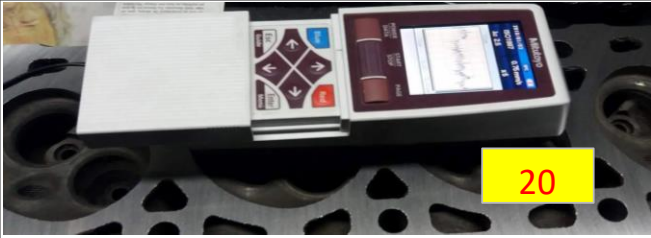
Análisis de Rugosidad de la Muela Abrasiva de Óxido de Aluminio

Ficha 4.1.19 Reporte de Rugosidad Superficial

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO						
FACULTA DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA						
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA						
REPORTE DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL						
DATOS INFORMATIVOS						
Tipo de Estudio:	EXPERIMENTAL	Nº	19			
Fecha de Ejecución:	22/7/2017					
Lugar de Estudio:	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO					
Empresa:	RECTIFICADORA DE MOTORES "FIALLOS"					
Elaborado por:	Luis Fiallos	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez			
EQUIPO, MATERIALES Y HERRAMIENTAS						
Máquina:	Rectificadora de superficies planas 3M735X1500					
Material:	Cabezote de Hierro Fundido					
Herramienta Utilizada:	Oxido de Aluminio (Roja)	Dureza:	60 HRC			
Codificación	1A30-K7VBE					
Dimensiones	110x60x20 mm					
PARÁMETROS DE MEDICIÓN DE RUGOSIDAD						
Máquina:	Rugosímetro Mitutoyo SJ-210					
Norma:	ISO 1997					
Rango:	0,2-1,6 micrometros					
Mediciones	x5					
Profundidad del corte:	1 milésima de pulgada (0,0254 mm)					
Número de Pasadas	5					
Velocidad de la muela	1500 m/min (cte)					
Velocidad de avance:	13000 mm/min					
REGISTRO DE MEDICIONES DE RUGOSIDAD						
Experimento	Med. 1	Med.2	Med.3	Med.4	Med.5	Promedio
19	2,643	2,484	2,274	3,36	2,336	2,6194
RESULTADOS						
				Clase de Rugosidad:		
				N7 -N8 (1,6 - 3,2) μm		
				Proceso:		
				Rectificado Plano sobre Hierro Fundido		

Fuente: [Autor]

Ficha 4.1.20 Reporte de Rugosidad Superficial

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTA DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA REPORTE DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL						
DATOS INFORMATIVOS						
Tipo de Estudio:	EXPERIMENTAL	N°	20			
Fecha de Ejecución:	22/7/2017					
Lugar de Estudio:	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO					
Empresa:	RECTIFICADORA DE MOTORES "FIALLOS"					
Elaborado por:	Luis Fiallos	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez			
EQUIPO, MATERIALES Y HERRAMIENTAS						
Máquina:	Rectificadora de superficies planas 3M735X1500					
Material:	Cabezote de Hierro Fundido					
Herramienta Utilizada:	Oxido de Aluminio (Roja)	Dureza:	60 HRC			
Codificación	1A30-K7VBE					
Dimensiones	110x60x20 mm					
PARÁMETROS DE MEDICIÓN DE RUGOSIDAD						
Máquina:	Rugosímetro Mitutoyo SJ-210					
Norma:	ISO 1997					
Rango:	0,2-1,6 micrometros					
Mediciones	x5					
Profundidad del corte:	1 milésima de pulgada (0,0254 mm)					
Número de Pasadas	5					
Velocidad de la muela	1500 m/min (cte)					
Velocidad de avance:	18000 mm/min					
REGISTRO DE MEDICIONES DE RUGOSIDAD						
Experimento	Med. 1	Med.2	Med.3	Med.4	Med.5	Promedio
20	1,495	1,505	1,504	1,516	1,676	1,5392
RESULTADOS						
				Clase de Rugosidad:		
				N6 -N7 (0,8 - 1,6) μm		
				Proceso:		
			Rectificado Plano sobre Hierro Fundido			


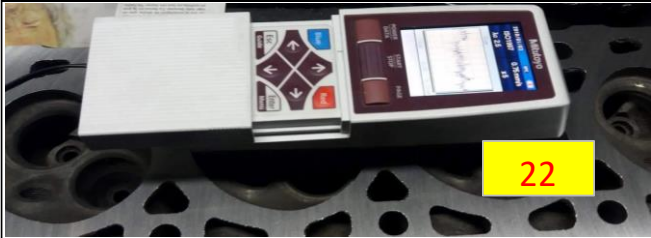
Fuente: [Autor]

Ficha 4.1.21 Reporte de Rugosidad Superficial

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTA DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA REPORTE DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL					
DATOS INFORMATIVOS							
Tipo de Estudio:	EXPERIMENTAL			N°	21		
Fecha de Ejecución:	22/7/2017						
Lugar de Estudio:	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO						
Empresa:	RECTIFICADORA DE MOTORES "FIALLOS"						
Elaborado por:	Luis Fiallos	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez				
EQUIPO, MATERIALES Y HERRAMIENTAS							
Máquina:	Rectificadora de superficies planas 3M735X1500						
Material:	Cabezote de Hierro Fundido						
Herramienta Utilizada:	Oxido de Aluminio (Roja)	Dureza:	60 HRC				
Codificación	1A30-K7VBE						
Dimensiones	110x60x20 mm						
PARÁMETROS DE MEDICIÓN DE RUGOSIDAD							
Máquina:	Rugosímetro Mitutoyo SJ-210						
Norma:	ISO 1997						
Rango:	0,2-1,6 micrometros						
Mediciones	x5						
Profundidad del corte:	1,5 milésimas de pulgada (0,0381 mm)						
Número de Pasadas	5						
Velocidad de la muela	1500 m/min (cte)						
Velocidad de avance:	18000 mm/min						
REGISTRO DE MEDICIONES DE RUGOSIDAD							
Experimento	Med. 1	Med.2	Med.3	Med.4	Med.5	Promedio	
21	2,332	2,182	2,343	2,375	2,207	2,2878	
RESULTADOS							
				Clase de Rugosidad:			
				N7 -N8 (1,6 - 3,2) μm			
				Proceso:			
				Rectificado Plano sobre Hierro Fundido			




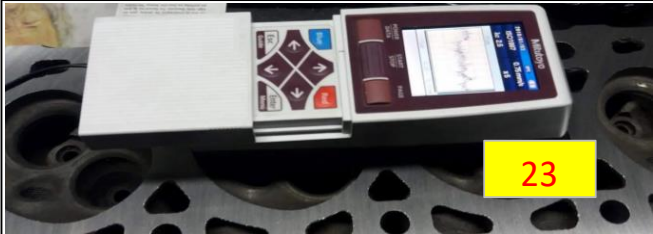
Fuente: [Autor]

Ficha 4.1.22 Reporte de Rugosidad Superficial

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTA DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA					
		REPORTE DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL					
DATOS INFORMATIVOS							
Tipo de Estudio:	EXPERIMENTAL			Nº	22		
Fecha de Ejecución:	22/7/2017						
Lugar de Estudio:	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO						
Empresa:	RECTIFICADORA DE MOTORES "FIALLOS"						
Elaborado por:	Luis Fiallos	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez				
EQUIPO, MATERIALES Y HERRAMIENTAS							
Máquina:	Rectificadora de superficies planas 3M735X1500						
Material:	Cabezote de Hierro Fundido						
Herramienta Utilizada:	Oxido de Aluminio (Roja)	Dureza:	60 HRC				
Codificación	1A30-K7VBE						
Dimensiones	110x60x20 mm						
PARÁMETROS DE MEDICIÓN DE RUGOSIDAD							
Máquina:	Rugosímetro Mitutoyo SJ-210						
Norma:	ISO 1997						
Rango:	0,2-1,6 micrometros						
Mediciones	x5						
Profundidad del corte:	1,5 milésimas de pulgada (0,0381 mm)						
Número de Pasadas	5						
Velocidad de la muela	1500 m/min (cte)						
Velocidad de avance:	13000 mm/min						
REGISTRO DE MEDICIONES DE RUGOSIDAD							
Experimento	Med. 1	Med.2	Med.3	Med.4	Med.5	Promedio	
22	2,803	2,836	2,943	2,186	2,826	2,7188	
RESULTADOS							
				Clase de Rugosidad:			
				N7 -N8 (1,6 - 3,2) μm			
				Proceso:			
				Rectificado Plano sobre Hierro Fundido			

Fuente: [Autor]

Ficha 4.1.23 Reporte de Rugosidad Superficial

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTA DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA					
		REPORTE DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL					
DATOS INFORMATIVOS							
Tipo de Estudio:	EXPERIMENTAL			N°	23		
Fecha de Ejecución:	22/7/2017						
Lugar de Estudio:	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO						
Empresa:	RECTIFICADORA DE MOTORES "FIALLOS"						
Elaborado por:	Luis Fiallos	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez				
EQUIPO, MATERIALES Y HERRAMIENTAS							
Máquina:	Rectificadora de superficies planas 3M735X1500						
Material:	Cabezote de Hierro Fundido						
Herramienta Utilizada:	Oxido de Aluminio (Roja)	Dureza:	60 HRC				
Codificación	1A30-K7VBE						
Dimensiones	110x60x20 mm						
PARÁMETROS DE MEDICIÓN DE RUGOSIDAD							
Máquina:	Rugosímetro Mitutoyo SJ-210						
Norma:	ISO 1997						
Rango:	0,2-1,6 micrometros						
Mediciones	x5						
Profundidad del corte:	1,5 milésimas de pulgada (0,0381 mm)						
Número de Pasadas	5						
Velocidad de la muela	1500 m/min (cte)						
Velocidad de avance:	18000 mm/min						
REGISTRO DE MEDICIONES DE RUGOSIDAD							
Experimento	Med. 1	Med.2	Med.3	Med.4	Med.5	Promedio	
23	2,616	2,836	2,684	2,597	2,719	2,6904	
RESULTADOS							
				Clase de Rugosidad:			
				N7 -N8 (1,6 - 3,2) μm			
				Proceso:			
				Rectificado Plano sobre Hierro Fundido			

Fuente: [Autor]

Ficha 4.1.24 Reporte de Rugosidad Superficial

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTA DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA					
		REPORTE DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL					
DATOS INFORMATIVOS							
Tipo de Estudio:	EXPERIMENTAL			Nº	24		
Fecha de Ejecución:	22/7/2017						
Lugar de Estudio:	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO						
Empresa:	RECTIFICADORA DE MOTORES "FIALLOS"						
Elaborado por:	Luis Fiallos	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez				
EQUIPO, MATERIALES Y HERRAMIENTAS							
Máquina:	Rectificadora de superficies planas 3M735X1500						
Material:	Cabezote de Hierro Fundido						
Herramienta Utilizada:	Oxido de Aluminio (Roja)	Dureza:	60 HRC				
Codificación	1A30-K7VBE						
Dimensiones	110x60x20 mm						
PARÁMETROS DE MEDICIÓN DE RUGOSIDAD							
Máquina:	Rugosímetro Mitutoyo SJ-210						
Norma:	ISO 1997						
Rango:	0,2-1,6 micrometros						
Mediciones	x5						
Profundidad del corte:	1,5 milésimas de pulgada (0,0381 mm)						
Número de Pasadas	5						
Velocidad de la muela	1500 m/min (cte)						
Velocidad de avance:	13000 mm/min						
REGISTRO DE MEDICIONES DE RUGOSIDAD							
Experimento	Med. 1	Med.2	Med.3	Med.4	Med.5	Promedio	
24	2,726	2,918	2,138	2,602	2,008	2,4784	
RESULTADOS							
				Clase de Rugosidad:			
				N7 -N8 (1,6 - 3,2) μm			
				Proceso:			
				Rectificado Plano sobre Hierro Fundido			

Fuente: [Autor]

Ficha 4.1.25 Reporte de Rugosidad Superficial

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
		REPORTE DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL				
DATOS INFORMATIVOS						
Tipo de Estudio:	EXPERIMENTAL			Nº	25	
Fecha de Ejecución:	22/7/2017					
Lugar de Estudio:	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO					
Empresa:	RECTIFICADORA DE MOTORES "FIALLOS"					
Elaborado por:	Luis Fiallos	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez			
EQUIPO, MATERIALES Y HERRAMIENTAS						
Máquina:	Rectificadora de superficies planas 3M735X1500					
Material:	Cabezote de Hierro Fundido					
Herramienta Utilizada:	Oxido de Aluminio (Roja)	Dureza:	60 HRC			
Codificación	1A30-K7VBE					
Dimensiones	110x60x20 mm					
PARÁMETROS DE MEDICIÓN DE RUGOSIDAD						
Máquina:	Rugosímetro Mitutoyo SJ-210					
Norma:	ISO 1997					
Rango:	0,2-1,6 micrometros					
Mediciones	x5					
Profundidad del corte:	1 milésima de pulgada (0,0254 mm)					
Número de Pasadas	5					
Velocidad de la muela	1500 m/min (cte)					
Velocidad de avance:	13000 mm/min					
REGISTRO DE MEDICIONES DE RUGOSIDAD						
Experimento	Med. 1	Med.2	Med.3	Med.4	Med.5	Promedio
25	2,507	2,189	2,457	2,042	2,109	2,2608
RESULTADOS						
				Clase de Rugosidad:		
				N7 -N8 (1,6 - 3,2) μm		
				Proceso:		
				Rectificado Plano sobre Hierro Fundido		

Fuente: [Autor]




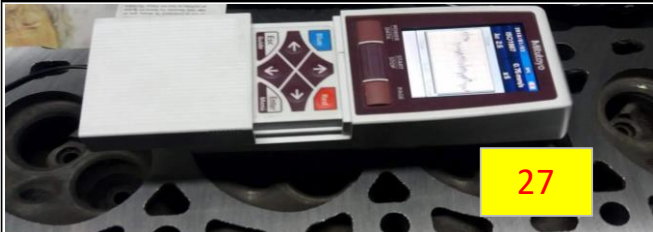
Ficha 4.1.26 Reporte de Rugosidad Superficial

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA					
		REPORTE DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL					
DATOS INFORMATIVOS							
Tipo de Estudio:	EXPERIMENTAL			Nº	26		
Fecha de Ejecución:	22/7/2017						
Lugar de Estudio:	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO						
Empresa:	RECTIFICADORA DE MOTORES "FIALLOS"						
Elaborado por:	Luis Fiallos	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez				
EQUIPO, MATERIALES Y HERRAMIENTAS							
Máquina:	Rectificadora de superficies planas 3M735X1500						
Material:	Cabezote de Hierro Fundido						
Herramienta Utilizada:	Oxido de Aluminio (Roja)	Dureza:	60 HRC				
Codificación	1A30-K7VBE						
Dimensiones	110x60x20 mm						
PARÁMETROS DE MEDICIÓN DE RUGOSIDAD							
Máquina:	Rugosímetro Mitutoyo SJ-210						
Norma:	ISO 1997						
Rango:	0,2-1,6 micrometros						
Mediciones	x5						
Profundidad del corte:	1 milésima de pulgada (0,0254 mm)						
Número de Pasadas	5						
Velocidad de la muela	1500 m/min (cte)						
Velocidad de avance:	18000 mm/min						
REGISTRO DE MEDICIONES DE RUGOSIDAD							
Experimento	Med. 1	Med.2	Med.3	Med.4	Med.5	Promedio	
26	2,693	2,25	2,735	2,551	2,769	2,5996	
RESULTADOS							
				Clase de Rugosidad:			
				N7 -N8 (1,6 - 3,2) μm			
				Proceso:			
				Rectificado Plano sobre Hierro Fundido			

Fuente: [Autor]

Análisis de Rugosidad de la Muela Abrasiva de Óxido de Aluminio

Ficha 4.1.27 Reporte de Rugosidad Superficial

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO						
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA						
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA						
REPORTE DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL						
DATOS INFORMATIVOS						
Tipo de Estudio:	EXPERIMENTAL	Nº	27			
Fecha de Ejecución:	6/1/2018					
Lugar de Estudio:	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO					
Empresa:	RECTIFICADORA DE MOTORES "FIALLOS"					
Elaborado por:	Luis Fiallos	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez			
EQUIPO, MATERIALES Y HERRAMIENTAS						
Máquina:	Rectificadora de superficies planas 3M735X1500					
Material:	Cabezote de Hierro Fundido					
Herramienta Utilizada:	Oxido de Aluminio (Roja)	Dureza:	60 HRC			
Codificación	1A30-K7VBE					
Dimensiones	110x60x20 mm					
PARÁMETROS DE MEDICIÓN DE RUGOSIDAD						
Máquina:	Rugosímetro Mitutoyo SJ-210					
Norma:	ISO 1997					
Rango:	0,2-1,6 micrometros					
Mediciones	x5					
Profundidad del corte:	3 milésima de pulgada (0,0762 mm)					
Número de Pasadas	5					
Velocidad de la muela	1500 m/min (cte)					
Velocidad de avance:	13000 mm/min					
REGISTRO DE MEDICIONES DE RUGOSIDAD						
Experimento	Med. 1	Med.2	Med.3	Med.4	Med.5	Promedio
27	2,345	2,561	2,234	3,016	2,222	2,476
RESULTADOS						
			Clase de Rugosidad:			
			N7 -N8 (1,6 - 3,2) μm			
			Proceso:			
			Rectificado Plano sobre Hierro Fundido			

Fuente: [Autor]

Ficha 4.1.28 Reporte de Rugosidad Superficial

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTA DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA					
		REPORTE DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL					
DATOS INFORMATIVOS							
Tipo de Estudio:	EXPERIMENTAL			Nº	28		
Fecha de Ejecución:	6/1/2018						
Lugar de Estudio:	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO						
Empresa:	RECTIFICADORA DE MOTORES "FIALLOS"						
Elaborado por:	Luis Fiallos	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez				
EQUIPO, MATERIALES Y HERRAMIENTAS							
Máquina:	Rectificadora de superficies planas 3M735X1500						
Material:	Cabezote de Hierro Fundido						
Herramienta Utilizada:	Oxido de Aluminio (Roja)	Dureza:	60 HRC				
Codificación	1A30-K7VBE						
Dimensiones	110x60x20 mm						
PARÁMETROS DE MEDICIÓN DE RUGOSIDAD							
Máquina:	Rugosímetro Mitutoyo SJ-210						
Norma:	ISO 1997						
Rango:	0,2-1,6 micrometros						
Mediciones	x5						
Profundidad del corte:	1,5 milésima de pulgada (0,0381 mm)						
Número de Pasadas	5						
Velocidad de la muela	1500 m/min (cte)						
Velocidad de avance:	13000 mm/min						
REGISTRO DE MEDICIONES DE RUGOSIDAD							
Experimento	Med. 1	Med.2	Med.3	Med.4	Med.5	Promedio	
28	2,635	2,800	2,140	2,540	2,110	2,445	
RESULTADOS							
				Clase de Rugosidad:			
				N7 -N8 (1,6 - 3,2) μm			
				Proceso:			
				Rectificado Plano sobre Hierro Fundido			

Fuente: [Autor]

Ficha 4.1.29 Reporte de Rugosidad Superficial

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA					
		REPORTE DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL					
DATOS INFORMATIVOS							
Tipo de Estudio:	EXPERIMENTAL			N°	29		
Fecha de Ejecución:	6/1/2018						
Lugar de Estudio:	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO						
Empresa:	RECTIFICADORA DE MOTORES "FIALLOS"						
Elaborado por:	Luis Fiallos	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez				
EQUIPO, MATERIALES Y HERRAMIENTAS							
Máquina:	Rectificadora de superficies planas 3M735X1500						
Material:	Cabezote de Hierro Fundido						
Herramienta Utilizada:	Oxido de Aluminio (Roja)	Dureza:	60 HRC				
Codificación	1A30-K7VBE						
Dimensiones	110x60x20 mm						
PARÁMETROS DE MEDICIÓN DE RUGOSIDAD							
Máquina:	Rugosímetro Mitutoyo SJ-210						
Norma:	ISO 1997						
Rango:	0,2-1,6 micrometros						
Mediciones	x5						
Profundidad del corte:	3 milésima de pulgada (0,0762 mm)						
Número de Pasadas	5						
Velocidad de la muela	1500 m/min (cte)						
Velocidad de avance:	20000 mm/min						
REGISTRO DE MEDICIONES DE RUGOSIDAD							
Experimento	Med. 1	Med.2	Med.3	Med.4	Med.5	Promedio	
29	1,398	1,492	1,504	1,501	1,676	1,514	
RESULTADOS							
				Clase de Rugosidad:			
				N6 -N7 (0,8 -1,6) μm			
				Proceso:			
				Rectificado Plano sobre Hierro Fundido			

Fuente: [Autor]

Ficha 4.1.30 Reporte de Rugosidad Superficial

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA					
		REPORTE DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL					
DATOS INFORMATIVOS							
Tipo de Estudio:	EXPERIMENTAL			Nº	30		
Fecha de Ejecución:	6/1/2018						
Lugar de Estudio:	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO						
Empresa:	RECTIFICADORA DE MOTORES "FIALLOS"						
Elaborado por:	Luis Fiallos	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez				
EQUIPO, MATERIALES Y HERRAMIENTAS							
Máquina:	Rectificadora de superficies planas 3M735X1500						
Material:	Cabezote de Hierro Fundido						
Herramienta Utilizada:	Oxido de Aluminio (Roja)	Dureza:	60 HRC				
Codificación	1A30-K7VBE						
Dimensiones	110x60x20 mm						
PARÁMETROS DE MEDICIÓN DE RUGOSIDAD							
Máquina:	Rugosímetro Mitutoyo SJ-210						
Norma:	ISO 1997						
Rango:	0,2-1,6 micrometros						
Mediciones	x5						
Profundidad del corte:	1,5 milésima de pulgada (0,0381 mm)						
Número de Pasadas	5						
Velocidad de la muela	1500 m/min (cte)						
Velocidad de avance:	20000 mm/min						
REGISTRO DE MEDICIONES DE RUGOSIDAD							
Experimento	Med. 1	Med.2	Med.3	Med.4	Med.5	Promedio	
30	2,132	2,100	2,401	2,275	2,207	2,223	
RESULTADOS							
				Clase de Rugosidad:			
				N7 -N8 (1,6 - 3,2) μm			
				Proceso:			
				Rectificado Plano sobre Hierro Fundido			





Fuente: [Autor]

Ficha 4.1.31 Reporte de Rugosidad Superficial

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA REPORTE DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL						
DATOS INFORMATIVOS						
Tipo de Estudio:	EXPERIMENTAL	Nº	31			
Fecha de Ejecución:	6/1/2018					
Lugar de Estudio:	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO					
Empresa:	RECTIFICADORA DE MOTORES "FIALLOS"					
Elaborado por:	Luis Fiallos	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez			
EQUIPO, MATERIALES Y HERRAMIENTAS						
Máquina:	Rectificadora de superficies planas 3M735X1500					
Material:	Cabezote de Hierro Fundido					
Herramienta Utilizada:	Oxido de Aluminio (Roja)	Dureza:	60 HRC			
Codificación	1A30-K7VBE					
Dimensiones	110x60x20 mm					
PARÁMETROS DE MEDICIÓN DE RUGOSIDAD						
Máquina:	Rugosímetro Mitutoyo SJ-210					
Norma:	ISO 1997					
Rango:	0,2-1,6 micrometros					
Mediciones	x5					
Profundidad del corte:	1,5 milésima de pulgada (0,0381 mm)					
Número de Pasadas	5					
Velocidad de la muela	1500 m/min (cte)					
Velocidad de avance:	13000 mm/min					
REGISTRO DE MEDICIONES DE RUGOSIDAD						
Experimento	Med. 1	Med.2	Med.3	Med.4	Med.5	Promedio
31	2,803	2,601	2,886	2,186	2,826	2,660
RESULTADOS						
			Clase de Rugosidad:			
			N7 -N8 (1,6 - 3,2) μm			
			Proceso:			
			Rectificado Plano sobre Hierro Fundido			

Fuente: [Autor]

Ficha 4.1.32 Reporte de Rugosidad Superficial

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA					
		REPORTE DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL					
DATOS INFORMATIVOS							
Tipo de Estudio:	EXPERIMENTAL			N°	32		
Fecha de Ejecución:	6/1/2018						
Lugar de Estudio:	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO						
Empresa:	RECTIFICADORA DE MOTORES "FIALLOS"						
Elaborado por:	Luis Fiallos	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez				
EQUIPO, MATERIALES Y HERRAMIENTAS							
Máquina:	Rectificadora de superficies planas 3M735X1500						
Material:	Cabezote de Hierro Fundido						
Herramienta Utilizada:	Oxido de Aluminio (Roja)	Dureza:	60 HRC				
Codificación	1A30-K7VBE						
Dimensiones	110x60x20 mm						
PARÁMETROS DE MEDICIÓN DE RUGOSIDAD							
Máquina:	Rugosímetro Mitutoyo SJ-210						
Norma:	ISO 1997						
Rango:	0,2-1,6 micrometros						
Mediciones	x5						
Profundidad del corte:	1,5 milésima de pulgada (0,0378 mm)						
Número de Pasadas	5						
Velocidad de la muela	1500 m/min (cte)						
Velocidad de avance:	20000 mm/min						
REGISTRO DE MEDICIONES DE RUGOSIDAD							
Experimento	Med. 1	Med.2	Med.3	Med.4	Med.5	Promedio	
32	2,616	2,836	2,684	2,597	2,719	2,690	
RESULTADOS							
				Clase de Rugosidad:			
				N7 -N8 (1,6 - 3,2) μm			
				Proceso:			
				Rectificado Plano sobre Hierro Fundido			

Fuente: [Autor]

Ficha 4.1.33 Reporte de Rugosidad Superficial

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA					
		REPORTE DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL					
DATOS INFORMATIVOS							
Tipo de Estudio:	EXPERIMENTAL			N°	33		
Fecha de Ejecución:	6/1/2018						
Lugar de Estudio:	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO						
Empresa:	RECTIFICADORA DE MOTORES "FIALLOS"						
Elaborado por:	Luis Fiallos	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez				
EQUIPO, MATERIALES Y HERRAMIENTAS							
Máquina:	Rectificadora de superficies planas 3M735X1500						
Material:	Cabezote de Hierro Fundido						
Herramienta Utilizada:	Oxido de Aluminio (Roja)	Dureza:	60 HRC				
Codificación	1A30-K7VBE						
Dimensiones	110x60x20 mm						
PARÁMETROS DE MEDICIÓN DE RUGOSIDAD							
Máquina:	Rugosímetro Mitutoyo SJ-210						
Norma:	ISO 1997						
Rango:	0,2-1,6 micrometros						
Mediciones	x5						
Profundidad del corte:	3 milésima de pulgada (0,0762 mm)						
Número de Pasadas	5						
Velocidad de la muela	1500 m/min (cte)						
Velocidad de avance:	20000 mm/min						
REGISTRO DE MEDICIONES DE RUGOSIDAD							
Experimento	Med. 1	Med.2	Med.3	Med.4	Med.5	Promedio	
33	2,506	2,221	2,735	2,551	2,654	2,533	
RESULTADOS							
				Clase de Rugosidad:			
				N7 -N8 (1,6 - 3,2) μm			
				Proceso:			
				Rectificado Plano sobre Hierro Fundido			




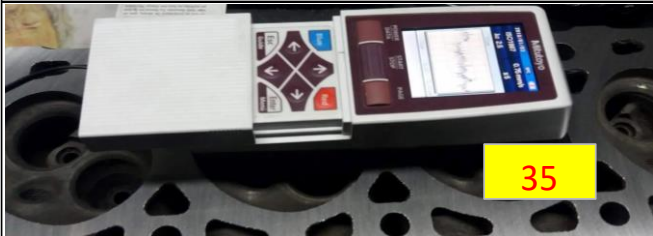
Fuente: [Autor]

Ficha 4.1.34 Reporte de Rugosidad Superficial

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA REPORTE DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL						
DATOS INFORMATIVOS						
Tipo de Estudio:	EXPERIMENTAL	N°	34			
Fecha de Ejecución:	6/1/2018					
Lugar de Estudio:	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO					
Empresa:	RECTIFICADORA DE MOTORES "FIALLOS"					
Elaborado por:	Luis Fiallos	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez			
EQUIPO, MATERIALES Y HERRAMIENTAS						
Máquina:	Rectificadora de superficies planas 3M735X1500					
Material:	Cabezote de Hierro Fundido					
Herramienta Utilizada:	Oxido de Aluminio (Roja)	Dureza:	60 HRC			
Codificación	1A30-K7VBE					
Dimensiones	110x60x20 mm					
PARÁMETROS DE MEDICIÓN DE RUGOSIDAD						
Máquina:	Rugosímetro Mitutoyo SJ-210					
Norma:	ISO 1997					
Rango:	0,2-1,6 micrometros					
Mediciones	x5					
Profundidad del corte:	1,5 milésima de pulgada (0,0378 mm)					
Número de Pasadas	5					
Velocidad de la muela	1500 m/min (cte)					
Velocidad de avance:	13000 mm/min					
REGISTRO DE MEDICIONES DE RUGOSIDAD						
Experimento	Med. 1	Med.2	Med.3	Med.4	Med.5	Promedio
34	2,450	2,346	2,406	2,069	2,160	2,286
RESULTADOS						
						Clase de Rugosidad:
						N7 -N8 (1,6 - 3,2) μm
						Proceso:
						Rectificado Plano sobre Hierro Fundido

Fuente: [Autor]

Ficha 4.1.35 Reporte de Rugosidad Superficial

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA					
		REPORTE DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL					
DATOS INFORMATIVOS							
Tipo de Estudio:	EXPERIMENTAL			N°	35		
Fecha de Ejecución:	6/1/2018						
Lugar de Estudio:	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO						
Empresa:	RECTIFICADORA DE MOTORES "FIALLOS"						
Elaborado por:	Luis Fiallos	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez				
EQUIPO, MATERIALES Y HERRAMIENTAS							
Máquina:	Rectificadora de superficies planas 3M735X1500						
Material:	Cabezote de Hierro Fundido						
Herramienta Utilizada:	Oxido de Aluminio (Roja)	Dureza:	60 HRC				
Codificación	1A30-K7VBE						
Dimensiones	110x60x20 mm						
PARÁMETROS DE MEDICIÓN DE RUGOSIDAD							
Máquina:	Rugosímetro Mitutoyo SJ-210						
Norma:	ISO 1997						
Rango:	0,2-1,6 micrometros						
Mediciones	x5						
Profundidad del corte:	1,5 milésima de pulgada (0,0378 mm)						
Número de Pasadas	5						
Velocidad de la muela	1500 m/min (cte)						
Velocidad de avance:	18000 mm/min						
REGISTRO DE MEDICIONES DE RUGOSIDAD							
Experimento	Med. 1	Med.2	Med.3	Med.4	Med.5	Promedio	
35	2,408	2,386	2,701	2,197	2,565	2,451	
RESULTADOS							
				Clase de Rugosidad:			
				N7 -N8 (1,6 - 3,2) μm			
				Proceso:			
				Rectificado Plano sobre Hierro Fundido			

Fuente: [Autor]





Ficha 4.1.36 Reporte de Rugosidad Superficial

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA				
		REPORTE DE RUGOSIDAD SUPERFICIAL				
DATOS INFORMATIVOS						
Tipo de Estudio:	EXPERIMENTAL			N°	36	
Fecha de Ejecución:	6/1/2018					
Lugar de Estudio:	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO					
Empresa:	RECTIFICADORA DE MOTORES "FIALLOS"					
Elaborado por:	Luis Fiallos	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez			
EQUIPO, MATERIALES Y HERRAMIENTAS						
Máquina:	Rectificadora de superficies planas 3M735X1500					
Material:	Cabezote de Hierro Fundido					
Herramienta Utilizada:	Oxido de Aluminio (Roja)	Dureza:	60 HRC			
Codificación	1A30-K7VBE					
Dimensiones	110x60x20 mm					
PARÁMETROS DE MEDICIÓN DE RUGOSIDAD						
Máquina:	Rugosímetro Mitutoyo SJ-210					
Norma:	ISO 1997					
Rango:	0,2-1,6 micrometros					
Mediciones	x5					
Profundidad del corte:	1 milésima de pulgada (0,0254 mm)					
Número de Pasadas	5					
Velocidad de la muela	1500 m/min (cte)					
Velocidad de avance:	20000 mm/min					
REGISTRO DE MEDICIONES DE RUGOSIDAD						
Experimento	Med. 1	Med.2	Med.3	Med.4	Med.5	Promedio
36	2,001	2,103	1,923	1,801	2,023	1,970
RESULTADOS						
				Clase de Rugosidad:		
				N7 -N8 (1,6 - 3,2) μm		
				Proceso:		
				Rectificado Plano sobre Hierro Fundido		

Fuente: [Autor]





Análisis de Desgaste de la Muela Abrasiva de Carburo de Silicio

Ficha 4.1.37 Reporte de Desgaste de las Muelas Abrasivas y Cabezote

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO			
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA			
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
REPORTE DE DESGASTE			
DATOS INFORMATIVOS			
Tipo de Estudio:	EXPERIMENTAL	Nº	1
Fecha de Ejecución:	15/7/2017		
Lugar de Estudio:	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		
Empresa:	RECTIFICADORA DE MOTORES "FIALLOS"		
Elaborado por:	Luis Fiallos	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez
EQUIPO, MATERIALES Y HERRAMIENTAS			
Máquina:	Rectificadora de superficies planas 3M735X1500		
Material:	Cabezote de Hierro Fundido		
Herramienta Utilizada:	Carburo de Silicio (Negra)	Dureza:	50 HRC
Codificación	2C54-J6V		
Dimensiones	125x60x15 mm		
PARÁMETROS DE MEDICIÓN DE DESGASTE			
Máquina:	Balanza KERN		
Modelo	FKB30K1A	Serie:	WD140021333
Capacidad	30 Kg		
Sensibilidad	0,1 g	Año:	2014
Mediciones	1		
Profundidad del corte:	1,5 milésimas de pulgada (0,0381 mm)		
Número de Pasadas	5		
Velocidad de la muela	1500 m/min (cte)		
Velocidad de avance:	18000 mm/min		
REGISTRO DE MEDICIONES DE DESGASTE			
Experimento	Muelas Abrasivas (Vs) mm³	Cabezote (Vw) mm³	
1	49,5	1935,96	
RESULTADOS			
	Desgaste: (G)		
	39,11		
	Proceso:		
	Rectificado Plano sobre Hierro Fundido		





Fuente: [Autor]

Ficha 4.1.38 Reporte de Desgaste de las Muelas Abrasivas y Cabezote

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO			
		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA			
		CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
REPORTE DE DESGASTE					
DATOS INFORMATIVOS					
Tipo de Estudio:	EXPERIMENTAL		N°	2	
Fecha de Ejecución:	15/7/2017				
Lugar de Estudio:	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO				
Empresa:	RECTIFICADORA DE MOTORES "FIALLOS"				
Elaborado por:	Luis Fiallos	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez		
EQUIPO, MATERIALES Y HERRAMIENTAS					
Máquina:	Rectificadora de superficies planas 3M735X1500				
Material:	Cabezote de Hierro Fundido				
Herramienta Utilizada:	Carburo de Silicio (Negra)	Dureza:	50 HRC		
Codificación	2C54-J6V				
Dimensiones	125x60x15 mm				
PARÁMETROS DE MEDICIÓN DE DESGASTE					
Máquina:	Balanza KERN				
Modelo	FKB30K1A	Serie:	WD140021333		
Capacidad	30 Kg				
Sensibilidad	0,1 g	Año:	2014		
Mediciones	1				
Profundidad del corte:	1,5 milésimas de pulgada (0,0381 mm)				
Número de Pasadas	5				
Velocidad de la muela	1500 m/min (cte)				
Velocidad de avance:	18000 mm/min				
REGISTRO DE MEDICIONES DE DESGASTE					
Experimento	Muelas Abrasivas (Vs) mm³		Cabezote (Vw) mm³		
2	24,75		1042,44		
RESULTADOS					
			Desgaste:		
			42,11		
			Proceso:		
			Rectificado Plano sobre Hierro Fundido		





Fuente: [Autor]

Ficha 4.1.39 Reporte de Desgaste de las Muelas Abrasivas y Cabezote

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO			
		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA			
		CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
REPORTE DE DESGASTE					
DATOS INFORMATIVOS					
Tipo de Estudio:	EXPERIMENTAL		Nº	3	
Fecha de Ejecución:	15/7/2017				
Lugar de Estudio:	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO				
Empresa:	RECTIFICADORA DE MOTORES "FIALLOS"				
Elaborado por:	Luis Fiallos	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez		
EQUIPO, MATERIALES Y HERRAMIENTAS					
Máquina:	Rectificadora de superficies planas 3M735X1500				
Material:	Cabezote de Hierro Fundido				
Herramienta Utilizada:	Carburo de Silicio (Negra)	Dureza:	50 HRC		
Codificación	2C54-J6V				
Dimensiones	125x60x15 mm				
PARÁMETROS DE MEDICIÓN DE DESGASTE					
Máquina:	Balanza KERN				
Modelo	FKB30K1A	Serie:	WD140021333		
Capacidad	30 Kg				
Sensibilidad	0,1 g	Año:	2014		
Mediciones	1				
Profundidad del corte:	1 milésima de pulgada (0,0254 mm)				
Número de Pasadas	5				
Velocidad de la muela	1500 m/min (cte)				
Velocidad de avance:	13000 mm/min				
REGISTRO DE MEDICIONES DE DESGASTE					
Experimento	Muelas Abrasivas (Vs) mm³		Cabezote (Vw) mm³		
3	49,5		1787,04		
RESULTADOS					
			Desgaste:		
			36,1		
			Proceso:		
			Rectificado Plano sobre Hierro Fundido		





Fuente: [Autor]

Ficha 4.1.40 Reporte de Desgaste de las Muelas Abrasivas y Cabezote

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO			
		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA			
		CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
REPORTE DE DESGASTE					
DATOS INFORMATIVOS					
Tipo de Estudio:	EXPERIMENTAL		Nº	4	
Fecha de Ejecución:	15/7/2017				
Lugar de Estudio:	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO				
Empresa:	RECTIFICADORA DE MOTORES "FIALLOS"				
Elaborado por:	Luis Fiallos	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez		
EQUIPO, MATERIALES Y HERRAMIENTAS					
Máquina:	Rectificadora de superficies planas 3M735X1500				
Material:	Cabezote de Hierro Fundido				
Herramienta Utilizada:	Carburo de Silicio (Negra)	Dureza:	50 HRC		
Codificación	2C54-J6V				
Dimensiones	125x60x15 mm				
PARÁMETROS DE MEDICIÓN DE DESGASTE					
Máquina:	Balanza KERN				
Modelo	FKB30K1A	Serie:	WD140021333		
Capacidad	30 Kg				
Sensibilidad	0,1 g	Año:	2014		
Mediciones	1				
Profundidad del corte:	1,5 milésimas de pulgada (0,0381 mm)				
Número de Pasadas	5				
Velocidad de la muela	1500 m/min (cte)				
Velocidad de avance:	13000 mm/min				
REGISTRO DE MEDICIONES DE DESGASTE					
Experimento	Muelas Abrasivas (Vs) mm³		Cabezote (Vw) mm³		
4	24,75		819,06		
RESULTADOS					
			Desgaste:		
			33,09		
			Proceso:		
			Rectificado Plano sobre Hierro Fundido		

Fuente: [Autor]

Ficha 4.1.41 Reporte de Desgaste de las Muelas Abrasivas y Cabezote

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO			
		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA			
		CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
REPORTE DE DESGASTE					
DATOS INFORMATIVOS					
Tipo de Estudio:	EXPERIMENTAL		Nº	5	
Fecha de Ejecución:	15/7/2017				
Lugar de Estudio:	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO				
Empresa:	RECTIFICADORA DE MOTORES "FIALLOS"				
Elaborado por:	Luis Fiallos	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez		
EQUIPO, MATERIALES Y HERRAMIENTAS					
Máquina:	Rectificadora de superficies planas 3M735X1500				
Material:	Cabezote de Hierro Fundido				
Herramienta Utilizada:	Carburo de Silicio (Negra)	Dureza:	50 HRC		
Codificación	2C54-J6V				
Dimensiones	125x60x15 mm				
PARÁMETROS DE MEDICIÓN DE DESGASTE					
Máquina:	Balanza KERN				
Modelo	FKB30K1A	Serie:	WD140021333		
Capacidad	30 Kg				
Sensibilidad	0,1 g	Año:	2014		
Mediciones	1				
Profundidad del corte:	1 milésima de pulgada (0,0254 mm)				
Número de Pasadas	5				
Velocidad de la muela	1500 m/min (cte)				
Velocidad de avance:	13000 mm/min				
REGISTRO DE MEDICIONES DE DESGASTE					
Experimento	Muelas Abrasivas (Vs) mm³		Cabezote (Vw) mm³		
5	24,75		1489,2		
RESULTADOS					
			Desgaste:		
			60,16		
			Proceso:		
			Rectificado Plano sobre Hierro Fundido		





Fuente: [Autor]

Ficha 4.1.42 Reporte de Desgaste de las Muelas Abrasivas y Cabezote

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO			
		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA			
		CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
REPORTE DE DESGASTE					
DATOS INFORMATIVOS					
Tipo de Estudio:	EXPERIMENTAL		Nº	6	
Fecha de Ejecución:	15/7/2017				
Lugar de Estudio:	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO				
Empresa:	RECTIFICADORA DE MOTORES "FIALLOS"				
Elaborado por:	Luis Fiallos	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez		
EQUIPO, MATERIALES Y HERRAMIENTAS					
Máquina:	Rectificadora de superficies planas 3M735X1500				
Material:	Cabezote de Hierro Fundido				
Herramienta Utilizada:	Carburo de Silicio (Negra)	Dureza:	50 HRC		
Codificación	2C54-J6V				
Dimensiones	125x60x15 mm				
PARÁMETROS DE MEDICIÓN DE DESGASTE					
Máquina:	Balanza KERN				
Modelo	FKB30K1A	Serie:	WD140021333		
Capacidad	30 Kg				
Sensibilidad	0,1 g	Año:	2014		
Mediciones	1				
Profundidad del corte:	1,5 milésimas de pulgada (0,0381 mm)				
Número de Pasadas	5				
Velocidad de la muela	1500 m/min (cte)				
Velocidad de avance:	13000 mm/min				
REGISTRO DE MEDICIONES DE DESGASTE					
Experimento	Muelas Abrasivas (Vs) mm³		Cabezote (Vw) mm³		
6	49,5		1935,96		
RESULTADOS					
			Desgaste:		
			39,11		
			Proceso:		
			Rectificado Plano sobre Hierro Fundido		





Fuente: [Autor]

Ficha 4.1.43 Reporte de Desgaste de las Muelas Abrasivas y Cabezote

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO			
		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA			
		CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
REPORTE DE DESGASTE					
DATOS INFORMATIVOS					
Tipo de Estudio:	EXPERIMENTAL		Nº	7	
Fecha de Ejecución:	15/7/2017				
Lugar de Estudio:	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO				
Empresa:	RECTIFICADORA DE MOTORES "FIALLOS"				
Elaborado por:	Luis Fiallos	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez		
EQUIPO, MATERIALES Y HERRAMIENTAS					
Máquina:	Rectificadora de superficies planas 3M735X1500				
Material:	Cabezote de Hierro Fundido				
Herramienta Utilizada:	Carburo de Silicio (Negra)	Dureza:	50 HRC		
Codificación	2C54-J6V				
Dimensiones	125x60x15 mm				
PARÁMETROS DE MEDICIÓN DE DESGASTE					
Máquina:	Balanza KERN				
Modelo	FKB30K1A	Serie:	WD140021333		
Capacidad	30 Kg				
Sensibilidad	0,1 g	Año:	2014		
Mediciones	1				
Profundidad del corte:	1 milésima de pulgada (0,0254 mm)				
Número de Pasadas	5				
Velocidad de la muela	1500 m/min (cte)				
Velocidad de avance:	18000 mm/min				
REGISTRO DE MEDICIONES DE DESGASTE					
Experimento	Muelas Abrasivas (Vs) mm³		Cabezote (Vw) mm³		
7	49,5		2010,42		
RESULTADOS					
			Desgaste:		
			40,61		
			Proceso:		
			Rectificado Plano sobre Hierro Fundido		





Fuente: [Autor]

Ficha 4.1.44 Reporte de Desgaste de las Muelas Abrasivas y Cabezote

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO			
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA			
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
REPORTE DE DESGASTE			
DATOS INFORMATIVOS			
Tipo de Estudio:	EXPERIMENTAL	Nº	8
Fecha de Ejecución:	15/7/2017		
Lugar de Estudio:	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		
Empresa:	RECTIFICADORA DE MOTORES "FIALLOS"		
Elaborado por:	Luis Fiallos	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez
EQUIPO, MATERIALES Y HERRAMIENTAS			
Máquina:	Rectificadora de superficies planas 3M735X1500		
Material:	Cabezote de Hierro Fundido		
Herramienta Utilizada:	Carburo de Silicio (Negra)	Dureza:	50 HRC
Codificación	2C54-J6V		
Dimensiones	125x60x15 mm		
PARÁMETROS DE MEDICIÓN DE DESGASTE			
Máquina:	Balanza KERN		
Modelo	FKB30K1A	Serie:	WD140021333
Capacidad	30 Kg		
Sensibilidad	0,1 g	Año:	2014
Mediciones	1		
Profundidad del corte:	1 milésima de pulgada (0,0254 mm)		
Número de Pasadas	5		
Velocidad de la muela	1500 m/min (cte)		
Velocidad de avance:	18000 mm/min		
REGISTRO DE MEDICIONES DE DESGASTE			
Experimento	Muelas Abrasivas (Vs) mm ³	Cabezote (Vw) mm ³	
8	49,5	2010,42	
RESULTADOS			
	Desgaste:		
	40,61		
	Proceso:		
Rectificado Plano sobre Hierro Fundido			





Fuente: [Autor]

Ficha 4.1.45 Reporte de Desgaste de las Muelas Abrasivas y Cabezote

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO			
		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA			
		CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
REPORTE DE DESGASTE					
DATOS INFORMATIVOS					
Tipo de Estudio:	EXPERIMENTAL		Nº	9	
Fecha de Ejecución:	6/1/2018				
Lugar de Estudio:	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO				
Empresa:	RECTIFICADORA DE MOTORES "FIALLOS"				
Elaborado por:	Luis Fiallos	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez		
EQUIPO, MATERIALES Y HERRAMIENTAS					
Máquina:	Rectificadora de superficies planas 3M735X1500				
Material:	Cabezote de Hierro Fundido				
Herramienta Utilizada:	Carburo de Silicio (Negra)	Dureza:	50 HRC		
Codificación	2C54-J6V				
Dimensiones	125x60x15 mm				
PARÁMETROS DE MEDICIÓN DE DESGASTE					
Máquina:	Balanza KERN				
Modelo	FKB30K1A	Serie:	WD140021333		
Capacidad	30 Kg				
Sensibilidad	0,1 g	Año:	2014		
Mediciones	1				
Profundidad del corte:	1,5 milésima de pulgada (0,0381 mm)				
Número de Pasadas	5				
Velocidad de la muela	1500 m/min (cte)				
Velocidad de avance:	20000 mm/min				
REGISTRO DE MEDICIONES DE DESGASTE					
Experimento	Muelas Abrasivas (Vs) mm³		Cabezote (Vw) mm³		
9	74,26		1861,5		
RESULTADOS					
			Desgaste:		
			25,07		
			Proceso:		
			Rectificado Plano sobre Hierro Fundido		





Fuente: [Autor]

Ficha 4.1.46 Reporte de Desgaste de las Muelas Abrasivas y Cabezote

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO			
		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA			
		CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
REPORTE DE DESGASTE					
DATOS INFORMATIVOS					
Tipo de Estudio:	EXPERIMENTAL		N°	10	
Fecha de Ejecución:	6/1/2018				
Lugar de Estudio:	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO				
Empresa:	RECTIFICADORA DE MOTORES "FIALLOS"				
Elaborado por:	Luis Fiallos	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez		
EQUIPO, MATERIALES Y HERRAMIENTAS					
Máquina:	Rectificadora de superficies planas 3M735X1500				
Material:	Cabezote de Hierro Fundido				
Herramienta Utilizada:	Carburo de Silicio (Negra)	Dureza:	50 HRC		
Codificación	2C54-J6V				
Dimensiones	125x60x15 mm				
PARÁMETROS DE MEDICIÓN DE DESGASTE					
Máquina:	Balanza KERN				
Modelo	FKB30K1A	Serie:	WD140021333		
Capacidad	30 Kg				
Sensibilidad	0,1 g	Año:	2014		
Mediciones	1				
Profundidad del corte:	3 milésima de pulgada (0,0762 mm)				
Número de Pasadas	5				
Velocidad de la muela	1500 m/min (cte)				
Velocidad de avance:	13000 mm/min				
REGISTRO DE MEDICIONES DE DESGASTE					
Experimento	Muelas Abrasivas (Vs) mm³		Cabezote (Vw) mm³		
10	74,26		2233,8		
RESULTADOS					
			Desgaste:		
			30,08		
			Proceso:		
			Rectificado Plano sobre Hierro Fundido		





Fuente: [Autor]

Ficha 4.1.47 Reporte de Desgaste de las Muelas Abrasivas y Cabezote

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO			
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
REPORTE DE DESGASTE			
DATOS INFORMATIVOS			
Tipo de Estudio:	EXPERIMENTAL	N°	11
Fecha de Ejecución:	6/1/2018		
Lugar de Estudio:	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		
Empresa:	RECTIFICADORA DE MOTORES "FIALLOS"		
Elaborado por:	Luis Fiallos	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez
EQUIPO, MATERIALES Y HERRAMIENTAS			
Máquina:	Rectificadora de superficies planas 3M735X1500		
Material:	Cabezote de Hierro Fundido		
Herramienta Utilizada:	Carburo de Silicio (Negra)	Dureza:	50 HRC
Codificación	2C54-J6V		
Dimensiones	125x60x15 mm		
PARÁMETROS DE MEDICIÓN DE DESGASTE			
Máquina:	Balanza KERN		
Modelo	FKB30K1A	Serie:	WD140021333
Capacidad	30 Kg		
Sensibilidad	0,1 g	Año:	2014
Mediciones	1		
Profundidad del corte:	1,5 milésima de pulgada (0,0381 mm)		
Número de Pasadas	5		
Velocidad de la muela	1500 m/min (cte)		
Velocidad de avance:	20000 mm/min		
REGISTRO DE MEDICIONES DE DESGASTE			
Experimento	Muelas Abrasivas (Vs) mm³	Cabezote (Vw) mm³	
11	24,75	1787,04	
RESULTADOS			
		Desgaste:	72,2
		Proceso:	Rectificado Plano sobre Hierro Fundido





Fuente: [Autor]

Ficha 4.1.48 Reporte de Desgaste de las Muelas Abrasivas y Cabezote

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO			
		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA			
		CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
REPORTE DE DESGASTE					
DATOS INFORMATIVOS					
Tipo de Estudio:	EXPERIMENTAL		Nº	12	
Fecha de Ejecución:	6/1/2018				
Lugar de Estudio:	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO				
Empresa:	RECTIFICADORA DE MOTORES "FIALLOS"				
Elaborado por:	Luis Fiallos	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez		
EQUIPO, MATERIALES Y HERRAMIENTAS					
Máquina:	Rectificadora de superficies planas 3M735X1500				
Material:	Cabezote de Hierro Fundido				
Herramienta Utilizada:	Carburo de Silicio (Negra)	Dureza:	50 HRC		
Codificación	2C54-J6V				
Dimensiones	125x60x15 mm				
PARÁMETROS DE MEDICIÓN DE DESGASTE					
Máquina:	Balanza KERN				
Modelo	FKB30K1A	Serie:	WD140021333		
Capacidad	30 Kg				
Sensibilidad	0,1 g	Año:	2014		
Mediciones	1				
Profundidad del corte:	1,5 milésima de pulgada (0,0381 mm)				
Número de Pasadas	5				
Velocidad de la muela	1500 m/min (cte)				
Velocidad de avance:	13000 mm/min				
REGISTRO DE MEDICIONES DE DESGASTE					
Experimento	Muelas Abrasivas (Vs) mm³		Cabezote (Vw) mm³		
12	74,26		2084,88		
RESULTADOS					
			Desgaste:		
			28,08		
			Proceso:		
Rectificado Plano sobre Hierro Fundido					





Fuente: [Autor]

Ficha 4.1.49 Reporte de Desgaste de las Muelas Abrasivas y Cabezote

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO			
		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA			
		CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
REPORTE DE DESGASTE					
DATOS INFORMATIVOS					
Tipo de Estudio:	EXPERIMENTAL		Nº	13	
Fecha de Ejecución:	6/1/2018				
Lugar de Estudio:	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO				
Empresa:	RECTIFICADORA DE MOTORES "FIALLOS"				
Elaborado por:	Luis Fiallos	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez		
EQUIPO, MATERIALES Y HERRAMIENTAS					
Máquina:	Rectificadora de superficies planas 3M735X1500				
Material:	Cabezote de Hierro Fundido				
Herramienta Utilizada:	Carburo de Silicio (Negra)	Dureza:	50 HRC		
Codificación	2C54-J6V				
Dimensiones	125x60x15 mm				
PARÁMETROS DE MEDICIÓN DE DESGASTE					
Máquina:	Balanza KERN				
Modelo	FKB30K1A	Serie:	WD140021333		
Capacidad	30 Kg				
Sensibilidad	0,1 g	Año:	2014		
Mediciones	1				
Profundidad del corte:	3 milésima de pulgada (0,0381 mm)				
Número de Pasadas	5				
Velocidad de la muela	1500 m/min (cte)				
Velocidad de avance:	13000 mm/min				
REGISTRO DE MEDICIONES DE DESGASTE					
Experimento	Muelas Abrasivas (Vs) mm³		Cabezote (Vw) mm³		
13	49,5		2382,73		
RESULTADOS					
			Desgaste:		
			48,13		
			Proceso:		
			Rectificado Plano sobre Hierro Fundido		





Fuente: [Autor]

Ficha 4.1.50 Reporte de Desgaste de las Muelas Abrasivas y Cabezote

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO			
		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA			
		CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
REPORTE DE DESGASTE					
DATOS INFORMATIVOS					
Tipo de Estudio:	EXPERIMENTAL		Nº	14	
Fecha de Ejecución:	6/1/2018				
Lugar de Estudio:	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO				
Empresa:	RECTIFICADORA DE MOTORES "FIALLOS"				
Elaborado por:	Luis Fiallos	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez		
EQUIPO, MATERIALES Y HERRAMIENTAS					
Máquina:	Rectificadora de superficies planas 3M735X1500				
Material:	Cabezote de Hierro Fundido				
Herramienta Utilizada:	Carburo de Silicio (Negra)	Dureza:	50 HRC		
Codificación	2C54-J6V				
Dimensiones	125x60x15 mm				
PARÁMETROS DE MEDICIÓN DE DESGASTE					
Máquina:	Balanza KERN				
Modelo	FKB30K1A	Serie:	WD140021333		
Capacidad	30 Kg				
Sensibilidad	0,1 g	Año:	2014		
Mediciones	1				
Profundidad del corte:	3 milésima de pulgada (0,0762 mm)				
Número de Pasadas	5				
Velocidad de la muela	1500 m/min (cte)				
Velocidad de avance:	20000 mm/min				
REGISTRO DE MEDICIONES DE DESGASTE					
Experimento	Muelas Abrasivas (Vs) mm³		Cabezote (Vw) mm³		
14	49,5		2233,8		
RESULTADOS					
			Desgaste:		
			45,12		
			Proceso:		
			Rectificado Plano sobre Hierro Fundido		





Fuente: [Autor]

Ficha 4.1.51 Reporte de Desgaste de las Muelas Abrasivas y Cabezote

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO			
		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA			
		CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
REPORTE DE DESGASTE					
DATOS INFORMATIVOS					
Tipo de Estudio:	EXPERIMENTAL		Nº	15	
Fecha de Ejecución:	6/1/2018				
Lugar de Estudio:	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO				
Empresa:	RECTIFICADORA DE MOTORES "FIALLOS"				
Elaborado por:	Luis Fiallos	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez		
EQUIPO, MATERIALES Y HERRAMIENTAS					
Máquina:	Rectificadora de superficies planas 3M735X1500				
Material:	Cabezote de Hierro Fundido				
Herramienta Utilizada:	Carburo de Silicio (Negra)	Dureza:	50 HRC		
Codificación	2C54-J6V				
Dimensiones	125x60x15 mm				
PARÁMETROS DE MEDICIÓN DE DESGASTE					
Máquina:	Balanza KERN				
Modelo	FKB30K1A	Serie:	WD140021333		
Capacidad	30 Kg				
Sensibilidad	0,1 g	Año:	2014		
Mediciones	1				
Profundidad del corte:	3 milésima de pulgada (0,0762 mm)				
Número de Pasadas	5				
Velocidad de la muela	1500 m/min (cte)				
Velocidad de avance:	20000 mm/min				
REGISTRO DE MEDICIONES DE DESGASTE					
Experimento	Muelas Abrasivas (Vs) mm³		Cabezote (Vw) mm³		
15	49,5		2084,88		
RESULTADOS					
			Desgaste:		
			42,11		
			Proceso:		
			Rectificado Plano sobre Hierro Fundido		





Fuente: [Autor]

Ficha 4.1.52 Reporte de Desgaste de las Muelas Abrasivas y Cabezote

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO			
		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA			
		CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
REPORTE DE DESGASTE					
DATOS INFORMATIVOS					
Tipo de Estudio:	EXPERIMENTAL		Nº	16	
Fecha de Ejecución:	6/1/2018				
Lugar de Estudio:	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO				
Empresa:	RECTIFICADORA DE MOTORES "FIALLOS"				
Elaborado por:	Luis Fiallos	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez		
EQUIPO, MATERIALES Y HERRAMIENTAS					
Máquina:	Rectificadora de superficies planas 3M735X1500				
Material:	Cabezote de Hierro Fundido				
Herramienta Utilizada:	Carburo de Silicio (Negra)	Dureza:	50 HRC		
Codificación	2C54-J6V				
Dimensiones	125x60x15 mm				
PARÁMETROS DE MEDICIÓN DE DESGASTE					
Máquina:	Balanza KERN				
Modelo	FKB30K1A	Serie:	WD140021333		
Capacidad	30 Kg				
Sensibilidad	0,1 g	Año:	2014		
Mediciones	1				
Profundidad del corte:	1,5 milésima de pulgada (0,0762 mm)				
Número de Pasadas	5				
Velocidad de la muela	1500 m/min (cte)				
Velocidad de avance:	13000 mm/min				
REGISTRO DE MEDICIONES DE DESGASTE					
Experimento	Muelas Abrasivas (Vs) mm³		Cabezote (Vw) mm³		
16	99,01		1638,12		
RESULTADOS					
			Desgaste:		
			16,55		
			Proceso:		
			Rectificado Plano sobre Hierro Fundido		





Fuente: [Autor]

Ficha 4.1.53 Reporte de Desgaste de las Muelas Abrasivas y Cabezote

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO			
		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA			
		CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
REPORTE DE DESGASTE					
DATOS INFORMATIVOS					
Tipo de Estudio:	EXPERIMENTAL		Nº	17	
Fecha de Ejecución:	6/1/2018				
Lugar de Estudio:	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO				
Empresa:	RECTIFICADORA DE MOTORES "FIALLOS"				
Elaborado por:	Luis Fiallos	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez		
EQUIPO, MATERIALES Y HERRAMIENTAS					
Máquina:	Rectificadora de superficies planas 3M735X1500				
Material:	Cabezote de Hierro Fundido				
Herramienta Utilizada:	Carburo de Silicio (Negra)	Dureza:	50 HRC		
Codificación	2C54-J6V				
Dimensiones	125x60x15 mm				
PARÁMETROS DE MEDICIÓN DE DESGASTE					
Máquina:	Balanza KERN				
Modelo	FKB30K1A	Serie:	WD140021333		
Capacidad	30 Kg				
Sensibilidad	0,1 g	Año:	2014		
Mediciones	1				
Profundidad del corte:	3 milésima de pulgada (0,0762 mm)				
Número de Pasadas	5				
Velocidad de la muela	1500 m/min (cte)				
Velocidad de avance:	18000 mm/min				
REGISTRO DE MEDICIONES DE DESGASTE					
Experimento	Muelas Abrasivas (Vs) mm³		Cabezote (Vw) mm³		
17	74,26		1861,5		
RESULTADOS					
			Desgaste:		
			25,07		
			Proceso:		
			Rectificado Plano sobre Hierro Fundido		

Fuente: [Autor]





Ficha 4.1.54 Reporte de Desgaste de las Muelas Abrasivas y Cabezote

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO			
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA			
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
REPORTE DE DESGASTE			
DATOS INFORMATIVOS			
Tipo de Estudio:	EXPERIMENTAL	Nº	18
Fecha de Ejecución:	6/1/2018		
Lugar de Estudio:	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		
Empresa:	RECTIFICADORA DE MOTORES "FIALLOS"		
Elaborado por:	Luis Fiallos	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez
EQUIPO, MATERIALES Y HERRAMIENTAS			
Máquina:	Rectificadora de superficies planas 3M735X1500		
Material:	Cabezote de Hierro Fundido		
Herramienta Utilizada:	Carburo de Silicio (Negra)	Dureza:	50 HRC
Codificación	2C54-J6V		
Dimensiones	125x60x15 mm		
PARÁMETROS DE MEDICIÓN DE DESGASTE			
Máquina:	Balanza KERN		
Modelo	FKB30K1A	Serie:	WD140021333
Capacidad	30 Kg		
Sensibilidad	0,1 g	Año:	2014
Mediciones	1		
Profundidad del corte:	1 milésima de pulgada (0,0254 mm)		
Número de Pasadas	5		
Velocidad de la muela	1500 m/min (cte)		
Velocidad de avance:	20000 mm/min		
REGISTRO DE MEDICIONES DE DESGASTE			
Experimento	Muelas Abrasivas (Vs) mm ³	Cabezote (Vw) mm ³	
18	74,26	1340,28	
RESULTADOS			
	Desgaste:		
	18,05		
	Proceso:		
Rectificado Plano sobre Hierro Fundido			

Fuente: [Autor]





Análisis de Desgaste de la Muela Abrasiva de Óxido de Aluminio

Ficha 4.1.55 Reporte de Desgaste de las Muelas Abrasivas y Cabezote

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
REPORTE DE DESGASTE			
DATOS INFORMATIVOS			
Tipo de Estudio:	EXPERIMENTAL	Nº	19
Fecha de Ejecución:	22/7/2017		
Lugar de Estudio:	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		
Empresa:	RECTIFICADORA DE MOTORES "FIALLOS"		
Elaborado por:	Luis Fiallos	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez
EQUIPO, MATERIALES Y HERRAMIENTAS			
Máquina:	Rectificadora de superficies planas 3M735X1500		
Material:	Cabezote de Hierro Fundido		
Herramienta Utilizada:	Oxido de Aluminio (Roja)	Dureza:	60 HRC
Codificación	1A30-K7VBE		
Dimensiones	110x60x20 mm		
PARÁMETROS DE MEDICIÓN DE DESGASTE			
Máquina:	Balanza KERN		
Modelo	FKB30K1A	Serie:	WD140021333
Capacidad	30 Kg		
Sensibilidad	0,1 g	Año:	2014
Mediciones	1		
Profundidad del corte:	1 milésima de pulgada (0,0254 mm)		
Número de Pasadas	5		
Velocidad de la muela	1500 m/min (cte)		
Velocidad de avance:	13000 mm/min		
REGISTRO DE MEDICIONES DE DESGASTE			
Experimento	Muelas Abrasivas (Vs) mm³	Cabezote (Vw) mm³	
19	49,5	1116,9	
RESULTADOS			
		Desgaste:	22,56
		Proceso:	Rectificado Plano sobre Hierro Fundido





Fuente: [Autor]

Ficha 4.1.56 Reporte de Desgaste de las Muelas Abrasivas y Cabezote

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
REPORTE DE DESGASTE			
DATOS INFORMATIVOS			
Tipo de Estudio:	EXPERIMENTAL	Nº	20
Fecha de Ejecución:	22/7/2017		
Lugar de Estudio:	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		
Empresa:	RECTIFICADORA DE MOTORES "FIALLOS"		
Elaborado por:	Luis Fiallos	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez
EQUIPO, MATERIALES Y HERRAMIENTAS			
Máquina:	Rectificadora de superficies planas 3M735X1500		
Material:	Cabezote de Hierro Fundido		
Herramienta Utilizada:	Oxido de Aluminio (Roja)	Dureza:	60 HRC
Codificación	1A30-K7VBE		
Dimensiones	110x60x20 mm		
PARÁMETROS DE MEDICIÓN DE DESGASTE			
Máquina:	Balanza KERN		
Modelo	FKB30K1A	Serie:	WD140021333
Capacidad	30 Kg		
Sensibilidad	0,1 g	Año:	2014
Mediciones	1		
Profundidad del corte:	1 milésima de pulgada (0,0254 mm)		
Número de Pasadas	5		
Velocidad de la muela	1500 m/min (cte)		
Velocidad de avance:	18000 mm/min		
REGISTRO DE MEDICIONES DE DESGASTE			
Experimento	Muelas Abrasivas (Vs) mm ³	Cabezote (Vw) mm ³	
20	49,5	1340,28	
RESULTADOS			
		Desgaste:	27,07
		Proceso:	Rectificado Plano sobre Hierro Fundido
			20





Fuente: [Autor]

Ficha 4.1.57 Reporte de Desgaste de las Muelas Abrasivas y Cabezote

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
REPORTE DE DESGASTE			
DATOS INFORMATIVOS			
Tipo de Estudio:	EXPERIMENTAL	Nº	21
Fecha de Ejecución:	22/7/2017		
Lugar de Estudio:	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		
Empresa:	RECTIFICADORA DE MOTORES "FIALLOS"		
Elaborado por:	Luis Fiallos	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez
EQUIPO, MATERIALES Y HERRAMIENTAS			
Máquina:	Rectificadora de superficies planas 3M735X1500		
Material:	Cabezote de Hierro Fundido		
Herramienta Utilizada:	Oxido de Aluminio (Roja)	Dureza:	60 HRC
Codificación	1A30-K7VBE		
Dimensiones	110x60x20 mm		
PARÁMETROS DE MEDICIÓN DE DESGASTE			
Máquina:	Balanza KERN		
Modelo	FKB30K1A	Serie:	WD140021333
Capacidad	30 Kg		
Sensibilidad	0,1 g	Año:	2014
Mediciones	1		
Profundidad del corte:	1,5 milésimas de pulgada (0,0381 mm)		
Número de Pasadas	5		
Velocidad de la muela	1500 m/min (cte)		
Velocidad de avance:	18000 mm/min		
REGISTRO DE MEDICIONES DE DESGASTE			
Experimento	Muelas Abrasivas (Vs) mm ³	Cabezote (Vw) mm ³	
21	24,75	744,6	
RESULTADOS			
		Desgaste:	30,08
		Proceso:	Rectificado Plano sobre Hierro Fundido
			21





Fuente: [Autor]

Ficha 4.1.58 Reporte de Desgaste de las Muelas Abrasivas y Cabezote

		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		
		FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA		
REPORTE DE DESGASTE				
DATOS INFORMATIVOS				
Tipo de Estudio:	EXPERIMENTAL	Nº	22	
Fecha de Ejecución:	22/7/2017			
Lugar de Estudio:	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO			
Empresa:	RECTIFICADORA DE MOTORES "FIALLOS"			
Elaborado por:	Luis Fiallos	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez	
EQUIPO, MATERIALES Y HERRAMIENTAS				
Máquina:	Rectificadora de superficies planas 3M735X1500			
Material:	Cabezote de Hierro Fundido			
Herramienta Utilizada:	Oxido de Aluminio (Roja)	Dureza:	60 HRC	
Codificación	1A30-K7VBE			
Dimensiones	110x60x20 mm			
PARÁMETROS DE MEDICIÓN DE DESGASTE				
Máquina:	Balanza KERN			
Modelo	FKB30K1A	Serie:	WD140021333	
Capacidad	30 Kg			
Sensibilidad	0,1 g	Año:	2014	
Mediciones	1			
Profundidad del corte:	1,5 milésimas de pulgada (0,0381 mm)			
Número de Pasadas	5			
Velocidad de la muela	1500 m/min (cte)			
Velocidad de avance:	13000 mm/min			
REGISTRO DE MEDICIONES DE DESGASTE				
Experimento	Muelas Abrasivas (Vs) mm³	Cabezote (Vw) mm³		
22	24,75	1116,9		
RESULTADOS				
		Desgaste:		
		45,12		
		Proceso:		
		Rectificado Plano sobre Hierro Fundido		





Fuente: [Autor]

Ficha 4.1.59 Reporte de Desgaste de las Muelas Abrasivas y Cabezote

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
REPORTE DE DESGASTE			
DATOS INFORMATIVOS			
Tipo de Estudio:	EXPERIMENTAL	Nº	23
Fecha de Ejecución:	22/7/2017		
Lugar de Estudio:	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		
Empresa:	RECTIFICADORA DE MOTORES "FIALLOS"		
Elaborado por:	Luis Fiallos	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez
EQUIPO, MATERIALES Y HERRAMIENTAS			
Máquina:	Rectificadora de superficies planas 3M735X1500		
Material:	Cabezote de Hierro Fundido		
Herramienta Utilizada:	Oxido de Aluminio (Roja)	Dureza:	60 HRC
Codificación	1A30-K7VBE		
Dimensiones	110x60x20 mm		
PARÁMETROS DE MEDICIÓN DE DESGASTE			
Máquina:	Balanza KERN		
Modelo	FKB30K1A	Serie:	WD140021333
Capacidad	30 Kg		
Sensibilidad	0,1 g	Año:	2014
Mediciones	1		
Profundidad del corte:	1,5 milésimas de pulgada (0,0381 mm)		
Número de Pasadas	5		
Velocidad de la muela	1500 m/min (cte)		
Velocidad de avance:	18000 mm/min		
REGISTRO DE MEDICIONES DE DESGASTE			
Experimento	Muelas Abrasivas (Vs) mm ³	Cabezote (Vw) mm ³	
23	49,5	1414,74	
RESULTADOS			
		Desgaste:	
			28,58
		Proceso:	Rectificado Plano sobre Hierro Fundido





Fuente: [Autor]

Ficha 4.1.60 Reporte de Desgaste de las Muelas Abrasivas y Cabezote

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
REPORTE DE DESGASTE			
DATOS INFORMATIVOS			
Tipo de Estudio:	EXPERIMENTAL	Nº	24
Fecha de Ejecución:	22/7/2017		
Lugar de Estudio:	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		
Empresa:	RECTIFICADORA DE MOTORES "FIALLOS"		
Elaborado por:	Luis Fiallos	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez
EQUIPO, MATERIALES Y HERRAMIENTAS			
Máquina:	Rectificadora de superficies planas 3M735X1500		
Material:	Cabezote de Hierro Fundido		
Herramienta Utilizada:	Oxido de Aluminio (Roja)	Dureza:	60 HRC
Codificación	1A30-K7VBE		
Dimensiones	110x60x20 mm		
PARÁMETROS DE MEDICIÓN DE DESGASTE			
Máquina:	Balanza KERN		
Modelo	FKB30K1A	Serie:	WD140021333
Capacidad	30 Kg		
Sensibilidad	0,1 g	Año:	2014
Mediciones	1		
Profundidad del corte:	1,5 milésimas de pulgada (0,0381 mm)		
Número de Pasadas	5		
Velocidad de la muela	1500 m/min (cte)		
Velocidad de avance:	13000 mm/min		
REGISTRO DE MEDICIONES DE DESGASTE			
Experimento	Muelas Abrasivas (Vs) mm ³	Cabezote (Vw) mm ³	
24	24,75	1414,74	
RESULTADOS			
		Desgaste:	57,16
		Proceso:	Rectificado Plano sobre Hierro Fundido





Fuente: [Autor]

Ficha 4.1.61 Reporte de Desgaste de las Muelas Abrasivas y Cabezote

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
REPORTE DE DESGASTE			
DATOS INFORMATIVOS			
Tipo de Estudio:	EXPERIMENTAL	Nº	25
Fecha de Ejecución:	22/7/2017		
Lugar de Estudio:	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		
Empresa:	RECTIFICADORA DE MOTORES "FIALLOS"		
Elaborado por:	Luis Fiallos	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez
EQUIPO, MATERIALES Y HERRAMIENTAS			
Máquina:	Rectificadora de superficies planas 3M735X1500		
Material:	Cabezote de Hierro Fundido		
Herramienta Utilizada:	Oxido de Aluminio (Roja)	Dureza:	60 HRC
Codificación	1A30-K7VBE		
Dimensiones	110x60x20 mm		
PARÁMETROS DE MEDICIÓN DE DESGASTE			
Máquina:	Balanza KERN		
Modelo	FKB30K1A	Serie:	WD140021333
Capacidad	30 Kg		
Sensibilidad	0,1 g	Año:	2014
Mediciones	1		
Profundidad del corte:	1 milésima de pulgada (0,0254 mm)		
Número de Pasadas	5		
Velocidad de la muela	1500 m/min (cte)		
Velocidad de avance:	13000 mm/min		
REGISTRO DE MEDICIONES DE DESGASTE			
Experimento	Muelas Abrasivas (Vs) mm ³	Cabezote (Vw) mm ³	
25	24,75	1712,58	
RESULTADOS			
		Desgaste:	
			69,19
		Proceso:	Rectificado Plano sobre Hierro Fundido





Fuente: [Autor]

Ficha 4.1.62 Reporte de Desgaste de las Muelas Abrasivas y Cabezote

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
REPORTE DE DESGASTE			
DATOS INFORMATIVOS			
Tipo de Estudio:	EXPERIMENTAL	Nº	26
Fecha de Ejecución:	22/7/2017		
Lugar de Estudio:	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		
Empresa:	RECTIFICADORA DE MOTORES "FIALLOS"		
Elaborado por:	Luis Fiallos	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez
EQUIPO, MATERIALES Y HERRAMIENTAS			
Máquina:	Rectificadora de superficies planas 3M735X1500		
Material:	Cabezote de Hierro Fundido		
Herramienta Utilizada:	Oxido de Aluminio (Roja)	Dureza:	60 HRC
Codificación	1A30-K7VBE		
Dimensiones	110x60x20 mm		
PARÁMETROS DE MEDICIÓN DE DESGASTE			
Máquina:	Balanza KERN		
Modelo	FKB30K1A	Serie:	WD140021333
Capacidad	30 Kg		
Sensibilidad	0,1 g	Año:	2014
Mediciones	1		
Profundidad del corte:	1 milésima de pulgada (0,0254 mm)		
Número de Pasadas	5		
Velocidad de la muela	1500 m/min (cte)		
Velocidad de avance:	18000 mm/min		
REGISTRO DE MEDICIONES DE DESGASTE			
Experimento	Muelas Abrasivas (Vs) mm ³	Cabezote (Vw) mm ³	
26	49,5	1042,44	
RESULTADOS			
		Desgaste:	42,11
		Proceso:	Rectificado Plano sobre Hierro Fundido





Fuente: [Autor]

Ficha 4.1.63 Reporte de Desgaste de las Muelas Abrasivas y Cabezote

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO 			
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA			
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
REPORTE DE DESGASTE			
DATOS INFORMATIVOS			
Tipo de Estudio:	EXPERIMENTAL	Nº	27
Fecha de Ejecución:	6/1/2018		
Lugar de Estudio:	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		
Empresa:	RECTIFICADORA DE MOTORES "FIALLOS"		
Elaborado por:	Luis Fiallos	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez
EQUIPO, MATERIALES Y HERRAMIENTAS			
Máquina:	Rectificadora de superficies planas 3M735X1500		
Material:	Cabezote de Hierro Fundido		
Herramienta Utilizada:	Oxido de Aluminio (Roja)	Dureza:	60 HRC
Codificación	1A30-K7VBE		
Dimensiones	110x60x20 mm		
PARÁMETROS DE MEDICIÓN DE DESGASTE			
Máquina:	Balanza KERN		
Modelo	FKB30K1A	Serie:	WD140021333
Capacidad	30 Kg		
Sensibilidad	0,1 g	Año:	2014
Mediciones	1		
Profundidad del corte:	3 milésima de pulgada (0,0762 mm)		
Número de Pasadas	5		
Velocidad de la muela	1500 m/min (cte)		
Velocidad de avance:	13000 mm/min		
REGISTRO DE MEDICIONES DE DESGASTE			
Experimento	Muelas Abrasivas (Vs) mm ³	Cabezote (Vw) mm ³	
27	24,75	1935,96	
RESULTADOS			
	Desgaste:		
	78,21		
	Proceso:		
Rectificado Plano sobre Hierro Fundido			





Fuente: [Autor]

Ficha 4.1.64 Reporte de Desgaste de las Muelas Abrasivas y Cabezote

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO 			
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
REPORTE DE DESGASTE			
DATOS INFORMATIVOS			
Tipo de Estudio:	EXPERIMENTAL	Nº	28
Fecha de Ejecución:	6/1/2018		
Lugar de Estudio:	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		
Empresa:	RECTIFICADORA DE MOTORES "FIALLOS"		
Elaborado por:	Luis Fiallos	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez
EQUIPO, MATERIALES Y HERRAMIENTAS			
Máquina:	Rectificadora de superficies planas 3M735X1500		
Material:	Cabezote de Hierro Fundido		
Herramienta Utilizada:	Oxido de Aluminio (Roja)	Dureza:	60 HRC
Codificación	1A30-K7VBE		
Dimensiones	110x60x20 mm		
PARÁMETROS DE MEDICIÓN DE DESGASTE			
Máquina:	Balanza KERN		
Modelo	FKB30K1A	Serie:	WD140021333
Capacidad	30 Kg		
Sensibilidad	0,1 g	Año:	2014
Mediciones	1		
Profundidad del corte:	1,5 milésima de pulgada (0,0381 mm)		
Número de Pasadas	5		
Velocidad de la muela	1500 m/min (cte)		
Velocidad de avance:	13000 mm/min		
REGISTRO DE MEDICIONES DE DESGASTE			
Experimento	Muelas Abrasivas (Vs) mm ³	Cabezote (Vw) mm ³	
28	49,5	1489,2	
RESULTADOS			
	Desgaste:		
	30,08		
	Proceso:		
Rectificado Plano sobre Hierro Fundido			





Fuente: [Autor]

Ficha 4.1.65 Reporte de Desgaste de las Muelas Abrasivas y Cabezote

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO 			
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA			
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
REPORTE DE DESGASTE			
DATOS INFORMATIVOS			
Tipo de Estudio:	EXPERIMENTAL	N°	29
Fecha de Ejecución:	6/1/2018		
Lugar de Estudio:	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		
Empresa:	RECTIFICADORA DE MOTORES "FIALLOS"		
Elaborado por:	Luis Fiallos	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez
EQUIPO, MATERIALES Y HERRAMIENTAS			
Máquina:	Rectificadora de superficies planas 3M735X1500		
Material:	Cabezote de Hierro Fundido		
Herramienta Utilizada:	Oxido de Aluminio (Roja)	Dureza:	60 HRC
Codificación	1A30-K7VBE		
Dimensiones	110x60x20 mm		
PARÁMETROS DE MEDICIÓN DE DESGASTE			
Máquina:	Balanza KERN		
Modelo	FKB30K1A	Serie:	WD140021333
Capacidad	30 Kg		
Sensibilidad	0,1 g	Año:	2014
Mediciones	1		
Profundidad del corte:	3 milésima de pulgada (0,0762 mm)		
Número de Pasadas	5		
Velocidad de la muela	1500 m/min (cte)		
Velocidad de avance:	20000 mm/min		
REGISTRO DE MEDICIONES DE DESGASTE			
Experimento	Muelas Abrasivas (Vs) mm ³	Cabezote (Vw) mm ³	
29	49,5	1638,12	
RESULTADOS			
	Desgaste:		
	42,11		
	Proceso:		
Rectificado Plano sobre Hierro Fundido			





Fuente: [Autor]

Ficha 4.1.66 Reporte de Desgaste de las Muelas Abrasivas y Cabezote

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
REPORTE DE DESGASTE			
DATOS INFORMATIVOS			
Tipo de Estudio:	EXPERIMENTAL	Nº	30
Fecha de Ejecución:	6/1/2018		
Lugar de Estudio:	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		
Empresa:	RECTIFICADORA DE MOTORES "FIALLOS"		
Elaborado por:	Luis Fiallos	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez
EQUIPO, MATERIALES Y HERRAMIENTAS			
Máquina:	Rectificadora de superficies planas 3M735X1500		
Material:	Cabezote de Hierro Fundido		
Herramienta Utilizada:	Oxido de Aluminio (Roja)	Dureza:	60 HRC
Codificación	1A30-K7VBE		
Dimensiones	110x60x20 mm		
PARÁMETROS DE MEDICIÓN DE DESGASTE			
Máquina:	Balanza KERN		
Modelo	FKB30K1A	Serie:	WD140021333
Capacidad	30 Kg		
Sensibilidad	0,1 g	Año:	2014
Mediciones	1		
Profundidad del corte:	1,5millesima de pulgada (0,0381 mm)		
Número de Pasadas	5		
Velocidad de la muela	1500 m/min (cte)		
Velocidad de avance:	20000 mm/min		
REGISTRO DE MEDICIONES DE DESGASTE			
Experimento	Muelas Abrasivas (Vs) mm ³	Cabezote (Vw) mm ³	
30	74,26	1414,74	
RESULTADOS			
		Desgaste:	19,05
		Proceso:	Rectificado Plano sobre Hierro Fundido





Fuente: [Autor]

Ficha 4.1.67 Reporte de Desgaste de las Muelas Abrasivas y Cabezote

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
REPORTE DE DESGASTE			
DATOS INFORMATIVOS			
Tipo de Estudio:	EXPERIMENTAL	Nº	31
Fecha de Ejecución:	6/1/2018		
Lugar de Estudio:	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		
Empresa:	RECTIFICADORA DE MOTORES "FIALLOS"		
Elaborado por:	Luis Fiallos	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez
EQUIPO, MATERIALES Y HERRAMIENTAS			
Máquina:	Rectificadora de superficies planas 3M735X1500		
Material:	Cabezote de Hierro Fundido		
Herramienta Utilizada:	Oxido de Aluminio (Roja)	Dureza:	60 HRC
Codificación	1A30-K7VBE		
Dimensiones	110x60x20 mm		
PARÁMETROS DE MEDICIÓN DE DESGASTE			
Máquina:	Balanza KERN		
Modelo	FKB30K1A	Serie:	WD140021333
Capacidad	30 Kg		
Sensibilidad	0,1 g	Año:	2014
Mediciones	1		
Profundidad del corte:	1,5 milésima de pulgada (0,0381 mm)		
Número de Pasadas	5		
Velocidad de la muela	1500 m/min (cte)		
Velocidad de avance:	13000 mm/min		
REGISTRO DE MEDICIONES DE DESGASTE			
Experimento	Muelas Abrasivas (Vs) mm ³	Cabezote (Vw) mm ³	
31	49,5	1340,28	
RESULTADOS			
		Desgaste:	
			27,07
		Proceso:	Rectificado Plano sobre Hierro Fundido




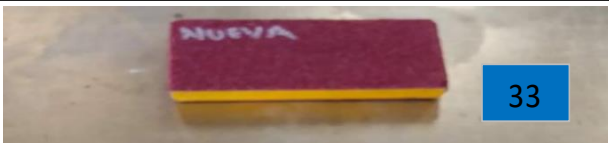
Fuente: [Autor]

Ficha 4.1.68 Reporte de Desgaste de las Muelas Abrasivas y Cabezote

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO			
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA			
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
REPORTE DE DESGASTE			
DATOS INFORMATIVOS			
Tipo de Estudio:	EXPERIMENTAL	Nº	32
Fecha de Ejecución:	6/1/2018		
Lugar de Estudio:	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		
Empresa:	RECTIFICADORA DE MOTORES "FIALLOS"		
Elaborado por:	Luis Fiallos	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez
EQUIPO, MATERIALES Y HERRAMIENTAS			
Máquina:	Rectificadora de superficies planas 3M735X1500		
Material:	Cabezote de Hierro Fundido		
Herramienta Utilizada:	Oxido de Aluminio (Roja)	Dureza:	60 HRC
Codificación	1A30-K7VBE		
Dimensiones	110x60x20 mm		
PARÁMETROS DE MEDICIÓN DE DESGASTE			
Máquina:	Balanza KERN		
Modelo	FKB30K1A	Serie:	WD140021333
Capacidad	30 Kg		
Sensibilidad	0,1 g	Año:	2014
Mediciones	1		
Profundidad del corte:	1,5 milésima de pulgada (0,0381 mm)		
Número de Pasadas	5		
Velocidad de la muela	1500 m/min (cte)		
Velocidad de avance:	20000 mm/min		
REGISTRO DE MEDICIONES DE DESGASTE			
Experimento	Muelas Abrasivas (Vs) mm ³	Cabezote (Vw) mm ³	
32	49,5	1712,58	
RESULTADOS			
		Desgaste:	34,59
		Proceso:	Rectificado Plano sobre Hierro Fundido





Fuente: [Autor]

Ficha 4.1.69 Reporte de Desgaste de las Muelas Abrasivas y Cabezote

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
REPORTE DE DESGASTE			
DATOS INFORMATIVOS			
Tipo de Estudio:	EXPERIMENTAL	N°	33
Fecha de Ejecución:	6/1/2018		
Lugar de Estudio:	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		
Empresa:	RECTIFICADORA DE MOTORES "FIALLOS"		
Elaborado por:	Luis Fiallos	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez
EQUIPO, MATERIALES Y HERRAMIENTAS			
Máquina:	Rectificadora de superficies planas 3M735X1500		
Material:	Cabezote de Hierro Fundido		
Herramienta Utilizada:	Oxido de Aluminio (Roja)	Dureza:	60 HRC
Codificación	1A30-K7VBE		
Dimensiones	110x60x20 mm		
PARÁMETROS DE MEDICIÓN DE DESGASTE			
Máquina:	Balanza KERN		
Modelo	FKB30K1A	Serie:	WD140021333
Capacidad	30 Kg		
Sensibilidad	0,1 g	Año:	2014
Mediciones	1		
Profundidad del corte:	3 milésima de pulgada (0,0762 mm)		
Número de Pasadas	5		
Velocidad de la muela	1500 m/min (cte)		
Velocidad de avance:	20000 mm/min		
REGISTRO DE MEDICIONES DE DESGASTE			
Experimento	Muelas Abrasivas (Vs) mm ³	Cabezote (Vw) mm ³	
33	74,26	1638,12	
RESULTADOS			
		Desgaste:	22,06
		Proceso:	Rectificado Plano sobre Hierro Fundido





Fuente: [Autor]

Ficha 4.1.70 Reporte de Desgaste de las Muelas Abrasivas y Cabezote

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA					
REPORTE DE DESGASTE					
DATOS INFORMATIVOS					
Tipo de Estudio:	EXPERIMENTAL	Nº	34		
Fecha de Ejecución:	6/1/2018				
Lugar de Estudio:	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO				
Empresa:	RECTIFICADORA DE MOTORES "FIALLOS"				
Elaborado por:	Luis Fiallos	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez		
EQUIPO, MATERIALES Y HERRAMIENTAS					
Máquina:	Rectificadora de superficies planas 3M735X1500				
Material:	Cabezote de Hierro Fundido				
Herramienta Utilizada:	Oxido de Aluminio (Roja)	Dureza:	60 HRC		
Codificación	1A30-K7VBE				
Dimensiones	110x60x20 mm				
PARÁMETROS DE MEDICIÓN DE DESGASTE					
Máquina:	Balanza KERN				
Modelo	FKB30K1A	Serie:	WD140021333		
Capacidad	30 Kg				
Sensibilidad	0,1 g	Año:	2014		
Mediciones	1				
Profundidad del corte:	3 milésima de pulgada (0,0762 mm)				
Número de Pasadas	5				
Velocidad de la muela	1500 m/min (cte)				
Velocidad de avance:	13000 mm/min				
REGISTRO DE MEDICIONES DE DESGASTE					
Experimento	Muelas Abrasivas (Vs) mm ³	Cabezote (Vw) mm ³			
34	74,26	1861,5			
RESULTADOS					
			Desgaste:		
			25,07		
			Proceso:		
			Rectificado Plano sobre Hierro Fundido		





Fuente: [Autor]

Ficha 4.1.71 Reporte de Desgaste de las Muelas Abrasivas y Cabezote

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
REPORTE DE DESGASTE			
DATOS INFORMATIVOS			
Tipo de Estudio:	EXPERIMENTAL	Nº	35
Fecha de Ejecución:	6/1/2018		
Lugar de Estudio:	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		
Empresa:	RECTIFICADORA DE MOTORES "FIALLOS"		
Elaborado por:	Luis Fiallos	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez
EQUIPO, MATERIALES Y HERRAMIENTAS			
Máquina:	Rectificadora de superficies planas 3M735X1500		
Material:	Cabezote de Hierro Fundido		
Herramienta Utilizada:	Oxido de Aluminio (Roja)	Dureza:	60 HRC
Codificación	1A30-K7VBE		
Dimensiones	110x60x20 mm		
PARÁMETROS DE MEDICIÓN DE DESGASTE			
Máquina:	Balanza KERN		
Modelo	FKB30K1A	Serie:	WD140021333
Capacidad	30 Kg		
Sensibilidad	0,1 g	Año:	2014
Mediciones	1		
Profundidad del corte:	3 milésima de pulgada (0,0762 mm)		
Número de Pasadas	5		
Velocidad de la muela	1500 m/min (cte)		
Velocidad de avance:	18000 mm/min		
REGISTRO DE MEDICIONES DE DESGASTE			
Experimento	Muelas Abrasivas (Vs) mm ³	Cabezote (Vw) mm ³	
35	49,5	1787,04	
RESULTADOS			
		Desgaste:	
			36,1
		Proceso:	Rectificado Plano sobre Hierro Fundido

Fuente: [Autor]

Ficha 4.1.72 Reporte de Desgaste de las Muelas Abrasivas y Cabezote

 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO 			
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA			
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA			
REPORTE DE DESGASTE			
DATOS INFORMATIVOS			
Tipo de Estudio:	EXPERIMENTAL	N°	36
Fecha de Ejecución:	6/1/2018		
Lugar de Estudio:	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO		
Empresa:	RECTIFICADORA DE MOTORES "FIALLOS"		
Elaborado por:	Luis Fiallos	Revisado por:	Ing. Cristian Pérez
EQUIPO, MATERIALES Y HERRAMIENTAS			
Máquina:	Rectificadora de superficies planas 3M735X1500		
Material:	Cabezote de Hierro Fundido		
Herramienta Utilizada:	Oxido de Aluminio (Roja)	Dureza:	60 HRC
Codificación	1A30-K7VBE		
Dimensiones	110x60x20 mm		
PARÁMETROS DE MEDICIÓN DE DESGASTE			
Máquina:	Balanza KERN		
Modelo	FKB30K1A	Serie:	WD140021333
Capacidad	30 Kg		
Sensibilidad	0,1 g	Año:	2014
Mediciones	1		
Profundidad del corte:	1 milésima de pulgada (0,0254 mm)		
Número de Pasadas	5		
Velocidad de la muela	1500 m/min (cte)		
Velocidad de avance:	20000 mm/min		
REGISTRO DE MEDICIONES DE DESGASTE			
Experimento	Muelas Abrasivas (Vs) mm ³	Cabezote (Vw) mm ³	
36	74,26	1265,82	
RESULTADOS			
		Desgaste:	17,05
		Proceso:	Rectificado Plano sobre Hierro Fundido

Fuente: [Autor]

4.2 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

En la tabla 4.2.1 se muestran los valores de la rugosidad superficial que se obtuvieron en el proceso de rectificado plano sobre hierro fundido, es decir que encuentran los valores realizados por las 2 herramientas, óxido de aluminio y carburo de silicio.

Tabla 4.2.1: Valores de Rugosidad Superficial promedio obtenidos en el proceso de Rectificado plano mediante las distintas muelas abrasivas

Experimento	Carburo de Silicio	Óxido de Aluminio
	Ra promedio (μm)	Ra promedio (μm)
1	2,310	2,599
2	1,588	2,478
3	1,173	1,539
4	1,008	2,288
5	1,106	2,719
6	1,290	2,690
7	1,326	2,600
8	1,663	2,261
9	2,063	2,476
10	1,588	2,445
11	1,137	1,514
12	1,034	2,223
13	1,063	2,660
14	1,290	2,690
15	1,263	2,533
16	1,604	2,286
17	1,456	2,451
18	1,870	1,970

Fuente: (Autor)

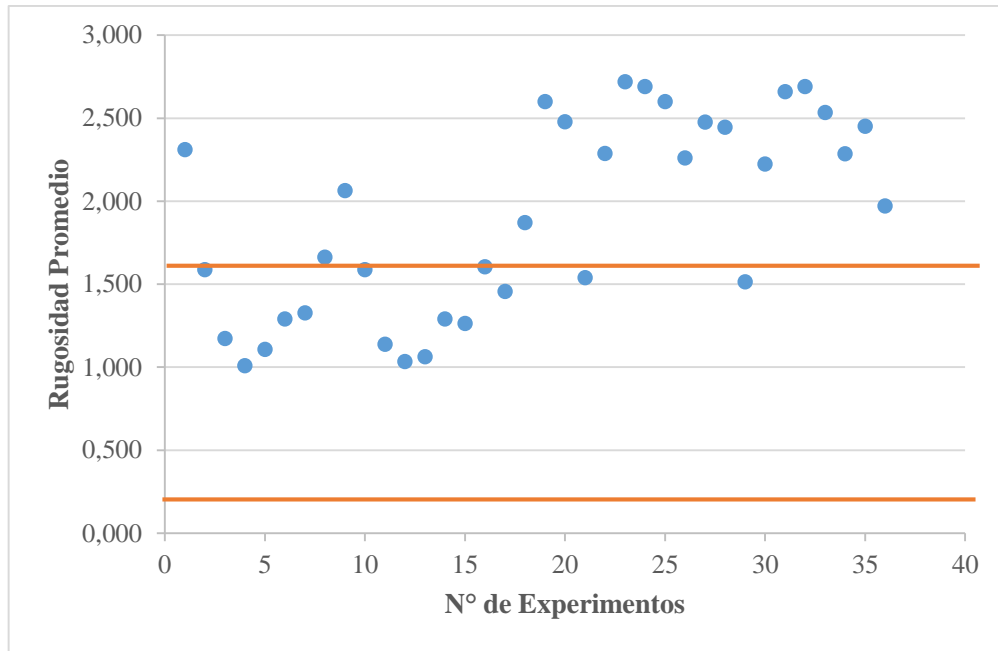


Fig. 4.2.1: Rugosidad superficial obtenida con las muelas abrasivas de óxido de aluminio y carburo de silicio **Fuente: (Autor)**

En la figura 4.2.1 se puede observar que la rugosidad superficial en el proceso de rectificado plano sobre el cabezote varía de acuerdo a los diferentes parámetros de corte utilizados para dichos experimentos. En la gráfica podemos observar varios valores de rugosidad promedio la cual se realizó con dos muelas o piedras abrasivas: como el óxido de aluminio (roja) y el carburo de silicio (negra).

Las piedras abrasivas de carburo de silicio poseen una mejor rugosidad superficial ya que los datos obtenidos se encuentran dentro del rango adquirido $0,2 - 1,6 \mu\text{m}$, (tabla 2.3- 2.4), mientras que los valores obtenidos por la piedra abrasiva de óxido de aluminio sobrepasan el rango y esto se debe al tamaño de grano que cada muela dispone, es decir que mientras más pequeño es el grano mejor es la rugosidad superficial o viceversa.

Tabla 4.2.2: Valores de Rugosidad Superficial y tiempo obtenidos en el proceso de Rectificado plano mediante la muela de carburo de silicio

Vel. Avance (mm/min)	Tiempo (seg)	Ra (μm)
18000	43	1,683
18000	86	2,041
18000	129	2,068
18000	172	2,188
18000	215	3,569

Fuente: (Autor)

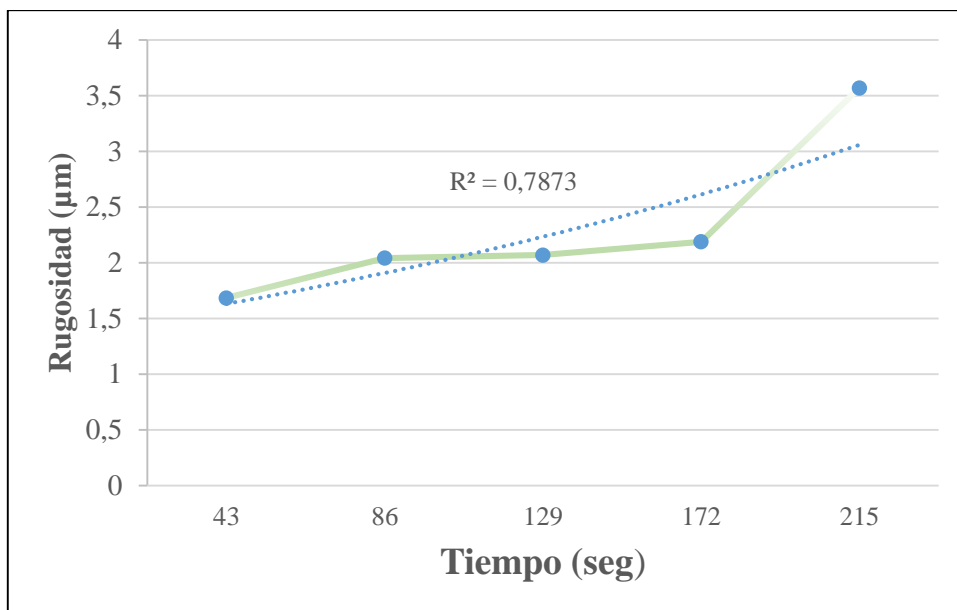


Fig. 4.2.2: Comportamiento de la rugosidad superficial vs tiempo de mecanizado de la muela de carburo de silicio

Fuente: (Autor)

En la figura 4.2.2 se representa el comportamiento de la rugosidad superficial en función del tiempo de mecanizado con la línea de tendencia tipo exponencial ya que se dio un valor de R cuadrado igual a 0,7873. Se tomó esta línea de tendencia ya que es la más cercana a la unidad (1), y la teoría nos dice que mientras el valor sea más cercano a la unidad la línea de tendencia utilizada es la adecuada, el tiempo de este experimento fue de 43 segundos en cada pasada teniendo un total 215

segundos en las 5 pasadas. La rugosidad se dio con la muela abrasiva de carburo de silicio y un avance de 18000 mm/min.

Tabla 4.2.3: Valores de Rugosidad Superficial y tiempo obtenidos en el proceso de Rectificado plano mediante la muela de óxido de aluminio.

Vel. Avance (mm/min)	Tiempo (seg)	Ra (µm)
18000	62	2,616
18000	124	2,836
18000	186	2,684
18000	248	2,597
18000	220	2,125

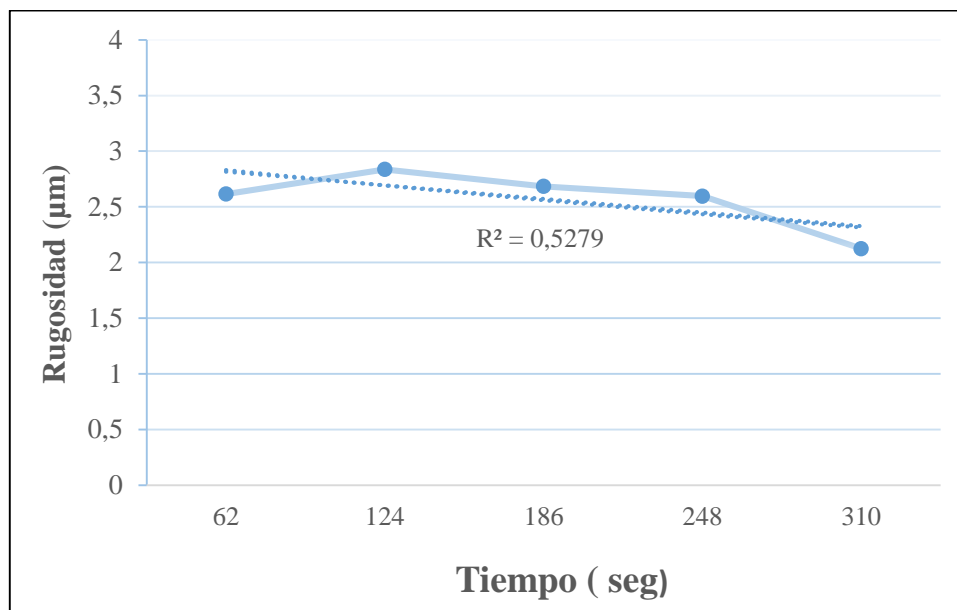


Fig. 4.2.3: Comportamiento de la rugosidad superficial vs el tiempo de mecanizado de la muela de óxido de aluminio. **Fuente: (Autor)**

En la figura 4.2.3 también representa el comportamiento de la rugosidad superficial en función del tiempo de mecanizado pero en este caso se utilizó una muela abrasiva de óxido de aluminio, el tiempo de duración de cada pasada fue de 62 segundos, se realizó 5 pasadas en la cual nos da un tiempo total de 210 s. La línea de tendencia es de tipo exponencial con un valor de R cuadrado igual a 0,5279. Procedemos a dar la misma interpretación de la figura 4.2.2 de la teoría de la línea de tendencia.

En la figura 4.2.2 y 4.2.3 se realizaron los ensayos a una velocidad de avance constante de la mesa de trabajo de 18000 mm/min pero con distintas muelas abrasivas, se considerada como muelas de estructura cerrada, trabaja a velocidades altas teniendo un comportamiento duro. Otro aspecto importante es la naturaleza del aglomerante ya que determina que la muela sea de grado duro o blando, pero un grado dado, puede aparecer como duro para cierto material al rectificar y blando para otro, es decir que cuanto más duro es el material a rectificar, el grado de dureza debe ser más blando, o viceversa. Las muelas abrasivas de óxido de aluminio y carburo de silicio tienen un ligante vitrificado (V) y se recomienda que la velocidad de la muela sea cercana a la del fabricante.

La diferencia se da principalmente por la herramienta utilizada y su tamaño de grano, después de cada ensayo se generó un desgaste de las herramientas ya sea por microdesgaste o macrodesgaste. En el microdesgaste consiste en la pérdida de la capacidad abrasiva (rotura del aglomerante - desprendimiento de los granos), mientras que el macrodesgaste es la pérdida de la geometría/perfil (dimensiones), generando resultados desagradables en la precisión dimensional y en la forma de las superficies rectificadas.

Tabla 4.2.4: Valores de Desgaste obtenidos en el proceso de Rectificado plano mediante las distintas muelas abrasivas

Experimento	Desgaste de las Muelas	
	Carburo de Silicio (g)	Oxido de Aluminio (g)
1	201,8	201,9
2	201,6	201,8
3	201,5	201,6
4	201,3	201,4
5	201,2	201,2
6	201,0	201,0
7	200,9	200,9
8	200,8	200,8
9	200,5	200,7
10	200,2	200,5
11	200,1	200,3
12	199,8	200,0

13	199,6	199,8
14	199,4	199,6
15	199,2	199,3
16	198,8	199,0
17	198,5	198,8
18	198,2	198,5

Fuente: (Autor)

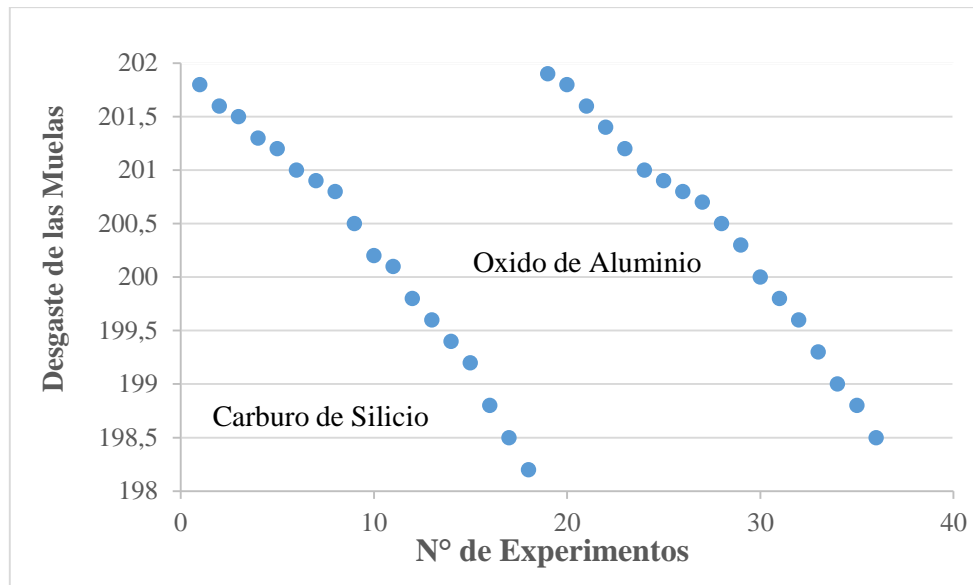


Fig. 4.2.4: Desgaste obtenida con las muelas abrasivas de óxido de aluminio y carburo de silicio, Fuente: (Autor)

En la figura 4.2.4 se representa el comportamiento del desgaste de las muelas abrasivas utilizadas sobre los distintos experimentos, se puede observar que el desgaste de las 2 muelas utilizadas en el proceso de rectificado plano sobre el cabezote varía de acuerdo a los diferentes parámetros de corte utilizados para dichos experimentos. En la gráfica podemos observar varios valores de desgaste tanto con la muela abrasiva de carburo de silicio y óxido de aluminio.

El desgaste de estas herramientas depende de la profundidad de pasada en este caso se realizó con 1.0, 1.5 y 3.0 milésimas de pulgadas, es decir si esta profundidad es mayor el desgaste tiende a ser mayor o viceversa. En esta figura se observa cómo se van desgastando las herramientas después de cada experimento realizado, teniendo una variedad en el desgaste de las mismas pero de diferente material las muelas abrasivas.

La muela abrasiva de carburo de silicio (negra) tuvo un mayor desgaste con un total de 3,8 gramos, mientras que la muela de óxido de aluminio terminó con un desgaste total de 3,5 gramos.

Tabla 4.2.5: Valores de Desgaste en el Cabezote de Hierro Fundido obtenidos en el proceso de Rectificado plano mediante la muela abrasiva de Carburo de Silicio.

Desgaste del Cabezote	
Experimentos	Carburo de silicio (g)
1	15424
2	15409
3	15390
4	15366
5	15352
6	15335
7	15324
8	15304
9	15294
10	15279
11	15260
12	15233
13	15215
14	15188
15	15175
16	15152
17	15127
18	15097

Fuente: (Autor)

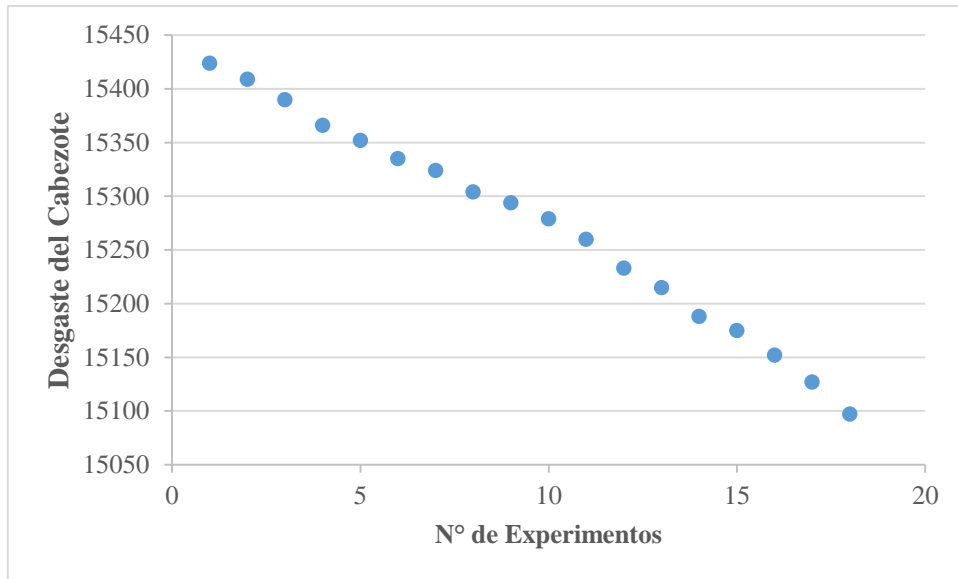


Fig. 4.2.5: Desgaste del Cabezote de Hierro fundido obtenida con la muela abrasiva de carburo de silicio **Fuente: (Autor)**

En la figura 4.2.5 se representa el comportamiento de la masa del cabezote sobre los experimentos o ensayos realizados, se puede observar que se inició con una masa total de 15450 g del cabezote de hierro fundido, el desgaste de la misma depende de la profundidad de pasada a la cual realizamos el corte, ya que si el corte es mayor por ende la masa retirada del cabezote tiende a ser mayor o viceversa para dichos experimentos.

También podemos observar varios valores de masas del cabezote con la muela abrasiva de carburo de silicio, se realizó 18 ensayos con dicha muela teniendo un resultado total de retiro de masa de 353 g.

Tabla 4.2.6: Valores de Desgaste en el Cabezote de Hierro Fundido obtenidos en el proceso de Rectificado plano mediante la muela abrasiva de Oxido de Aluminio

Desgaste del Cabezote	
Experimentos	Carburo de silicio (g)
19	15073
20	15045
21	15013
22	14983
23	14955
24	14933

25	14908
26	14890
27	14864
28	14844
29	14822
30	14803
31	14785
32	14762
33	14740
34	14715
35	14691
36	14674

Fuente: (Autor)

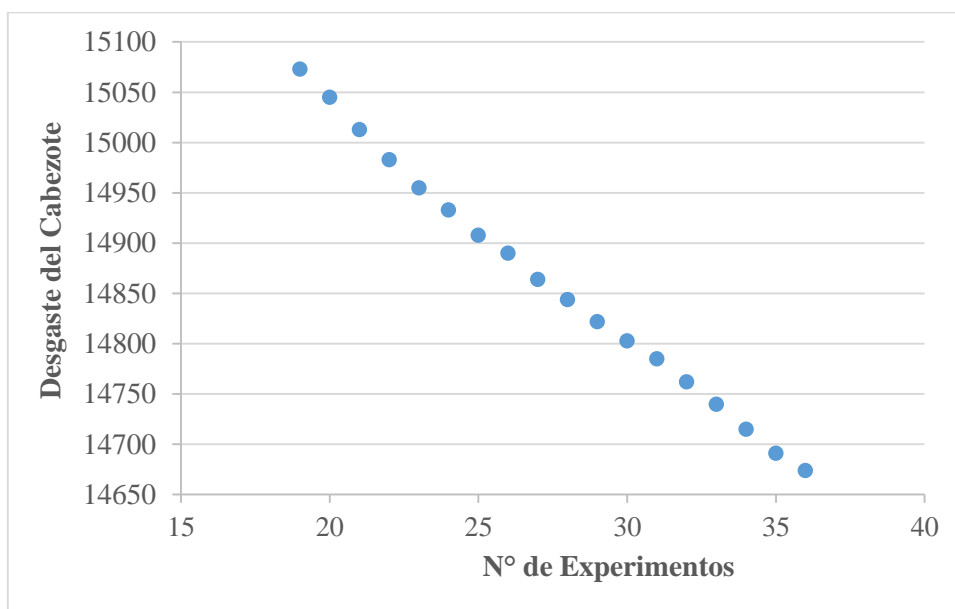


Fig. 4.2.6: Desgaste del Cabezote de Hierro fundido obtenida con la muela abrasiva de óxido de aluminio **Fuente: (Autor)**

En la figura 4.2.6 es la continuación de los ensayos restantes, en este caso se inició con una masa total de 15097 g del cabezote de hierro fundido, el desgaste de la misma es similar a la figura 4.2.5. Observamos varios valores de masas del cabezote con la muela abrasiva de óxido de aluminio (roja) en la cual se realizó de igual manera los 18 ensayos restantes con dicha muela teniendo un resultado total de retiro de masa de 423 g.

En comparación, para el desgaste del cabezote de hierro fundido, las 2 muelas abrasivas utilizadas son las adecuadas, ya que tienen un retiro de 353 g con la muela de carburo de silicio y 423 g con la muela de óxido de aluminio teniendo un total de 776 g retirados del cabezote de Hierro Fundido, es decir que la diferencia es de 70 g, si se tiene una mayor profundidad de pasada, se tiene un arranque de viruta mayor o viceversa.

4.2.1 Diseño Experimental DOE

Tabla 4.2.1.1: Diseño Experimental DOE

Factores	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3
Herramientas	Carburo de Silicio	Óxido de Aluminio	-
Vel. Avance (mm/min)	13000 mm/min	18000 mm/min	20000 mm/min
Profundidad (a)	1,0 (0,0254 mm)	1,5 (0,0381 mm)	3,0 (0,0762 mm)

Fuente: (Autor)

Para analizar los resultados que se obtuvieron en los experimentos realizados de rugosidad superficial (Ra) se pudo resolver con la ayuda del software MiniTab 18. En el programa se utilizó un nivel de significancia del 5% y un nivel de confianza del 95% para cada uno de los experimentos.

Se utilizó 3 factores principales como son: la herramienta, velocidad de avance y profundidad de corte o pasada. En el caso de las herramientas se optó con la de Carburo de Silicio y Óxido de Aluminio las cuales cumplían con los requisitos para el proceso de rectificado, mientras que para la velocidad de avance y profundidad se realizó con 3 niveles de 13000, 18000, 20000, y 1,0 1,5 3,0 respectivamente para la realización de todas las combinaciones posibles para dichos ensayos. Las combinaciones se dan mediante dicho programa MiniTab 18 y en forma aleatoria siendo uno de los requisitos para el análisis de los resultados obtenidos mediante la

balanza (desgaste) y rugosímetro (rugosidad) como son los principales equipos utilizados para cada uno de los experimentos.

Tabla 4.2.1.2 Reporte General de Resultados de Rugosidad Superficial

Experimento	Herramienta	Vel. Avance (mm/min)	Profundidad (a)	Rugosidad (Ra) μm .					Prom. μm
1	1	18000	1,5	1,683	2,041	2,068	2,188	3,569	2,310
2	2	13000	1	2,543	2,484	2,274	3,360	2,336	2,599
3	2	13000	1,5	2,726	2,918	2,138	2,602	2,008	2,478
4	1	13000	1	1,626	1,507	1,451	1,717	1,638	1,588
5	1	18000	1,5	1,144	1,190	1,167	1,189	1,173	1,173
6	2	18000	1	1,495	1,505	1,504	1,516	1,676	1,539
7	1	13000	1,5	0,938	0,912	0,927	1,112	1,153	1,008
8	1	13000	1	1,104	1,211	1,090	0,886	1,240	1,106
9	2	18000	1,5	2,332	2,182	2,343	2,375	2,207	2,288
10	2	13000	1,5	2,803	2,836	2,943	2,186	2,826	2,719
11	2	18000	1,5	2,616	2,836	2,684	2,597	2,719	2,690
12	1	18000	1	1,523	1,327	1,195	1,146	1,261	1,290
13	2	18000	1	2,693	2,250	2,735	2,551	2,769	2,600
14	1	18000	1	1,323	1,116	1,147	1,673	1,372	1,326
15	1	13000	1,5	1,618	1,618	1,753	1,698	1,626	1,663
16	2	13000	1	2,507	2,189	2,457	2,042	2,109	2,261
17	1	20000	1,5	1,683	1,798	2,014	2,008	2,813	2,063
18	2	13000	3	2,345	2,561	2,234	3,016	2,222	2,476
19	2	13000	1,5	2,635	2,800	2,140	2,540	2,110	2,445
20	1	13000	3	1,626	1,507	1,451	1,717	1,638	1,588
21	1	20000	1,5	1,085	1,117	1,214	1,098	1,173	1,137
22	2	20000	3	1,398	1,492	1,504	1,501	1,676	1,514
23	1	13000	1,5	1,001	0,912	0,993	1,112	1,153	1,034
24	1	13000	3	1,104	1,117	1,089	0,886	1,119	1,063
25	2	20000	1,5	2,132	2,100	2,401	2,275	2,207	2,223
26	2	13000	1,5	2,803	2,601	2,886	2,186	2,826	2,660
27	2	20000	1,5	2,616	2,836	2,684	2,597	2,719	2,690
28	1	20000	3	1,523	1,327	1,195	1,146	1,261	1,290
29	2	20000	3	2,506	2,221	2,735	2,551	2,654	2,533
30	1	20000	3	1,323	1,116	1,147	1,328	1,402	1,263
31	1	13000	1,5	1,516	1,618	1,580	1,698	1,608	1,604
32	2	13000	3	2,450	2,346	2,406	2,069	2,160	2,286
33	1	18000	3	1,628	1,425	1,302	1,408	1,517	1,456
34	1	20000	1	1,918	1,825	1,798	1,888	1,922	1,870
35	2	18000	3	2,408	2,386	2,701	2,197	2,565	2,451
36	2	20000	1	2,001	2,103	1,923	1,801	2,023	1,970

Fuente: [Autor]

Para el análisis de rugosidad superficial (Ra) se utilizaron 5 mediciones para cada ensayo o experimento realizado como se puede observar en la Tabla 4.2.1.2, y se obtuvo un valor promedio de rugosidad (Ra).

También se puede visualizar que para cada ensayo se tiene 3 distintos valores tanto en la velocidad de avance y profundidad de corte.

Cada ensayo se realizó con 5 pasadas cada uno, en la última se realizó la toma de mediciones en distintos lugares de la parte rectificada, teniendo un valor promedio de las 5 mediciones, estas mediciones se hacen de forma perpendicular en la parte rectificada para que dichas mediciones sean válidas.

Una de las mayores rugosidades (Ra) obtenidas fue con la herramienta número 2, en este caso la de Óxido de Aluminio con una profundidad de 1,5 milésimas de pulgadas (0,0381 mm) con un valor de 3,000 μm , mientras que la menor rugosidad se obtuvo con la herramienta número 1, en este caso la de Carburo de Silicio con los mismos parámetros con un valor de 1,008 μm .

Se obtuvo un total de 36 ensayos realizados, divididos en 2 partes: los primeros 18 ensayos se realizó con la herramienta de carburo de silicio concluyendo su parte, mientras que los 18 ensayos restantes se realizó con la herramienta de Óxido de Aluminio, cada uno de estos ensayos se realizó aleatoriamente.

Tabla 4.2.1.3 Reporte General de Resultados de Desgaste

Experimento	Herramienta	Vel. Avance (mm/min)	Profundidad (a)	Desgaste		G
				Muela (mm ³)	Cabezote (mm ³)	
1	1	18000	1,5	49,50	1935,96	39,11
2	2	13000	1	49,50	1116,90	22,56
3	2	13000	1,5	24,75	1414,74	57,16
4	1	13000	1	49,50	1787,04	36,10
5	1	18000	1,5	24,75	1042,44	42,11
6	2	18000	1	49,50	1340,28	27,07
7	1	13000	1,5	24,75	819,06	33,09
8	1	13000	1	24,75	1489,20	60,16
9	2	18000	1,5	24,75	744,60	30,08
10	2	13000	1,5	24,75	1116,90	45,12
11	2	18000	1,5	49,50	1414,74	28,58
12	1	18000	1	49,50	2010,42	40,61
13	2	18000	1	49,50	1340,28	27,07
14	1	18000	1	49,50	2010,42	40,61
15	1	13000	1,5	49,50	1935,96	39,11
16	2	13000	1	24,75	1712,58	69,19
17	1	20000	1,5	74,26	1861,50	25,07
18	2	13000	3	24,75	1935,96	78,21
19	2	13000	1,5	49,50	1489,20	30,08
20	1	13000	3	74,26	2233,80	30,08
21	1	20000	1,5	24,75	1787,04	72,20
22	2	20000	3	49,50	1638,12	33,09
23	1	13000	1,5	74,26	2084,88	28,08
24	1	13000	3	49,50	2382,73	48,13
25	2	20000	1,5	74,26	1414,74	19,05
26	2	13000	1,5	49,50	1340,28	27,07
27	2	20000	1,5	49,50	1712,58	34,59
28	1	20000	3	49,50	2233,80	45,12
29	2	20000	3	74,26	1638,12	22,06
30	1	20000	3	49,50	2084,88	42,11
31	1	13000	1,5	99,01	1638,12	16,55
32	2	13000	3	74,26	1861,50	25,07
33	1	18000	3	74,26	1861,50	25,07
34	1	20000	1	74,26	1340,28	18,05
35	2	18000	3	49,50	1787,04	36,10
36	2	20000	1	74,26	1265,82	17,05

Fuente: [Autor]

Calculo del Parámetro de Desgaste

$$\text{Masa Inicial muela} = 202 \text{ gr}$$

$$\text{Masa Final muela} = 201,8 \text{ gr}$$

$$\text{Densidad Muela CSi} = 0,00404 \text{ gr/mm}^3$$

$$\text{volumen} = \frac{\text{diferencia de masa}}{\text{densidad}}$$

$$V_s = \frac{0,2}{0,00404}$$

$$V_s = 49,50 \text{ mm}^3$$

$$\text{Masa Inicial cabezote} = 15450 \text{ gr}$$

$$\text{Masa Final cabezote} = 15424 \text{ gr}$$

$$\text{Densidad cabezote} = 0,01343 \text{ gr/mm}^3$$

$$\text{volumen} = \frac{\text{diferencia de masa}}{\text{densidad}}$$

$$V_w = \frac{26}{0,01343}$$

$$V_w = 1935,96 \text{ mm}^3$$

$$G = \frac{V_w}{V_s} \quad \text{Parametro de Desgaste}$$

$$G = \frac{1935,96 \text{ mm}^3}{49,50 \text{ mm}^3}$$

$$G = 39,106 \quad (\text{adimensional})$$

Para el análisis de desgaste (G) se realizó 36 ensayos en los cuales cada uno consta de diferentes factores con distintos niveles de velocidad de avance y profundidad de corte o pasada. Para la obtención del desgaste de cada uno de los ensayos se necesita las densidades de la muela abrasiva y del cabezote de hierro fundido con sus diferencias de masas para obtener lo que es en el caso de la muela abrasiva el coeficiente Vs (volumen muela desgastada mm^3) y del cabezote Vw (cabezote desgastado o material eliminado mm^3).

Después de realizar la primera operación de desgaste el valor de la masa final tanto de la muela abrasiva como del cabezote pasan a ser la masa inicial para el siguiente ensayo y así sucesivamente durante los 36 ensayos.

Con los dos valores Vs (volumen de la muela desgastada) y Vw (volumen del material eliminado – cabezote) se obtendrá el parámetro de desgaste (G) de cada ensayo realizado, como se puede observar den la Tabla 4.2.1.3.

4.2.2 Análisis Estadístico Descriptivo

Tabla 4.2.2.1 Estadísticos Descriptivos: Rugosidad (Ra)

Estadísticos Descriptivos: Rugosidad (Ra)	
Variable	Ra
Media	1,935
Desviación Estándar	0,5777
Varianza	0,3338
Mínimo	1,008
Primer Cuartil (Q1)	1,3585
Mediana	1,9700
Tercer Cuartil (Q3)	2,4695
Máximo	3,0000
Rango	1,992
Moda	2
Asimetría	-0,05
Curtosis	-1,37

Fuente: (Autor)

El principal objetivo del análisis estadístico descriptivo es obtener la información a partir de un conjunto de datos y presentar la información de forma ordenada para su fácil interpretación, las variables son:

- Media: es el promedio aritmético de los valores
- Desviación Estándar: se determina que tan dispersos se encuentran los datos con respecto a la media.
- Varianza: igual a la desviación estándar pero elevado al cuadrado.
- Mínimo: menor valor de los datos.
- Máximo: mayor valor de los datos
- Primer Cuartil: representa el 25% de los datos.
- Tercer Cuartil: representa el 75% de los datos.
- Mediana: valor o punto medio de los datos.
- Rango: diferencia entre el valor máximo y mínimo.
- Moda: valor que se repite más veces.
- Asimetría: es asimétrico positivo si es mayor a 0, y asimétrico negativo si es menor a 0.
- Curtosis: indica como el pico y las colas difieren de una distribución normal.

En la tabla 4.2.2.1 se muestran los valores descriptivos de la rugosidad (R_a), las medidas de tendencia central como son la media, mediana y moda con valores de 1,935, 1,9700, 2 respectivamente. También tenemos las medidas de dispersión en las cuales son el rango con un valor de 1,992, y la varianza con un valor de 0,3338. Las medidas de posición son el primer cuartil con el 25% de los datos con un valor de 1,3585 y el tercer cuartil con un 75% de los datos con un valor de 2,4695. En los datos obtenidos el valor que más se repite, en este caso es el 2 siendo la moda. El valor de asimetría es de -0,05 es decir tenemos una asimetría negativa generada hacia la izquierda. El valor de la curtosis es de -1,37, es decir tenemos una curtosis negativa que nos indica que la distribución tiene colas más ligeras y un pico más plano que la distribución normal.

Tabla 4.2.2.2 Estadísticos Descriptivos: Desgaste (G)

Estadísticos Descriptivos: Desgaste (G)	
Variable	G
Media	31,17
Desviación Estándar	15,2
Varianza	230,95
Mínimo	9,02
Primer Cuartil (Q1)	18,61
Mediana	28,57
Tercer Cuartil (Q3)	39,11
Máximo	69,1900
Rango	60,17
Moda	3
Asimetría	0,88
Curtosis	0,65

Fuente: (Autor)

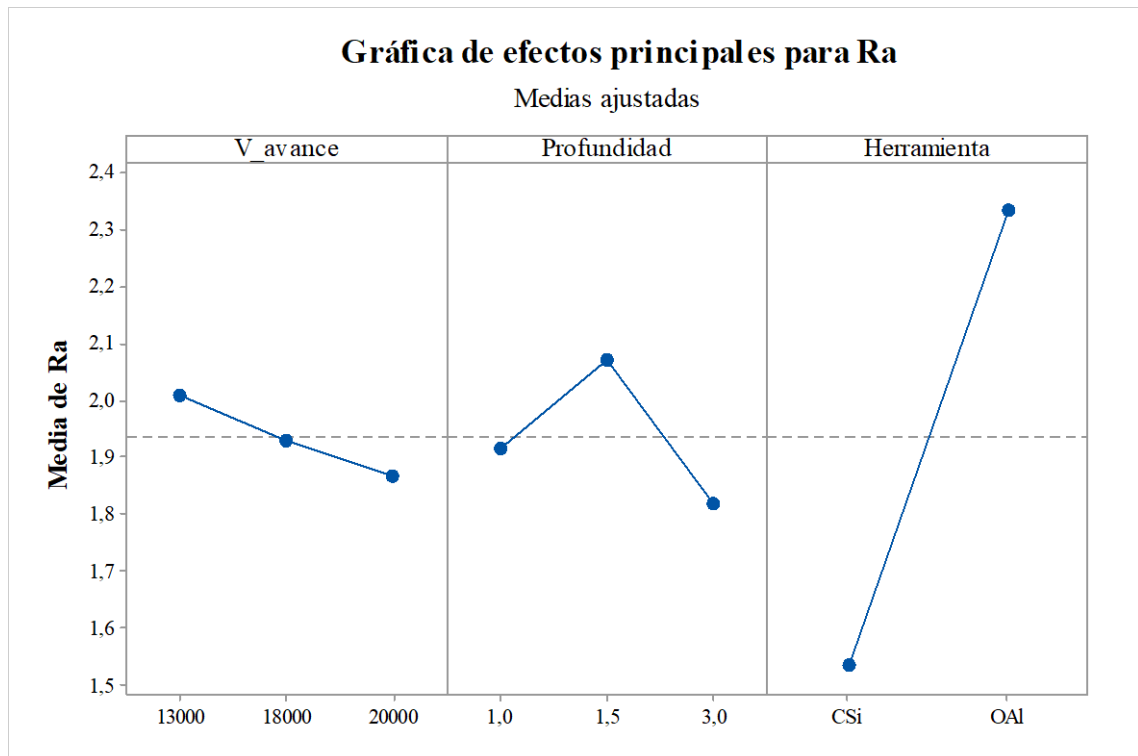
En la tabla 4.2.2.2 se muestran los valores descriptivos de desgaste (G), las medidas de tendencia central como son la media, mediana y moda con valores de 31,17, 28,57, 3 respectivamente. También tenemos las medidas de dispersión en las cuales son el rango con un valor de 60,17, y la varianza con un valor de 230,95. Las medidas de posición son el primer cuartil con el 25% de los datos con un valor de 18,61 y el tercer cuartil con un 75% de los datos con un valor de 39,11. En los datos obtenidos el valor que más se repite, en este caso es el 3 siendo la moda. El valor de asimetría es de 0,88 es decir que tenemos una asimetría positiva hacia la derecha, se da el nombre así porque la cola de la distribución apunta hacia la derecha (<0). El valor de la curtosis es de 0,65, es decir que tenemos una curtosis positiva que nos indica que la distribución tiene colas más pesadas y un pico más pronunciado que la distribución normal.

4.2.3 Análisis Experimental

Para el análisis de los experimentos se interpreto los efectos principales y secundarios (interacción) como se muestra a continuación.

Efectos Principales

Fig. 4.2.3.1.- Efectos principales de la Rugosidad superficial



Fuente: (Autor)

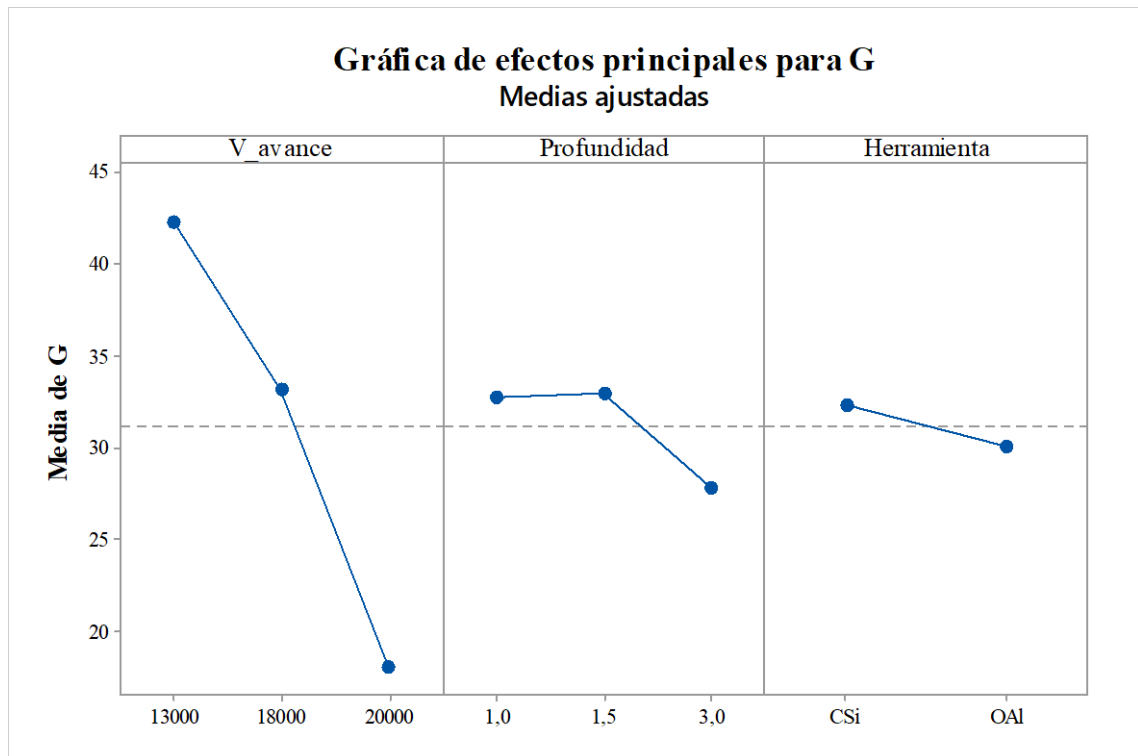
En la siguiente figura se puede observar las gráficas de efectos principales para la rugosidad (Ra), es decir se especifica únicamente la velocidad de avance, profundidad y la herramienta utilizada para cada uno de los ensayos realizados.

- Si se trabaja con una velocidad de avance de 20000 mm/min se obtendrá una rugosidad (Ra) media de 1,86627 μm , mientras que con una velocidad de avance de 13000 mm/min se obtendrá un valor de rugosidad (Ra) media de 2,01055 μm .
- Si se trabaja con una profundidad (a) de 3,0 milésimas de pulgadas (0,0762 mm) se obtendrá una rugosidad (Ra) media de 1,81898 μm , mientras que con una profundidad (a) de 1,5 milésimas de pulgadas (0,0381 mm) se obtendrá una rugosidad (Ra) media de 2,07012 μm .
- Si se trabaja con una herramienta de Carburo de silicio se obtendrá la rugosidad (Ra) media más baja con un valor de 1,53608 μm , mientras que

con la herramienta de óxido de aluminio se obtendrá la rugosidad (Ra) media más alta con un valor de 2,33443 μm .

Como se puede observar en la Figura la herramienta es el factor principal para que la rugosidad superficial sea alta o baja.

Fig. 4.2.3.2.- Efectos principales de Desgaste



Fuente: (Autor)

En la siguiente figura se puede observar las gráficas de efectos principales para la rugosidad (Ra), es decir se especifica únicamente la velocidad de avance, profundidad y la herramienta utilizada para cada uno de los ensayos realizados.

- Si se trabaja con una velocidad de avance de 20000 mm/min se obtendrá un desgaste (G) medio de 18,0276, mientras que con una velocidad de avance de 13000 mm/min se obtendrá un desgaste (G) medio de 42,345.
- Si se trabaja con una profundidad (a) de 3,0 milésimas de pulgadas (0,0762 mm) se obtendrá un desgaste (G) medio de 27,8669, mientras que con una

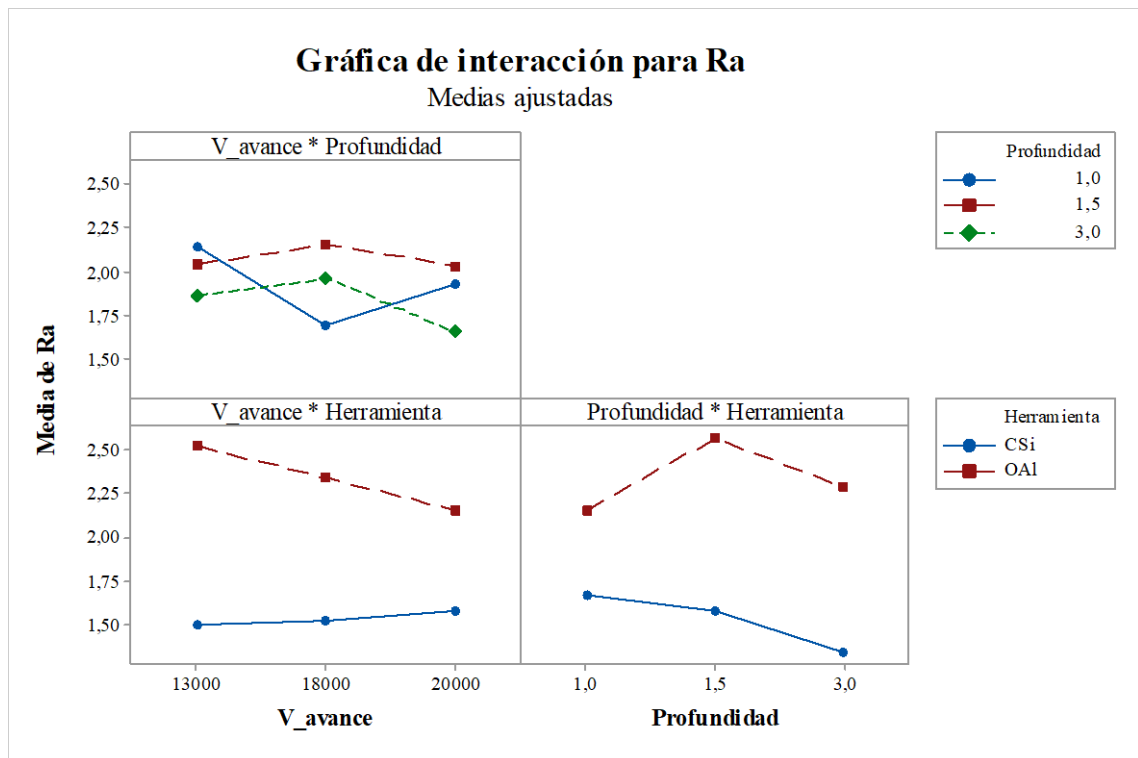
profundidad (a) de 1,5 milésimas de pulgadas (0,0381 mm) se obtendrá un desgaste (G) medio de 32,9234.

- Si se trabaja con una herramienta de Carburo de silicio se obtendrá el desgaste (G) medio más alto con un valor de 32,2964, mientras que con la herramienta de óxido de aluminio se obtendrá un desgaste (G) medio más bajo con un valor de 30,0394.

Como se puede observar en la Figura la velocidad de avance de la mesa de trabajo es el factor principal para que el desgaste de la herramienta sea mayor o menor.

Efectos Secundarios

Fig. 4.2.3.3.- Efectos secundarios de la Rugosidad superficial (Ra)

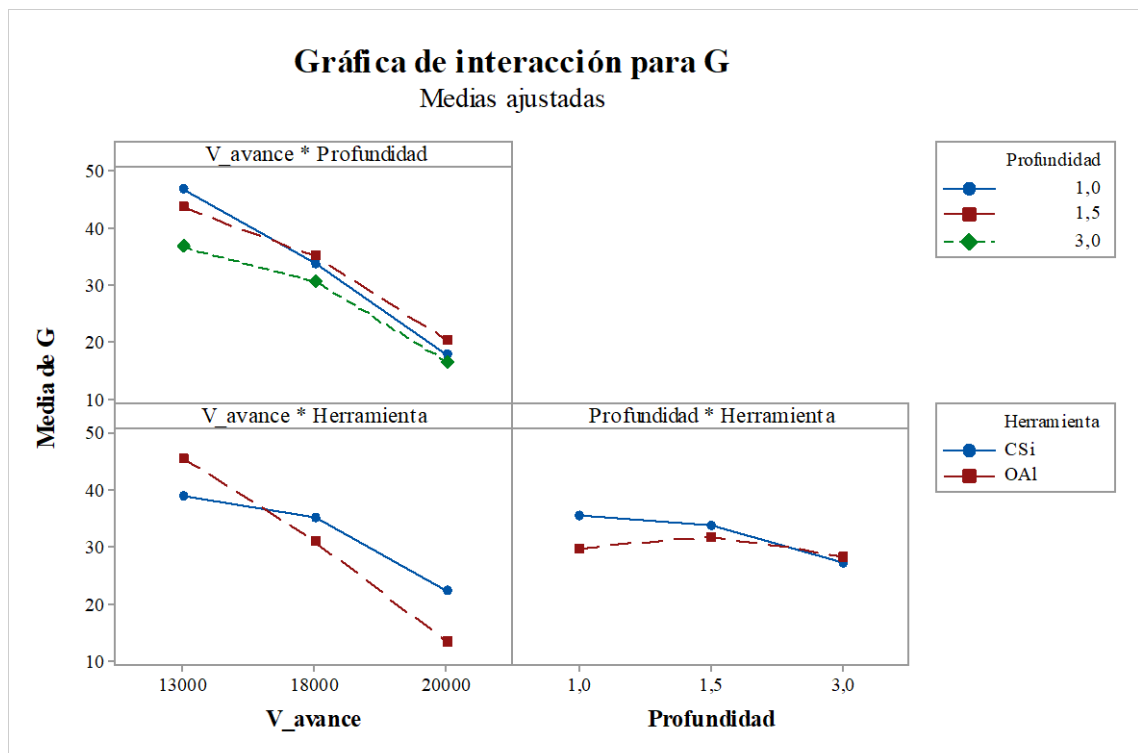


Fuente: (Autor)

Mediante las gráficas de interacción o efectos secundarios de los factores que representan un nivel de significancia en función de la rugosidad (Ra), se da en la gráfica de interacción como en las combinaciones de la figura 4.2.3.3:

- Para obtener una rugosidad superficial (Ra) fina se debe trabajar con una velocidad de avance de 18000 mm/min a una profundidad de 1,0 milésimas de pulgada (0,0254 mm) como podemos observar en la gráfica de V.avance vs profundidad.
- Como se puede observar en la gráfica de V.avance vs herramienta y profundidad vs herramienta, si deseamos obtener un acabado fino se debe utilizar la herramienta de Carburo de Silicio, mientras si deseamos solo un desbaste se utilizará la muela abrasiva de Óxido de Aluminio ya que se obtiene una rugosidad superficial mayor con los parámetros indicados en la figura 4.2.3.3.

Fig. 4.2.3.4: Efectos Secundarios de Desgaste (G)



Fuente: (Autor)

Mediante las gráficas de interacción o efectos secundarios de los factores que representan un nivel de significancia en función del Desgaste (G), se da en la gráfica de interacción como en las combinaciones de la figura 4.2.3.4:

- Como se puede observar en la gráfica de V.avance vs profundidad, mientras mayor sea la profundidad de pasada o corte tendremos un mayor desgaste de la herramienta o muela abrasiva pero a una velocidad de avance de 13000 mm/min.
- En la gráfica de V.avance vs herramienta y profundidad vs herramienta, si deseamos obtener un desgaste menor se debe utilizar la herramienta de Óxido de Aluminio a una velocidad de 20000 mm/min, pero si utilizamos la misma herramienta a una velocidad de avance de 13000 mm/min se obtiene un mayor desgaste de la misma como podemos observar en la figura 4.2.3.4.

4.3 VERIFICACIÓN DE LA HIPÓTESIS

La verificación de las hipótesis se realizó mediante el método Minitab18 para lo cual se establece la siguiente hipótesis:

La Rugosidad (Ra) y el desgaste (G) en el proceso de rectificado de superficies planas sobre el hierro fundido son iguales con piedra de carburo de silicio que con piedra de óxido de aluminio.

Las variables que intervienen en la hipótesis son:

Variable Independiente

Parámetros de corte

Variable Dependiente

Rugosidad Superficial

Desgaste

La comprobación de la hipótesis se realizó mediante el análisis de varianza tanto para la rugosidad superficial (Ra) y desgaste (G) de las herramientas como se puede observar a continuación.

Tabla 4.3.1 Análisis de Varianza de Rugosidad Superficial (Ra)

Fuente	GL	SC. Ajuste	MC. Ajuste	Valor p
Herramienta	1	5,7363	5,73634	0,000
Vel. Avance	2	0,1256	0,06281	0,710
Profundidad	2	0,3846	0,19231	0,359
Error	30	5,4348	0,18116	-
Falta de Ajuste	12	1,5351	0,12792	0,823
Error Puro	18	3,8997	0,21665	-

Fuente: (Autor)

Para el análisis estadístico de la Rugosidad superficial (Ra) se utilizó los parámetros de mecanizado cada una de ella en relación con:

GL: (grados de libertad), son la cantidad de información en los datos.

SC Ajuste: (suma ajustada de los cuadrados), son medidas de variación para las distintas partes del modelo realizado, no consideran los grados de libertad.

CM Ajuste: (cuadrados medios ajustados), miden la variación de un modelo y consideran los grados de libertad.

Valor p: probabilidad que mide la evidencia en contra de la hipótesis nula.

Como podemos observar en la Tabla 4.2.4 el parámetro que tiene significancia es la herramienta ya que su valor $p < 0,05$, esto nos quiere decir que el tipo de

herramienta utilizada tiene que ver con el nivel de rugosidad superficial (Ra) del cabezote o distinto material a rectificarse.

Tabla 4.3.2. Análisis de Varianza del Desgaste (G)

Fuente	GL	SC. Ajuste	MC. Ajuste	Valor p
Herramienta	1	45,84	45,84	0,572
Vel. Avance	2	3617,40	1808,70	0,000
Profundidad	2	196,40	98,20	0,506
Error	30	4223,72	140,79	-
Falta de Ajuste	12	1083,75	90,31	0,876
Error Puro	18	3139,97	174,44	-

Fuente: (Autor)

Para en análisis descriptivo del desgaste (G) se utilizó el mismo método de la Rugosidad (Ra), pero en este caso el parámetro que tiene significancia es la velocidad de avance de la mesa de trabajo ya que su valor $p < 0,05$, esto nos quiere decir que la velocidad de avance es el factor principal para que una herramienta se desgaste.

Esta verificación de hipótesis tiene que cumplir con los requisitos fundamentales como son los siguientes: datos aleatorios, la distribución normal o normalidad, igualdad de varianza, a continuación se detallará cada uno de estos requisitos.

1.- Datos Aleatorios

Se ha cumplido con el primer paso para esta verificación ya que los ensayos realizados se tomaron en forma aleatoria, como se puede observar en la Tabla 4.2.2 y 4.2.3. Todos estos datos nos generó el programa MiniTab 18 realizadas con 2 réplicas.

Se obtuvo un total de 36 ensayos tanto para la rugosidad superficial (Ra) y desgaste (G) es decir se realizó 18 ensayos para la rugosidad y 18 para el desgaste.

2.- Normalidad

Otro requisito que cumple para la verificación de la hipótesis es que tanto los datos de rugosidad superficial (Ra) y desgaste (G) tengan una distribución normal como a continuación se puede observar.

<p>Hipótesis Específica:</p> <p>Hn: La Rugosidad (Ra) y el desgaste (G) en el proceso de rectificado de superficies planas sobre el hierro fundido son iguales con piedra de carburo de silicio y con piedra de óxido de aluminio.</p> <p>Hi: La Rugosidad (Ra) y el desgaste (G) en el proceso de rectificado de superficies planas sobre el hierro fundido son diferentes con piedra de carburo de silicio que con piedra de óxido de aluminio</p>
<p>Nivel de Significancia: (α) = 0,05</p>
<p>Número de muestras: 36</p>

Prueba de normalidad de los datos de rugosidad superficial (Ra)

<p>Hipótesis:</p> <p>H_0 = La datos de la rugosidad superficial (Ra) tienen distribución normal.</p> <p>H_a = La datos de la rugosidad superficial (Ra) no tienen distribución normal.</p>	
<p>Nivel de Significancia:</p> <p>$\alpha = 0,05$</p>	<p>Número de Muestras:</p> <p>36</p>

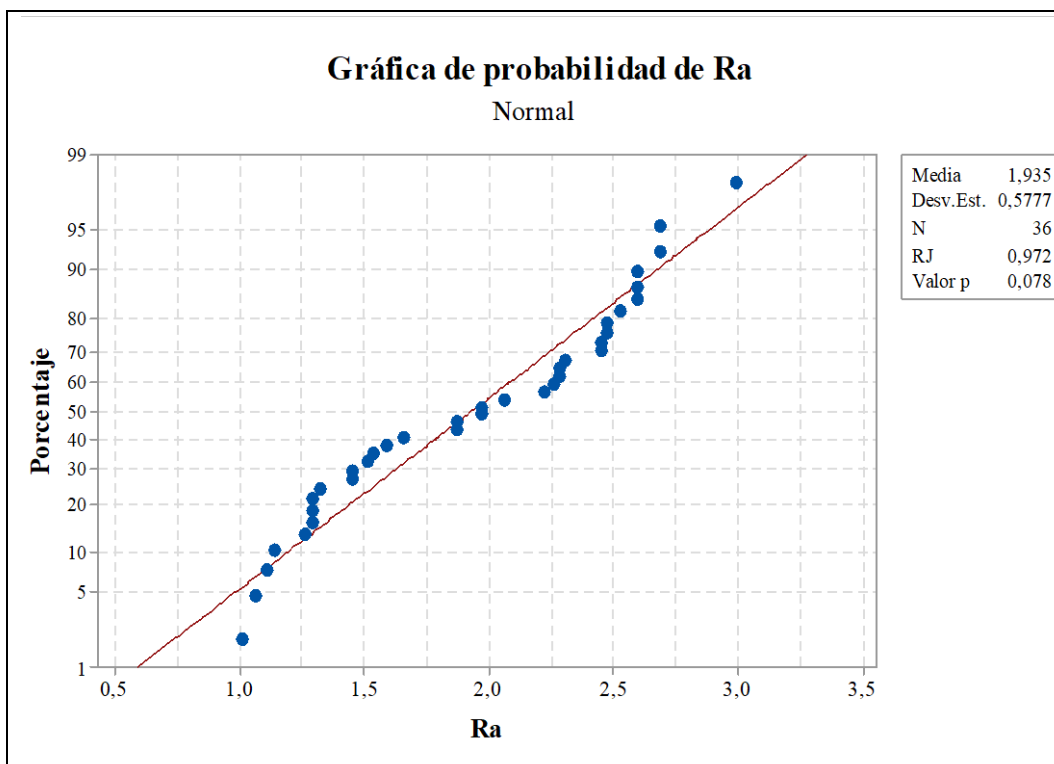


Fig. 4.3.1: Gráfica de la normalidad de la Rugosidad (Ra)

Estadístico de Prueba:

Ryan- Joiner (similar a Shapiro-Wilk) RJ = 0,972

Valor - p= 0,078

Decisión:

No se acepta la hipótesis nula

Conclusión:

Con un nivel de significancia del 5%, se concluye que las muestras de rugosidad superficial (Ra) tienen una distribución normal.

Prueba de normalidad de los datos de desgaste (G).

Hipótesis:

H_0 = La datos del desgaste (G) tienen distribución normal.

H_a = La datos del desgaste (G) no tienen distribución normal.

Nivel de Significancia:	Número de Muestras:
$\alpha = 0,05$	36

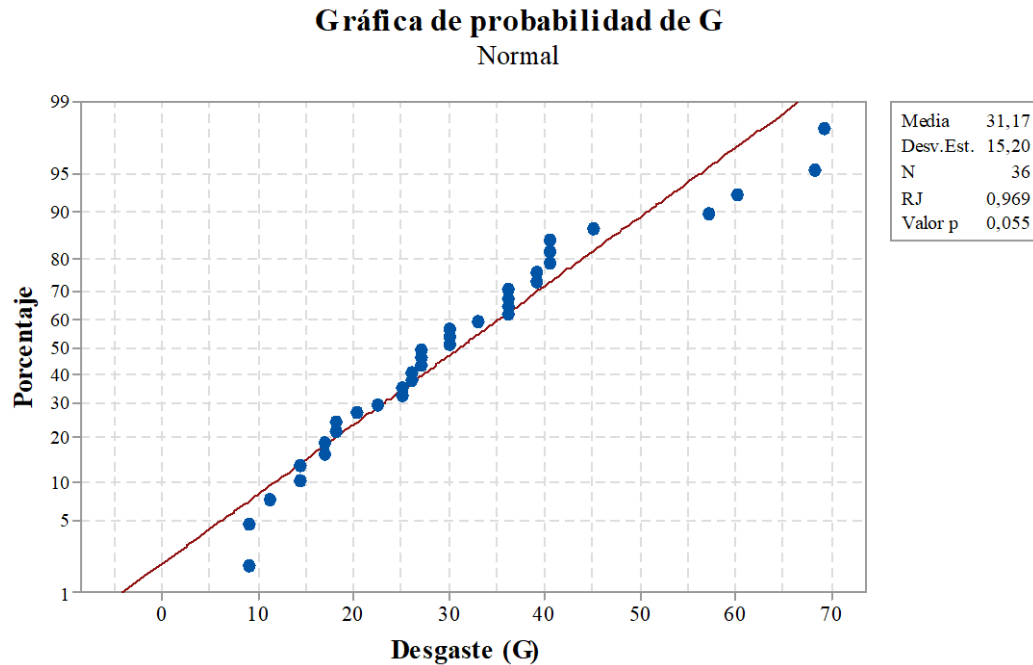


Fig. 4.3.2: Gráfica de la normalidad del Desgaste (G)

Estadístico de Prueba:

Ryan- Joiner (similar a Shapiro-Wilk) RJ = 0,969
 Valor - p= 0,055

Decisión:

No se acepta la hipótesis nula

Conclusión:

Con un nivel de significancia del 5%, se concluye que las muestras de desgaste (G) tienen una distribución normal.

Se cumplió con el segundo requisito tanto para la rugosidad superficial y desgaste.

- Si el valor $-p$ es mayor a 0,05 nos quiere decir que la prueba de normalidad con los datos de rugosidad superficial es el adecuado, es decir cumple con el requisito, en este caso tenemos un valor $-p$ de 0.078 siendo mayor a 0.05. Para este método se utilizó la prueba estadística de Ryan Joiner que es

similar a Shapiro Wilk, se utilizó este método ya que el número de muestras del experimento fueron menores a 50.

- De la misma manera para la prueba de normalidad para el desgaste se utilizó la misma prueba estadística de Ryan Joiner que es similar a Shapiro Wilk, en este caso tenemos un valor-p de 0,055 siendo mayor al valor de significancia de 0,05, es decir que cumple con la prueba de normalidad.

3.- Igualdad de Varianza

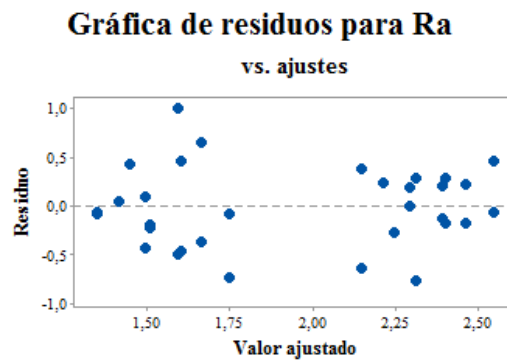


Fig. 4.3.3 Residuos de la Rugosidad Superficial (Ra)
Fuente: (Autor)

El tercer requisito es la igualdad de varianza en la cual se verifica en la gráfica de residuos versus el valor ajustado como se puede observar en la figura 4.3.3, para que exista una igualdad de varianza debe tener simetría tanto los valores positivos como negativos como se puede observar en la gráfica de residuos de rugosidad superficial (Ra).

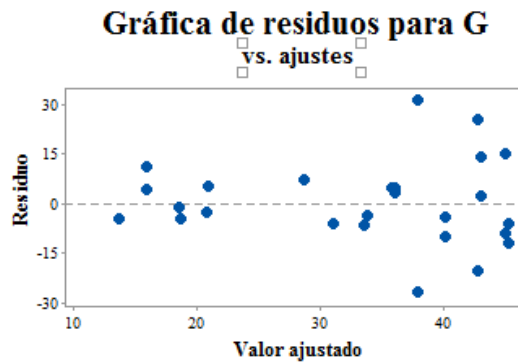


Fig. 4.3.4 Residuos de desgaste (G)
Fuente: (Autor)

El tercer requisito es la igualdad de varianza en la cual se verifica en la gráfica de residuos versus el valor ajustado, como se puede observar en la figura 4.3.4 de residuos de desgaste (G), para que exista una igualdad de varianza debe tener simetría tanto los valores positivos como negativos.

Se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis de investigación que dice: La Rugosidad (Ra) y el desgaste (G) en el proceso de rectificado de superficies planas sobre el hierro fundido son diferentes con piedra de carburo de silicio que con piedra de óxido de aluminio. También se pudo comprobar que cumplen con los requisitos fundamentales para la verificación de la hipótesis como los datos aleatorios, la distribución normal y la igualdad de varianza, se analizó mediante un estadístico de prueba de Ryan-Joiner similar a Shapiro Wilk ya que el número de muestras del experimento fueron menores a 50

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- Se determinó que mediante el mecanizado los parámetros principales que intervienen en la rugosidad superficial de este proceso de rectificado es el tamaño de grano de la herramienta, es decir si el grano es pequeño tendremos una mejor rugosidad superficial o caso contrario. También el intervalo de la rugosidad superficial en dicho proceso está entre 0,2 a 1,6 μm . El tipo de aglomerante de las muelas abrasivas es vitrificado con un porcentaje de los fabricantes entre un 75 a 80% para dichas muelas.
- El factor del cual depende el nivel de rugosidad del cabezote de hierro fundido es la herramienta utilizada (tabla 4.2.2.1) ya que el valor $-p$ es de 0,000, es decir que es menor al nivel de significancia de 5% (0,005). Mientras que para el desgaste el factor es la velocidad de avance de la mesa de trabajo con un valor- p de 0,000. Se puede concluir que mientras el valor de los factores o fuentes utilizadas sean menores a 0,05, estos factores tienen una significancia en los ensayos realizados.
- Las muelas abrasivas utilizadas fueron de óxido de aluminio (Roja) con dimensiones de 110x60x20 mm y carburo de silicio (negra) con dimensiones de 125x60x15 mm debido a que dichas herramientas cumplen con los factores constantes como: el material a rectificar (materiales duros), la precisión del rectificado; y los factores variables como: la velocidad de avance y la profundidad de pasada. Estas muelas fueron las seleccionadas para el rectificado.
- El tamaño de grano de las muelas abrasivas es el factor principal del cual depende que la rugosidad superficial sea mayor o menor, en este caso se utilizó 2 muelas abrasivas, la primera de óxido de aluminio con un tamaño de grano #30 y la segunda de carburo de silicio con un tamaño de grano #54,

las 2 herramientas entran en el rango de (30-60) según la norma ISO considerado como tamaño de grano MEDIO.

- La mejor rugosidad superficial obtenida en el cabezote de hierro fundido fue con la muela abrasiva de carburo de silicio ya que el tamaño de grano es más pequeño a pesar que las 2 muelas entran en el rango de tamaño de grano MEDIO. Mientras el valor de la rugosidad superficial es más bajo, la rugosidad obtenida es mejor. El valor más bajo entre las 2 herramientas utilizadas fue de $0,886 \mu\text{m}$ con la muela de carburo de silicio, mientras que el valor más alto fue de $3,569 \mu\text{m}$ con la muela de óxido de aluminio.
- El tiempo de mecanizado para cada experimento varía dependiendo de la velocidad de avance de la mesa de trabajo, en este caso se realizó mediante 2 avances; el primero con un avance de 18000 mm/min generando en cada pasada 43 segundos, se realizó para cada ensayo 5 pasadas teniendo un total de $43 \times 5 = 215$ segundos, mientras que con el segundo avance de 13000 mm/min se demoró 62 segundos en culminar una pasada, de igual manera se realizó 5 pasadas teniendo un total de $62 \times 5 = 310$ segundos, por lo cual se pudo concluir que mientras el avance de la mesa es mayor el tiempo de mecanizado disminuye o caso contrario.
- El desgaste del cabezote de hierro fundido depende de la profundidad de pasada, en este caso sea tomó 3 valores para dicha profundidad como es de 1 milésima de pulgada ($0,0254 \text{ mm}$), 1,5 milésimas de pulgada ($0,0381 \text{ mm}$) y 3,0 milésimas de pulgada ($0,0762 \text{ mm}$). La masa total del cabezote fue de 15450 g . De igual manera se realizó el desgaste del cabezote con las 2 muelas abrasivas: teniendo como resultado con la muela de carburo de silicio (negra) un retiro total de masa de 353 g en los 18 experimentos terminando con 15097 g , mientras que con la muela de óxido de aluminio se retiró un total de 423 g terminando con 14674 g , de igual manera en los 18 experimentos restantes. La masa total retirada fue la suma de los 353 g y 423 g con un total de 776 g .

- El desgaste de las muelas abrasivas también depende de la profundidad de pasada, ya que si esta profundidad es mayor el desgaste de las mismas es mayor o viceversa. Tanto la muela de carburo de silicio y óxido de aluminio tenían una masa total de 202 g, después de utilizarse estas herramientas para cada experimento se obtuvo un desgaste total de 3,8 g para la muela de carburo de silicio y 3,5 g para la muela de óxido de aluminio.

5.2 RECOMENDACIONES

- Se debe trabajar con las herramientas adecuadas para no tener inconvenientes en los resultados del experimento.
- Se debe diamantar las muelas abrasivas antes de utilizarse ya que las mismas no poseen una superficie regular.
- Limpiar las caras del cabezote tanto superior como inferior para que no tengamos un desgaste inadecuado del cabezote, es decir en una parte se obtiene más viruta que otra.
- Ajustar las bases en sentido horario, una por una y poco a poco, ya que si ajustamos una sola tendremos inconvenientes en la superficie plana del cabezote.
- Tener cuidado al momento de retirar las muelas abrasivas ya que pueden ocasionar cortaduras o fracturas del operario.
- Activar el paro de emergencia para cualquier maniobra imprevista.
- Las mediciones se deben realizar con la superficie del cabezote totalmente limpia para no tener errores en la medición con el rugosímetro.

1. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Serope Kalpakjian, Manufactura, Ingeniería y Tecnología, Cuarta Edición, Pearson Education, México 2002.
- [2] Heinrich Gerling, Alrededor de las Máquinas- Herramientas, Medición y Calibrado, Tercera Edición, España 2006
- [3] J. Márquez, Diseño de troquel y maquinados a precisión, engranes y rechazado, Disponible:
http://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/2539/134_2005_ESIME-AZC_SUPERIOR_marquez_jose.pdf?sequence=1
- [4] Rectificado, Disponible:
<https://ieszoco-fabricacionmecanica.wikispaces.com/file/view/Teor%C3%ADa+del+rectificado.pdf>
- [5] R. Rivera, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Mecánica, Guatemala Febrero del 2012
- [6] Rectificado, Grupo Tecnología Mecánico- Procesos de Fabricación, Disponible : <http://www3.fi.mdp.edu.ar/tecnologia/archivos/TecFab/23.pdf>
- [7] D. Fernández, Optimización de procesos de Recubrimiento para herramientas de corte, tecnologías de recubrimiento, métodos de caracterización y optimización de las propiedades
- [8] J. Banín Junior, Centro Universitario DA FEI, Análise de tensões residuais, integridade superficial e forças de usinagem no fresamento de topo de aço SAE 4340 endurecido / José Roberto Banin Júnior. São Bernardo do Campo, 2009
- [9] J. M. Jura, Manual del control de la calidad, Volumen 2, Segunda Edición, España, Mayo 2005, Págs. 1119.1122
- [10] H. Carrillo, Consideraciones de Costo Y Productividad para Rectificado y Fresado en duro de Superficies Planas, México 2008.
- [11] E. Sánchez, M. Sánchez, P. Ramón, XXI Congreso Nacional de Ingeniería Mecánica- Libro de artículos, Capítulo VII.

- [12] I. Marinescu, W. B. Rowe, B. Dimitrov y H. Ohmori, Tribology of abrasive Machining Processes, second edition.
- [13] Universidad del País Vasco, Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Bilbao, Módulo IV- Mecanizado por arranque de viruta, Tema 16- Rectificado.
- [14] M. Pérez, Operaciones de Maquinado y Acabado con Abrasivos, Materiales II, págs. 1-24
- [15] O. Rodríguez, Calidad Superficial: Rugosidad. Vol. 466. Rosario- Argentina 2009, págs. 1-12.
- [16] A. Rubio Higinio, Departamento de Ingeniería Mecánica - Rugosidades Superficiales, Diseño Mecánico, págs. 1-17.
- [17] C. Marín Villar, Electroerosionadoras, Para quienes buscan buena exactitud y precisión, Revista Metal Actual, Bogotá- Colombia, 2015. Págs. 16-22.
- [18] 1302, UNE- EN ISO, Indicación de la calidad superficial en la documentación técnica de productos, Asociación Española de Normalización y Certificación, Madrid- España, 2002.
- [19] M. Rodríguez Gasso, Universidad de Matanzas Camilo Cienfuegos- Dpto. de Ingeniería Mecánica, 2008, págs.1-22.
- [20] R. Gutiérrez Ávila, Estudio de rugosidad en maquinado por el proceso de torneado en Climet LTDA. Basado en las normas ISO de Rugosidad. Barranquilla, 2014.
- [21] Manual do Usuário, Medidor de Rugosidad Superficial Modelo SJ-210 Mitutoyo, N° 99MBB122A – Series N° 178.
- [22] Experimentos Factoriales, Capítulo V, Disponible: <http://www.uru.edu/fondoeditorial/libros/pdf/manualdestatistix/cap5.pdf>
- [23] R. Echepare, Mecanizado por arranque de Viruta, Máquinas – Herramienta, Volumen II, Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Industrial- San Sebastián.
- [24] Microscopio Electrónico de Barrido, Disponible: http://www.mty.itesm.mx/dia/deptos/im/m00-862/Lecturas/SEM_ICP.pdf

2. ANEXOS

		Rectificado							
		Periférico			Tangencial				
		Radial	Tangencial	Axial	Radial	Tangencial	Axial		
Rectificado	Plano	Mov lineal de la mesa							
		Mov circular de la mesa							
	Cilindrico	Exterior							
		Interior							
	De forma	Generación							
		Perfil							

ANEXO 1: Clases del Rectificado

TABLA 12.V.- Recomendaciones para elección de muelas

MATERIAL	DUREZA	MUELAS		
		Rectificado cilíndrico ext.	Rectificado cilíndrico int.	Rectificado plano
Aceros al C (%C<0,2)	90-220 HB	4A 46 M 6 V	2A 46 L 7 V	2A 36 J 6 V
Aceros al C (%C>0,2)	150-400 HB	3A 60 L 6 V	3A 60 K 7 V	3A 46 I 6 V
Aceros debilmente aleados	150-400 HB	2A 60 L 6 V	2A 60 K 7 V	2A 46 I 6 V
Aceros de hts	220-400 HB	2A 60 K 5 V	2A 60 J 6 V	2A 46 H 5 V
Aceros rapidos	65HRC	2A 60 J 5 V	2A 60 J 6 V (o CBN)	2A 46 H 5 V (o CBN)
Aceros Inox. austeniticos	160HB	C 46 K 7 V	C 54 H 8 V	C 46 H 7 V
Aceros Inox. martensiticos	275HB	2A 54 K 6 V	2A 54 I 7 V	2A 46 H 6 V
Fundición gris	150-280 HB	2C 46 K 5 V	1C 60 J 6 V	2C 36 I 5 V
Fundición nodular	160HB	1C 50 J 7 V	1C 60 H 8 V	1C 40 H 7 V
Aleaciones Al-Si (%Si<10)	85HB	2C 46 K 7 V	2C 38 I 8 V	2C 36 K 7 V
Latones $\alpha+\beta$	-	2C 36 K 7 V	2C 46 J 5 V	2C 36 J 4 V
Bronces	85HB	2C 46 K 7 V	2C 36 J 8 V	2C 36 J 7 V
Cromo duro	-	2A 70 J 7 V	2A 70 I 7 V	2A 46 H 7 V
Carburo metalico	-	Diamante	-	Diamante

1A.- Alumina rosa
 2A.- Alumina blanca
 3A.- Alumina semifriable
 4A.- Alumina ordinaria

1C.- Carburo de silicio verde
 2C.- Carburo de silicio negro

ANEXO 2: Recomendaciones para la selección de las muelas


TABLA 12.III.- Designación de muelas según ISO

	1	2	3	4	5	6
Tipo de abrasivo (Si)						
Naturaleza del abrasivo	A					
Tamaño de grana		60				
Grado			K			
Estructura				7		
Naturaleza del aglutinante o lija					V	
Registro del productor						
	1A 2A 3A 1C 2C	Oxido de aluminio-A Carburo de silicio-C	Muy fino	De denso a abierta	V - Vitrificada S - Silicato R - Caucho vulcanizado RF - Caucho reforzado con tejido B - Resinoides(resinas sinteticas) BF - Resinoides(resinas sinteticas) reforzada	Marca de identificación del productor de la muela
		Grueso Medio Fino		0 8 1 9 2 10 3 11 4 12 5 13 6 14 7 etc.		
		10 30 70 220 12 36 80 240 14 46 90 280 16 54 100 320 20 60 120 400 24 150 500 180 600				
			Escala de graduación			
		Blando			Duro	
						A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U W X Y Z

EJEMPLO : 1A 60 K 7 V

ANEXO 3: Ejemplo de Designación de las Muelas

TECHNICAL DATA		KR-1400	KR-900
Table surface	mm.	1290 x 220	900 x 210
Available grinding surface	mm.	1300	900
Maximum table's stroke	mm.	1650	1260
Table feed speed variable	mm. / min.	0 a 2000	0 a 2000
Maximum distance between table and grinding wheel	mm.	800	500
Diameter of the segmental	mm.	410	360
Distance between column and center of table	mm.	350	245
THREDD-PHASE MOTORS			
Grinding wheel motor	HP	5,5	5,5
Milling Head vectorial speed	RPM	20 a 1600	20 a 1600
Table gearbox motor	HP / RPM	0,75 / 1450	0,75 / 1450
Electro-pump motor	HP / RPM	0,12 / 2750	0,12 / 2750
Rapid movement of grinding head	HP / RPM	0,75 / 1000	0,75 / 1000
DIMENSIONS			
Length / Width / Height	mm.	2770/1100/2000	2530/880/1750
Weight (without packaging)	Kg	1500	900



Plato fresador y rectificador
Grinding and milling plate

Specifications and features may be altered

ANEXO 4: Características del Plato Rectificador

ABRASIVOS SOLIDOS

SEGMENTOS

Para máquinas de superficies.

En segmentos abrasivos para el rectificado de superficies planas disponemos de gran variedad de formas y diferentes compuestos. Seleccione el segmento adecuado de acuerdo al uso específico que desea otorgarle.

A fin de poder mantener el poder de desbaste de las piedras, sin afectar la terminación, es muy importante que los segmentos sean rectificadas con diamante o estrellitas a fin de desincrustar el metal adherido y mantener su grano abierto. Aplicar lubricación constante y en forma abundante con aceite refrigerante para abrasivos.



Tipo Curvo
(80x21x80mm)



Tipo Berco
(65x25x100mm)

ESTRELLA
DE ACEP

Artículo

Estrellita N

Estrellita N

Estrellita N

Estrellita N

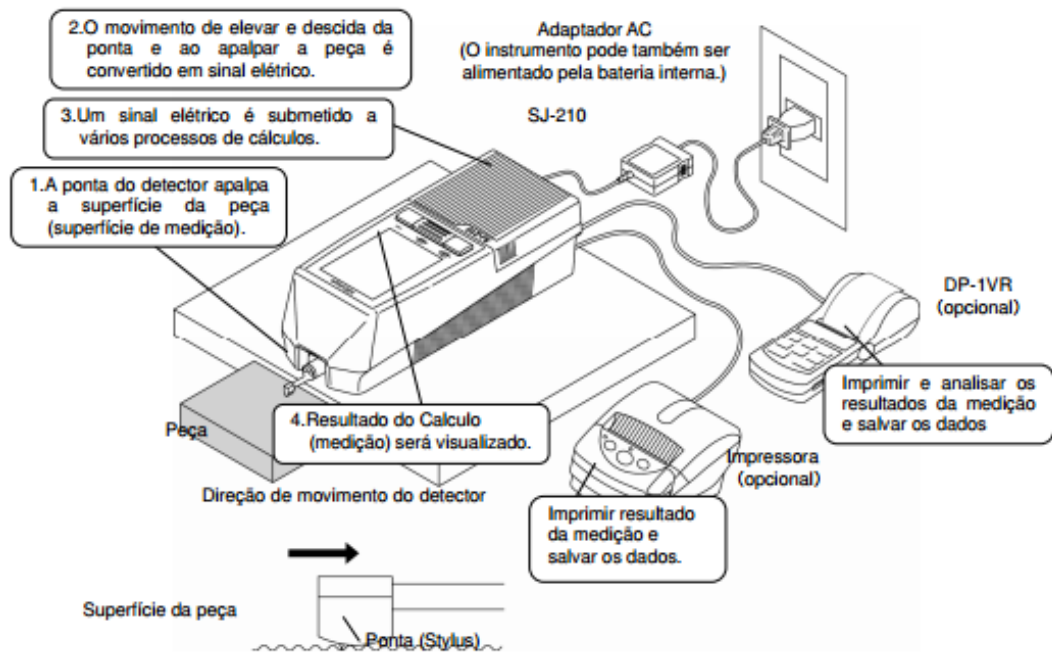
CARGA
Y SEG

Este s
exceler
rectific
bande
espes
de f
garan
Dispo
meca
de c
abra
dife

Característica	T/Berco	Curvos	T/Orcema
Carburo Negro  Color: NEGRO Aplicación: FUNDICION	017-SEG-BCN	017-SEG-CCN	No disponible
Carburo Mezcla  Color: NEGRO / VERDE Aplicación: FUNDICION / ALUMINIO	017-SEG-BMC	017-SEG-CMC	017-SEG-OMC
Oxido Blanco  Color: BLANCO Aplicación: ACERO	017-SEG-BAA	017-SEG-CAA	No disponible
Carburo Negro CE  Color: NEGRO Aplicación: FUNDICION Máq. Sin Lubricación	017-SEG-BCE	017-SEG-CCE	No disponible
Carburo KELIT®  Color: MARRON Aplicación: Fundición con PRECAMARAS	017-SEG-BKE	017-SEG-CKE	No disponible

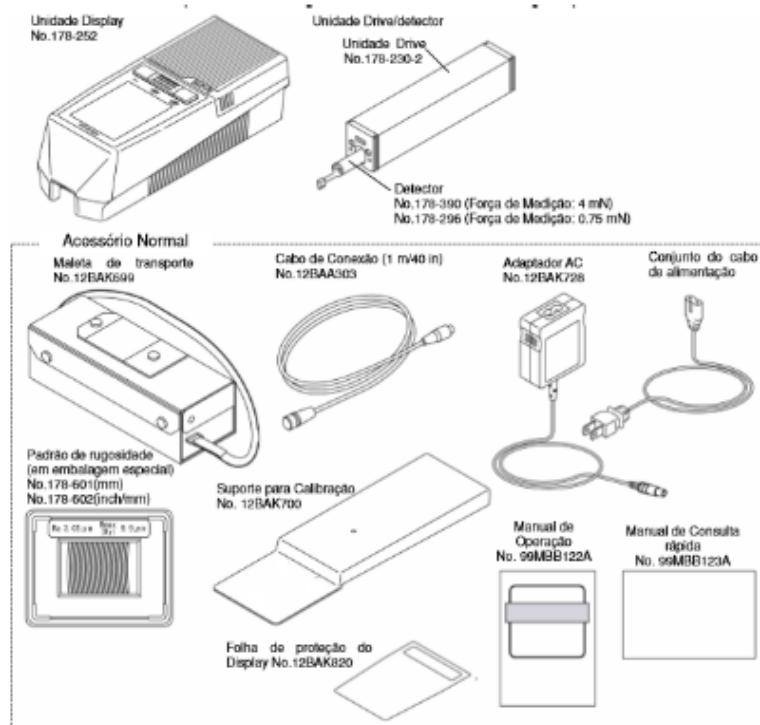
Tel-Fax: (011) 4753-4526 / 4752-2492

ANEXO 5: Catálogo Dimpar de las Muelas Abrasivas

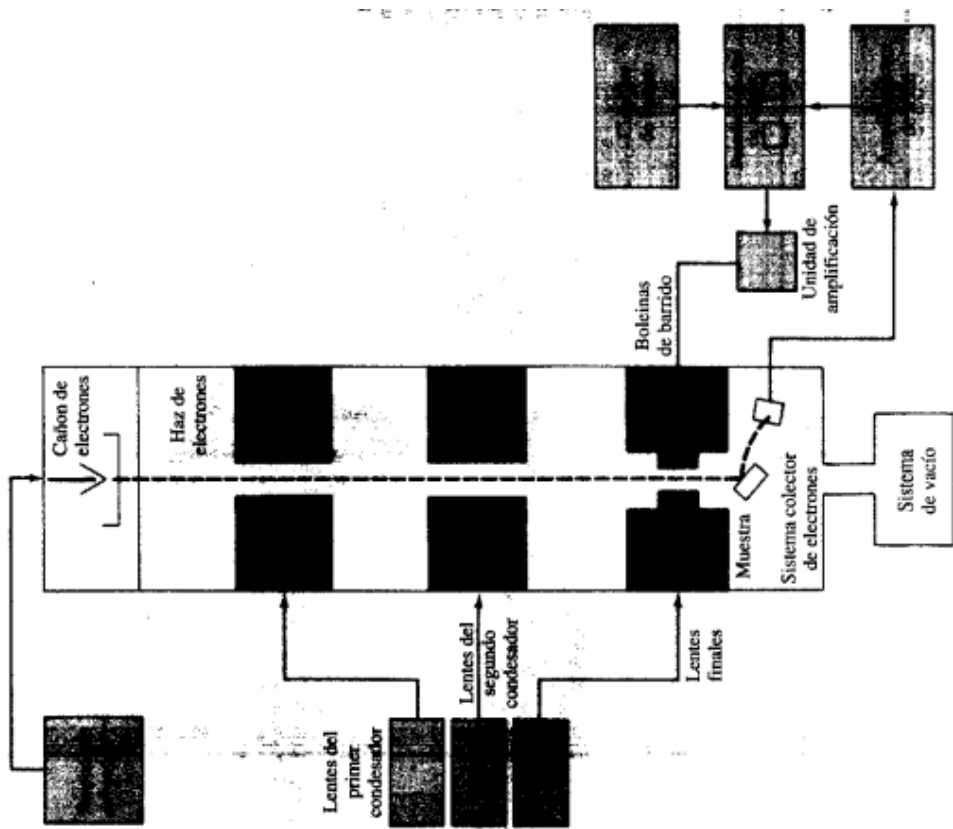


Medição com o SJ-210, e conexão a equipamentos relacionados.

ANEXO 6: Características del rugosímetro Mitutoyo SJ-210



ANEXO 7: Componentes del rugosímetro Mitutoyo SJ-210



ANEXO 8: Esquema de un Microscopio de Barrido



Safety, Health, and Environmental Standard

GRINDING WHEELS

1.0 INTRODUCTION/SCOPE/APPLICABILITY

- 1.1 Introduction – This standard establishes general guidelines for the selection, use, handling, storage, inspection, and guarding of grinding wheels and specifies general requirements for grinding machinery and equipment.
- 1.2 Scope – This standard specifies general requirements for grinding machinery and equipment and incorporates the requirements and objectives of OSHA, ANSI, Air Force and other nationally recognized national consensus standards to assure implementation at AEDC. Excluded from this standard are natural sandstone wheels and metal, woolen, cloth, or paper disks having a surface layer of abrasive material.
- 1.3 Applicability – This standard applies to all AEDC personnel and operations.

2.0 BASIC HAZARDS/HUMAN FACTORS

Abrasive wheels are very useful tools, but can present many hazards. Hands or fingers that contact the moving wheel surfaces can incur severe injuries. Eye injuries are another serious hazard. The grinding operation can loosen chips or particles that can fly into the eye. Abrasive wheels can disintegrate if damaged, saturated, or improperly rated for the grinder motor being used. When this happens, it could send pieces of debris flying through the work area damaging expensive equipment or personnel. Another hazard is when employees are pulled into the machinery due to loose clothing being caught in the moving parts. Yet another hazard involves respiratory exposure due to inhaling of the dust (silica) and fumes generated during grinding operations.

3.0 DEFINITIONS

Abrasive Wheel – A grinding wheel consisting of abrasive grains held together by organic or inorganic bonds.

Base Operating Contractor – A base contractor directly accountable to the Air Force for the AEDC mission. This is the term used to identify the AEDC Operation, Maintenance, Information Management and Support Contractor.

Inorganic-Bonded Wheels – Wheels bonded by inorganic material such as clay, porcelain, sodium silicate, magnesium oxychloride, or metal.

Organic-Bonded Wheels – Wheels bonded by organic material such as resin, rubber, shellac, or other similar bonding agent.

Outside Contractor/Subcontractor – An organization employed by a contractor or the Air Force to do construction, maintenance, repair or other work at AEDC. There is no employment relationship, control or supervision of the subcontractor's employees by AEDC contractors. Also referred to as the construction contractor.

ANEXO 9: Norma ISO: Muelas Abrasivas

Tamaño	Medida en 0,001 mm.	Aplicación
8	2.400	desbaste grueso
10 muy grueso	2.000	
12	1.700	
14	1.400	
16	1.200	rebabado
20 grueso	850	
24	700	
30	600	
36	500	amolado de superficie y rectificado general
46 mediano	350	
54	300	
60	250	
80	175	recto, cilíndrico interno y afilado
100 fino	150	
120	125	
150	105	
180	80	amolado y precisión
220 muy fino	60	
240	55	
280	35	
320	30	bruñido y lapidado
400 extra fino	17	
500	13	
600	9	

ANEXO 10: Aplicaciones de las Muelas Abrasivas según su tamaño de grano